



ÜÇÜNCÜ PARTİ LOJİSTİK ŞİRKETLERİNİN TEDARİK SÖZLEŞMESİ YOLUYLA SAĞLADIĞI DIŞ KAYNAK KULLANIMININ ANALİZİ

Salih AKA¹

ÖZET

Tedarik zinciri içerisinde üretim faaliyetini gerçekleştiren paydaşlar kendi öz yeteneklerine odaklanarak dolaylı faaliyetleri için dış hizmet desteği alabilmektedir. Bu yaklaşım tedarik zinciri sürecinin sonunda ortaya çıkan ürün ve hizmetlerin çok daha yüksek katma değer sunmasına yardımcı olabilmektedir. Dış hizmet desteği konusunda uzmanlaşmış üçüncü parti lojistik firmaları, hizmet talep eden alıcı işletmelerin tedarik, depolama, teslimat gibi envanter ve dağıtım kararları için uzmanlık desteği sağlayabilmektedir. Tedarik sözleşmeleri alıcı ile üçüncü parti lojistik firmaları arasındaki ekonomik sürdürülebilirliğin sağlanmasında anahtar öneme sahip araçlardan biridir. Bu çalışmada dış hizmet talep eden bir işletme ile üçüncü parti lojistik firmaları arasındaki sözleşme matematiksel olarak modellenmiş ve kurgulanan senaryolar ile sözleşme maddelerinin ortaya koyduğu maliyet değişimi incelenmiştir. Analizler, sözleşmenin maliyet etkinliğinin çok boyutlu bir şekilde ortaya çıkarılmasına yardımcı olmaktadır. Çalışma ile tedarik sözleşmelerinin incelenmesine yönelik alternatif bir yaklaşım sunulmaktadır. Önerilen model, sözleşme parametrelerinin ayarlanmasıyla maliyet optimizasyonunu hedefleyerek değer zincirinin iyileştirilmesine olanak tanımaktadır.

Anahtar Kelimeler: tedarik sözleşmeleri, üçüncü parti lojistik, doğrusal programlama, dış kaynak kullanımı

ANALYSIS OF OUTSOURCING PROVIDED BY THIRD PARTY LOGISTICS COMPANIES THROUGH SUPPLY CONTRACT

ABSTRACT

Stakeholders performing production activities within the supply chain can focus on their own capabilities and receive external service support for their indirect activities. This approach can help the products and services that emerge at the end of the supply chain process to offer much higher added value. Third-party logistics companies that specialize in external service support can provide expert support for inventory and distribution decisions such as supply, storage, and delivery of recipient businesses that request services. Supply contracts are one of the key tools in ensuring economic sustainability between the buyer and third-party logistics companies. In this study, a contract between a business requesting external service and third-party logistics companies is mathematically modeled and the cost changes revealed by the contract articles are examined with the scenarios that are constructed.

¹ Dr. Öğretim Üyesi, EBYÜ, İşletme Bölümü, salih.aka@erzincan.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6386-8582

Geliş Tarihi: 23.01.2025 / Kabul Tarihi: 14.05.2025 Çalışma Türü: Araştırma Makalesi

Yazarlar, herhangi bir çıkar çatışması beyan etmemiştir. Turnitin/Ithenticate/İntihal ile İntihal Kontrolünden Geçmiştir. Screened for Plagiarism by Turnitin/Ithenticate/İntihal Licenced by CC-BYNC ile lisanslıdır.

The analyses help to reveal the multi-dimensional cost effectiveness of the contract. An alternative approach is presented with the study for examining supply contracts. The proposed model allows for the improvement of the value chain by targeting cost optimization by adjusting the contract parameters.

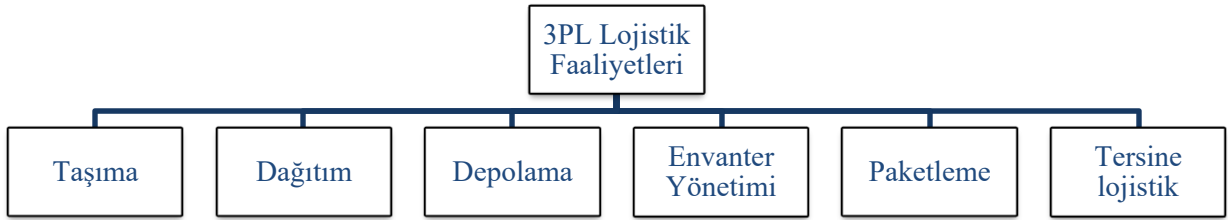
Key Words: supply contracts, third-party logistics, linear programming, outsourcing

GİRİŞ

Tedarik zincirleri ortak bir amacı gerçekleştirmeye çalışan birden fazla paydaşın bir araya geldiği bir iş sistemi bütünüdür. Müşteriye ulaşan ürün veya hizmette tüm aktörlerin rolü vardır ve değer zinciri her bir paydaşın katkıları ile tamamlanmaktadır. Tedarik zinciri sistemleri geliştikçe, zincir içerisindeki paydaşların kendi öz faaliyetlerine odaklanmasının toplam katma değeri daha da büyüttüğü anlaşılmaktadır. Özellikle üretim işletmelerinde kendi öz faaliyetlerine odaklanarak tedarik zinciri süreçlerinin diğer unsurları için kendi işinde uzman dış hizmet desteği alınması anlayışı giderek daha çok kabul görmektedir. Bu dönemde üçüncü parti lojistik (3PL) firmaları üretim işletmelerinin ihtiyaç duyduğu bazı hizmetler için dış kaynak desteği sağlayarak operasyon verimliliğine katkı sağlamaktadır.

3PL firmaları kendi uzmanlık alanları doğrultusunda firmaların öz yeteneklerinin dışında kalan ve üretimin gerçekleşmesi için dolaylı olarak ihtiyaç duyulan kimi faaliyetleri sözleşmelerce belirlenen taahhütler içerisinde gerçekleştirerek, işverenleri olan işletmenin maliyetlerini düşürmesine yardımcı olmakta, ilgilendikleri faaliyetlerin teknolojik ve işlevsel olarak sürekli gelişimini sağlamakta ve bu yolla işbirliği içerisindeki işletmenin rekabetçiliğine güçlü bir katkı sağlamaktadır (Altan ve Karas Aydın, 2015). Tedarik zinciri içerisinde 3PL firmaları, depolama, nakliye, elleçleme gibi genel lojistik faaliyetlerle ilgilenmektedir. Özellikle 3PL firmaları ile iş yapan işletmeler, genellikle yüklerinin %60'ını, depolamanın %70'ini, taşımacılık hizmetlerinin %80'ini dış hizmet desteği ile sağlamayı daha tercih edilebilir bulmaktadır (Güzel vd., 2017). Şekil 1, işletmelerin genel olarak 3PL firmalarından alabileceği dış destek faaliyetlerini derlemektedir (Aguzzoul, 2014).

Şekil 1. 3PL firmaları lojistik faaliyetleri



Kaynak: (Aguzzoul, 2014)

Tedarik zinciri içerisinde özellikle taşıma operasyonları ürüne veya hizmete doğrudan bir katkı sağlamadığı ve sadece azaltılması gereken bir maliyet kalemi gibi görüldüğü için zaman zaman temel bir hamle olarak görülmeyebilir. Fakat zinciri daha verimli hale getirebilecek uygun 3PL sağlayıcılarının seçimiyle ölçek ekonomisine katkı sağlayacak çözümler elde edilebilmektedir (Mortensen ve Lemoine, 2008).

Dış destek hizmeti sağlayan 3PL firmaları ile üretim yapan işletmeler arasındaki işbirliği için iyi yapılandırılmış sözleşmelere ihtiyaç duyulmaktadır. Tedarik sözleşmeleri, sözleşmenin tarafı olan paydaşların koordinasyonuna odaklanarak tarafların hedeflerini uyumlu hale getirmekte ve tedarik zinciri içerisindeki verimsizliği azaltmaktadır (Chen, 2011). Alıcının ve satıcının taraf olduğu sözleşmelerde, fiyat indirimleri, teslim süreleri, satın alma büyüklükleri, kalite standartları, iade koşulları gibi hususlar yer alabilmektedir (Sluis ve De Giovanni, 2016). Tarafların kendi karlılıklarına ve kendi hedeflerine odaklanmaları sonucu ortaya çıkan arz ve talep belirsizliği sözleşmeler maharetiyle dengelenebilmekte ve hatta karşılıklı ticaret şartlarının düzenlenmesiyle tarafları memnun edecek ekonomik teşvikler meydana çıkmaktadır (Cachon, 2001). Bu çalışmada bir inşaat firmasının dış hizmet alımı doğrusal programlama ile modellenmektedir. Şirket ve 3PL firmaları arasındaki anlaşma sözleşme maddeleri ile sınırlandırılmaktadır. Çalışmanın uygulama kısmında ilgili sözleşme maddelerinin bağlayıcılığından kaynaklı maliyet değişimi incelenmiş ve bazı maddelerin şirket için avantajdan çok

dezavantaj yarattığı görülmüştür. Çalışmanın amacı sözleşme maddelerinden kaynaklı hizmet alım konfigürasyonunda ve maliyetteki değişimleri tespit edip şirket için en uygun şartların belirlenmesini sağlamaktır. Çalışmanın ikinci bölümünde 3PL ve tedarik sözleşmeleri ile ilgili literatür araştırmasına yer verilmiş, üçüncü bölümde problem tanımlanmış, dördüncü bölümde ise model kurulmuş ve bulgular sunulmuştur. Sonuç bölümünde ise çalışmanın genel katkılarına ve geliştirilebilir yönlerine vurgu yapılmıştır.

1. LİTERATÜR TARAMASI

3PL çalışmalarında genel olarak, tedarikçinin seçimi, seçim kriterlerinin belirlenmesi, dış hizmet alımı ile ilgili fayda-maliyet analizi, alımın planlanması, modellenmesi ve değerlendirilmesi, 3PL firmaları ile müşterileri arasındaki ilişkinin analiz edilmesi gibi konuların çalışıldığı görülmektedir (Aguezzoul, 2014). Gkanatsas ve Krikke (2020) tedarik zincirleri ve 3PL ağının kurulması sırasında tedarik zincirinden kaynaklı risklerin ve belirsizliklerin 3PL firmalarına da kaydığını vurgulamış ve dayanıklı 3PL tedarik zinciri ağı tasarımlarının geliştirilmesiyle ilgili araştırmaları derlemiştir. 3PL seçiminde çok sayıda kriterin varlığına dikkat çekilmektedir. Özellikle dış hizmet alımı tercihlerinde maliyetin yanı sıra, kalite, performans, esneklik, teslimat hızı, teslimat güvenliği, dağıtım kabiliyetleri gibi hususlar değerlendirme kriteri olarak ele alınmaktadır (Fawcett ve Smith, 1995; Morash vd., 1996). Altan ve Kardeş Aydın (2015) bulanık DEMATEL ve bulanık TOPSIS tekniklerinden oluşan bütünleşik bir yöntem ile boru fabrikası üreten bir işletmenin dört farklı 3PL firma alternatifi için karşılaştırma önerisi sunmuştur. Benzer olarak Jovčić ve Průša (2021) 3PL seçiminde kriter ağırlıklarının tespiti için CRITIC, alternatiflerin sıralanması için ise ARAS yöntemlerinden faydalanmışlardır.

Seçim kriterleri ve problem yapısı dış hizmet alımına dair 3PL seçimini ve hizmetin yapısal kararlarını etkileyebilmektedir. Nitekim problemin karmaşık yapısı veya tercihlere dair kararın kesinlik gerektirmesinden dolayı analiz yöntemi olarak çok kriterli karar verme teknikleri (Govindan vd., 2012), istatistiksel yaklaşımlar (Anderson vd., 2011), yapay zeka-öğrenen algoritmalar (Işıklar vd., 2007) ve probleme özgü kurulmuş matematiksel modeller (Perçin ve Min, 2013) kullanılabilir. German vd. (2022) 3PL hizmet sağlayıcısı seçimi sırasında tüketici niyetini etkileyen faktörlerin tespiti için yapay sinir ağı ve rastgele orman sınıflandırıcısını kullandığı analizinde, müşteri memnuniyetinin, 3PL hizmet sağlayıcısının sunduğu güvence seviyesinin ve 3PL hizmet sağlayıcısının müşteri tarafından algılanan değerinin 3PL tedarikçisi seçimi üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Abbasi vd. (2021) enerji kesinti risklerini ve ürün bozulabilirliğini hesaba katan bir MINLP ağ tasarımı modeli kurarak bozulabilir ürün dağıtım rolü olan 3PL depolama merkezlerindeki belirsizlikten kaynaklı riskleri azaltmayı hedeflemiştir.

İşletmelerin dış kaynak hizmeti alımında 3PL firmalarının nitelikleri üzerinden değerlendirme yapabildikleri görülmektedir. Özellikle ekonomik beklentiler de seçim alternatifleri açısından öne çıkabilmektedir. Bu aşamada 3PL firmasının vaatleri ve hizmet kalitesi, hizmet talebi olan işletmenin karar almasında etkili olabilmektedir. Givens (2021) doğru 3PL ortağı seçiminin, uygun sözleşme şartları ve koşullarını belirlemek, anlaşma kapsamını ve performans teşviklerini ortaya koymak ile başladığını belirtmektedir. Raj vd. (2022) Ethereum tabanlı bir akıllı sözleşme aracılığıyla alıcı ve satıcı arasındaki riskleri azaltmayı amaçlamıştır. Akıllı kontrat aracılığıyla 3PL firmasının zamanında teslimat performansı ve ürün takibi hakkında anlık müşteri bilgilendirmesi sağlamak mümkün hale gelebilmektedir. İki tarafın karşılıklı çıkarlarına hizmet eden sözleşmeler maliyet avantajları sunarak ekonomik sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır. Dijital imkanların gelişmesine bağlı olarak blok zincir teknolojisi akıllı tedarikçi sözleşmeleri konusunda öne çıkmaya başlamıştır. Liu vd. (2023) maliyet paylaşımı sözleşmesi ile gelir paylaşımı sözleşmesi performansını incelemiş ve her iki yöntemin blok zincir teknolojisi üzerinden hibrit çalışabileceği yeni bir yaklaşım ortaya koymuştur. Blok zincir sözleşmelerdeki paydaşların sorumluluk paylaşımı sırasında ortaya çıkabilecek sorunların azaltılmasına

da yardımcı olabilmektedir. Van Groesen ve Pauwels (2022) tedarik zinciri içerisindeki varlık takibini blok zincir teknolojisi aracılığıyla gerçekleştirmiştir. Bu sayede akıllı sözleşmeler vasıtasıyla paydaşlar arasındaki şeffaflığı artırmayı ve sözleşmenin etkinliğini artırmayı amaçlamışlardır.

2. PROBLEM TANIMI

Uluslararası bir inşaat şirketi malzeme sevkiyatı sırasındaki taşıma operasyonları için dış hizmet alımı talep etmektedir. Bu amaçla şirket karar vericileri dört farklı 3PL firması ile çalışmayı düşünmektedir. 3PL firmaları lojistik operasyonları için belirli sayıda kamyon ve tırları bulunmaktadır. Fakat firmaların kamyon ve tırları kapasite büyüklüğü, taşıma ve sigortalama maliyeti ve buna benzer çeşitli parametreler açısından farklı özelliklere sahiptir. Modelde yer alan set, değişken ve parametreler Tablo 1 notasyon tablosunda sunulmaktadır.

Tablo 1. Notasyon tablosu

Sembol	Anlamı
c_{ij}	i . 3PL firmasının j . araç ile taşıma gerçekleştirmesinin birim maliyeti, £
k_{ij}	i . firmanın j . aracına ait ortalama kapasite, ton
s_{ij}	i . firmanın j . tip toplam araç sayısı, adet
δ_j	j . araç için birim vergi maliyeti, £, 15;20
D	Talep, ton
x_{ij}	i . firmanın hizmete sunduğu j . tip araç sayısı, adet
I	Hizmet sunan 3PL firmalarının seti
J	Hizmet firmalarına ait kamyon seti
K	Değer aralığı seti
T	Değer aralığı sınır seti
G	Teknik değişken seti
w_k	k . değer aralığındaki filo büyüklüğü üyeliği
θ_k	k . değer aralığındaki filo büyüklüğü için sigortalama maliyeti, £
α_{ik}	i . firmanın k . değer aralığındaki filo büyüklüğü üyeliği
θ_{ik}	i . firmanın k . değer aralığındaki filo büyüklüğü için önerdiği iskonto, £
v_i	3PL firma seçimi önceliklerinde kullanılan teknik ikili değişken
τ_g	Sigorta aralığında kullanılan teknik ikili değişken
ε_{ig}	İskonto aralığında kullanılan teknik ikili değişken
φ	Teknik ikili değişken
SR_i	i . firmanın başarılı teslimat yüzdesi dağılımı
p_i	i . firmanın ceza katsayısı, tamsayı değişken
∂_i	i . firmanın ceza tutarı, £
b_{kt}	k . değer aralığındaki t . sınır değeri
μ_{ikt}	i . firmanın k . değer aralığı sınır t . sınır değeri
BI	Sigorta bariyeri
BD_i	i . firmanın iskonto bariyeri
γ	Konvoy için teknik tamsayı değişken

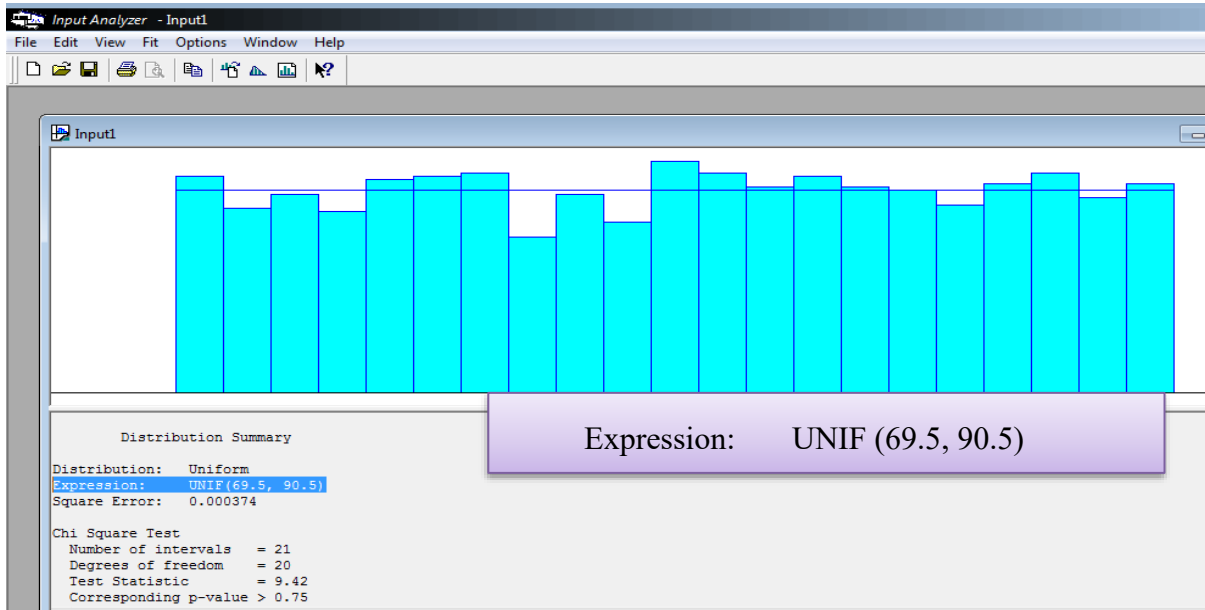
Problemin çözümüne yönelik kurulan doğrusal programlama modelinde şirketlerle yapılacak sözleşmelerdeki durum modele yansıtılmış ve ilgili maliyetlere amaç fonksiyonunda yer verilmiştir. Modelde hizmet alınacak 3PL firmaları $i \in I = \{1,2,3,4\}$ seti ile 3PL firmalarına ait sırasıyla kamyon ve tır tipi araçlar ise $j \in J = \{1,2\}$ seti ile temsil edilmektedir. Lojistik firmalarının sahip oldukları araçlar birbirinden farklıdır. Bu sebeple araçların kapasite ve birim taşıma maliyetleri değişkenlik taşımaktadır. Tablo 2’de 3PL firmalarının sahip olduğu araçların sayıları, birim taşıma maliyetleri ve bu araçların kapasitelerine dair bilgiler yer almaktadır.

Tablo 2. Araç taşıma maliyetleri, araç kapasite ve sayıları

Firma	Sayı (adet)		Taşıma Maliyeti (£/ton)		Kapasite (ton)	
	Kamyon	Tır	Kamyon	Tır	Kamyon	Tır
3PL ₁	18	12	300	400	21	32
3PL ₂	14	13	150	200	19	30
3PL ₃	12	8	75	100	23	28
3PL ₄	16	7	325	400	17	30

İnşaat şirketinin geçmiş sipariş dönemlerindeki talebini ihtiyaç duyduğu araç sayısı üzerinden kaydetmektedir. Firmanın geçmiş dönemlerine ait 1200 ayrı sipariş kaydı bulunmaktadır. Ortalama araç ihtiyacı talebi için Input Analyzer yazılımı kullanılarak bir talep dağılımı oluşturulmuştur. Şekil 2’ de talep dağılımına ait bulgular görülmektedir. Şirketin araç talebi UNIF (69.5, 90.5) dağılımına uygun seyretmektedir. Fakat inşaat firması toplam araç talebini 100 adet ile sınırlandırmaktadır.

Şekil 2. Talep dağılım verisi



İnşaat şirketi 3PL firmaları ile yaptığı sözleşmeye geçmişte zamanında teslimat gerçekleştirilememesi kabahatine sahip 3PL₁ ve 3PL₂ firması için özel bir gecikme cezası eklemek istemektedir. Firmaların hizmet verdiği araç sayısına göre teslimat başarı yüzdelерinin tutulduğu veri setleri bulunmaktadır. SPSS 22 ile yapılan regresyon analizinde 3PL₁ ve 3PL₂ firmalarının araç sayısı doğrultusunda ulaşılan teslimat başarı yüzdeleri modellenmiştir. Tablo 3 lojistik firmalarının filo büyüklüğünün teslimat başarı yüzdeleri üzerindeki etkisinin modellendiği regresyon modellerini içermektedir.

Tablo 3. Regresyon modelleri

Model	3PL ₁ Teslimat Başarısı			3PL ₂ Teslimat Başarısı		
	B	t	p	B	t	p
Sabit	76,850	97,482	0,000	80,518	153,318	0,000
Araç Sayısı	0,140	3,150	0,002	0,106	3,168	0,002
R ²	0,011			0,008		
F	9,923			10,034		
p	0,002			0,002		

Lojistik firmalarının teslimat başarı yüzdeleri filo büyüklükleri ile açıklanabilmektedir. Dolayısıyla inşaat şirketi teslimat sürecinde bu iki lojistik firmasının gecikmelerinden kaynaklı maliyetleri firmaların kendisine yansıtmak istemektedir. Sözleşmelerde 3PL₁ firmasından kaynaklı gecikmeler için firmaya verilmek üzere araç başına 80£, 3PL₂ firması içinse yine firmaya verilmek üzere araç başına 60£ ceza fatura edilmesi kararlaştırılmıştır. Şirketin araç tipine göre ödediği araç başı vergi gideri bulunmaktadır. Ayrıca inşaat şirketi hizmet alımları için araç büyüklüğünü dikkate alarak sigorta yaptıracaktır ve sigorta şirketi ile yapılan anlaşma gereği araç büyüklüğü belirli adetler içerisinde kaldığında sigorta maliyetleri filo büyüklüğünden etkilenmektedir. Modelde $k \in K = \{1,2,3,4\}$ kesikli değer aralığı seti, $t \in T = \{1,2\}$, değer aralığının alt ve üst sınır seti, b_{kt} ; k . değer aralığındaki t . sınır değeri, w_k ; k . değer aralığındaki filo büyüklüğü üyeliği ve ϑ_k ; k . değer aralığındaki filo büyüklüğü için sigortalama maliyeti olmak üzere sigortalama maliyetleri aşağıdaki gibidir:

$$\vartheta_k = \begin{cases} \vartheta_1 = 0 & \text{eğer} & w_1 = b_{11} = b_{12} = 0 \\ \vartheta_2 = 2000£ & \text{eğer} & b_{21} = 0 < w_2 \leq b_{22} = 20 \\ \vartheta_3 = 3500£ & \text{eğer} & b_{31} = 20 < w_3 \leq b_{32} = 40 \\ \vartheta_4 = 6500£ & \text{eğer} & b_{41} = 40 < w_4 \leq b_{42} = 100 \end{cases} \quad (1)$$

Sözleşmede özel durumlar da bulunmaktadır. Buna göre 3PL₁ firmasından malzeme alınırsa 3PL₂ firmasından da malzeme alınmalıdır. Fakat 3PL₃ firmasından malzeme alınırsa 3PL₄ firmasından malzeme alınmayacaktır. 3PL₁ ve 3PL₂ firmasından taşınan toplam malzeme 1500 tondan fazla olması durumunda maliyeti yüksek olan 3PL₄ firmasından en fazla 10 araç kullanılacaktır. Son olarak 3PL₁ firmasından alınacak araçlar sadece 5 araçlık konvoylar halinde gelebilmektedir.

Lojistik firmaları 3PL₁, 3PL₂ ve 3PL₄ firmaları kendilerinden sağlanacak hizmet alımlarında filo büyüklüğü sınırları doğrultusunda farklı iskonto tarifeleri önermiştir. Aralık seçimlerinde kullanılmak üzere teknik değişkenlere ihtiyaç olmaktadır ve bu teknik değişken seti $g \in G = \{1,2,3\}$ olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca modelde μ_{ikt} ; i . firmanın k . değer aralığı t . sınır değeri, α_{ik} ; i . firmanın k . değer aralığındaki filo büyüklüğü üyeliği ve θ_{ik} ; i . firmanın k . değer aralığındaki filo büyüklüğü için önerdiği iskonto olmak üzere 3PL₁, 3PL₂ ve 3PL₄ firmalarının iskonto teklifleri aşağıdaki şekildedir:

$$\theta_{1k} = \begin{cases} \theta_{11} = 0 & \text{eğer} & \alpha_{11} = \mu_{111} = \mu_{112} = 0 \\ \theta_{12} = 500£ & \text{eğer} & \mu_{121} = 0 < \alpha_{12} \leq \mu_{122} = 5 \\ \theta_{13} = 1375£ & \text{eğer} & \mu_{131} = 5 < \alpha_{13} \leq \mu_{132} = 10 \\ \theta_{14} = 3375£ & \text{eğer} & \mu_{141} = 10 < \alpha_{14} \leq \mu_{142} = 30 \end{cases} \quad (2)$$

$$\theta_{2k} = \begin{cases} \theta_{21} = 0 & \text{eğer} & \alpha_{21} = \mu_{211} = \mu_{212} = 0 \\ \theta_{22} = 400£ & \text{eğer} & \mu_{221} = 0 < \alpha_{22} \leq \mu_{222} = 5 \\ \theta_{23} = 950£ & \text{eğer} & \mu_{231} = 5 < \alpha_{23} \leq \mu_{232} = 10 \\ \theta_{24} = 2480£ & \text{eğer} & \mu_{241} = 10 < \alpha_{24} \leq \mu_{242} = 30 \end{cases} \quad (3)$$

$$\theta_{4k} = \begin{cases} \theta_{41} = 0 & \text{eğer} & \alpha_{41} = \mu_{411} = \mu_{412} = 0 \\ \theta_{42} = 200£ & \text{eğer} & \mu_{421} = 0 < \alpha_{42} \leq \mu_{422} = 4 \\ \theta_{43} = 550£ & \text{eğer} & \mu_{431} = 4 < \alpha_{43} \leq \mu_{432} = 8 \\ \theta_{44} = 1230£ & \text{eğer} & \mu_{441} = 8 < \alpha_{44} \leq \mu_{442} = 23 \end{cases} \quad (4)$$

Önerilen model inşaat şirketinin hizmet alımı sırasında karşılaşacağı maliyetin minimizasyonunda odaklanmaktadır. Analiz sırasında sözleşmede yer alan özel maddelerin çıkarılmasının genel maliyet performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Tablo 4 sözleşmede yer alan özel maddelere dair senaryo kalıplarını içermektedir.

Tablo 4. Analiz senaryoları

#	Senaryo	Tanım
0	FC	Tüm şartların yer aldığı dolu sözleşmedir.
1	CP	“3PL ₁ firmasından malzeme alınırsa 3PL ₂ firmasından da malzeme alınmalıdır.” maddesi sözleşmeden çıkarılmıştır.
2	AC	“3PL ₃ firmasından malzeme alınırsa 3PL ₄ firmasından malzeme alınmayacak.” maddesi sözleşmeden çıkarılmıştır.
3	D1	3PL ₁ firması iskonto teklifini geri çekmiştir.
4	D2	3PL ₂ firması iskonto teklifini geri çekmiştir.
5	D4	3PL ₄ firması iskonto teklifini geri çekmiştir.
6	HC	“3PL ₁ ve 3PL ₂ firmasından taşınan toplam malzeme 1500 tondan fazla olması durumunda maliyeti yüksek olan 3PL ₄ firmasından en fazla 10 araç kullanılacaktır.” maddesi sözleşmeden çıkarılmıştır.
7	CV	“3PL ₁ firmasından alınacak araçlar sadece 5 araçlık konvoylar halinde gelebilir.” maddesi sözleşmeden çıkarılmıştır.
8	P1	3PL ₁ firmasının gecikme cezası kaldırılmıştır.
9	P2	3PL ₂ firmasının gecikme cezası kaldırılmıştır.

3. ANALİZ VE BULGULAR

Şirket ve 3PL firmaları arasında sözleşmede yer alan özel şartlar model kurulumunda dikkate alınmaktadır. Bu doğrultuda kurulan model aşağıdaki şekildedir.

Amaç Fonksiyonu

$$\text{Minimize } \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij} k_{ij} + \sum_k \vartheta_k w_k + \sum_i \sum_j \delta_j x_{ij} - \sum_i \sum_k \theta_{ik} \alpha_{ik} - \sum_{i=1}^2 \partial_i p_i \quad (5)$$

Kısıtlar

$$x_{ij} \leq s_{ij} \quad (6)$$

$$\sum_i \sum_j x_{ij} \leq 100 \quad (7)$$

$$\sum_i \sum_j x_{ij} \geq D \quad (8)$$

$$BI = \sum_k b_{k2} w_k \quad (9)$$

$$\sum_k w_k = 1 \quad (10)$$

$$w_1 \leq \tau_1 \quad (11)$$

$$w_2 \leq \tau_1 + \tau_2 \quad (12)$$

$$w_3 \leq \tau_2 + \tau_3 \quad (13)$$

$$w_4 \leq \tau_3 \quad (14)$$

$$\sum_g \tau_g = 1 \quad (15)$$

$$BI = \sum_i \sum_j x_{ij} \quad (16)$$

$$\sum_j x_{1j} = \sum_j s_{1j} v_1 \quad (17)$$

$$\sum_j x_{2j} = \sum_j s_{2j} v_2 \quad (18)$$

$$v_1 \leq v_2 \quad (19)$$

$$\sum_j x_{3j} = \sum_j s_{3j} v_3 \quad (20)$$

$$\sum_j x_{4j} = \sum_j s_{4j} v_4 \quad (21)$$

$$v_3 + v_4 = 1 \quad (22)$$

$$BD_1 = \sum_k \mu_{1k2} \alpha_{1k} \quad (23)$$

$$\sum_k \alpha_{1k} = 1 \quad (24)$$

$$\alpha_{11} \leq \varepsilon_{11} \quad (25)$$

$$\alpha_{12} \leq \varepsilon_{11} + \varepsilon_{12} \quad (26)$$

$$\alpha_{13} \leq \varepsilon_{12} + \varepsilon_{13} \quad (27)$$

$$\alpha_{14} \leq \varepsilon_{13} \quad (28)$$

$$\sum_g \varepsilon_{1g} = 1 \quad (29)$$

$$BD_1 = \sum_j x_{1j} \quad (30)$$

$$BD_2 = \sum_k \mu_{2k2} \alpha_{2k} \quad (31)$$

$$\sum_k \alpha_{2k} = 1 \quad (32)$$

$$\alpha_{21} \leq \varepsilon_{21} \quad (33)$$

$$\alpha_{22} \leq \varepsilon_{21} + \varepsilon_{22} \quad (34)$$

$$\alpha_{23} \leq \varepsilon_{22} + \varepsilon_{23} \quad (35)$$

$$\alpha_{24} \leq \varepsilon_{23} \quad (36)$$

$$\sum_g \varepsilon_{2g} = 1 \quad (37)$$

$$BD_2 = \sum_j x_{2j} \quad (38)$$

$$BD_4 = \sum_k \mu_{4k2} \alpha_{4k} \quad (39)$$

$$\sum_k \alpha_{4k} = 1 \quad (40)$$

$$\alpha_{41} \leq \varepsilon_{41} \quad (41)$$

$$\alpha_{42} \leq \varepsilon_{41} + \varepsilon_{42} \quad (42)$$

$$\alpha_{43} \leq \varepsilon_{42} + \varepsilon_{43} \quad (43)$$

$$\alpha_{44} \leq \varepsilon_{43} \quad (44)$$

$$\sum_g \varepsilon_{4g} = 1 \quad (45)$$

$$BD_4 = \sum_j x_{4j} \quad (46)$$

$$\sum_{i=1}^2 \sum_j x_{ij} k_{ij} \geq 1500\varphi \quad (47)$$

$$\sum_j x_{4j} \leq [10 (1 - \varphi)] \quad (48)$$

$$\sum_j x_{1j} = 5\gamma \quad (49)$$

$$\gamma \leq 6 \quad (50)$$

$$\gamma \geq 1 \quad (51)$$

$$SR_1 = [76,85 + (0,14 \sum_j x_{1j})] \quad (52)$$

$$p_1 \leq 0,01 [(100 - SR_1) \sum_j x_{1j}] \quad (53)$$

$$p_1 \geq 0,01 [(100 - SR_1) \sum_j x_{1j}] - 1 \quad (54)$$

$$SR_2 = [80,518 + (0,106 \sum_j x_{2j})] \quad (55)$$

$$p_2 \leq 0,01 [(100 - SR_2) \sum_j x_{2j}] \quad (56)$$

$$p_2 \geq 0,01 [(100 - SR_2) \sum_j x_{2j}] - 1 \quad (57)$$

$$w_k, \alpha_{ik} \geq 0 \quad (58)$$

$$x_{ij}, p_i, \gamma, \text{ tamsayı} \quad (59)$$

$$v_i, \tau_g, \varepsilon_{ig}, \varphi \in \{0,1\} \quad (60)$$

Amaç fonksiyonunu yer aldığı Denklem 5 araç seçimi, sigortalama, vergi, iskonto ve ceza unsurlarının yer aldığı maliyet büyüklüğünü minimize etmeye odaklanmaktadır. Denklem 6, Denklem 7 ve Denklem 8 ihtiyaç duyulan araç büyüklüğü ve talep dengesini kurmaktadır. Denklem 9 ve Denklem 16 arasındaki set sigortalanacak araç büyüklüğüne bağlı seçimlerle ilgilenmektedir. Denklem 17-19 arası set 3PL₁ ve 3PL₂ firmalarının birliktelikleri, Denklem 20-22 arası set ise 3PL₃ ve 3PL₄ arasında aykırılığı yansıtmaktadır. Denklem 23-46 arası set lojistik firmalarının iskonto önerilerini modele dahil etmektedir. Denklem 47-48, 3PL₁ ve 3PL₂ alımlarının 3PL₄ üzerindeki değişimini ifade etmektedir. Denklem 49-51 arası set, 3PL₁ firmasından gelecek araçların belirli büyüklükteki konvoylar halinde olmasını garanti etmektedir. Denklem 52-57 arası set ise 3PL₁ ve 3PL₂ firmalarının teslimatta yaşanacak gecikme sonrasında alacakları cezayı belirtmektedir. Modelin sonunda değişkenlerin nitelikleri tanımlanmıştır.

Modelin çözümünde GAMS programından faydalanılmıştır. Başlangıç çözüm senaryo FC sözleşmede öngörülen tüm maddeleri içermektedir. Sonrasında sözleşmede yer alan bazı maddelerin kaldırılmasının ve sözleşmede yer alan araç seçimleri ile ilgili durumların sözleşmede kaldırılması yoluyla gerçekleştirilen testler, sözleşme maddelerinin olası katkı veya kayıplarını ortaya koymaktadır. Tablo 5 senaryoların maliyet kalemleri üzerinde yarattığı değişimi göstermektedir.

Tablo 5. Maliyet kalemleri değişimi (₺)

#	Senaryo	Toplam maliyet	Sigorta maliyeti	Vergi maliyeti	Ceza maliyeti
0	FC	411419	5200	1260	640
1	CP	411419	5200	1260	640
2	AC	338519	5200	1210	560
3	D1	414794	5200	1260	640
4	D2	412445	5200	1260	640
5	D4	411419	5200	1260	640
6	HC	411419	5200	1260	640
7	CV	391217	5200	1260	640
8	P1	411819	5200	1260	240
9	P2	411659	5200	1260	400

Sözleşmede yer alan maddelerin tek tek çıkarılması sonucunda en güçlü etkiye sahip olan maddenin AC senaryosunda olduğu görülmektedir. Söz konusu sözleşme maddesi 3PL₄ firmasından hizmet alımını kesmektedir ve bu durum araç dağılım konfigürasyonuna doğrudan etki etmektedir. Mevcut durumda 3PL₄ firmasından hizmet alımı gerçekleşmediğinden toplam maliyet kalemlerinde etkin bir rahatlatma yaşanmamaktadır. Benzer bir durum CV senaryosunda da görülmektedir. 3PL₁ firması araçları için konvoy şartı kaldırıldığında, hizmet için ihtiyaç duyulan 3 aracın 3PL₁ firması yerine 3PL₂ firmasından tercih edilebileceği bu durumun da genel maliyete olumlu katkı sağlayacağı tespit

edilmiştir. Diğer taraftan senaryo CP, 3PL₁ ve 3PL₂ firmalarının birlikte tercih edilme şartının kaldırılmasının maliyetler üzerinde bir etki yaratmadığını göstermektedir. Sözleşmede en etkin maddenin AC senaryosunda olduğu görüldüğünden ilgili maddenin kaldırılmasının maliyet verimi açısından gereklilik taşıdığına karar verilmiştir. Aynı şekilde CP senaryosundaki maddenin maliyet üzerindeki etkisi olmadığından bu iki madde sözleşmeden çıkartılmış ve senaryolar bu iki madde olmaksızın çalıştırılmıştır. İkinci tur analizlerde diğer şartların genel maliyet ve araç dağılım konfigürasyonu üzerindeki performansı ile ilgili tespitler Tablo 6’da sunulmuştur.

Tablo 6. İkinci tur senaryo analizleri

#	Senaryo	Araç çeşidi	Firmalar				Toplam maliyet (₺)
			3PL ₁	3PL ₂	3PL ₃	3PL ₄	
0	FC-2	Kamyon	18	14	12	10	338519
		Tır	2	10	8	0	
1	D1-2	Kamyon	18	14	12	10	340894
		Tır	2	10	8	0	
2	D2-2	Kamyon	18	14	12	10	339545
		Tır	2	10	8	0	
3	D4-2	Kamyon	18	14	12	10	339699
		Tır	2	10	8	0	
4	HC-2	Kamyon	15	14	12	16	321228
		Tır	0	9	8	0	
5	CV-2	Kamyon	17	14	12	10	324902
		Tır	0	13	8	0	
6	P1-2	Kamyon	18	14	12	10	338839
		Tır	2	10	8	0	
7	P2-2	Kamyon	18	14	12	10	338759
		Tır	2	10	8	0	

İkinci tur analiz sözleşme detaylarında araç dağılım konfigürasyonu üzerinde asıl belirleyici faktörlerin HC ve CV senaryosunda yer alan maddeler olduğunu göstermektedir. Tablo 7 ikinci tur analiz sonucunda en iyi sonucu sunan 3 senaryonun maliyet görünümü sunmaktadır. Bu iki madde sözleşmede yer aldığı durumda araç dağılımı değişmemekte, sadece sözleşmedeki özel maliyet kalemlerinin farklılaşmasından dolayı genel maliyette değişimler yaşanmaktadır. Bu durum şirket seçiminde özel maddelerin iskonto önerilerine göre daha bağlayıcı olduğunu göstermektedir.

Tablo 7. En iyi senaryo maliyet görünümü (₺)

#	Senaryo	Toplam maliyet	Sigorta maliyeti	Vergi maliyeti	Ceza maliyeti
1	HC-2	321228	5200	1195	420
2	CV-2	324902	5200	1245	480
3	FC-2	338519	5200	1210	560

Senaryo analizine göre iskontoların devreden çıkarılması şirketin maliyetini artırmaktadır. Ama özel maddelerin kaldırılması ise şirketin maliyetlerini düşürmekte ve çok daha iyi noktaya getirmektedir. Dolayısıyla özel maddelerin iş veren aleyhine olduğu tespit edilmiştir.

SONUÇ

Bu çalışmada bir inşaat şirketinin dış hizmet alımında tercih ettiği 3PL firmaları ile karşılıklı yapılan bir tedarik sözleşmesi incelenmiş, sözleşmenin maddelerinden kaynaklı maliyet değişimleri analiz edilmiştir. Problem çözümüyle inşaat şirketinin malzeme taşınımında ihtiyaç duyduğu araç adedi konfigürasyonuna minimum maliyet ile ulaşmak amaçlanmıştır. Tasarlanan doğrusal programlama modeli sözleşmede yer alan iskonto, araç dağılımı sonucu hizmet alım bedeli, vergi, teslimat

gecikmelerinden kaynaklı ceza ve sigortalama gibi maliyet kalemlerini içermektedir. Analiz sırasında iki aşamalı çözüm gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada bütün sözleşme maddeleri modele dahil edilmiş ve oluşturulan senaryolar doğrultusunda sözleşme maddeleri modelden çıkarılarak çözüm gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada ise çözümün iyileşmesine katkı sağlamayan ve çözümü kötüye götüren maddeler olmaksızın diğer maddelerin maliyet avantajı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Çalışma sonucunda 3PL firmalarının sunduğu iskонтoların gerçek anlamda bir maliyet avantajı yaratmadığı fakat aksine firmalardan kaynaklı bazı kısıtlamaların kaldırılması sonucunun araç dağılım tercihlerini değiştirmesi yoluyla alıcı firmayı ekonomik olarak rahatlattığı tespit edilmiştir. Sözleşme şartları alıcı firmanın hizmet alım tercihlerini etkilemektedir. Sözleşme maddeleri ve genel maliye kalemleri modelin parametre ve kısıtlarını belirlemektedir. Daha kapsamlı maddelerin yer alması ve farklı maliyet ve performans unsurlarının modele dahil edilmesi, modeli karmaşıktırarak fakat problemin daha kapsamlı incelenmesine imkan sağlayacaktır.

Bu çalışma ile sözleşmelerde uygulanan farklı stratejilerin sözleşme genel maliyetleri üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. Tedarikçi ilişkilerinin geliştirilmesine yönelik çalışan uzman ve yöneticilerin bu çalışmada görüldüğü gibi farklı opsiyonların olası katkılarını araştırması önem arz etmektedir. Çalışma, sözleşme opsiyonlarının karşılaştırılması ve bu yolla maliyet etkinliğinin ortaya konulması açısından yönetici ve karar vericilere alternatif bir yaklaşım önermektedir.

KAYNAKÇA

- ABBASI, S., SABOURY, A., & JABALAMELI, M. S. (2021), "Reliable supply chain network design for 3PL providers using consolidation hubs under disruption risks considering product perishability: An application to a pharmaceutical distribution network" *Computers & Industrial Engineering*, 152, 107019.
- AGUEZZOUL, A. (2014), "Third-party logistics selection problem: A literature review on criteria and methods", *Omega*, 49, 69-78.
- ALTAN, Ş., & KARAS AYDIN, E. (2015), "Bulanık DEMATEL ve Bulanık TOPSIS Yöntemleri ile Üçüncü Parti Lojistik Firma Seçimi İçin Bütünleşik Bir Model Yaklaşımı", *Suleyman Demirel University Journal of Faculty of Economics & Administrative Sciences*, 20(3), 99-119.
- ANDERSON, E. J., COLTMAN, T., DEVINNEY, T. M., & KEATING, B. (2011), "What drives the choice of a third-party logistics provider?", *Journal of Supply Chain Management*, 47(2), 97-115.
- CACHON, G., (2001), "Supply chain coordination with contracts", In: Graves, S., Kok, T.D. (Eds.), *Handbooks in Operations Research and Management Science: Supply Chain Management*. North-Holland, Philadelphia PA, 1-95.
- CHEN, J. (2011), "Returns with wholesale-price-discount contract in a newsvendor problem", *International Journal of Production Economics*, 130(1), 104-111.
- FAWCETT, S. E., & SMITH, S. R. (1995), "Logistics measurement and performance for United States-Mexican operations under NAFTA", *Transportation journal*, 34(3), 25-34.
- GERMAN, J. D., ONG, A. K. S., REDİ, A. A. N. P., & ROBAS, K. P. E. (2022), "Predicting factors affecting the intention to use a 3PL during the COVID-19 pandemic: A machine learning ensemble approach", *Heliyon*, 8(11).
- GIVENS, S. (2021), "Best practices in 3PL and fulfillment contract procurement: A methodological approach to optimising 3PL rates and services", *Journal of Supply Chain Management, Logistics and Procurement*, 4(1), 60-69.
- GKANATSAS, E., & KRİKKE, H. (2020), "Towards a pro-silience framework: a literature review on quantitative modelling of resilient 3PL supply chain network designs", *Sustainability*, 12(10), 4323.
- GOVINDAN, K., PALANIAPPAN, M., ZHU, Q., & KANNAN, D. (2012), "Analysis of third party reverse logistics provider using interpretive structural modeling", *International Journal of Production Economics*, 140(1), 204-211.

- GÜZEL, D., TÜZEMEN, A., & YAPRAK, B. (2017), "Firmaların 3pl (Üçüncü Parti Lojistik) Hizmet Sağlayıcılarını Seçerken Kullandıkları Kriterler Üzerine Bir Çalışma: Erzurum İhracatçıları Örneği", *Ataturk University Journal of Economics & Administrative Sciences*, 31(3), 775-792.
- IŞIKLAR, G., ALPTEKİN, E., & BÜYÜKÖZKAN, G. (2007), "Application of a hybrid intelligent decision support model in logistics outsourcing", *Computers & Operations Research*, 34(12), 3701-3714.
- JOVČIĆ, S., & PRŮŠA, P. (2021), "A Hybrid MCDM Approach in Third-Party Logistics (3PL) Provider Selection", *Mathematics*, 9 (21), 2729.
- LIU, W., LIU, X., SHI, X., HOU, J., SHI, V., & DONG, J. (2023), "Collaborative adoption of blockchain technology: A supply chain contract perspective", *Frontiers of Engineering management*, 10(1), 121-142.
- MORASH, E. A., DROGE, C. L., & VICKERY, S. K. (1996), "Strategic logistics capabilities for competitive advantage and firm success", *Journal of Business Logistics*, 17(1), 1-22.
- MORTENSEN, O., & LEMOİNE, O. W. (2008), "Integration between manufacturers and third party logistics providers?", *International Journal of Operations & Production Management*, 28(4), 331-359.
- PERÇİN, S., & MİN, H. (2013), "A hybrid quality function deployment and fuzzy decision-making methodology for the optimal selection of third-party logistics service providers", *International Journal of Logistics Research and Applications*, 16(5), 380-397.
- RAJ, P. V. R. P., JAUHAR, S. K., RAMKUMAR, M., & PRATAP, S. (2022), "Procurement, traceability and advance cash credit payment transactions in supply chain using blockchain smart contracts", *Computers & Industrial Engineering*, 167, 108038.
- SLUIJS, S., & DE GIOVANNI, P. (2016), "The selection of contracts in supply chains: An empirical analysis", *Journal of Operations Management*, 41, 1-11.
- VAN GROESEN, W., & PAUWELS, P. (2022), "Tracking prefabricated assets and compliance using quick response (QR) codes, blockchain and smart contract technology", *Automation in Construction*, 141, 104420.