Demiryolu Mühendisliği
http://dergipark.org.tr/demiryolu
Ocak 2020, Sayı:11, Sayfa: 14-25
e-ISSN: 2687-2463, ISSN: 2149-1607
Araştırma Makalesi

Demiryolu Lojistiğinde Tedarik Zinciri Performans Metrikleri

Kürşat YILDIZ[1], M. Türker AHİ*[2]

[1] *Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 06570, Ankara, Türkiye*
[2] *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 06570, Ankara, Türkiye*

**t.ahi@tgcons.com*

(Alınış/Received: 18.11.2019, Kabul/Accepted: 12.12.2019, Yayımlama/Published: 31.01.2020)

Özet: Sanayilerin üzerindeki zaman, hız ve kalite baskısı git gide artmaktadır. Dijital dönüşüm çağında sanayiler arasındaki rekabet artık tedarik zinciri performansıyla ölçülmektedir. Performans metriklerin ölçülmesiyle zincirdeki problemler tespit edilerek iyileştirmeler yapılabilmektedir. Yukarıdan aşağıya ve aynı şekilde aşağıdan yukarı yönlü oluşturulan stratejilerin çakışmaması önemlidir. Bu bakımdan, karar vericilerin daha az riskle daha etkili kararlar verebilmelerini destekleyecek ve stratejik ve işletmesel unsurları entegre edecek bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmaktadır. Çok karmaşık olan tedarik zincirinde performans metriklerinin doğru belirlenmesi en önemli adımlardan biridir. Çalışmada SCOR (Supply chain operations reference) modelinin en son sürümüyle performans metrikleri belirlenmiş ve ilk kez demiryolu sektöründeki bir firma verileriyle uygulama gerçekleştirilmiştir. Ortaya çıkan ilişkide yer alan metriklerin birbiriyle etkileşimleri korelasyon analizi ile belirlenmiş ve ilişki sayısallaştırılmıştır. İşletilen sermayenin geri dönüşü ve nakit çevrim süresinin tedarik zinciri performansında en etkin ilk iki metrik olduğu göze çarpmaktadır. Performans metriklerinin belirlenmesiyle firmalar arası kıyaslama yapabilen ve karar destek sistemleri için bir temel zemin oluşturan bir model oluşturulmuştur.

***Anahtar kelimeler**:* Demiryolu Sanayi, Korelasyon analizi, Tedarik Zinciri Performans Metrikleri, SCOR.

Supply Chain Performance Management Model in Railway Industry

Abstract: Time, speed and quality pressures on industries are gradually increasing. In the age of digital transformation, competition between industries is now measured by supply chain performance. By measuring performance metrics, problems in the chain can be identified and improvements can be made. It is important that strategies created from top to bottom and from bottom to top do not overlap. In this respect, there is a need for an approach to support decision-makers to make more effective decisions with less risk and to integrate strategic and operational elements. Accurate determination of performance metrics is one of the most important steps in the very complex supply chain. In the study, performance metrics were determined with the latest version of the SCOR (Supply chain operations reference) model. The interactions of the metrics in the relationship were determined by correlation analysis and the relationship was quantified. The return of operating capital and cash cycle time are the most effective metrics in supply chain performance of a railway company. In the study, a model that can make comparisons between the performance metrics and firms has been created.

***Keywords**:* Railway Industry, Correlation analysis, Supply Chain Performance Metrics, SCOR.

1. Giriş

Tedarik zinciri; mal ve hizmetlerin tedarik aşamasından, üretimine ve nihai tüketiciye ulaşmasına kadar birbirini izleyen tüm süreçleri kapsar. İş süreçleri açısından bakıldığında, tedarik zinciri; satış süreci, üretim, envanter yönetimi, malzeme temini, dağıtım, tedarik, satış tahmini ve müşteri hizmetleri gibi farklı sahaları da kapsamaktadır. Tedarik zinciri yönetimi; istenen ürünün, istenen zamanda ve mekanda, makul bir fiyata tüm tedarik zinciri için geçerli olabilecek en az maliyetle müşteriye ulaşmasını sağlayan bilgi, malzeme ve para akışının entegre yönetimidir. Özetle,

Atıf için/Cite as: K. Yıldız, M.T. Ahi, "Demiryolu lojistiğinde tedarik zinciri performans metrikleri," *Demiryolu Mühendisliği*, no. 11, pp. 14-25, Jan. 2020.

tedarik zincirinde bulunan temel iş süreçlerinin entegrasyonunu sağlayarak, müşteri memnuniyeti seviyesini yükseltecek stratejilerin ve iş modellerinin meydana getirilmesidir [1, 2].

Tedarik zincir yönetimi maliyetlerinin tüm tedarik zincirindeki oranları:

- Taşıma %50-65
- Envanter ve Malzeme Elleçleme %20-35
- İşletme Yerleşim Tasarımı (depo ve dağıtım merkezlerinin planlanması) %10
- İletişim ve Bilgi Yönetimi (talep tahmini, sipariş süreci, üretim programlama) %5 olarak literatürde gösterilmektedir [3-5].

Tedarik zinciri yönetiminin ve bundan doğan maliyetlerin iyileştirilebilmesi adına yukarıda gösterilen maliyet başlıklarının altında yatan ve maliyetleri ve aynı zamanda tedarik zinciri performansını etkileyen unsurların tespit edilmesi gerekmektedir. Tedarik zinciri yönetimiyle ilgili alınacak kararlarda her işletmede farklılık gösteren operasyonel ve stratejik hedeflerin bağdaştırılması ve doğru performans göstergelerinin belirlenememesinden dolayı tedarik zinciri yönetim problemleri ortaya çıkmaktadır. Operasyonel ve stratejik değerlerin tedarik zinciri performansında yarattığı etkilerinin tespit edilmesi ve minimum düzeydeki operasyonel amaçların bağdaştırılması, optimum seviyedeki bir işletmenin amaçlarına ulaşmasını sağlar. Karmaşık yapıya sahip olan tedarik zincirlerinin performans ölçütleri birbirleri üzerinde farklı etkiler yaratmaktadır [6-8].

Stratejik ve operasyonel amaçları birleştirme işlemi gerçekleştirilirken birbirlerinden farklı birimlerde bulunan performans parametre değerlerinden dolayı toplam tedarik zinciri performans değerine ulaşılmada zorluk yaşanır ve bu başlıca sorunlardan biridir. Bu sorunları çözmek adına, çalışma kapsamında dünyada bilimsel olarak kabul görmüş ve sanayiler arası 1996 yılından bu yana kullanılmakta ve tek referans model olan SCOR modeli ile performans metrikleri ortaya konarak firmaların kendilerini rakipleri ile kıyaslayabilme, pazardaki durumlarını görebilme ve stratejik hedefleri için karar almalarında yol gösterme imkanı sunulmaya çalışılmıştır. Bu şekilde maliyetlerin düşürülmesi, çeşitli parametrelerin diğer parametrelere etkisi ve aralarındaki ilişkiler modellenmiş, stratejik ve operasyonel hedeflere ulaşmada yardımcı bilgisayar tabanlı bir karar destek sistemi geliştirilmiştir [9-13].

Söz konusu model ve karar destek sistemi ile ilgili olarak literatür incelenmiş, sektör yöneticileri ve disiplinler arası uzmanlarla düzenli toplantılar gerçekleştirilmiştir. Kurulan modelde stratejik hedefleri sayısallaştırıp belli bir model çerçevesinde tanımlamak için SCOR modelinden faydalanılmıştır. Burada operasyonel ve stratejik hedefler arasındaki ilişki SCOR modeli performans metrikleri kullanılarak hazırlanmıştır [14-23].

Hung vd. (2006) tedarik zinciri simülasyonları için bir modelleme yaklaşımı önermişlerdir. Nesne odaklı bir yapıya dayanan modelleme yaklaşımları tedarik zinciri operasyon, karar ve politikaları için konfigürasyon esnekliği sağladığına vurgu yapmışlardır [14].

Jain (2006) yaptığı çalışmada simülasyon modellemeleri için standart uygulamalar ile tanımların yapılması gerekliliği vurgulanmıştır. Tedarik zinciri uygulamaları için simülasyon ve modelleme için SCOR modeli kullanmış ve kullanımının doğru sonuçlar verdiğini vurgulamıştır [15].

Pundoor ve Hermann (2006) çalışmasında SCOR modelini kullanarak, tedarik zinciri simülasyon modeli üzerinde durmuştur. Kesikli simülasyon ve çalışma tablolarını entegre edecek, simülasyon modelini kurmak için kullanmışlardır. Çalışmada, SCOR yapısına uygun şekilde, simülasyon modellerinin de hiyerarşik yapıda olduğu ve tedarik zinciri faaliyetleri için alt modeller kullandıkları vurgulanmıştır [16].

Xia (2006) SCOR'un özellikle telekomünikasyon sektöründe tüm tedarik zincirini modellemede yetersiz kaldığına değinmiştir. SCOR temelli uyarlama için öneriler yapılmış ve SCOR uyarlaması ile sayısal ve sözel kazançlardan bahsetmiştir [17]
.
Chatfield vd. (2006) tedarik zincirlerinin nesne odaklı simülasyon modellemesi için XML temelli bir yaklaşım önermişlerdir. XML temelli dil içeren bir sistem ve temel tedarik zinciri simülasyon sınıfları ve simülasyon model ağı tanımlanmıştır [18].

Rossetti vd. (2008) tedarik zinciri ağlarıyla ilgili simülasyon modelleri geliştirmek için, nesne odaklı bir yapı önermişlerdir. Modellemede anahtar nesne odaklı metrikler; sınıflar, nitelikler, ilişkiler ve davranışları içererek ifade edilmiştir [19].

Zhang vd. (2011) tedarik zinciri modellemesi için üç aşamalı bir Petri Ağ Modeli algoritması önermişlerdir [20].

Persson (2011) yaptığı çalışmada SCOR modelini kullanarak tedarik zincirini modellemiştir. SCOR için bir temel şablon oluşturarak bir işletmenin verileri üzerinde uygulamıştır. Oluşturulan SCOR şablonun imal edilen ürünlerle ilgili tedarik zinciri kararlarına destek olmasına değiniştir [21].

Jakhar vd. (2014) yapısal eşitlik modellemesi (SEM) ile tedarik zinciri performans değişkenleri arası ilişkiler ağının inceleyerek test edildiği bir istatistiksel analiz yöntemi uygulamışlardır. Sonuçların doğrulanması için de AHP tekniği kullanılmıştır [22].

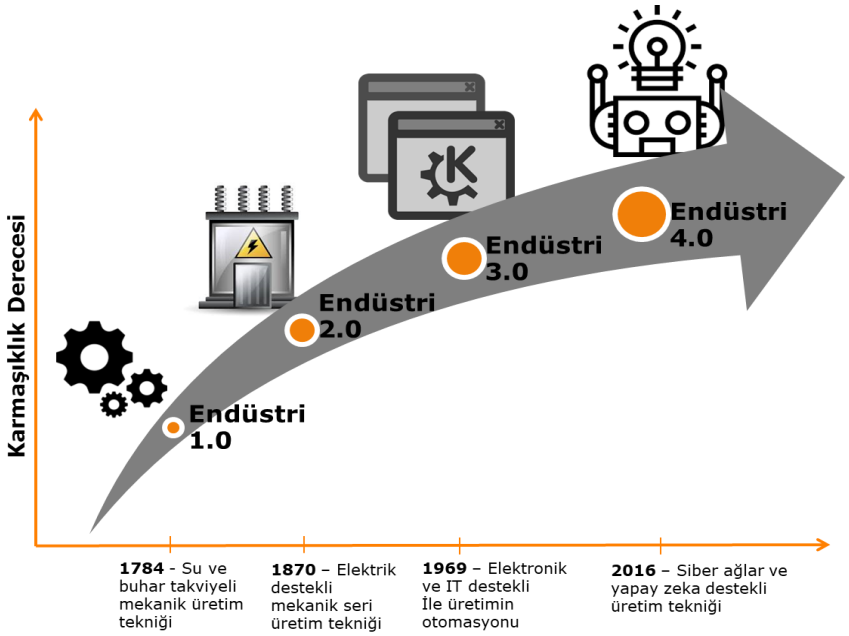
Tedarik zincirlerinin yönetimi için standart düzeyde bir yöntem temin eden proses referans modellerine yani normativ modellere, 1996 yılında Amerikan Tedarik Zinciri Konseyi'ndeki (APICS) şirketlerin çalışması sonucu çıkarılan Tedarik Zinciri Operasyonları Referans Modeli SCOR modeli örnek olarak gösterilebilir.

Literatürde farklı sektörlerde uygulanmış olan çeşitli modellerin yapıları incelenmiş ve demiryolu sektöründen bir firma üzerinde normativ ve tüm sektörlerde uygulanabilecek esnekliğe ve kapsama sahip olan SCOR modeli seçilerek uygulanmasına karar verilmiştir. Ortaya çıkan metrikler arasındaki ilişkide birbiriyle etkileşim oranları korelasyon analizi ile belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Sanayi 4.0 terimi yani 4. Sanayi Devrimi, Alman uzmanların görüşlerini yeni bir sanayi stratejisi olduğu varsayımı üzerine yorumlamasıyla teoriden öteye gitmiştir ve resmi bir kimlik kazanmıştır. Başlangıcı 1760'lı yıllara dayanan ilk sanayi devriminde (Sanayi 1.0), buharlı makineler ve mekanik üretim sistemlerinin keşfedilmesiyle su ve buhar gücünün daha doğru kullanılması sağlanmıştır ve bu süreç 1830'lu yıllara kadar devam etmiştir. Buhar üretimini, mekanik üretim sistemlerinde üretilmesi kol gücüyle üretilmesine göre oldukça artırmıştır, bu durum üretim maliyetlerinin azalmasına neden olmuştur. Demiryollarıyla yapılan yük taşımalarında buhar gücünün kullanılması hız ve maliyet konusunda diğer ulaştırma türlerine kıyasla üstünlük sağlanmıştır.1840 ile 1870 yılları arasında gerçekleşen ikinci sanayi devrimi (Sanayi 2.0) elektriğin kullanılmasıyla ve seri üretimle başlamıştır. Üretim hattının gelişmesi Henry Ford'un üretim bandı tasarımıyla ve elektriğin seri üretimde kullanılmasıyla gerçekleşmiştir. Üretimin seri ve otomatik bir hal alması üçüncü sanayi devriminde (Sanayi 3.0) 1950'li yıllardan itibaren elektroniğin ve dijital teknolojilerin seri üretim optimizasyonunun bir parçası haline gelmesiyle, dijital devrimle, elektroniklerin kullanımıyla ve bilgi teknolojilerinin gelişmesiyle olmuştur. Üçüncü dalga olarak sınıflandırılan üçüncü sanayi devrimi, bilgi üretiminin toplanması ve dağıtılması işlemlerini destekleyen teknolojiler üzerine inşa edilmiştir.

Yaşama, savaşma ve üretim yapma yöntemleri bu teknolojilerle büyük bir değişim yaşamaktadır [23].



Şekil 1. Endüstri 4.0 safhaları

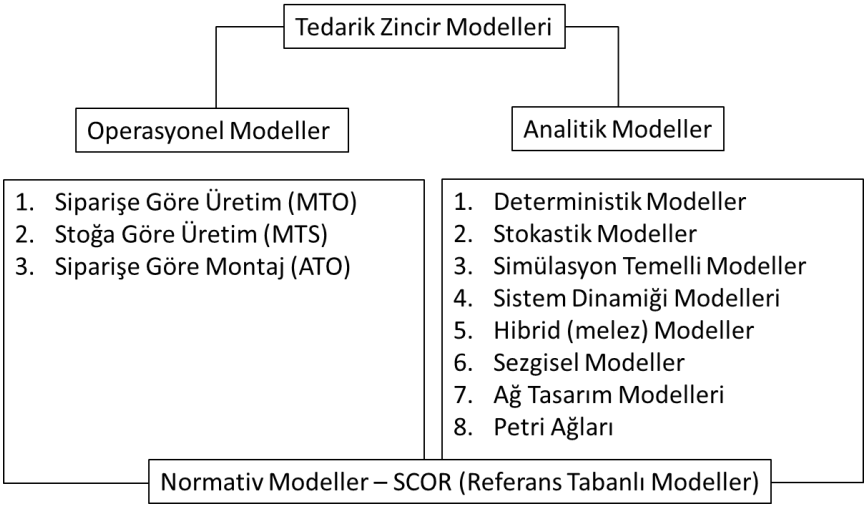
Çevremizdeki nesnelerin ve sistemlerin internet ile iletişim halinde olduğu, insanlar tarafından yapılan işlerle beraber hemen hemen tüm üretim proseslerini kendi başına yönetebilecek robotları, siber fiziksel sistemler ile sanal ortamlarla bilişim teknolojileri ve sanayii birleştirmeyi amaç edinmiş Sanayi 4.0'ın bir sosyal dönüşüm ve büyük ekonomik etkiler ortaya koyacağı düşünülmektedir. Sanayi 4.0'ın tedarik zincir yönetim performansı üzerindeki belirtilerini incelenecek olursa; lojistik sektöründe bulunan firmaların rekabet güçlerini maksimum seviyeye ulaştırabilmek için insan kaynağı, sürekli maliyet, faaliyet ve yönetim süreçleri kalitesi, etkinliği kısaca tedarik zinciri yönetimi ve teknolojisi bakımından kendilerini geliştirebilecekleri süreçleri izlemek ve ölçmek için doğru performans etkenlerini belirlemek zorundadır. Tüm anlatılan sebeplerden dolayı ekonomide büyük etkisi olacak bu dönüşümün lojistik sektörüne dezavantajlar sağlamak yerine, büyük ve önemli faydalar getirebilmesi adına tedarik zincirlerinin doğru modellenmesi şarttır [24].

Ülkelerin yüksek refah ve rekabet ortamına erişimleri için gerekli bilgi ve iletişim teknolojilerini üretebilmelerinde etkileri olan lokal politikalar, kurumlar ve unsurların araştırıldığı ve Dünya Ekonomi Forumu (WEF) tarafından sunulan Küresel Bilgi Teknolojileri Raporu Ağ Hazırlık İndeksi 2016 yılında Türkiye, 139 ülke içerisinde 48.sıraya oturmuştur. Bu sıra, 2015 yılı için 143 ülkeden 48., 2014 yılı için 148 ülkeden 51., 2013 yılı için ise 144 ülkeden 45. olarak takip etmiştir. 2015-2016 yılları için yayınlanan Küresel Rekabet Raporu'nda ise Türkiye 140 ülke içinde gerileme göstererek 51. sırada tamamlamıştır. Dünyadaki diğer ülkeler arasından yüzölçümü büyüklüğü ile 37., nüfus büyüklüğü ile 18. sırada olan ve ekonomisi ile G20'de de olan Türkiye'nin dijital dönüşüm için dijital altyapısını geliştirmesi gerekmektedir [25].

Bu amaçla araştırmanın bir çıktısı olarak, SCOR modelinin korelasyon analiz yöntemleri ile hem karar destek hem de rekabet analizi yapabilecek bir karar destek referans modeline zemin oluşturması sağlanması hedeflenmiştir. Bu zemin ileride dijital modellemelerde be analizlerde kullanılmak üzere bir temel model oluşturacaktır.

Tedarik zinciri modelinin tasarımına, asıl tedarik zincirinin iş objelerinin tanınmasıyla başlanmaktadır. Ardından zincirlerin girdi-çıktı analizi yapılır ve modellerin kavramsal halleri oluşturulur. Bu evreden sonra çalışmalar nicel (kantitatif) verilerle devam eder [26].

Bir önceki başlıkta özeti sunulan tedarik zinciri modelleme teknikleri ile yapılmış çalışmalarda kullanılan yöntemler aşağıdaki Şekil 2'deki gibi özetlenmektedir:



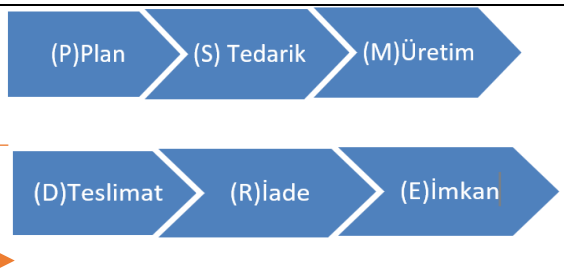
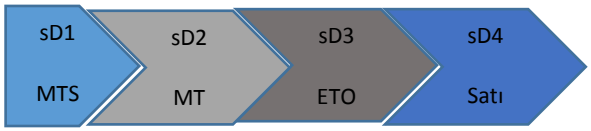
Şekil 2. Tedarik zinciri modelleme çeşitlerinin gösterimi [20]

Başarılı bir şekilde tasarlanamayan bir tedarik zinciri performans ölçüm sistemi, tedarik zincirinin var olan performansının belirlenmesine ve bu sebeple performansların iyileştirilmesi için yapılması gerekenlerin saptanmasına engel olacaktır [27-30].

İncelenen literatürde tedarik zinciri performansının; bilgi teknolojisi, envanter yönetimi, talep tahmini, lojistik, kalite yönetimi gibi tedarik zinciri yönetimi kavramlarının esas parçaları üzerindeki duyarlılığını içeren çalışmalar olduğu gibi; tedarik zincir karmaşıklığı ve belirsizliği, erteleme, ürün ve pazar farklılığı gibi daha özel etkenlerin tedarik zinciri performansına etkisini gözlemleyen çalışmalar da vardır [31].

Çok fazla veri akışı olan tedarik zinciri gibi karmaşık süreç yapılarında daha tutarlı ve hassas bir performans değerlendirmesi yapabilmek için tüm ölçütlerin aynı sistem içinde ve aynı anda incelenmesi gerekmektedir [32,33].

SCOR modelinde seviyelerin anlamları ve hiyerarşik yapısı incelendiğinde, Şekil 3'teki Seviye 1'de görüldüğü üzere, tüm tedarik zinciri performansını kapsayan 6 temel süreci altında topladığı görülmektedir. Model, tüm seviyelerde bir rakam ve işaret sistemi kullanmaktadır. "P" harfi planlama (Plan) elemanını gösterir. "S" harfi tedarik (Source) elemanını, "M" harfi üretim (Make) elemanını, "D" harfi teslimat (Deliver) elemanını, "R" harfi iade (Return) elemanını ve "E" harfi imkan/mümkün kılma (enable) elemanını göstermektedir [34].

Seviye No	Tanımı	Şematik	Açıklamalar
1	Ana Süreçler (Süreç Tipleri)		**1. Seviyede**, tedarik zinciri operasyonları için kapsam, içerik ve performans hedefleri tanımlanır.
2	Süreç Kategorileri		**2. Seviye;** bir firmanın tedarik zinciri temel "süreç kategori"lerinden siparişe kadar olan konfigürasyonu gösterir. Firmalar, operasyon stratejilerini, kendi tedarik zincirleri için seçtikleri konfigürasyonlara uygularlar.

Şekil 3. SCOR modelinde hiyerarşi tanımları

SCOR Modelinin kapsamı [34]:

- Yönetim süreçlerindeki standart tanımlamaları,
- Standart süreçler arasındaki ilişkilerin yapısını,
- Süreç performanslarını ölçmek için standart ölçütleri,
- Sınıfındaki en iyi performansları kapsayan yönetim uygulamalarını,
- Özelliklerin ve fonksiyonların belirlenmesi için, standart düzenlemeleridir.

SCOR modeli dünyada bilimsel olarak sektörler arası kabul görmüş standart bir model olup uygulama kılavuzu toplam 4 ana bölümü kapsamaktadır: performans/metrikler, süreçler (planlama, tedarik, üretim, teslimat, iade, imkan/mümkün kılma), pratikler ve insan kabiliyeti. Bunların haricinde henüz test edilmemiş fakat SCOR kullanıcılarına fayda getireceği beklenen 2 ek bölüm olan özel uygulamalar (sürdürülebilirlik-eski sürümlerdeki Yeşil SCOR yerine gelmiştir) ve sözlük de bulunmaktadır. Sözlük, modelde kullanılan ölçüt terimlerinin tanımlarını ve metriklerin hesap formüllerini sunmaktadır.

Tedarik Zinciri Konseyi, SCOR modelin alanını, ihtiyaçları temel alarak, değiştirip genişletebilmektedir. Örnek olarak 2017 yılında yayınlanan SCOR 12.0 sürümünde "imkan" süreci ile tedarikçilerin ve alt tedarikçilerin de bir zincir elemanı olarak ağa dahil edilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca yine "imkan" sürecinde tedarik zincirinde kullanılmakta olan teknolojinin performansa olan etkisi de dikkate alınmaktadır. Fakat daha önceki versiyonlarda bulunan ve bir tedarik zinciri performans metriği olan "stok gün sayısı-N" metriğinin en son sürümde çıkarıldığı görülmektedir. Fakat çalışmada yine de tedarik zincirinin önemli bir metriği olduğundan alt metrik olarak kullanılmıştır. SCOR modelinin en güncel sürümü olan 12.sürümüne göre tedarik zinciri seviye 1 ve 2 performans metrikleri, kısaltmaları, hesap formülleri ve birimleri SCOR kılavuzuna dayanılarak Tablo 1.'de özetlenmiştir.

Performans metrikleriyle tedarik zincirinin modellenmesi için çalışmada uygulanan çözüm adımları:

- Seviye 1 SCOR performans niteliklerinin değerlendirilmesi

- Seviye 2 SCOR performans metrik parametrelerinin değerlendirilmesi
- Bu metriklere ait geçmiş verilerin demiryolu sektöründeki bir firmadan toplanması
- Toplanmış verilerle korelasyon analizinin yapılması, ortaya çıkan denklemlerde yer alan ortak parametrelerin birbirleriyle ilişkili olup olmadığının saptanarak tedarik zincirindeki etkinliklerinin kontrol edilmesi
- En etkin metriklerin belirlenmesi ve ilişkinin sayısallaştırılması.

SCOR modeli bir sürecin performans ve hiyerarşik modelleme tekniğinden oluştuğundan dolayı tedarik zinciri fonksiyonlarını bütünleştirmekle birlikte karlılık ve rekabet avantajı da sağlamaktadır. Eğilim olarak fonksiyonel bir yapıya sahip olan performans ölçümleri üzerine yapılan çalışmaların çoğu müşterileri ve tedarikçileri göz önünde bulundurmadığı tespit edilmiştir. Uygulamada yanlışların, uygunsuz fiyatların ve piyasa farklılaşmasına karşı gecikmiş tepkilerin oluşmasının görülmesi bu durumun doğurduğu bir sonuçtur [35-37].

Korelasyon analizi [38]:

- Bir değişkenin ile iki değişken arasındaki ilişkiyi,
- Bir değişkenin çok değişken (ikiden fazla) ile olan ilişkisini,
- İki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi,

test etmede ve eğer varsa bu ilişkinin derecesini ölçmede kullanılan bir istatistiksel metottur.

Değişkenler arasındaki ilişkinin belirlenmesine yardımcı olup benzer sonuçları da önceden tahmin etmek, analizin amacıdır [39].

Değişkenlerden en az birinin parametrik olması analizin yapılabilmesi için gereklidir.

Yapılan analiz sonucunda; doğrusal ilişkinin olup olmadığı ve varsa bu ilişkinin derecesi korelasyon katsayısı ile hesaplanmaktadır. ”r” ile gösterilen korelasyon katsayısı, -1 ile +1 arasında değerler almakta olup bulunan r değeri 0,70 ve üzeri çıkarsa değişkenler arasında yüksek bir ilişkinin olduğu söylenebilir.

- r = +1 ise tam pozitif doğrusal bir ilişki vardır.
- r = 0 ise bir ilişki yoktur.
- r =-1 ise tam negatif doğrusal bir ilişki vardır.

İlişkiler korelasyon katsayısının (r) değerine göre, aşağıdaki gibi nitelendirilebilir. Korelasyon katsayısının (r) aldığı değere göre ilişkiler aşağıdaki gibi derecelendirilebilir.

- 0,90 ile 1 arasında ise çok kuvvetli,
- 0,70 ile 0,89 arasında ise kuvvetli,
- 0,50 ile 0,69 arasında ise orta,
- 0,30 ile 0,49 arasında ise düşük,
- ile 0,29 arasında ise zayıf bir ilişki söz konusudur.

<u>Korelasyon Analizi Kabulleri:</u>

- İhtiyaç duyulan parametrelerin geçmiş zaman değerleri, toplu halde korelasyona tabi tutulmuştur.
- Korelasyon sonuçları bir matris haline getirilmiştir. Kriter arasında bir etkileşim (iç bağımlılık) olup olmadığına daha etkin bir karar verebilmek için pozitif ve negatif korelasyon değeri karar verici tarafından >0,5 ve <-0,5 olarak kabul edilmiştir. Yani, korelasyon değeri 0.5’den büyük ve -0.5’den küçük olan iki metrik birbirileri arasında yüksek etkileşime sahiptir. İstatistiksel analizlerde %50’den büyük değerler etkin ve güçlü kabul edildiğinden bu aralık kabulü yapılmıştır.

Tablo 1. 1. ve 2. seviye SCOR performans metrikleri, hesap formülleri ve birimlerin özeti.

Performans Niteliği	Performans Metriği	Tanım	Birim	Hesaplama Formülü
Güvenilirlik	Mükemmel Sipariş Karşılama Oranı (RL. 1.1)	S1	Oran (%)	Mükemmel Siparişlerin Toplamı / Tüm Siparişlerin Toplamı
Cevap Verebilirlik	Sipariş Karşılama Çevrim Süresi (RS. 1.1)	S2	Süre (gün)	Sipariş Karşılama Çevrim Süresi (gün) = Sipariş Proses Süresi (üretilmesi gereken sipariş sayısı X (Teslimat süresi + proses süresi)) + Dağıtım Lojistiği Süresi (Stoktan sipariş sayısı X teslimat süresi)
Esneklik	Üst Tedarik Zinciri Esnekliği (AG. 1.1)	$S3_A$	Süre (gün)	Üretimde planlanmamış %20'lik bir yükselişi karşılamak için geçen gün sayısı → sonuç = süre, gün
	Alt Tedarik Zinciri Esnekliği (AG. 1.2)	$S3_B$	Oran (%)	Envanter ve ceza giderleri hariç, sevkiyattan (teslimat) 30 gün öncesinde siparişlerdeki sürdürülebilir azalmanın yüzdesi → sonuç = % oran
	Riske Maruz Değer (AG. 1.3)	S4	Tutar (Amerikan Doları)	Riske Maruz Değer (VaR) = Risk Durumu Olasılığı (RD) x Riskin Gerçekleşmesi Sonucu Parasal Etkisi (I) – Sonuç: Amerikan Doları ($) RD: Risk Durumu Olasılığı I: Riskin Gerçekleşmesi Sonucu Parasal Etkisi
Maliyet	Tedarik Zinciri Yönetim Maliyeti (CO. 1.1)	S5	Oran (%)	S5=Tedarik zincirine bağlı MIS, finans, planlama, envanter taşıma, malzeme alımı ve sipariş yönetimi maliyetleri toplamı / Toplam gelir → sonuç=% oran S6: Satılan Ürünlerin Maliyeti C: Satışların tutarı S5 = S6 / (C-S6)
	Satılan Ürünlerin Maliyeti (CO. 1.2)	S6	Tutar ($) Amerikan Doları	K: malzeme satın alma maliyeti L: Doğrudan üretim işçiliği maliyeti M: Dolaylı üretim işçiliği maliyeti TU: Tamamlanmış ürünlerin maliyeti YIL1 çeyrek1: İlk yılın, ilk 3 aylık zaman dilimi (Ocak, Şubat, Mart) YIL1 çeyrek4: İlk yılın, son 3 aylık zaman dilimi (Ekim, Kasım, Aralık) TU = K+L+M S6 = YIL1çeyrek1envanter değeri + TU - YIL1 çeyrek4 envanter değeri
	Stok Gün Sayısı	N	Gün	N = T / (S6/365)
	Nakit Çevrim Süresi (AM. 1.1)	S7	Gün	S7 = N + P – R → sonuç = süre, gün Yapılacak tahsilatların vadesi = 5 çeyrek dönemlik yıllık ortalama brüt hesap getirileri / (Toplam brüt yıllık satışlar / 365) R = 5 çeyrek dönemlik yıllık ortalama brüt hesap ödemeleri / (Toplam brüt yıllık malzeme satın alımı / 365) P: Yapılacak tahsilatların vadesi R: Satınalma borçlarını ödeme süresi N: Stok gün sayısı T: 5 çevrek dönem için, standart maliyette brüt envanter değerinin yıllık ortalaması (stok maliyeti) YIL1 çeyrek1 = İlgili yılın, ilk çeyrek yani 3 aylık dönemi (Ocak, Şubat, Mart) T = [(YIL1 çeyrek1) + (YIL1 çeyrek2) +(YIL1 çeyrek 3) + (YIL1 çeyrek 4) +(YIL2 çeyrek1) envanter değerleri] / 5 S6: Yıllık satılan ürünlerin maliyeti N = T / (S6*365)

Varlık Yönetim Etkinliği	Tedarik Zinciri Sabit Varlıklar Geri Dönüşü (AM. 1.2)	S8	Oran	S8 = E/ TNV S8= Toplam brüt yıllık satışlar / Toplam net varlıklar → sonuç = % oran Yıllık toplam net varlık(ortalama)= (Bilanço başlangıç varlıkları+Bilanço bitiş varlıkları) /2 E: Toplam brüt yıllık satışlar Toplam net varlıklar (TNV) = Toplam varlıklar - Mevcut borçlar VT: Toplam varlıklar
	İşletilen Sermayenin Geri Dönüşü (AM. 1.3)	S9	Oran (Varlık başına kar getirisi)	S9= E/(J+F-O) S9: İşletilen Sermayenin Geri Dönüşü J: Envanter değeri F: Alınacak ödemeler (alacak hesapları) O: Yapılacak ödemeler (borç hesapları)

3. Uygulama

Demiryolu sektöründe vagon üreticisi olan bir firmadan alınan verilere yapılan uygulama sonucunda oluşturulan korelasyon matrisi özeti Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Korelasyon analiz sonucu

Korelasyon Matrisi	**S1**	**S2**	**S3A**	**S3B**	**S5**	**S6**	**N**	**S7**	**S8**	**S9**
S1	1,00	0,63	0,00	0,00	0,57	-0,45	0,53	0,61	-0,35	0,53
S2	0,63	1,00	0,00	0,00	1,00	0,42	-0,33	-0,24	-0,95	-0,33
S3A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S3B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S5	0,57	1,00	0,00	0,00	1,00	0,48	-0,40	-0,31	-0,97	-0,39
S6	-0,45	0,42	0,00	0,00	0,48	1,00	-1,00	-0,98	-0,68	-1,00
N	0,53	-0,33	0,00	0,00	-0,40	-1,00	1,00	1,00	0,61	1,00
S7	0,61	-0,24	0,00	0,00	-0,31	-0,98	1,00	1,00	0,53	1,00
S8	-0,35	-0,95	0,00	0,00	-0,97	-0,68	0,61	0,53	1,00	0,60
S9	0,53	-0,33	0,00	0,00	-0,39	-1,00	1,00	1,00	0,60	1,00

Korelasyon analizi ile parametreler arası ilişkiler ağı belirlenmiştir.

Demiryolu firmasına ait ilk korelasyon matrisinde S5 ile S6 tabloda görüldüğü gibi birbirinden %48 etkilenmektedir. Yani, bu kriterlerden biri 1'den 100'e çıkarken diğer kriter de en fazla 48'e çıkmaktadır. Örneğin; S1'in yani mükemmel sipariş karşılama oranının artması sonucunda S6 parametresi-satılan ürünlerin maliyetine %44 azalma etkisi yaratmaktadır. Negatif çıkan değerler de ilgili parametreler arası ters oranı göstermektedir. Dolayısıyla bu çalışmanın amacı; istatistiksel yorumun da içinde olduğu bir karar analizi yapılarak en iyi tedarik zinciri performans puanını ölçmek olduğundan bir metriğin diğer metrikler üzerindeki performans ve bağımlılık etkisi göz önüne bulundurulmalıdır.

Sabit değerler arası korelasyon analizi yapılamadığından tabloda da görüldüğü üzere S3A ve S3B metriklerinin tedarik zinciri performansı üzerine hiçbir etkisi bulunmadığı tespit edilmiştir. Yani firmanın burada yapacağı bir iyileştirme aslında tedarik zinciri performansını hiçbir şekilde iyileştirmeyecek ve boşa bir yatırım olacağı öngörülmektedir.

4. Sonuç ve Yorum

Performans metrikleri arası etkileşim ve hangi metriğin diğerinden üstün olduğu ve tüm tedarik zincir performansını daha fazla etkilediği birçok faktöre bağlıdır. Bunlar; geçmiş yıllardaki maliyet dağılımları, hizmet mi veya üretim sektöründe mi olunduğu, firmanın çalıştığı alandaki çevresel etmenler döviz kuru, ticaret yapılan ülkedeki ekonomik durum, sektörel politikalar, hammadde temini vb. gibi konuları kapsayabilmektedir. Bu bakımdan geçmişe ait ne kadar veri girilirse tedarik zinciri o kadar doğru modellenecek ve karar destek sistemleri daha etkin çalışacaktır.

Bu çalışmada tedarik zinciri performansını etkileyen performans niteliği ve metrikleri gibi çoklu kriterlerin ileride çok kriterli karar verme yöntemleri ile beraber kullanılabilmesi için bir temel teşkil edecek araştırma yapılmış ve uygulama ile doğrulanmıştır. Ayrıca geçmiş veriler korelasyon analizi ile birbiri ile etkileşim oranları ortaya konularak tedarik zinciri performans metrikleri belirlenmiştir.

Bir demiryolu vagon üreticisi firma verileriyle yapılan uygulamada işletilen sermayenin geri dönüşü ve nakit çevrim süresinin tedarik zinciri performansında en etkin metrikler olduğu göze çarpmaktadır. Performans nitelikleri arasından da varlık yönetiminin etkinliğinin en önemli nitelik olduğu ortaya çıkmaktadır. Farklı sektörler arasında yapılan bu tip bir referans kıyaslama aynı zamanda firmaların yerleşik olduğu ülkedeki temel tedarik zinciri performans metriklerini de işaret etmektedir. Bu şekilde ülke stratejisi, ekonomik politikanın ve yasal mevzuatların bu çerçevede belirlenmesi üst düzeyde bir iyileştirme katkısı yapacağı düşünülmektedir.

Geliştirilen yöntemin avantajları şu şekilde özetlenebilir:

- Korelasyon analizi çalışması ile birbiriyle etkileşim halinde olan metrikler ortaya konmuştur.
- Demiryolu firmalarının, farklı metrikler için, toplam tedarik zinciri puanı hesaplanması için bir performans metrik analizi yapılmıştır.
- SCOR modeli ölçütlerinin kullanılması, bir referans modeli olduğundan global bir kıyaslama platformu sağlamaktadır.
- Stratejik ve operasyonel hedefleri kapsayan metriklerin tüm performansa etkisini değerlendirebilecek ve bunu yansıtabilecek bir karar destek sistemi bu belirlenen performans metrikleriyle kurmak mümkün olmaktadır.
- SCOR modelinin en son sürümü olan 12.versiyonu kullanılarak test edilmiştir.

Çalışma boyunca korelasyon analizi yapabilmek için, geçmiş verilerin toplanması ve anlamlı hale getirilmesi aşamasında çeşitli zorluklarla karşılaşılmıştır. Ayrıca bazı verilerin kontrolü için çalışanlarla birebir adım adım üzerinden geçme sürecine ihtiyaç duyulmuştur. Korelasyon analizi oluşturulması aşamasında da adım adım, manuel çalışma yapılmıştır. Çalışma boyunca Korelasyon Analizi ve SCOR modeli teknikleri için Microsoft Excel'de hazırlanan Visiual Basic programından faydalanılmıştır.

Geliştirilen yöntemlerin dezavantajları ve öneriler:

- Korelasyon analizi çalışmasında manuel oluşturmak oldukça vakit almaktadır. Hazırlanan yazılım ile bu otomatikleştirilmiştir.
- Yaklaşım farklı demiryolu firmalarındaki tedarik zinciri değerlendirilmesinde uygulanmamıştır.
- Korelasyon analizi çalışması ve parametreler arası ilişkiler, geçmiş verilere dayanmaktadır. Tedarik zinciri yapısı ve veriler değiştikçe veya SCOR metriklerinde güncelleme ve değişiklikler oldukça model metriklerinin de güncellenmesi gerekmektedir.

- Model, firmaların tedarik süreci ve yönetimini bilen uzman kişilerce kullanılması daha uygundur. Verilerde yapılacak yanlışlıklar sonuçları da değiştirecektir.

Kaynakça

[1] A. Agahanov, "Tedarik Zinciri Yönetiminde Scor Modeli ve Scorcard Uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2007.

[2] J. Francis, "SCC and SCOR Overwiev Engen", Supply Chain Council, 2010.

[3] K. L. Croxton, S. J. Dastugue-Garcia, D. M. Lambert, "The Supply Chain Management Process", The International Journal of Logistics Management, Vol.12, No.2, 13-35, 2001.

[4] M. Çancı, M. Erdal, Lojistik Yönetimi (2.Basım). İstanbul: Uluslararası Taşımacılık ve Hizmet Üretenler Dergisi Yayınları, 2003.

[5] P. Balstorff, "CSCMP's Supply Chain Quarterly: From Chaos To Control", North Attleboro, USA, 2008.

[6] U.S. Alyol, "SCOR Modeli Türkiye Uygulamaları", Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Tedarik Zinciri ve Lojstik Yönetimi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2011.

[7] Z. Anık, "Nesne Yönelimli Yazılım Dillerinin Analitik Hiyerarşi ve Analitik Network Prosesi ile Karşılaştırılması ve Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2007.

[8] J. B. Ayers, "Handbook of Supply Chain Management", St. Luice Pres, Alexandria, VA: APICS, Washington, D.C, 2001.

[9] G. Büyüközkan, "Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi ve Yeşil SCOR Modeli", Lojistik Dergisi, İstanbul, 11-12, 2010.

[10] G. Büyüközkan, M.Ş. Ersoy, "Tedarik Zinciri Yönetim Sistemlerinde Modelleme ve Simülasyon Uygulamaları", International Logistics Congress, İstanbul, 31-37, 2003.

[11] D.C. Chatfield, T.P. Harrison, J.C. Haya, "A XML-Centred Approach To Creating Object-Oriented Supply Chain Simulation Models", International Journal of Simulation and Process Modelling, Vol. 2, No.3/4, 115-123, 2006.

[12] H. Chen, "A Research Based on Fuzzy AHP for Multi-criteria Supplier Selection In Supply Chain", Master Thesis, Natianal Taiwan University of Science and Technology, Taiwan, 2005.

[13] Ö. Çengel, "Tedarik Zinciri Yönetimi ve Lojistik Sektöründe Bir Araştırma", İstanbul: Bigart Yayınları, 2008.

[14] W.Y. Hung, N.J. Samsatli, N. Shah, "Object-Oriented Dynamic Supply-Chain Modelling Incorporated With Production Scheduling", European Journal of Operational Research, Volume 169, Issue 3, 16 March,, Pages 1064-1076, 2006.

[15] S. Jain, "A Conceptual Framework For Supply Chain Modelling And Simulation", International Journal Of Simulation And Process Modelling 2006,Vol. 2, No.3/4, 164-174, 2006.

[16] G. Pundoor, J.W. Herrmann, "A Hierarchical Approach To Supply Chain Simulation Modelling Using The Supply Chain Operations Reference Model", International Journal of Simulation and Process Modelling , Vol. 2, No.3/4, 124-132, 2006.

[17] L. Xia, "Supply Chain Modelling And Improvement In Telecom Industry: A Case Study", Industrial Informatics, 1159-1164, August 2006.

[18] T.P. Harrison, D.C. Chatfield, J.C. Haya, "SISCO: An Object-Oriented Supply Chain Simulation System", Decision Support Systems, 42, 1, 422-434, 2006.

[19] M.D. Rossetti, M. Miman, V. Varghese, "An Object-Oriented Framework For Simulating Supply Systems", Journal of Simulation, 2, 103-116, 2008.

[20] X. Zhang, Q. Lu, T. Wu, "Petri-net based applications for supply chain management: An overview". International Journal of Production Research, 49(13), 3939–3961, 2011. http://doi.org/10.1080/00207543.2010.492800

[21] F. Persson, F. "SCOR template - A simulation based dynamic supply chain analysis tool". International Journal of Production Economics, 131(1), 288–294, 2011. http://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.09.029

[22] S.K. Jakhar, M.K. Barua, "An integrated model of supply chain performance evaluation and decision-making using structural equation modelling and fuzzy AHP". Production Planning & Control, 25(11), 938–957, 2014. http://doi.org/10.1080/09537287.2013.782616.

[23] C. Tavukçuoğlu, "Sanayi 4.0'ın Lojistiğe Etkileri", [Online], URL:http://www.lojistikhatti.com/haber/2017/01/sanayi-4-0in-lojistige-etkileri, [Accessed 12.08.2019].

[24] D.F. Ross, "Competiting Through Supply Chain Management, Creating Market- Winning Strategies Through Supply Chain Partnerships", Material Management/Logistics Series, Kluwer Academic Publisher, Boston, 2000.
[25] T.C. Gümrük Ve Ticaret Bakanlığı, Küresel Rekabetçilik Raporu 2016-2017, Yayın No: 936, 25.05.2017, [Online], URL:http://risk.gtb.gov.tr/data/52c58a61487c8eca94a7c696/Kuresel%20Rekabet%C3%A7ilik%20Raporu%202016-2017%2025_05_2017.pdf, , [Accessed 22.10.19].
[26] V. Demir, "Lojistik Faaliyetler ve Maliyetleri", Mali Çözüm Dergisi, Sayı:74, 119-120, 2006.
[27] B. Kocaoğlu, "Tedarik Zinciri Performans Ölçümü için Stratejik ve Operasyonel Hedefleri Bütünleştiren SCOR Modeli Temelli Bir Yapı", Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,2009.
[28] M. Fayez, L. Rabelo, M. Mollaghasemi, "Ontologies For Supply Chain Simulation Modeling", Proceedings Of The 2005 Winter Simulation Conference, 2005.
[29] F. Ağar, "Tedarik Zincir Yönetiminde SCOR Modeli, Tedarik Süreci Performans Değerlendirmesi ve Scorcard Uygulaması", Y. Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2010.
[30] M. Fikirkoca, "CRM'i Etkileyen, Güncel Paradigmalar", CRMpro Dergisi, 13, 2006.
[31] L.R. Kopczak, "Logistics Partnership and Supply Chain Restructuring: Survey Results From The US Computer Industry", Production and Operations Management, Volume:6 (3), 226-247,1997.
[32] D.M. Lambert, J.R. Stock, "Strategic Logistics Management", Fourth Edition, New York, 2001.
[33] H.L. Lee, C. Billington, "Managing Supply Chain Inventory: Pitfalls and Opportunities", Sloan Management Review, 65 – 73, 1992.
[34] Supply Chain Council "Supply Chain Operations Reference model", Overview of SCOR model version 12.0, Washington DC & Amsterdam, 1-24,2017.
[35] R.R. Lummus, R.J. Vokurka, "Defining Supply Chain Management: A Historical Perspective And Practical Guidelines", Industrial Management & Data Systems, Vol 99, Number 1, 11-17,1999.
[36] Y.H. Lee, S.H. Kim, "Production-Distribution planning in Supply 101 Chain Considering Capacity Constraints", Computers and Industrial Engineering, Vol. 43, Issue 1-2, 169-190,2002.
[37] Y. Kazançoğlu, "Lojistik Yönetim Sürecinde Tedarikçi seçimi ve Performans Değerlendirmesi Yöneylem Araştırması Teknikleri ile Gerçekleştirilmesi: AHP (Analitik Hiyerarşik Süreç) ve DEA (Veri Zarflama Analizi)", Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, İzmir, 2008.
[38] A.A. Sağlam, "Tedarik Zincir Yönetiminde SCOR Modeli ve Scorcard Uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,2013.
[39] M.J. Schedlbauer, "Adaptive Logistikplanung auf Basis eines standardisierten, prozessorientierten Bausteinkonzepts", Technischen Universität München, 2008.

Özgeçmiş



Kürşat YILDIZ
1978 yılında Kars/Sarıkamış'da doğdu. Lisans Eğitimini 2000 yılında, Y. Lisans Eğitimini 2003 yılında ve Doktora Eğitimini 2009 yılında Gazi Üniversitesinde tamamlamıştır. 2001 yılından Bu yana Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde Öğretim Elamanı/Üyesi olarak görev yapmaktadır.



M. Türker AHİ
1982 yılında İzmir'de doğmuştur. RWTH Aachen üniversitesinden ulaştırma ve raylı sistemler mühendisi olarak mezun olarak Almanya, İsviçre ve Belçika'da raylı sistemler projelerinde 6 yıllık deneyimden sonra 2011 yılında kendi firması olan Tg Consulting'de projelerini sürdürmektedir. Ayrıca onaylanmış kuruluşlarla birlikte cer, altyapı, YHT, yük vagonu TSI ve ECM sertifikasyonlarını yapan Ahi, uluslararası yayınlar da yapmaktadır. Railway Gazette Türkiye editörüdür. Bakanlık, TCDD ve özel sektöre danışmanlık yapmaktadır.