

ENDÜSTRİ 4.0: LOJİSTİK VE TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDE TEKNOLOJİ KULLANIMI EĞİLİMLERİ (*)

İsmail İYİGÜN (**)

Ömer Faruk GÖRÇÜN (***)

Öz

Geçmişte olmadığı kadar tüketicilerin daha özelleştirilmiş ve kişiselleştirilmiş talepte bulunuyor olmaları lojistik uygulamaların her müşterinin gereksinimlerini en üst düzeyde karşılayabilecek, buna karşılık minimum maliyet ile bu gereksinimlere cevap verebilecek durumda olmasını gerektirmektedir. Bu nedenle, lojistik faaliyetlerin gereksinim duyduğu en iyileştirme uygulamaları; mümkün olan en kısa zamanda çözümler yaratabilecek ve bu çözümleri her süreçte daha da iyileştirebilecek sistemlere ihtiyaç duymaktadır. Bu kapsamda problemlerin etkin bir biçimde çözümü ile bu sistemlerin etkinliği, hızı ve verimliliği arasında bir korelasyon olduğu görülebilmektedir. Yakın bir gelecekte bu teknolojilerin ve sistemlerin alanlarını daha da genişleterek otonom olarak bu operasyonları gerçekleştirebilir hale gelebileceklerine yönelik güçlü deliller mevcuttur. Bu çalışma lojistik ve tedarik zinciri alanında söz konusu olan gelişmelere ve yaklaşımlara odaklanmakta, yakın bir gelecekte lojistik faaliyetlerin oynayabileceği yeni rolleri göz önüne sermeyi hedeflemektedir. Çalışmada gözlem ve analiz yöntemleri kullanılmış, farklı ölçeklerde lojistik faaliyet yürüten işletmelerin yanı sıra, lojistik hizmet talebinde bulunan endüstrilerin bu alanda gerçekleştirdikleri ilerlemeler ve gelişmeler dikkate alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Lojistik, Tedarik Zinciri Yönetimi, Endüstri 4.0, Teknoloji, Optimizasyon.

*) Bu çalışma "IV. International Conference on Applied Economics and Finance & Extended with Social Science (ICOAEF'18)" kongresinde bildiri olarak sunulmuştur.

**) Dr. Öğr. Gör., Sosyal Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Trakya Üniversitesi
(e-posta: iyigun@trakya.edu.tr) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3841-0649>

***) Dr. Öğretim Üyesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Kadir Has Üniversitesi
(e-posta: omer.gorcun@khas.edu.tr). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3850-6755>

Industry 4.0: Technology Utilization Trends in Logistics and Supply Chain Management

Abstract

Customers have started to want the more customized products and services recently. therefore, logistics applications should be able to respond to customer's every requirement at the highest level. On the other hand, it should be done with lowest costs that are possible. Thus, optimization applications that utilized by logistics activities need to the systems which can create excellent solutions and can continuously update these solutions. Within this scope, it can be seen that there is a correlation between creating effective solutions for the problems and speed, effectivity, and productivity of these systems. Some strong evidence shows that these technologies and systems will have become capable to conduct these logistics operations. Consequently, almost all of them will have been autonomous systems in the near future. This study focusses on developments and approaches in the fields of logistics and supply chain and it tried to show the new roles of the logistics activities that will be played in the near future. In this study, observation, and analysis methods are used, the progress that recorded by industries that demand to logistics services in this subject were taken into consideration in addition to logistics service providers.

Keywords: Logistics, Supply Chain Management, Technology, Industry 4.0, Optimization.

Giriş

Lojistik ve tedarik zinciri süreçlerinde meydana gelen aksaklıklar ve karmaşıklıklar sistemin yapısal sorunlarının başında gelmektedir. Bu aksaklıklar ve problemler lojistik süreçlerde sürekli olarak görülebilmekte ve tekrarlanabilmektedir. Bu problemlerin çözümü ile ilgili olarak insan yetenek ve sezgileri çoğunlukla yetersiz kalabilmektedir. Bunun temel nedenlerinin başında; lojistik problemlerin giderek çeşitlenmesinin yanı sıra çözümlerin sayısal ve yapısal olarak kayda değer ölçüde artış göstermesi gelmektedir.

Aynı zamanda lojistik faaliyetlerin giderek hızlanması daha etkin çözümlerin mümkün olan en kısa zamanda bulunmalarını gerekli hale getirmektedir. Öte yandan lojistik faaliyetler arasında koordinasyonun en üst düzeyde sağlanması zorunluluğu da çözüm gerektiren problemlerin eşzamanlı olarak çok sayıda ortaya çıkmasını, bir önceki çözümün uygulanamamasına neden olabilmektedir.

Lojistik faaliyetlerin giderek daha esnek ve daha mükemmel hale getirilmesine ilişkin gereklilikler lojistik ve tedarik zinciri süreçlerine yönelik yeni yaklaşım ve uygulamaların yaratılmasını gerekli kılmaktadır. Bu yaklaşımların başında optimizasyon ve yoğun teknoloji kullanımı gelmektedir. Bu yaklaşımlar ortaya çıkan ya da çıkması olası problemlerin çözümüne ilişkin tedarik zincirlerinin daha doğru ve hızlı karar verebilme yeteneklerini artırırken, sistemdeki karmaşıklık düzeyini önemli ölçüde azaltabilmektedir.

Bu kapsamda lojistik süreçlere ilişkin problemler ve aksaklıklar değişken bir karaktere sahip olmalarının yanı sıra, süreç içerisinde sürekli güncellenen bir niteliğe sahiptirler. Her geçen zamanda ortaya çıkan problemler kendisinden önceki problemlere benzememekte, daha önceki çözümler bu problemlere cevap verebilmede yetersiz kalabilmektedir.

Bu nedenle problemlerin çözümüne ilişkin yaklaşımların ve uygulamaların da sürekli olarak güncellenmeleri ve problemlerden sürekli bir adım önde olmaları gerekmektedir. Aksi durumda problemlere çözüm bulunamamakta, daha da önemlisi bu problemler birikerek işletmeleri ve tedarik zincirlerini rekabet dışı bırakabilmektedir.

Bu nedenle meydana gelecek problemlere ilişkin çözümlerin problemler meydana gelmeden önce optimizasyon modellerinin tanımlanmış çözüm kümeleri içerisinde yer alması gerekmektedir. Bu doğrultuda optimizasyon uygulamaları ve yaklaşımları gelişim açısından teknolojik gelişmelere bütünüyle ihtiyaç duymaktadır. Daha açıkçası teknolojik uygulamalar olmaksızın süreçlerin optimize edilmesi olanaklı görünmemektedir.

Öte yandan teknolojik gelişmeler lojistik uygulamalarda daha etkin ve optimal çözümler yaratabilmenin yanı sıra, lojistik süreçleri ve sistemi daha karmaşık hale getirme potansiyelini de beraberinde getirmektedir. Özellikle lojistik süreçlerde giderek artan operasyon hızı hataların daha hayati sonuçlara yol açmasını da mümkün hale getirmektedir. Örnek olarak, döngüsel dağıtım “just in time” ve çapraz sevkiyat “cross docking” gibi operasyonlar ardışık nitelikli süreçleri beslemeleri ve yüksek düzeyde hız gerektirmelerinden dolayı meydana gelebilecek bir aksaklık sistemin bütünüyle çökmesine yol açabilmektedir.

Lojistik ve tedarik zinciri ile ilgili gelişmelerin yanı sıra, optimizasyon ile ilgili yaklaşımların geçmişten günümüze kadar izlediği gelişim süreci ile beraber teknolojinin yarattığı faydalar ve problemlerin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda yakın ve uzak gelecekte meydana gelebilecek gelişmeler ve değişimlerin önceden değerlendirilmesi ile bu gelişmelere yönelik senaryoların hazırlanması etkin bir lojistik sistemin oluşturması ve sürdürülebilir hale getirilmesi açısından son derece önem arz eden bir konudur.

Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetiminin Tarihsel Kökleri

Lojistik ve tedarik zinciri yönetimi kökleri oldukça eskiye dayanan uygulamalar olmakla birlikte, teknik ve bilimsel açıdan araştırmalara ve incelemelere konu olması sadece yarım yüzyıllık bir geçmişe sahiptir.

Bununla birlikte optimizasyon yaklaşımlarının ve teknolojik uygulamaların lojistik problemleri çözmek için sürece dahil edilmesi son süreçte mümkün olabilmektedir. Dolayısıyla bu yaklaşımlar henüz gelişme sürecinde ve çözdükleri problemlerle birlikte gelişen ve büyüyen metodolojileri oluşturmaktadırlar.

Taşımacılık ve lojistik faaliyetlerin geçmişi insanlık tarihi ile neredeyse aynıdır. İnsanların başlangıçta göçer konar tarzda yaşamaları ve henüz taşıma faaliyetlerinde kul-

lanacakları tekerleği icat etmemiş olmaları ile birlikte hayvanların evcilleştirilmediği dönemlerde kendi başlarına seyahat ediyorlar ve ancak fiziksel olarak taşıyabilecekleri miktar ve boyutlarda yükleri yanlarına alabiliyorlardı (Görçün 2016:7). Bunun yanı sıra, söz konusu yükler temel ihtiyaçları ile ilgiliydi. İlerleyen dönemlerde hayvanların evcilleştirilerek taşımada kullanılması ve tekerleğin icadı ile daha uzun mesafelere daha yüksek miktarda yükün taşınması olanaklı hale geldi. Ancak insanlar yüzyıllar boyu bu teknoloji ile yetinmek zorunda kaldılar ve ne kendileri daha uzak yerlere gidebildiler ne de yerleşik hayata geçmeleri ile birlikte ürettikleri ürünlerin fazlasını uzak pazarlara arz edebildiler.

Bu çerçevede değerlendirildiği zaman, günümüz lojistik uygulamalarının neredeyse tamamına yakını son yüz yılın ürünüdür. Özellikle buhar gücünün keşfinden sonraki süreçte deniz araçlarının daha kontrol edilebilir hale gelmesi ile birlikte dünyanın en uzak uçları bile tedarik sahası ve pazar alanı olarak erişilebilir hale geldi. Aynı zamanda buhar gücünün taşıma araçlarında kullanılmaya başlanması ile birlikte demiryolu sistemleri lojistik sistemin ve tedarik zincirlerinin en hayati unsurlarından biri halini aldı.

Endüstriler kendilerinin hammadde ve yarı mamul gereksinimlerini sağlamada sürekliliğe olanak verebilecek, aynı zamanda yüksek düzeyde taşıma yapabileceği için birim taşımacılık maliyetlerini olağanüstü azaltabilecek bu taşıma türüne büyük önem verdiler. Öte yandan karayollarının gelişmesi ve yaygınlaşması İkinci Dünya Savaşı ile birlikte mümkün oldu. Havayolu taşımacılığı, depolama, dağıtım gibi alanlarda gözlemlenen diğer gelişmeler de bu döneme ait oldukları görülebilmektedir. Bu denli hızlı gelişmeler beraberinde problemlerin de artmasını, karmaşıklığın ve hataların sıklaşması sorunlarını ortaya çıkarmıştır. Geçmişte temel hedef insanların ve materyallerin yerlerine ulaşabilmesiyken, günümüzde geçmişle kıyaslanmayacak kadar çok değişken lojistik süreçlere etki edebilmektedir.

Örnek olarak taşınan yüklerin bir takım özelliklere sahip olması daha yüksek hassasiyetle taşınması ve depolanması lojistik operasyonlarında hassasiyet düzeyini artırmaktadır. Geçmişte işletmeler ve üreticiler belirli dönemlerde ürettiklerini pazara göndermekte ve müşterilerine arz etmekteydiler. Müşteriler gereksinimlerini kendilerine arz edildiği zamana ve miktara göre karşılayabiliyorlardı. Günümüzde ise, tüketicilerin daha etkin bir konum kazanmaları ile birlikte müşterinin istediği her an istediği miktarda ürüne erişebilmesi hayati bir mesele haline gelmiştir. Bunun doğal bir sonucu olarak geçmişte arz zinciri kesintili bir karaktere sahipken, günümüzde kesintisiz bir biçimde işlemekte, lojistik akışlar hiç durmadığı gibi hacimsel olarak artarak hızlanmaktadır.

Bunun en korkutucu yönü müşterinin beklentileri değiştiğinde ya da talep etmekten vazgeçtiğinde tüm sistemin birden bire çökmesidir. Bunun en önemli nedeni lojistik faaliyetlerin tümüyle gereksinimlere bağlı olması ve o an için talepte bulunulmıyışsa bile akışa devam etme zorunludur.

Dolayısıyla sürekli hammadde, yarı mamul ve ürünün hareket ettiği bir akış sistemi talep durduğu anda bile bir anda durması mümkün olmamakta, ancak değişimlere belirli

bir süre sonra reaksiyon verebilmektedir. Bunun doğal bir sonucu olarak da elde tutulan envanter miktarı, dolayısıyla envanter maliyeti artmakta ya da müşteri gereksinimleri karşılanamayarak satış kaybı maliyetine katlanılmaktadır (Görçün 2017:89). Taşıma ve depolama gibi lojistik hizmetlere olan yaklaşımlar ve beklentiler de önemli değişimlere uğramıştır. Geçmişte ürünün taşınması için beklentiler sadece istenilen noktaya en düşük maliyetle ulaştırılması iken, günümüzde emniyet, güvenlik, erişilebilirlik ve hizmet kalitesi gibi beklentiler giderek önem kazanmaya devam etmektedirler.

Benzer ifadeleri depolama hizmeti için de kullanmak mümkündür. İçinde bulunduğumuz süreçten en fazla kırk yıl önce depolama denilince akla gelen materyallerin istiflenmesi iken, günümüzde akış hızı, hizmet kalitesi, envanter yönetimi, konsolidasyon, ayrıştırma ve birleştirme gibi yaklaşımlar önemlerini her geçen gün artırmaktadır. Bununla birlikte lojistik süreçler çok sayıda alt süreçten meydana gelmektedir. Bu alt süreçler taşımacılık, depolama, dağıtım, tedarik vb. gibi faaliyetler olarak tanımlanabilir. Bu noktadan da anlaşılacağı gibi taşımacılık faaliyetleri lojistik süreçlerin bir parçası olmakla birlikte genel olarak yük taşımacılığını ifade etmektedir. Yolcu taşımacılığı her ne kadar insanların mobilize olması ile ilgili olsa da depolama, envanter yönetimi vb. süreçler söz konusu olmadığı için yolcu taşımacılığı türü faaliyetler lojistik uygulamalar olarak nitelendirilemezler. Buna karşılık yolcu taşımacılığı da yük taşımacılığı gibi çok sayıda değişkenden sürekli olacak şekilde etkilenebildiği için optimizasyon yaklaşımları ile planlama ve organizasyon süreçlerinde yoğun teknoloji kullanımı yolcu taşımacılığında da söz konusu olabilmektedir.

Optimizasyon Yaklaşımları ve Teknolojinin Geçmişi

Lojistik alanında söz konusu olan en iyi çözüme ulaşabilmenin yollarının belirlenmesi ve son derece fazla sayıda değişkenin etkilendiği süreçleri her seferinde en etkin şekilde optimize edecek yöntemlerin bulunması uzun yıllardan beri araştırmacıların üzerinde çalıştığı konuların başında gelmektedir. Lojistik kavramı tarih kadar eski olsa da optimizasyona ilişkin yaklaşımların kökeni en fazla 1930'lu yılların başlarına kadar gidebilmektedir. Ek olarak bu alanda çalışma yapanların neredeyse tamamı çalışmalarını askeri gereksinimler çerçevesinde yoğunlaştırmış, elde edilen sonuçlar ve metodolojiler ancak yıllar sonra sivil alanda kullanılmaya başlanmıştır.

İlk yıllarda düşman uçaklarını tespit etmek üzere İngiliz ordusu tarafından bu alana yönelik bir takım çalışmalar gerçekleştirilmiş, bu yaklaşımlar 1938 yılında teknik açıdan umut vadetmesine rağmen operasyonel olarak bir başarı gösterememiştir. İlerleyen yıllarda bu alana ilişkin çalışmalar giderek gelişmeye başladı.

1953 yılında Prof. P.C. Mahalanobis, tarafından Kalküta'daki Hindistan İstatistik Enstitüsünde ulusal planlama ile ilgili sorunları çözmek için bir yönelem ekibi kurdu. Bu yöntemler 1958'de proje çizelgeleme teknikleri ve taşımacılık ile ilgili o zamanın uzun, karmaşık ve pahalı projelerini planlamak ve izlemek için etkili araçlar olarak geliştirilmeye başlandı (Mahalanobis 1958:309).

Lojistik faaliyetlerin en iyileştirilmesi açısından kullanılan yöntemlerden birisi ulaştırma problemleri “transportation problems” olarak ifade edilebilir. Bu yaklaşım talep edilen materyallerin kaynak ve hedef noktalar arasında en uygun maliyet ve verimlilikle taşınması ve dağıtılmasını hedefleyen bir yaklaşımdır.

Bu yaklaşımın temellerin 1871 yılında Fransız matematikçi Gaspard Monge tarafından atılmıştır. 1920 yılında A. Tolstoi ulaştırma problemini tümüyle matematiksel forma dönüştürerek, sayısal olarak yöntemi formüle etmiştir. Daha sonraki dönemde matematikçi ve ekonomist Leonid Kantorovic günümüzde kullanılan biçimine neredeyse kavuştu (Kantoroviç 2006:225).

Doğrusal programlama yöntemi de lojistik süreçlerde yoğun olarak kullanılan optimizasyon yaklaşımlarından birisidir. Bu yaklaşım temellerini Fourier’den almaktadır. Ulaştırma problemlerinin teorisyenlerinden birisi olan Kantoroviç doğrusal programlama yönteminin de mimarlarından sayılabilir.

Kantoroviç Sovyet ordusunun maliyetlerini azaltarak etkinliğini artırabilmek için doğrusal programlama temelinde bir model önermişti. Nihai olarak doğrusal programlama yaklaşımına son halini veren ise B. Dantzig’dir. Dantzig 1947 yılında Amerikan Hava Kuvvetlerinin problemlerini azaltacak modeller önererek, söz konusu yaklaşıma bugünkü halini vermiştir (Soul 2003:191).

Optimizasyon yaklaşım ve uygulamalarının sivil alanda kullanımı oldukça yenidir. Özellikle lojistik ve tedarik zinciri süreçlerinde optimizasyon metodolojilerinin kullanılmaya başlanması ancak geçtiğimiz birkaç on yıl öncesine dayanmaktadır. Bu yaklaşımlar söz konusu dönemlerde daha çok askeri ve kamu gereksinimlerine odaklanmıştır.

Öte yandan teknolojinin gelişimine paralel olarak bu yaklaşımlar bilgi işletim sistemlerine entegre edilmeye başlandı ve elde edilen sonuçlar insan faktörü tarafından gerçekleştirilen uygulamalara ve hesaplamalara kıyasla son derece başarılı olmasının yanı sıra esas farkına varılan unsur bu teknolojiler sayesinde elde edilen hız olmuştur.

1970’li yıllara kadar bilgisayar sistemleri DOS işletim sistemleri olarak adlandırılan komut girişleri ile gerçekleştirilen uygulamaların kullanıldığı sistemler olarak kalmıştır. Bu dönemde BASIC, FORTRAN, PASCAL, COBOL gibi bir takım programlama dilleri sayesinde o döneme göre ileri düzey sayılabilecek bir takım hesaplamalar çok kısa zaman içerisinde yapılabiliyordu. Bu dönemde lojistik henüz kavram olarak yeterince gelişmemiş, taşımacılık ve ulaştırma faaliyetleri bu açıdan daha ön planla olan uygulamalar olmuştur. Bilgisayar sistemleri kullanılarak gerçekleştirilen optimizasyon uygulamaları daha çok trafik yönetimi, araç planlama vb. konularda kullanılmıştır.

Daha sonraki dönemde taşımacılık faaliyetleri daha spesifik bir faaliyete dönüşmüş, taşıma ve dağıtım faaliyetleri daha yüksek düzeyde planlama ve organizasyon gerektiren aktiviteler haline gelmiştir. Bunun başlıca sebepleri arasında taşıma hizmeti veren işletmelerin filolarını genişleterek, daha profesyonel bir şekilde hizmet arz etmeye başlamaları, demiryolu ve denizyolu gibi taşıma türlerinin daha fazla dünya ticaretinde rol

üstlenmeleri ile birlikte taşıma türleri arasında entegrasyonun artması gibi nedenler gösterilebilmektedir.

Dolayısıyla taşıma operasyonlarına ilişkin alternatiflerin sayısı kayda değer bir biçimde artış göstermiş, işletmeler sahip oldukları filoları etkinlik ve verimlilik temelinde yönetebilmek için optimizasyon yaklaşımlarına giderek daha fazla önem vermeye başlamışlardır. Buna karşılık bilgisayar teknolojileri bu alanlara ilişkin çözümler üretebilmek açısından bir önceki dönemden çok fazla ileri gidemedi. Bilgisayarlar ve teknolojik sistemler bu dönemde giderek daha kişisel hale geldiler (Spenza 2018: 835).

90'lı yıllara gelindiğinde bilgisayar teknolojileri optimizasyon yaklaşımları ile daha yakın bir biçimde entegre olmaya başlamış, bilgisayarların kitleselleşmesi ile birlikte daha fazla sayıda kullanıcı ve araştırmacı bu alanda çalışmalar yapmaya başlamıştır. Özellikle garaj çocukları olarak adlandırılan teknolojiye odaklı genç girişimciler bilgisayarları ve bilgi işletim sistemlerini daha fonksiyonel hale getirebilmek için bunları sorun çözebilir hale getirmeye çalıştılar. Lojistik ve tedarik süreçleri çok sayıda değişken tarafından etkilenen, bu nedenle rassallık düzeyi yüksek olan alanlar oldukları için, bu alanda söz konusu olan problemleri çözebilmek ve geliştirilen optimizasyon modellerini bu alanda uygulayabilmek geliştiriciler için çok önemli hale geldi.

Bu süreçte konu ile ilgili olanların büyük bölümü lojistik, tedarik zinciri, taşımacılık, depolama ve dağıtım gibi süreçlerle ilgili optimizasyon yazılımları geliştirmeye başladı. Bu dönemde internetin de yaygınlaşması bilgi paylaşımını kolaylaştırıp hızlandırdığı için bu alanlara ilişkin çalışmalar giderek hız kazandı.

2000'li yılların başından günümüze kadar lojistik ve tedarik zinciri süreçlerinde teknoloji kullanımı giderek artmıştır. Bu süreçte sabit nitelikli tüm unsurların yerini mobil unsurlar almaktadır. Hızın mümkün olduğunca artırılması sabit unsurların olabildiğince sistemden çıkartılmasını gerektirdiğinden, kablolar ile birbirine bağlı barkod sistemleri, bilgisayarlar ve diğer tüm teknolojik unsurlar yerlerini kablosuz mobil teknolojilere terk etmektedir.

İçinde bulunduğumuz süreçte teknolojik bütün uygulamalar neredeyse mobil niteliğe erişmekte, müşteriler bu sayede ellerinde bulundurdukları "device" olarak adlandırılan tablet ve cep telefonları ile sistemlere girerek sürecin bir bileşeni haline gelebilmektedir. Neredeyse bütün lojistik hizmet sağlayıcıları gerçekleştirdikleri tüm faaliyetleri mobil uygulamalara dönüştürmüş, tedarik zincirinin tüm bileşenleri faaliyetlerini bu uygulamalar üzerinden gerçekleştirebilmektedir.

Örnek olarak, müşteri cep telefonuna yüklü bir uygulama çerçevesinde siparişlerini doğrudan gönderebildiği gibi, istediği ürünün bu uygulamalar sayesinde konfigürasyonunu değiştirebilmektedir.

Günümüzde konu ile ilgili neredeyse bütün çalışmalar doğrudan gerçek zamanlı problemlere odaklanmakta ve olabilecek en optimal sonuçları elde edebilmek için bu çalışmaları her geçen gün güncellemektedirler. Buna karşılık işletmeler ve tedarik zincirleri karşı

karşıya kaldıkları problemleri kendileri kendi perspektifleri ve yaklaşımları çerçevesinde çözümlenmeye çalıştıklarından bu çalışmalara yönelik bütünsellik problemi halen mevcuttur.

Dolayısıyla bir işletme ya da tedarik zinciri için geliştirilen bir sistem diğerlerinde işe yaramayabilmekte ya da çok az fayda yaratabilmektedir. Bu kapsamda problemleri çözmeye odaklanan çalışmaların en önemli hedefleri arasında tüm tedarik zincirlerinin problemlerine benzer biçimde çözüm getirebilecek sistemlerin, optimizasyon modellerinin ve uygulamaların tasarlanmasıdır.

Buna karşılık, her ne kadar bütünsel bir perspektif sağlayamasa da bu sistemler günümüzde tedarik zincirlerinin kendi içsel problemlerinin çözümünde son derece etkin roller üstlenebilmektedirler. Özellikle bir tedarik zincirinde tedarikçi, üretici, lojistik hizmet verenler, perakendeciler vb. aktörler ile depolama, taşıma, dağıtım gibi fonksiyonların entegrasyonu bu sistemler sayesinde daha üst düzeyde elde edilebilmektedir.

Aynı zamanda alt süreçler ve aktörler arasındaki koordinasyon problemlerini de büyük ölçekte ortadan kaldırılabilmektedirler. Sonuç olarak bu sistemler sayesinde hız, müşteri beklenti ve talepleri, maliyet vb. değişkenler arasında optimal bir nokta belirlenebilmekte, mümkün olan en iyi koşullarda gereksinimlerin karşılanması söz konusu olabilmektedir.

Yakın bir gelecekte teknolojinin giderek gelişmesi ve bu gelişme hızının göz kamaştırıcı bir biçimde artıyor olmasına bağlı olarak, lojistik faaliyetlerin daha teknoloji yoğun hale gelebileceği, hatta tümüyle teknolojik bir nitelik kazanarak, insan faktörünü tamamen sistemin dışına itebileceği günümüzde meydana gelen gelişmeler ve değişimler ışığında söylenebilen olasılığı yüksek bir olgudur. Özellikle Endüstri 4.0 olarak adlandırığımız ve henüz başlamış olan süreç çok yakın bir gelecekte lojistik ve tedarik zinciri süreçlerinin de yapısal olarak dönüştüğünü göstermektedir.

Endüstri 4.0 Sürecinde Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi

Endüstri 4.0 olarak adlandırılan süreç 2014 yılında Hannover fuarında temelleri atılan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım son derece yeni olmasına rağmen etkileri hayatın her alanında giderek daha fazla hissedilebilecek şekilde güçlü paradigmalara sahip bir dönüşüm sürecini simgelemektedir. Bu süreç hayata dair hemen her şeyin dijitalleşerek sanal dünyaya aktarılması, fiziksel evren ile sanal evren arasında tam bir entegrasyon sağlanmasını hedeflemektedir.

Bu süreç ortaya çıkarken, bir takım teknolojik gelişmeler endüstri 4.0 sürecinin doğmasına ve gelişmesine yardımcı oldular. Daha net bir ifade ile Endüstri 4.0 bu alt sistemler üzerine inşa edilebildi. Bu alt sistemlerden birisi nesnelerin interneti “Internet of Things” (IoT) olarak adlandırılan teknolojik unsurdur.

Nesnelerin interneti; daha önce insandan insana (H2H), insandan makineye (H2M) iletişim söz konusu iken, makinelerin kendi arasında iletişimini (M2M) bir takım sensörler, algılama sistemleri ve yazılımlar sayesinde mümkün hale getiren sistemin adı olarak ifade edilebilir.

Sürecin bir diğer bileşeni ise büyük veri “Big Data” olarak adlandırılan sistemdir. Büyük veri dünya üzerinde meydana gelen bütün uygulama, işlem, hareket vb. veri üreten yaklaşımlar sonucu sağlanan verilerin toplanması, depolanması, işlenmesi gibi süreçlerin bütünü ifade eden bir niteliğe sahiptir.

Bu sistem aslında küresel bir veri havuzu olarak da isimlendirilebilir. Sadece doğrudan sisteme girilen verileri değil, aynı zamanda dijital tüm hareketleri de izleyerek bunlardan veri türetebilmektedir. Örneğin internete girerek ziyaret edilen siteler veri olarak saklanmakta, daha sonra yinelenen girişlerde reklam vb. amaçlarla bu veriler kullanılabilir.

Endüstri 4.0 sürecinin bir diğer önemli bileşeni otonom robotik sistemlerdir. Otonom robotlar nesnelerin interneti teknolojisine bağlı olarak veri olarak bunu fiziksel harekete dönüştüren ve diğer makine ve robotlara veri göndererek onları harekete geçirebilen teknolojiler olarak tanımlanabilir. Bu tür sistemler üretim sahalarının dışında lojistik uygulamalarda etkin bir biçimde kullanılabilir.

Özellikle depolama, elleçleme, taşıma ve dağıtım süreçlerinde doğrudan harekete geçirebilen robotlar lojistik akış süreçlerini hızlandırabilen bir etken de olabilirler. Bu kapsamda müşterilerin elektronik ortamdan gönderdikleri siparişler depo sahasında bulunan robotik sistemleri harekete geçiren veriler olarak değerlendirilebilir.

Bu verileri doğrudan alan toplayıcı ve taşıyıcı robotlar operatörler olmaksızın ürünün bulunduğu rafa giderek ürünü raftan alabilir sevk edileceği taşıma aracına doğrudan getirerek yüklemeleri söz konusu olabilmektedir. Bu sayede süreçte yer alan insan faktörü azaldığı gibi, insan kaynaklı hatalar elimine edilebilmekte, lojistik hız olağan üstü artabilmektedir.

Bulut bilişim sistemleri endüstri 4.0 sürecinin bir diğer önemli bileşeni olarak değerlendirilebilir. Özellikle veri akışının sorunsuz ve olabildiğince hızlanmasının gerektiği, bu nedenle kablolu sistemlerin giderek ortadan kalktığı bu süreçte veri toplama, depolama ve dağıtımını bulut sistemler vasıtasıyla gerçekleştirilebilmektedir.

Bu açıdan değerlendirildiğinde bulut bilişim lojistik süreçlerde yer alan fonksiyonlar arasında koordinasyon ve entegrasyonu etkin bir biçimde sağlayan bir enstrüman olarak da görülebilir. Lojistik açıdan değerlendirildiği zaman, tüm lojistik faaliyetleri ve fonksiyonları gereksinim duyulduğunda harekete geçirebilmek ve robotik sistemlerin işlevsel olabilmesi bunların bulut sistemler vasıtasıyla aralarında gerçekleştirecekleri veri transferine bağlıdır.

Endüstri 4.0 sürecinde lojistik uygulamalara etki edebilecek bir diğer önemli faktör 3 ve 4 boyutlu yazıcılardır. Henüz istenilen düzeyde hıza sahip olmasalar da uzak olmayan bir gelecekte hızlarının artarak daha işlevsel bir özellik kazanacakları hakkında şüpheler son derece kısıtlıdır. Üç ve dört boyutlu yazıcılar gelecekte tedarik zincirlerinin, lojistik sistemlerin ve üretim faaliyetlerinin yapısal özelliklerini temelinden değiştirebilecek bir potansiyele sahiptir.

Bu konuda gerçekleştirilen projeksiyonlar gelecekte 3D yazıcıların hayatımızda daha fazla yer edineceğini göstermektedir. 3-B baskı alanında uzmanlaşmış bir danışmanlık şirketi olan Wohlers Associates Inc'in 2014 tarihli bir raporuna göre, 2013 yılında 3B baskıdan elde edilen dünya çapındaki gelirler 3.07 milyar dolar; 2016 yılına kadar 5 milyar dolara, 2018 yılına kadar 12.08 milyar dolara ulaşması, 2020 yılına kadar ise 21 milyar doları aşması beklenmektedir (Mohsen vd. 2017: 29).

Bu tür yazıcıların gelişmesi ile birlikte hammadde ve yarı mamul formları da değişecek, günümüzde katı olan birçok materyal üretim süreci öncesinde akışkan bir formda tedarik edilebilecektir. Bu durum hammaddelerin elde edilmesi, taşınması ve depolanması ile ilgili geçmiş deneyimleri ve paradigmaları ortadan kaldıracak, geleneksel birçok lojistik uygulama tarih olabilecektir.

Örnek olarak geçmişte katı formda olan hammaddeler depo sahasında raf sistemlerinde depolanırken, gelecekte sıvı halde ve tanklarda depolanabilecek, tanker tipi araçlarla taşınabilecektir. Aynı zamanda yükleme, boşaltma ve elleçleme gibi lojistik uygulamalar da tümüyle değişebilecektir.

Tedarik Zincirlerinin Dönüşümü ve Yeni Yaklaşımlar

Teknoloji alanında yaşanan gelişmeler çok yakın bir gelecekte tedarik zincirlerinin tümüyle bir değişim ve dönüşüme uğrayabileceğini göstermektedir. En başta söylenmesi gerekir ki makinelerin ve robotik sistemlerin öğrenen unsurlar haline gelmeleri sonucunda lojistik faaliyetlerin optimize edilmesi insanlar tarafından değil, doğrudan robotik sistemler tarafından gerçek zamanlı olarak yapılabilecektir.

Bir tedarik zincirinde geleneksel olarak problem ortaya çıktığında çözüm üretilmekte, insan faktörü ile çözüm sağlandığında problemin meydana geldiği sürece ilişkin parametreler ve değişkenler farklılaşabilmektedir. Buna karşılık robotik sistemler çok sayıda değişkeni gerçek zamanlı olarak dikkate alıp, çözümlere ilişkin algoritmalar geliştirdiği için meydana gelen problemleri oluşturduğu senaryolarla eşleştirerek çok kısa sürede etkin bir çözüm ortaya koyabilmektedirler.

Dolayısıyla tam zamanı şu an kestirilemese de gelecekte tedarik zinciri içerisinde gerçekleştirilen tüm operasyonlar otonom bir karakter kazanacak ve insan faktörüne gereksinim duymaksızın faaliyetleri kendiliğinden gerçekleştirebilecektir. Sonuçta optimizasyon yaklaşım ve uygulamaları robotik sistemler tarafından her seferinde gerçekleştirilen ve değişen koşul ve faktörlere göre sürekli olarak geliştirilebilen bir nitelik kazanacaktır.

Optimizasyon uygulamalarının bu şekilde sistemler vasıtasıyla gerçekleştirilmesi sayesinde her aşamada elde edilen sonuçlar gerçek zamanlı olduğundan tedarik zincirinin tüm operasyonlar optimal bir nitelikte olabilecektir. Öte yandan bilgi gereksiniminin her geçen an artması daha sağlıklı, güvenilir ve gerçek zamanlı bilgi akışına ihtiyacı artırmakta, tedarik zincirinde yer alan aktörlerin sürece tümüyle entegre edilmesi bilgi akışında istenen bu kriterlerin sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çerçevede

tüm aktörlerin süreçlere etkin katılımı tedarik zinciri süreçlerinin daha şeffaf olmasına olanak sağlayabilecektir.

Aynı zamanda tedarik zincirleri sürekli işleyen optimizasyon uygulamaları sonucunda daha esnek bir karakter kazanabilecek, robotik sistemler ve diğer uygulamalar optimize edilen bir uygulamayı hayata geçirirken yönetsel bir takım prosedürler ile uğraşmak zorunda kalmayacak, daha net ve doğru kararlar alabileceklerdir. Buna bağlı olarak, sistemler istenilen düzeyde verim ve etkinlik sağlamayan, dolayısıyla optimal olmayan bir alternatifi elemek konusunda çekingen davranmayacaklardır.

Ek olarak tedarik zinciri içerisinde yer alan aktörlerin sisteme giriş ve çıkışları daha kolaylaşabilecek, sistem tarafından her bir süreçte optimal görülen uygulamalarda yer alan aktörlerin sisteme girmesi, işi bitince sistemden ayrılması ya da optimal olmayan bir aktörün söz konusu operasyon için sistem dışında tutulması, koşullar değiştiğinde sisteme kolayca alınması mümkün olabilecektir.

Bu yaklaşım tedarik zinciri aktörleri arasında uzun ve orta vadeli sözleşmeleri ortadan kaldıracak, daha esnek bir iş yaklaşımı ortaya koyabilecektir. Bütün gelişmeler ve değişimler çerçevesinde tedarik zincirleri yakın bir gelecekte daha sistematik bir biçimde işleyen bir mekanizmaya dönüşebilecektir.

Teknolojik gelişmelerin çevrelediği optimizasyon yaklaşımları tedarik zincirinin en önemli problemlerinden birisi olan karar verme süreçlerini olumlu yönde etkilemiştir. Bununla birlikte değişkenliğin çok yüksek olduğu lojistik süreçlerde her bir operasyonda daha iyi çözümlerin elde edilebilmesi olasıdır. Bu kapsamda araştırmalar olabildiğince mikro parçalarına ayrıldığında her bir parça için daha optimal sonuçların elde edilebileceğine inanılmaktadır. Bu yaklaşım her bir lojistik iş parçacığının kendine özel koşulları olabileceği varsayımına bakılacak olursa doğru kabul edilebilir. Buna karşılık, bütünsellik yaklaşımının da göz ardı edilmemesi gerekmektedir.

Öte yandan mevcut alternatiflerin sayısı da elde edilecek çözümlerin optimal olma düzeyini büyük ölçüde etkileyebilmektedir. Dolayısıyla dikkate alınan alternatiflerin dışında da dahi iyi çözümleri sağlayabilecek alternatiflerin var olabileceği karar vericiler tarafından dikkate alınması gereken bir gerçektir.

Bunun yanı sıra bir tedarik zincirinde optimal olarak nitelendirilen bir karar ya da uygulamanın tek başına dağıtım, depolama, taşıma ya da tedarik gibi fonksiyonlar için optimal olması yeterli olmayabilmektedir. Etkin bir çözüm diğer fonksiyonlar için de optimal olarak değerlendirilebilmelidir.

Genel olarak mikro düzeyde değerlendirildiğinde bazı lojistik fonksiyonların birbirleri ile çelişkili hedeflere sahip olduğu da görülebilmektedir. Örnek olarak daha yüksek taşıma kapasitesi ölçek ekonomisi çerçevesinde daha düşük taşıma maliyetleri sağlarken, üretim kapasitesi taşıma kapasitesinin altında ise fazla olan materyaller envantere konulmakta, bunun sonucunda fazladan envanter maliyetine katlanılabilmektedir. Bu nedenle bir tedarik zincirinde toplam fayda ve toplam maliyetlere odaklanılması daha doğru bir

yaklaşım olabilir. Dolayısıyla bütünsellik yaklaşımı lojistik süreçlerin optimizasyonu için son derece önemli bir ilke olarak değerlendirilebilir.

Teknolojik uygulamalar ve optimizasyon yaklaşımlarının tedarik zincirleri açısından bir diğer katkısı da zincir içerisinde yer alan aktörler arası işbirliğini ve koordinasyonu geliştirmesi olarak değerlendirilebilir. Özellikle lojistik uygulamalar çerçevesinde kullanılan Kurumsal Kaynak Planlama “ERP”, Malzeme İhtiyaç Planlama “MRP” gibi çeşitli bilgi işletim sistemleri bilgi akışlarını daha kontrol edilebilir ve izlenebilir hale getirdiği gibi, tüm aktörlerin belirli bir hedef çerçevesinde kendisinden beklenen davranışı göstermesi sağlanabilir.

Diğer yandan tedarik zincirleri bilginin ve teknolojinin giderek daha yüksek düzeyde küresel bir karakter kazanması ile birlikte, daha küresel nitelik kazanmaya başlamış, lokal özellikte bir tedarik zinciri daha küresel bir zincirin aktörü haline gelebilmiştir. Bu doğrultuda tedarik zincirleri ile üyesi olan işletmelerin küresel sisteme entegre olmaları daha kolaylaşmıştır.

Bunun sonucunda tedarik zincirlerinden beklenen mükemmellik düzeyinde de belirgin bir artış söz konusu olmaktadır. Dolayısıyla operasyonların ve lojistik uygulamaların daha teknoloji yoğun olmasının yanı sıra, optimizasyon yaklaşımlarının daha etkin bir biçimde kullanımı zorunluluk haline gelmiştir. Öte yandan tedarik zincirinin ve üyesi olan aktörlerin mükemmeliyet düzeylerine ilişkin beklentiler ve bu beklentiler her geçen gün artması tedarik zincirlerine katkı sağlayacak aktörlerin bulunabilmesini de güçleştirmektedir.

Partnerlerden daha üst düzeyde performans ve kalite beklendiğinden zamanla bazı aktörler sistem dışı kalabilmekte, yerlerini dolduracak yeni aktörlerin bulunması da oldukça güç olabilmektedir. Bu durum süreç içerisinde tedarik zincirlerini zayıflatan bir etken olabilir.

Diğer yandan tedarik zincirleri içerisinde yer alan aktörler kendi çıkarlarını tedarik zincirinin ortak ve toplam çıkarlarına kıyasla öncelikli olarak görebilirler. Bu durumda tedarik zinciri aktörleri arasında bir takım çatışmalar söz konusu olabilir. Dolayısıyla tedarik zincirinin bazı aktörleri için optimizasyon ancak çıkarları ile örtüştüğünde anlamlı olabilmekte, aksi durumda önemini tümüyle yitirebilmektedir.

Bu çerçevede küresel ölçekli bir entegrasyonun ve işbirliğinin sağlanması için hayati düzeyde rol oynayan optimizasyon yaklaşımlarında bir takım eksiklikler ve problemler söz konusu olabilmektedir. Bu doğrultuda sisteme alınacak bir aktörün öncelikle tedarik zincirlerinin hedeflerine uyum sağlayacak biçimde optimizasyona ilişkin kural, uygulama ve yaklaşımları bütünüyle kabul etmiş olması gerekmektedir. Aynı zamanda farklı ya da benzer görevleri üstlenen aktörlerin bir bütünün parçası gibi hareket etmeleri son derece önem arz eden bir durumdur.

Örnek olarak, atıl kapasitede faaliyet gösteren bir aktörün sisteme tam olarak entegre olması ile kullanılmayan kapasitesi diğer aktörlerce görünür hale gelebilirmekte, bu kapa-

siteye ihtiyacı olan bir başka aktör faaliyetlerini yürütebilmek için fazladan bir kaynağı sisteme almak yerine bu kapasiteyi kullanabilir.

Bu durumda tedarik zincirinin toplam kapasitesi daha etkin bir biçimde kullanılabilir. Örnek olarak dağıtım hizmeti veren bir lojistik hizmet üreticisi faaliyetlerini %75 dolulukla gerçekleştirmesi durumunda %25'lik kapasitesi sürekli atıl kalabilmektedir.

Daha küçük ölçekte hizmet gereksinimi duyan bir başka aktör yeni bir yatırım yapmak ya da bu hizmeti sağlayacak bir başka aktörü sisteme çekmek yerine bu kapasiteyi kullanabilir. Sonuç olarak kaynakların kullanımında optimizasyon bu şekilde sağlanabilir.

Öte yandan tüm gereksinimler karşılandıktan sonra bir miktar daha atıl kapasite kalıyorsa, bu kaynaklar sistemden çıkarılarak kaynak-hizmet optimizasyonu sağlanabilir. Aynı zamanda optimizasyon yaklaşımı tedarik zinciri içerisindeki aktörlerin her birisini en iyi performansı gösterebileceği faaliyete atarken, toplamda elde edilecek verimliliği ve etkinliği önemli ölçüde artırabilmektedir.

Örnek olarak müşteri herhangi bir ürünü bir perakende işletmesine internet üzerinden geçtiği zaman bu sipariş, miktar, ürünün özellikleri, bulunduğu mağaza ve depolar, kullanılacak araçların özellikleri ile kapasitelerinin yanı sıra müşterinin adresi vb. çok sayıda değişkeni dikkate alarak operasyonun en iyi koşullarda nasıl yapılabileceğini modelleyebilmekte, en uygun depodan en uygun araçlar ile alınarak en kısa güzergâh ve maliyetlerle müşteriye teslim edilmesine ilişkin mümkün olabilen en iyi çözümleri oluşturabilmektedir.

Bu sayede katma değer artarken, operasyona ilişkin katlanılacak maliyetler de azaltılabilmektedir. Buna karşılık hizmet sağlayan aktörlerin toplam fayda odaklı faaliyet göstermeye ikna edilebilmeleri için bazı operasyonlarda daha düşük gelir elde ediyor olsalar da, elde edilecek katma değerden pay almaları ve olağan durumda elde edecekleri gelirden daha düşük gelir elde edecekleri faaliyetlere en azından uzun süreli olarak zorlanmamaları gerekmektedir.

Tedarik zincirlerinin yapısal dönüşümlerinde etkili olan bir başka faktör esnekliktir. Müşteri talep ve beklentilerinin sürekli olarak değişiklik göstermesinin yanı sıra optimizasyon yaklaşımlarına kaynak teşkil edecek faktörlerin de büyük ölçekte değişiklik göstermesi tedarik zincirleri ve aktörlerini bu değişikliklere cevap verebilecek düzeyde esnek ve dinamik karakterde olmalarını zorunlu hale getirmektedir. Özellikle belirsizlik düzeyi arttıkça tedarik zincirin esneklik düzeyi daha da önem kazanmaktadır. Bu açıdan tedarik zinciri aktörlerinin problemlerin çözümü daha iyi cevaplar geliştirebilmeleri için müşteri gereksinimlerine yönelik daha reaktif bir yaklaşım geliştirebilmeleri beklenmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde optimizasyon yaklaşımları statik ve dinamik olmak üzere iki biçimde uygulanabilir. Statik modeller başlangıçta belirlenen parametreler ve değişkenler dikkate alınarak gerçekleştirilen ve uygulanan yaklaşımlardır. Model sabit bir karaktere sahip olduğundan sürece etki edebilecek farklı bir değişkeni yok sayabilir. Söz konusu değişkenin çözüme katılabilmesi için bir sonraki çözüme katılmasına karar

verilmiş olması gerekmektedir. Bu durumda da çözüm güncelliğini yitirebilmekte, gerçek zamanlı olmaktan uzaklaşabilmektedir.

Dinamik modellerde ise olası tüm faktör ve değişkenler anlık olarak hesaba katılmaktadır. Daha önce dikkate alınmış ya da alınmasın çözümleme aşamasında sistem farkına vardığında herhangi bir karar alınmasına gereksinim duymadan söz konusu değişkenleri çözüme ekleyebilmektedir. Dinamik modeller sürekli olarak güncellenebilen yaklaşımlardır. Bu açıdan problemlerin çözümüne ilişkin daha reaktif bir yaklaşım ortaya koyabilmektedir.

Bununla birlikte teknolojik uygulamalar ve bilgi işletim sistemleri kullanılarak dinamik modeller geliştirilebilmektedir. Bu tür bir yaklaşımın manuel olarak işletilebilmesi söz konusu olmamaktadır. Dinamik modeller anlık meydana gelen değişimleri de dikkate alarak çözüme eklediğinden sistemde söz konusu olabilecek belirsizlik düzeyini de dikkate değer bir biçimde azaltılabilmektedir.

Lojistik Uygulamalar ve Yeni Yaklaşımlar

Teknolojik gelişmelere paralel olarak lojistik sistemler ve uygulamalar da kendisini güncellemek zorunda kalmaktadır. Aksi durumda işletmeler çok hızlı bir biçimde çağdışı kalabilmekte ve rekabetin dışına itilebilmektedir. Bu kapsamda yakın bir gelecekte lojistik faaliyet ve uygulamalar teknolojinin daha da gelişmesine bağlı olarak daha yoğun bir dönüşüm sürecine uğrayabilecektir. Bu kapsamda birtakım dönüşümler şimdiden öngörülebilir;

Lojistik faaliyetlerde kullanılan araçların giderek daha otonom hale gelmesi: nesnelere interneti teknolojisi çerçevesinde depolama faaliyetlerinde kullanılan istifleme araçları ile konveyörlerin otonom bir karakter kazanmaları ve gelen siparişlere göre doğrudan harekete geçerek ürünü istenilen noktaya sevk etmeleri mümkün olabilmektedir. Aynı zamanda Google ve Tesla gibi teknoloji şirketlerin çalışmaları sonucunda şu an için kısıtlı da olsa bireysel araçlarda kullanılan sürücüsüz otonom otomobillerin yakın bir gelecekte yük taşımacılığında kullanılan araçlarda da kullanılması söz konusu olabilecektir.

Bu araçlar geliştirilen algoritmalar ve öğrenen teknolojiler olmaları sayesinde güzergâh belirleme, trafik yönetimi vb. süreçlerde optimizasyon yaklaşımlarını çalıştırarak kendiliğinden etkin çözümler geliştirebileceklerdir. Örnek olarak GPS sistemleri ve analiz yazılımları sayesinde güzergâh planlarını kendileri yapabilecekler, ani değişiklikler söz konusu olduğunda izledikleri güzergâhları güncellemeleri de söz konusu olabilecektir.

Lojistik süreçlerde kullanılan ekipman, araç ve makineler emisyon, maliyet vb. nedenlere bağlı olarak fosil kökenli yakıtların kullanımını azalacak, tedarik zinciri aktörleri daha fazla alternatif enerji kaynaklarına yönlenecektir. Yakın bir gelecekte elektrik enerjisi ile çalışan unsurların payının giderek artacağı beklenmektedir.

Bütün taşıma türlerinde geçerli olmak üzere taşıma gerçekleştiren araçların üretiminde kullanılan malzemeler farklılaşacak daha yüksek miktarda taşıma yapılabilmesi ve enerji tüketiminin azaltılabilmesi için araçların gövde ağırlıkları hafifletilecektir. Bu kapsamda

hafif alaşımli metallere, kompozitler, yüksek mukavemetli plastikler vb. gibi materyaller çelik, demir vb. malzemelerin yerini alacaktır.

3D yazıcıların gelişmesi ile birlikte, üretimde kullanılan hammaddelerin formları değişecek ve büyük bir oranda hammadde ve yarı mamuller katı formdan daha kolay taşınabilir akışkan bir forma dönüştürülecektir. Bunun sonucunda daha yüksek miktarda hammadde dökme olarak tanker vb. araçlarla taşınabilecek, aynı zamanda depo sahasında birim hammadde daha az yer kaplayacağından birim depolama maliyetleri de azaltılabilecektir.

Yakın bir gelecekte lojistik faaliyetler yapısal olarak dikkate değer bir dönüşüme uğraması, paradigmanın bütünüyle değişeceği öngörülebilmektedir. Gelecekte kullanılacaklarımız araçların büyük bölümü bugünkünden farklı olabileceği, insan faktörünü bunlarda ya görülmeyeceği ya da son derece kısıtlı bir biçimde insan faktörü süreçte yer alacağı konuya ilişkin birçok çalışmada dile getirilen bir yaklaşımdır.

Geçtiğimiz yirmi yılda elektrikli otomobiller ve otonom sistemler tümüyle bir hayal iken, günümüzde artık yapılabileceği konusunda hemen hiç kimsenin bir şüphesi görülüyor. Bu doğrultuda Almanya'da Federal Hükümet 2020 yılında bir milyon elektrikli aracın karayollarında yer almasını hedeflemektedir (Mallig et al., 2015:448). Bir takım kısıtlar ve sınırlılıklar söz konusu olsa da bunların aşılabileceği konusunda insanlık büyük oranda hemfikir. Gelecek elli yılda elektrikli otomobillerin toplam otomobillerin içinde aldığı payın çoktan yarısını geçeceği, bazı iyimser tahminlere göre ise fosil yakıtlı araçların payının yüzde onların üzerine çıkamayacağını iddia edilebilmektedir. Özellikle kısa mesafelerde elektrikli araçların dominant ulaşım aracı olacağı bu iddiaların arasında sayılabilmektedir.

Konumuz itibarıyla lojistik sistemler ve onun alt bileşenleri ile ilgili olarak da elektrikli araçların payının giderek artacağı söylenebilmektedir. Buna karşılık, elektrikli araçlar kısa mesafelerde taşıma ve dağıtım gibi operasyonlarda belirleyici olsalar bile, uzun mesafe yüksek hacimli taşımacılıkta denizyolu taşımacılığının hâkim rolünün bir süre daha devam edebileceği söylenebilmektedir. Özellikle maliyet, taşıma kapasitesi ve etkinlik açısından elektrik motorlu karayolu ve demiryolu araçları denizyolu taşımacılığın- dan daha iyi çözümler ortaya koyamadığı sürece bunun süreceği söylenebilir.

Sonuç ve Öneriler

Teknolojik gelişmeler çok da uzak olmayan bir gelecekte hayatımızı şekillendirdiği gibi, ürün ve hizmetlere erişimimizi sağlayan tedarik zincirleri, lojistik sistemler ve operasyonel süreçleri bütünüyle etkileyecek. Teknolojinin olabilecek en üst düzeyde kullanılmadığı ve tüm süreçlerini optimize edememiş sistemler ve tedarik zincirleri hayatta kalamayacaklar, tarihte yerlerini alacaklardır. Sadece birkaç yıl önce uygulama denildiğinde işletmeler ve tedarik zincirlerinin önemli bir bölümü bunu çok zor, zahmetli hatta olanaksız bulurken, günümüzde uygulamalar “applications” olmadan süreçlerini yöneten işletme neredeyse yok gibidir.

Tüketicilerin talep ve beklentilerin giderek daha değişken bir karaktere bürünmesinin yanı sıra, lojistik süreçlerde belirsizliklerin karmaşıklığının artması, buna paralel olarak daha yoğun ve hızlı lojistik akış sistemlerinin gerekli olması teknoloji kullanımı ve optimizasyon yaklaşımlarının lojistik sistemlerde daha etkin kullanılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Öte yandan rekabetin küresel bir boyut kazanması ile birlikte daha da şiddetlenmesi müşterilerine rakiplerinden daha iyi koşullarla arz edebilecek ürün ve hizmete sahip olmayan işletmelerin ve tedarik zincirlerinin rekabet dışı kalmalarına yol açabilmektedir.

Tedarik zincirlerinin ve işletmelerin hayatta kalabilmelerinin en etkin yollarından ilki söz konusu teknoloji ve optimizasyon uygulamalarından olabilecek en yüksek düzeyde fayda elde edilecek biçimde sistemlerine entegre etmeleridir. Geçmişte işletmeler lojistik faaliyetlerini yürütebilmek için bilgi işletim sistemlerini ve bununla ilgili yazılımları lüks olarak görüp orta karar bir sistem talep ederken, günümüzde otuz ila kırk yıl sonrasını düşünüp yatırımda bulunmak zorundadırlar.

Bir diğer önemli yaklaşım ise operasyonlarına ilişkin problemlerin çözümünde kullanılacakları alternatiflerin sayısını artırmak, kullanacakları olası çözümler için bir havuz oluşturmaktır. Bu sayede ellerinde farklı durumlarda uygulayabilecekleri yöntemler ve çözümler söz konusu olabilecektir. Son olarak tedarik zincirleri tüm gelişmeleri çok yakından takip etmeli ilgili görünmeyen bir gelişmenin dolaylı ya da doğrudan kendilerini etkileyip etkilemeyeceğini değerlendirmelidir.

Kaynakça

Mallig, N., Heilig, M., Weiss, C., Chlond B. ve Vortisc, P. (2015). Modelling the weekly electricity demand caused by electric cars, *Procedia Computer Science*, 52, 444-451.

Mahalanobis, P. C. (1953). Some observations on the process of growth of national income, *Sankhyā: The Indian Journal of Statistics*, (1933-1960), 12(4), 307-312.

Kantorovich, L. V. (2006). On a problem of monge, *Journal of Mathematical Sciences*, 133(4), 1383. The original paper was published in *Uspekhi Mat. Nauk*, 3. No. 2, 1948, 225-226.

Saul, G. (2003). IFORS' operational research hall of fame George B. Dantzig, *International Transactions in Operations Research*, 10, 191-193.

Görçün, Ö. F. (2016). *Ulaştırma sistemleri ve yönetimi*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.

Görçün, Ö. F. (2017). *Tedarik zinciri yönetimi*, İstanbul: Beta Yayınları.

Speranza, M. G. (2018). Trends in transportation and logistics, *European journal of Operational Research*, 264. 830-836.

Mohsen, A. ve Paisley, S. (2017). The coming age of 3-d printing, *Industrial Engineer, IE*, 49(4), 26-31.