

Lojistik Maliyetlerinizi

Ne Kadar Doğru Tahmin Ediyorsunuz?

Lojistik ihaleleriniz için baz maliyetinizi yapay zekâ desteği ile tahmin edin.

# Giriş

Lojistik maliyetler, operasyonların kapsamı daha karmaşık hale geldikçe giderek artan bir önemle, şirketler için operasyonel maliyet kalemleri arasında kritik bir rol oynamaktadır. Lojistik, geleneksel olarak imalat endüstrisindeki operasyonların ana parçalarından biri olmuştur. Neredeyse tüm sektörlerdeki değer zincirleri daha karmaşık hale gelme eğilimindeyken, lojistik operasyonların önemi tüm şirketler için daha da artmaktadır.

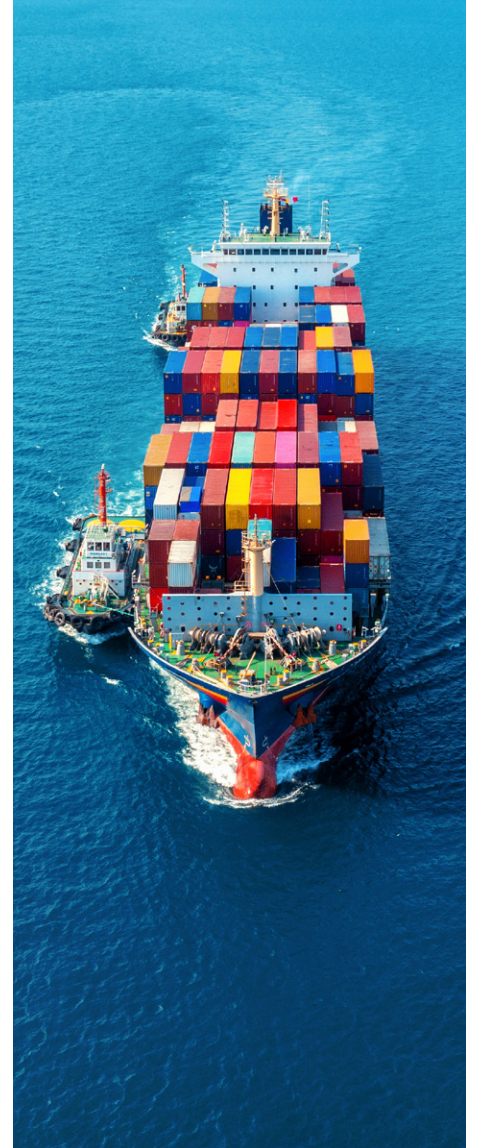
Bununla birlikte, birçok şirket farklı sebeplerden dolayı lojistik operasyonlarında dış kaynak kullanma eğilimindedir.

Operasyonların fiziksel olarak genişlemesi, lojistik özelinde ihtiyaç duyulan bilgi (know-how), taşınmaz varlık gereksinimleri, makroekonomik ve politik faktörlerin etkisi, şirketlerin bu kadar temel bir süreç için dış kaynak kullanımını tercih etmesindeki en önde gelen nedenlerdir. Bununla birlikte, bu faktörlerin getirdiği belirsizlik, üçüncü parti lojistik (3PL) hizmet sağlayıcılarının iş modelinin merkezinde yer alır. Bu şirketler kazançlarını en üst düzeye çıkarmak için bu belirsizlik ve operasyon karmaşıklığından yararlanma eğilimindedir.

PwC'nin analizleri ve "Tedarik Zinciri Yönetimi Anketi" adlı son çalışması; perakende, hızlı tüketim malları, otomotiv ve kimyasallar gibi birçok sektör için ülkemizde nakliye maliyetlerinin gelire oranının yaklaşık %5 olarak tahmin edildiğini göstermektedir.<sup>1</sup> Ayrıca PwC tarafından yapılan "Yeni Nesil Satın Alma Anketi 2021" çalışmasında, lojistiğin en büyük ilk üç harcama kategorisi içinde yer aldığı ve önümüzdeki 5 yıl içerisinde de bu konumunu korumasının beklendiği tespiti yer almaktadır.<sup>2</sup>

Bu nedenle, maliyet düşürme fırsatları ve bütçe farklılıklarını dengelemek için yaklaşımlar arayan tedarik zinciri ve satınalma yöneticileri, lojistik ile ilgili hizmetlerin alımı konusuna odaklanmıştır.

Maliyet düşürme tarafında, şirketler lojistik hizmet alım maliyetlerini günümüz koşullarında optimize etmek için çeşitli stratejiler benimsemektedir. Birçok şirket organizasyonel olgunluğu artırmak için stratejik satınalma ve kategori yönetimi gibi fonksiyonları uygulayarak satınalma operasyon modellerini yeniden yapılandırmaktadır. Lojistik operasyonlar için şirketler süreçlerini dijitalleştirmekte ve sevkiyatlarını Taşımacılık Yönetim Sistemi (Transportation Management System- TMS) diye adlandırılan kurumsal uygulamalar üzerinde planlamaktadır. Sevkiyat planlama ve rota optimizasyonu gibi problemleri TMS'in sağladığı analitik çözümler çözerken, bu tür sistemlerin 3PL hizmet sağlayıcılarının maliyet yapısındaki karmaşıklığı ortaya koyması giderek zorlaşmaktadır. Dolayısıyla, TMS'teki bu tür analitik çözümler tahmini bütçe planlaması aşamasında destekleyici olmaktan çoğunlukla uzaktır.



<sup>1</sup> PwC – TEDAR Tedarik Zinciri Yönetimi Anketi 2019

<sup>2</sup> PwC – TEDAR Yeni Nesil Satınalma Anketi 2021

Operasyonun karmaşık doğası ve girdi parametrelerinin çokluğu göz önünde bulundurulduğunda, şirketlerin planlama öngörürleri ve bütçeleme için bir temel oluşturmak üzere güvenilir bir tahmin yapmaları genellikle zordur. Şirketlerin çoğu lojistik maliyetleri üzerindeki kontrollerini artırmak, lojistik maliyetlerini geçmiş verilere dayanarak tahmin etmek, lojistik satınalma maliyetlerini azaltmak adına lojistik ihalelerini ve müzakerelerini daha etkin bir şekilde yönetmek için veriye dayalı bir karar destek sisteminden yoksundur.

Lojistik hizmet kategorisi şirketlerin endirekt satınalma kategorilerinde bugün ve gelecekteki beş yılda en yüksek harcama tutarına sahiptir. Bu kategoriye ilişkin dinamik ve değişen koşullara göre gelecek yıllardaki lojistik ile ilgili gider bütçelerinin daha doğru tahmin edilmesi, operasyonel maliyetlerin kontrol dışı artışından kaynaklı kar marjlarının daralmasını önlemek bağlamında kritik öneme sahiptir.

Ayrıca bu tür bir maliyet tahmini ile lojistik satınalma kategorisine ilişkin geleceğe yönelik fiyat beklentilerinin modellenmesi, şirketlerin söz konusu alım ihaleleri için baz maliyeti veriye dayalı detaylı bir hazırlık çalışması ile hesaplamasını sağlamaktadır. Bu hazırlık doğrultusunda ihale yönetimi sürecinde müzakerelerin daha etkili bir şekilde yürütülmesi ile hedefleri aşan tasarruflar elde edilebilmektedir.

Şirketler bir 3PL hizmet sağlayıcısına ihtiyaç duyduklarında ihaleler düzenlemekte ve rakip hizmet sağlayıcı şirketler şartnamelere göre teklifler vermektedir. Bu şartnameler, rotalar ve sevkiyat hacimlerinden taşıma şekline ve yıllık tahmini taşıma sayısına kadar değişiklik göstermektedir. Servis sağlayıcılar teklif hazırlamak için kendi hesaplamalarını da bu kombinasyonlara ekleyerek, bu şartname kısıtlarını kullanmaktadırlar. Diğer taraftan bakıldığında, şirketler için bütçelerini ayarlayabilmek ve ihaledeki fiyat müzakerelerinden daha etkili sonuç alabilmek adına herhangi bir teklif alınmadan önce tekliflerin maliyetlerini tahmin etmeleri önemlidir.



Ancak, ihale teklifleri birçok dış faktöre bağlı olduğu için şirketler teklif tahminlerini yaparken zorluklarla karşılaşmaktadırlar. Bazı değişkenler (petrol fiyatları vb.) iki ihale arasındaki süre boyunca büyük dalgalanmalar gösterebileceğinden, geçmiş veriler her zaman açıklayıcı olmayabilmektedir. Ayrıca şirketler belirli bir rota için geçmiş veri bulunmadığında, tahminlerinin temeli olarak benzer rotalardan alınan verilere güvenmek zorunda kalmaktadırlar.

PwC olarak geliştirdiğimiz analitik yaklaşım, bu boşluğu doldurmak için belirtilen sorunlu noktaları yapay zekâ destekli bir çözümle gidermeyi hedeflemektedir. Geleneksel taşımacılık yönetimi çözümlerinin aksine, yapay zekâ (AI) motorunun temeli olan yapay sinir ağı, potansiyel maliyet faktörleri ile 3PL hizmet sağlayıcılarının fiyatlandırma mekanizması arasındaki ilişkileri başarılı bir şekilde yakalamaktadır. Bu nedenle, yapay zekâ motoru yalnızca müşterinin yükleme yeri, varış noktası, hacim gibi ihale şartnamesinin özelliklerini değil, aynı zamanda yakıt fiyatları, altyapı bağlantısı ve ekonomik faaliyet gibi dış faktörleri de dikkate almaktadır.

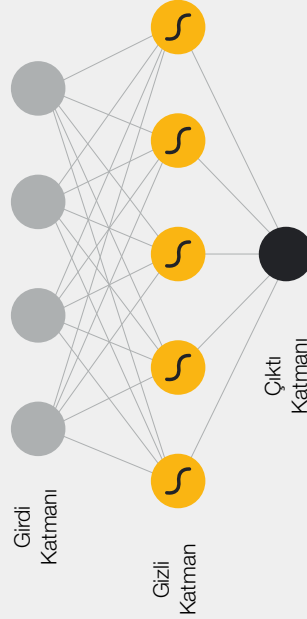
## Tahmin Modelleme İşleyiş Prensipleri

### Girdi Parametreleri



Tüm veri kümesinin rastgele

seçilen **%80**'i, Yapay Sinir Ağı algoritmasının eğitilmesi için girdi sağlar.



### Yapay Sinir Ağı

Girdi katmanındaki parametreler için ağırlıklandırma yapılır.

Gizli katmandaki her "nöron", girişleri doğrusal olmayan bir fonksiyonla düzenler.

Gizli katman sonuçları için de ayrıca ağırlıklandırma yapılır.

Gerçek fiyatlar çıktı katmanındaki sonuçlarla karşılaştırılır.

Algoritma modelin hatası en düşük seviyeye gelinceye kadar ağırlıkları değiştirerek kendini tekrar eder.

### Tahmin Modelleme

**R-Kare:** Tüm veri setindeki gerçekleşen fiyatları tahmini fiyatlarla karşılaştırır. Fiyat değişiminin ne kadar açıklanabileceğini gösterir.

**MAPE:** Test veri setindeki gerçek fiyatlar ile tahmini değerler arasındaki yüzde sapmanın ortalamasıdır.



Verilerin kalan

**%20**'si test veri setini oluşturur.

Model sonuçları değerlendirilirken, **R-Kare** ( $R^2$ ) değerinin **%85**'in üzerinde ve **MAPE** değerinin **%10**'nun altında olması hedeflenmiştir.

Yapay zekâ motoru, müşterinin lojistik ihaleleriyle ilgili geçmiş verilerine ve yukarıda belirtilen dış faktörlere dayanarak, lojistik ihaleleri için maliyet aralıklarını geleneksel yaklaşımlarla karşılaştırıldığında benzeri görülmemiş doğruluklarla tahmin etmektedir. Yapay zekâ motoru, müşterinin verileri ile oluşturulduğundan, tasarımını da müşterinin iş modelindeki farklı lojistik satınalma kategorileri için (ör. uluslararası / ulusal karayolu taşımacılığı, konteyner taşımacılığı, depolama vb.) özel olarak uyumlulaştırmaktadır. Müşteri verilerinin yanı sıra, UNCTAD, Dünya Bankası ve OECD gibi oldukça güvenilir kaynaklardan modele dahil edilen harici veriler, modelin güvenilirliğini önemli ölçüde artırmaktadır. Bununla beraber, verilerin detay seviyesine bağlı olarak, geliştirilen araç; muhtelif taşıma modları ya da iş birimleri, ürün kategorileri gibi veri kümesindeki diğer önemli farklılaştırıcı faktörler için kullanılmak üzere yapılandırılabilir. Veri yönetimi konusundaki girişimler ve artan güvenilir veri hacmi, geliştirilen analitik modelin tahmin doğruluğunda daha fazla ilerleme vaat etmektedir.



## Örnek Vaka

PwC tarafından geliştirilen maliyet tahmin aracı kullanılarak, alanında lider bir endüstriyel üretim şirketi için lojistik maliyet tahmin etme çalışmaları gerçekleştirildi. Bu çalışmada 5 farklı taşıma şekli (yurt içi şehir içi, yurt içi şehirlerarası, uluslararası karayolu taşımacılığı, konteyner ve denizyolu dökme yük taşımacılığı) için 5 farklı yapay zekâ motoru geliştirildi. Tüm modeller ilgili şirkete özel olarak hazırlanmış eğitim dokümanları ve kullanım kılavuzları ile desteklenerek teslim edildi.

PwC tedarik zinciri danışmanlık ekibi şirkete ilişkin verilerin uzun bir listesini hazırladı. Konu uzmanlarıyla da gerçekleştirilen görüşmelerin ardından, 3PL hizmet sağlayıcılarının maliyet yapısındaki dış faktörleri temsil eden dış parametreler de belirlendi. Potansiyel parametreleri içeren bir havuz oluşturulduktan sonra maliyetler üzerinde önemli etkiye sahip olan parametreleri filtrelemek için bir etki değerlendirmesi (impact assessment) çalışması gerçekleştirildi.

Yapılan tasarımın eğitimi ve test seanslarının ardından yapay sinir ağları ile yapay zekâ motoru oluşturuldu. Sonrasında ihale fiyatları için gerçek potansiyel aralıkları belirlemek amacıyla Monte Carlo Simülasyonu yöntemi ile simülasyon gerçekleştirildi. Son olarak, Python ve R üzerinde yazılım tasarımı tamamlandı.



Şirket tarafından, modellerin sağlamlığına ilişkin performans göstergesi olarak, her modelin

**%85**'in üzerinde bir R-Kare ( $R^2$ ) puanına sahip olması bekleniyordu.



Tüm taşıma şekilleri için fiyat tekliflerinin %95'e yakın bir oranı,

**%10**'dan daha düşük bir sapma (ortalama mutlak yüzde hata [MAPE]) ile tahmin edildi.



Dört taşıma şekli (yurt içi şehir içi, yurt içi şehirlerarası, uluslararası karayolu taşımacılığı ve denizyolu dökme yük taşımacılığı) için modelin sağlamlığına ilişkin performans göstergesi (KPI) olan  $R^2$  puanları

**%95**'in, en karmaşık model olan konteyner taşımacılığı için inşa edilen modelin  $R^2$  puanı ise **%85**'in üzerinde gerçekleşti.

## PwC Nasıl Yardımcı Olabilir?

PwC'nin satınalma çözümleri, alanındaki en iyi uygulama örneklerini oluşturmaya devam etmektedir.

Lojistik satınalma kategorisine ilişkin baz maliyetlerin tahmin edilmesi için geliştirilen yapay zekâ teknolojisi; bilimsel, objektif ve şeffaf bir yaklaşım sağlayarak bu alandaki en yüksek olgunluk seviyesini oluşturmaktadır. PwC, yapay zekâ yaklaşımını ve teknolojisini satınalma ve lojistik alanlarındaki uzmanlığı ve tecrübesiyle birleştirerek projelerinde başarıyla uygulamaktadır. Hem mevcut hem de gelecek iş ihtiyaçlarına yönelik özelleştirilmiş ve farklılaştırılmış modellerimizi, proje çalışmaları tamamladıktan sonra şirketlere aktarıyoruz. Bu sayede, modellerin PwC ile çalışma dönemi sonrası da kullanımını ve şirketler için fayda üretmeye devam etmesini sağlıyoruz...

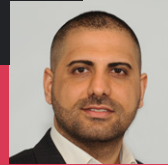
Lojistik maliyetlerinizi analitik temellere dayalı sistematik bir yaklaşım ile geleceğe yönelik olarak tahmin edebilmek, lojistik ihalelerinizde hedeflerinizin üzerinde tasarruf fırsatı yakalamak ve bu konuda daha detaylı bilgi almak için bizimle iletişime geçin.

## İletişim



### Dr. İsmail Karakış

PwC Türkiye, Şirket Ortağı  
Tedarik Zinciri Lideri  
ismail.karakis@pwc.com



### Onur Gültekin

PwC Türkiye, Kıdemli Müdür  
Yönetim Danışmanlığı  
onur.gultekin@pwc.com



© 2023 PwC Türkiye. Tüm hakları saklıdır.

Bu belgede PwC ifadesi, PwC ağına veya PwC ağına üye olan bağımsız ve farklı tüzel kişiliklerden oluşan PwC Türkiye'yi ifade etmektedir. Daha detaylı bilgi için [www.pwc.com/structure](http://www.pwc.com/structure) adresini ziyaret edebilirsiniz.

2023-0009