



Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetiminde DEMATEL yöntemiyle tedarikçi değerlendirme kriterlerinin incelenmesi ve sağlık sektöründe bir uygulama

Analyzing criteria used in supplier evaluation by DEMATEL method in sustainable supply chain management and an application to health sector

İrem UÇAL SARI^{1*}, Beyzanur ÇAYIR ERVURAL¹, Semih BOZAT¹

¹Endüstri Mühendisliği Bölümü, İşletme Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
ucal@itu.edu.tr, cayirb@itu.edu.tr, semihbzt@hotmail.com

Geliş Tarihi/Received: 19.10.2016, Kabul Tarihi/Accepted: 22.02.2017

* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2017.14892

Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Tedarik zinciri, hammaddenin temin edilmesinden nihai müşteriye ulaşılmasına kadar yapılan tüm faaliyetleri kapsayan bir değer zinciri yönetimidir. Müşteri memnuniyetini sağlayacak biçimde malzeme, bilgi ve para kontrolünü sağladığı için firmaların vazgeçemediği bir yönetim strateji modelidir. Sürdürülebilir tedarik zinciri kavramı, doğal kaynakların tüketilmesi hususunda toplumsal farkındalığın artmasıyla ortaya çıkmıştır. Bu olguya göre firmalar ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlar altında tedarik zinciri faaliyetlerini sürdürerek varlıklarını devam ettirmektedir. Bu çalışmada İstanbul'da sağlık alanında faaliyet gösteren bir firmanın sürdürülebilir tedarik zincirinde tedarikçi seçimi konusunda tedarikçilerin sürdürülebilirlik performanslarını ölçebilmek için DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) yöntemi uygulanmıştır. Yapılan çalışmada çok kriterli karar verme yöntemi yardımıyla sürdürülebilir tedarik zincirinin performansını en çok arttıracak performans kriterinin verilen kriterler arasından seçilmesi üzerine çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Tedarik zinciri yönetimi, Sürdürülebilirlik, DEMATEL

Abstract

Supply chain is a value chain management, which consists of all activities beginning from purchasing of the raw materials until delivering the goods to consumers. It is an indispensable strategic management model since it offers controlling materials, information and money according to customer satisfaction. The concept of sustainable supply chain has emerged with increasing public awareness on exhaustion of the natural resources. According to this phenomenon, companies maintain their existence with ongoing supply chain operations under economic, environmental and social dimensions. In this study, a supplier selection problem in a healthcare company is analyzed with utilizing Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) approach under sustainable supply chain management concept in order to measure suppliers' sustainability performances. By the help of this multi criteria decision-making method, the most efficient performance criterion is selected among the criteria in order to improve sustainable supply chain performance.

Keywords: Supply chain management, Sustainability, DEMATEL

1 Giriş

Küreselleşme ile birlikte artan rekabet sadece fiyat, hız ve kaliteden ibaret olmayıp etkin ve sürdürülebilir yeni üretim teknoloji ve yöntemlerinin entegrasyonu ile mümkündür. Üretimden dağıtımına kadar tüm safhayı doğru biçimde koordine etmek için çevreye duyarlı, doğal kaynakları asgari seviyede kullanan uzun ömürlü bir modele ihtiyaç vardır. Ekonomik olarak büyümek isteyen firmaların çoğu sürdürülebilir tedarik zinciri ilkelerini takip ederek rekabet avantajı sağlamaktadırlar.

Tedarik zinciri yönetimi, müşteriye doğru ürünün, doğru zamanda, doğru yerde, doğru fiyata tüm tedarik zinciri için mümkün olan en düşük maliyetle ulaşmasını sağlayan malzeme, bilgi ve para akışının entegre yönetimidir. Bir başka deyişle zincir içinde yer alan temel iş süreçlerinin entegrasyonunu sağlayarak müşteri memnuniyetini arttıracak stratejilerin ve iş modellerinin oluşturulmasıdır. Tedarik zinciri yönetiminin amacı, verimliliğin artırılmasıdır. Bunu yaparken öncelikle süreçlerin detaylı analizleri yapılır. Gereksiz faaliyetler ortadan kaldırılmaya çalışılır. Yok edilemeyen her bir faaliyette maliyet azaltılmaya çalışılarak toplam karlılığın artırılması hedeflenir. Bunun yanında var olan süreçlerde iyileştirmeler yapılır. Bu doğrultuda, hammaddelerin tedarik edilmesinden nihai ürünün son kullanıcıya ulaştırılması aşamasına kadar geçen süre olan çevrim süreleri azaltılmaya

çalışılır. Odak noktası, müşterilerin memnuniyetinin artmasıdır. Hizmet kalitesinin artırılması ve müşteriye teslim edilecek ürünün hatasız, müşterinin istediği gibi üretilmesi amaçlanır. Stokların da çok iyi yönetilmesi gerekmektedir. Stok miktarının minimum değerlerde tutulması firmanın verimliliğine olumlu etki yapmaktadır. Çünkü satışı gerçekleşmemiş ürün, firmanın likidite sıkıntısı çekmesine sebep olacaktır. Bunun yanında stokların depolanması, güvenliği, sigortası ve benzeri birçok yönden maliyete sebep olacaktır. Ancak, stok bulundurmamak da istenmeyen bir durumdur. Çünkü müşteriden gelebilecek ani taleplere karşı müşteri ihtiyaçları anında karşılanmalıdır. Literatürde elde bulundurmama maliyeti olarak da adlandırılan bu durum, müşteri memnuniyetsizliği hatta müşteri kaybına sebep olabilmektedir.

Tedarik zinciri, içerdiği stratejik konular ve güncel yaklaşımlar bakımından, genellikle yeşil tedarik zinciri, çevik tedarik zinciri, yalın tedarik zinciri, insani tedarik zinciri ve sürdürülebilir tedarik zinciri olarak sınıflandırılmaktadır. Doğal kaynakların tüketilmesi hususunda toplumsal farkındalığın artmasıyla sürdürülebilir tedarik zinciri kavramı ortaya çıkmıştır. Sürdürülebilirliğin üç boyutu vardır. Bunlar; ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlardır. Sürdürülebilir tedarik zinciri; malzeme akışı, firmalar arasındaki bilgi ve para akışının başarıyla gerçekleşmesi ve çevresel amaçların başarıyla yönetilmesi olarak tanımlanabilir. Sürdürülebilir

tedarik zincirini uygulayan firmalar çok büyük bir rekabet avantajı sağlamış olacaklardır. Böylelikle firmalarının gelirini önemli ölçüde arttırmış olacaklardır [1].

Literatürde, sürdürülebilir tedarik zinciri ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiştir. Yapılan araştırmalar şu şekilde özetlenebilir: Uysal [2]'a göre organizasyonlar ve rakipleri arasındaki sürdürülebilir tedarik zinciri üzerine rekabet devam etmektedir. Tedarik zincirini değerlendirme ve iyileştirme süreci, sürdürülebilir tedarik zinciri performans ölçüm sisteminin ortaya atılmasına yol açmıştır. Başlarda tedarik zinciri performans ölçüm sistemi, sadece ekonomik kriterleri içeriyorken, sürdürülebilirlik kavramının ortaya çıkışı ile sosyal, çevresel vb. kriterler de ölçüm sistemlerinde yer almıştır. Yapılan çalışmada DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) yöntemi kullanılarak sürdürülebilir performans ölçüm kriterleri arasındaki ilişki ve önem dereceleri ölçülmüştür. Farahani ve diğ. [3], tedarik zinciri ağ tasarımı yapılırken göz önünde bulundurulması gereken faktörleri detaylı bir şekilde derlemiştir. Tedarik zinciri ağ tasarımı yapılırken, tedarik zinciri ağının büyüklüğünün ve sayısının belirlenmesi, tesislerin konumlarının belirlenmesi gibi operasyonel kararların yanında dağıtım, taşıma ve stok yönetimi konularının iyi bir şekilde yönetilmesi gibi taktiksel kararların da verilmesi gerekmektedir. Bu gibi kararlar göz önünde bulundurulduktan sonra rekabet koşulları da mutlaka irdelenmelidir. Mevcut durumda rakip olmasa bile kurulacak tedarik zincirinin gelecekte de işlerliğini sürdürebilmesi için değişen çevre şartlarında rekabet edebilir olması gerekmektedir. Zhang ve diğ. [4]'e göre sürdürülebilirlik, başarılı bir yönetim için kilit rol oynamaktadır. Sürdürülebilirliğin artırılabilmesi için üç ana faktörü bir arada yönetmek gerekmektedir. Firma yönetiminde ekonomik, çevresel ve sosyal etkiler göz önünde tutulmalı, sürdürülebilirlik göstergeleri belirlenmeli ve tedarik zinciri yönetimi, tedarik zincirindeki tüm faaliyetleri içeren sürdürülebilir bir içeriğe sahip olmalıdır. Yapılan çalışmada ise sürdürülebilirlikle ilgili üç ana gösterge belirlenmiştir. Bunlar; toplam maliyet, sera gazı salınım miktarı ve temin süresi olarak belirlenmiştir. Bu uygulama gerçek hayatta kimya endüstrisinde yapılmış, neticesinde sera gazı salınımı ya da temin süresi düşürülüp bunun yanında maliyette küçük bir yükselmenin olduğu görülmüştür. Önerilen yapı, yukarıda belirtilen üç ana gösterge arasındaki değiş-tokuş sayesinde sürdürülebilirliğin dengelenebileceğini yani tedarik zincirinin performansının artırılabilceğini göstermektedir. Eskandarpour ve diğ. [5], tedarik zinciri ağ tasarımı üzerine birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen hiç bir çalışmanın odak noktasının sürdürülebilir gelişme olmadığına değinir. Bu çalışmada, çok amaçlı yaklaşım modeli uygulanarak belirsizlik ve risk altında tedarik zinciri ağı geliştirilmiştir. Önerilen modelin sektördeki boşlukları dolduracağı, daha etkili ve bütünlük içinde tedarik zincirini yöneteceği yapılan testler neticesinde görülmüştür.

Dadhich ve diğ. [6], son zamanlarda artan nüfus ve buna bağlı sera gazı salınımının artması ile hem devlet hem de özel organizasyonların politikalarının, çevre kirliliğini azaltmak ve sürdürülebilir bir gelecek sağlamak olarak değişmesine yol açtığı belirtir. İnşaat sektörü de çevreye sera gazı yayımında önde gelen sektörlerdendir. Hatta Birleşik Krallık'taki sera gazı salınımının %50'si inşaat sektöründen kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada melez yaşam çevrim tekniği kullanılarak bir inşaat malzemesi olan alçı plakasının tedarik zinciri incelenmiştir. Bir ürün tedarik edilinceye kadar, hangi aşamalarda karbon

salınımının yapıldığı bulunup, ürünün yaşam çevriminde bu aşamalarda karbon salınımının nasıl azaltılacağı üzerine bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Daha önceki çalışmalarda hiyerarşik yapı ile rekabet öncelikleri belirlenip sürdürülebilir tedarik zinciri kurulurken belirsizlikler dikkate alınmadığından Lin [7], çalışmada yeşil tedarik zinciri yönetiminde rekabet önceliklerini belirlerken belirsizlikleri dikkate alarak hiyerarşik yapının kurulacak sürdürülebilir tedarik zincirine adapte edilmesi üzerine çalışmıştır. Bu çalışma Taiwan'da bulunan bir elektronik firmasında yapılmıştır. Aralık değerli üçgen bulanık sayılar kullanılarak DEMATEL yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntem neticesinde rekabet önceliklerini sıralarken hiyerarşik yapının belirlenmesi sağlanmıştır. Sonuçta inovasyon, bütün sürdürülebilir yeşil tedarik zincirlerinde en önemli rekabet kriteri olarak bulunmuştur. Aynı şekilde firma tedarikçilerinin, müşterilerin ve onların güvenilirliklerinin farkında olmaları gerektiği ortaya çıkmıştır. Frostenson ve Prenekert [8], sürdürülebilir tedarik zinciri kurulmasının ön koşullarının neler olduğunun anlaşılması üzerine çalışma yapmıştır. Küçük çaplı firmaların tedarik zincirlerinin bir noktadan diğer noktaya sağladıkları yapının yönetsel açıdan sistematik işlemediği bilinmektedir. İsveç'teki perakendecilik sektöründe yapılan çalışmada ağ yaklaşımı, küçük firmalar üzerine uygulanmıştır. Sonuç olarak sürdürülebilir tedarik zincirinin iç ve dış karmaşıklığı nedeniyle bunu küçük çaplı firmalara uygulamasının mantıklı olmayacağı görülmüştür.

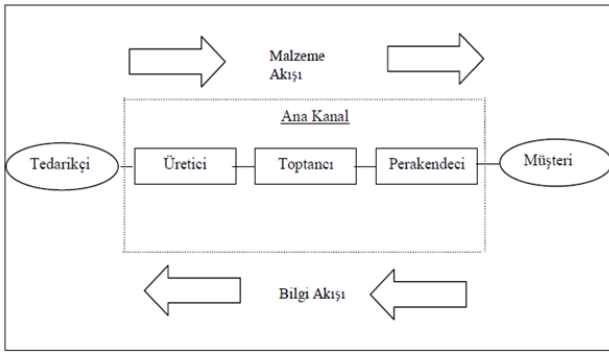
Silvestre [9], gelişmekte olan ülke ekonomilerinde tedarik zincirlerine sürdürülebilirliğin nasıl uygulanması gerektiği üzerine çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada Brezilya'daki gaz ve petrol tedarik zinciri incelenerek önermeler geliştirilmiştir. Endüstriyel teori, gelişim teorisi, karmaşa teorisi ve organizasyonel öğrenme yaklaşımları uygulanarak sürdürülebilir tedarik zinciri üzerine dört ana önerme geliştirilmiştir. Bunların ilki, sürdürülebilir tedarik zincirinin aynı bir organizasyon gibi öğrenebilir ve kendini geliştirilebilir olduğudur. İkincisi ise doğal kaynak tabanlı tedarik zincirlerinin coğrafi olarak sınırlandırılması olduğudur. Üçüncü önerme, çevreye daha duyarlı olduğu yönündedir. Son olarak yüksek karmaşa ve belirsizliğe sahip işlerde, küçük işletmelerin belirsizliği arttırdığı, tedarik zinciri öğrenmesini tetiklediği ve inovasyonun geliştirilmesi ve buna bağlı sürdürülebilir performansın arttırılacağı belirtilmiştir.

Liang [10], Çin'de biyo-yakıt endüstrisinde sürdürülebilirliği arttırmak amacıyla uygun stratejik önlemler ortaya konularak sektördeki paydaş ve karar vericilere yardımcı olmak için, sürdürülebilir kalkınmayı sağlayacak kritik başarı faktörlerinin tanımlanmasında gri DEMATEL yöntemi kullanmışlardır. Su ve diğ. [11], diğer çalışmalarda yer almayan hiyerarşik yapı eksikliğini gidermek için sürdürülebilir tedarik zinciri yönetiminde, tedarikçi seçimi için hiyerarşik gri-DEMATEL yöntemini önermişlerdir.

DEMATEL, karmaşık sistemlerde yer alan çok sayıdaki kriteri birbiri üzerindeki etki düzeyi yönünden inceleyerek öncelik sırasına göre sıralayabilmektedir [38]. En çok etkisi olan kriter yüksek önceliğe sahip olup etkileyen kriter olarak isimlendirilir. Böylece DEMATEL yöntemi, zor görünen karar verme problemlerini önem seviyelerine ayırarak problemi kolayca çözüme imkânı sunmaktadır. DEMATEL yöntemi kriter ağırlıklarını objektif bir şekilde değerlendirmektedir, ayrıca diğer çok kriterli yöntemlerle elde edilecek ağırlıkların kullanılmasına da uygun bir yapı sunmaktadır. Belirtilen bu

üstünlüklerden dolayı çalışmada DEMATEL yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir.

Bu çalışmada tedarikçi seçiminde sürdürülebilirlik kriterleri arasındaki ilişki sistematik bir şekilde ortaya konulmuş ve tedarikçilerin sürdürülebilirlik performanslarını ölçebilmek için DEMATEL yöntemi uygulanmıştır. Sürdürülebilirlik kriterlerinden hangilerinin etkileyen, hangilerinin etkilenen kriter olduğu saptanarak önemli ve önemsiz kriterler tespit edilmiştir. Böylece incelenen firmanın tedarikçi seçimini daha sürdürülebilir ve stratejik unsurlara göre değerlendirebilmesi sağlanmıştır. Çalışmanın izleyen bölümünde tedarik zinciri yönetimi anlatılmıştır. Üçüncü kısımda DEMATEL yöntemi açıklanmıştır. Dördüncü bölümde, tedarik zinciri sürdürülebilirlik performansının DEMATEL yöntemiyle uygulaması yapılmaktadır. Beşinci ve son kısımda sonuçlar ve gelecek araştırmalar için neler yapılabileceği paylaşılmıştır.



Şekil 1: Klasik tedarik zinciri yaklaşımı [12].

2 Tedarik zinciri yönetimi

Tedarik zinciri yönetiminin kökleri 1960'lara kadar uzanmaktadır. Tedarik zinciri yönetiminin ilk aşaması olarak kabul edilen fiziksel dağıtım aşaması ile ilgili ilk vurgu Bowersox [13] tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada fiziksel dağıtım düşüncesindeki ilgili akımları gözlemlemesine ek olarak, dağıtım fonksiyonunun firma dışında, kanal-içi entegrasyonla, rekabetçi bir avantaj sağlayacağı öne sürülmüştür [13].

1970'lerde Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP) ortaya çıktıktan sonra karar vericiler; süreç içi faaliyetlerin, üretim maliyeti ve ürün kalitesine, ürün geliştirmeye ve ürünün teslim zamanına doğrudan etki ettiğini fark etmişlerdir. Bu dönemde, işletmeler kendi içlerinde pazarlama, üretim ve finansman ile ilgili dağıtım faaliyetlerini yürütecek merkezi bir fiziksel dağıtım bölümü yaratmışlardır. Her bir sürecin lojistiğini ayrı biçimde iyileştirmek yerine tüm sistemin lojistik yönetimini birlikte ele almanın gerekliliğini anlamışlardır. Böylece, her bir operasyonun maliyetini azaltmak yerine, bütün sistemin maliyetini bir bütün olarak ele alan tüm lojistik hizmetleri maliyeti yaklaşımı geliştirilmiştir [14]. Bunun sonucunda, depolar arası taşıma ve ürün depolama işlemleri birleştirilerek tek yerden müşteriye sunulmuştur. Bu süreçle tedarik zinciri yönetimi gelişiminin, ilk safhası olarak adlandırılan fiziksel dağıtım yönetimi aşamasına geçilmiştir [15]. Bu safha, malzeme yönetimi ve fiziksel dağıtım safhası olarak da isimlendirilmektedir [14].

1980'lerde küresel rekabetin artması, uluslararası seviyede faaliyet gösteren işletmeleri daha düşük maliyetle, yüksek kalitede ve daha çok tasarım esnekliği ile güvenilir ürünler sunmaya itmiştir. Bu dönemde artık tedarik zinciri yönetiminin

ikinci aşaması olan lojistik safhasına geçilmiştir [15]. Bu aşama Ross tarafından lojistiğin entegrasyonu olarak ifade edilmektedir [14]. Houlihan [16], firmanın stratejik kararları ile lojistik odaklılığını birleştirerek, tedarik zincirini tek bir olgu olarak ele alan güçlü bir durum geliştirmiştir. Böylece Houlihan [16], literatürde ilk defa bu sistem için tedarik zinciri terimini kullanan kişi olmuştur [17]. Şekil 1'de klasik tedarik zinciri yaklaşımı gösterilmektedir.

Küreselleşen dünya piyasalarında firmaları sadece bir organizasyon olarak nitelendirmek yanlış olacaktır. Firmalar varlıklarıyla bir bütündür. Bu varlıkların birbirleriyle koordineli şekilde ve verimli çalışmalarını sağlamak esastır. Müşteriler, tedarikçiler, nakliyeciler, yakın rakipler; bir tedarik ağında zamanı ve kaynakları etkili bir şekilde kullanarak yönetilmelidir. Tedarik zincirini kurarken üç ana fonksiyon vardır. Bunlar; hammadde ve yarı ürünün tedarik edilmesi süreci, depolama ve dağıtım süreci ve bitmiş ürünün müşteriye veya perakendeciye sevkiyatı sürecidir. Bu kilit fonksiyonların her birinin kendi çevrim süresi vardır. Bu süreler, maliyetlerin azaltılması için adres gösterilmelidir. Öncelikle bu fonksiyonlar arası etkileşim düşünüldüğünde, tedarik zinciri yönetiminin ana amacı, çevrim sürelerinin azaltılması ve iyileştirilmiş envanter yönetiminin tam zamanlı olması ve bunun sonucunda maliyetlerin azaltılması olarak ifade edilebilir. Gelişen teknolojiyle beraber tedarik zinciri yönetimi de gelişmiş ve çok karmaşık ağların yönetimi kolaylaşmıştır.

Tedarik zinciri konusu, firmaların varlıklarını sürdürebilmesi için büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda tedarik zinciri ile ilgili çalışmalarda bazı güncel ve stratejik yaklaşımların yoğunlukla ele alındığı görülmektedir. Tedarik zinciri; yeşil tedarik zinciri, çevik tedarik zinciri, yalın tedarik zinciri, insani tedarik zinciri ve sürdürülebilir tedarik zinciri olmak üzere beş sınıfta ele alınabilir. Her alanda karşımıza çıkan yeşil yönetim kavramı, işletmelerin olmazsa olmazı olan tedarik zinciri departmanlarında da sıkça söz edilir hale gelmiştir. Bu zincirde yer alan aktörler arasında her türlü kaynakların, malzemenin, hizmetin ve bilgi akışının başlangıçtan bitiş noktasına kadar en verimli şekilde işlemesi esastır [18]. Çevik tedarik zinciri, çevik üretim sistemleri ve tedarik zinciri felsefesinin birleşimine dayandırılarak geliştirilmiş bir yöntemdir. Bu teknik piyasalardaki artan rekabet şartları altında, hızla değişen müşteri beklentileri ve ihtiyaçlarına cevap olarak ortaya çıkmıştır. Çeviklik, bu çevre şartlarında değişimlere yeterli esneklikte adapte olabilme; yani yeni stratejiler uygulayıp ve ya teknolojiye dayanarak çevrim zamanını azaltarak ya da maliyetleri azaltarak kendini iyileştirebilme becerisidir. Çevik tedarik zinciri ayrıca "cevap veren tedarik zinciri" olarak da adlandırılır. Çevik tedarik zinciri; daha da açılacak olunursa partnerlerinin, bilgi teknolojilerinin ve yönetim bilgisinin birbirleriyle koordineli iş birliği ağı olarak da nitelendirilebilir [18].

Yalın tedarik zinciri, yalın üretim sistemi ilkelerinden yararlanılarak kurulmuştur. Faaliyetlere değer katmayan faaliyetlerin, kaynakların ve süreçlerin elimine edilmesiyle yalın üretim sistemi yaklaşımı tedarik zinciri üzerine de uygulanır. Yalın tedarik zincirinin temel amacı, toplam maliyetin minimize edilmesi üzerine odaklanılmasıdır. Literatüre bakıldığında yapılan çalışmaların amacı tedarik zinciri sisteminin daha ekonomik çalışması üzerinedir [19]. İnsani tedarik zinciri, son yıllarda yapılan çalışmalarla dikkatleri çekmeye başlamıştır. İnsani lojistik ve tedarik zinciri kavramlarının birleştirilmesiyle ortaya çıkmıştır. Dünyanın herhangi bir yerinde meydana gelen doğal afet neticesinde

yerel ve uluslararası kuruluşlar, ilgili bölgeye yardıma koşmaktadır. O bölgeye gönderilecek tonlarca yardım ürünün toplanması, acil ihtiyaç olan ürünlerin temini ve bu ürünlerin koordineli bir şekilde dağıtımının yapılması insani tedarik zincirinin kapsamına girmektedir.

Tedarik zincirinde de olduğu gibi ham maddenin işlenmesinden müşteriye ulaştırılmasına kadar olan süreçte çevresel sürdürülebilirlik çok temel bir rol oynar.

Doğal kaynakların tüketilmesi hususunda toplumsal farkındalığın artmasıyla sürdürülebilir tedarik zinciri kavramı ortaya çıkmıştır. Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi, ekonomik, çevresel ve sosyal hedefler altında malzeme, bilgi ve sermaye akışının sağlanması ve tedarikçilerden müşterilere kadar tedarik zinciri ağındaki tüm paydaşların beklentilerinin gerçekleştirilmesidir [20]. Sürdürülebilir tedarik zincirinde, işletmeler tedarikçileriyle işbirliği içerisinde çevreye duyarlı malzeme kullanımı, karbon salınımına hassasiyet, atık yönetim faaliyetleriyle kirliliğin en aza indirilmesi, geri dönüşüm imkânı gibi faaliyetlerin sağlanması konularında birlikte çalışmaktadır [21].

Burada göz ardı edilmemesi gereken nokta, işletmelerin ilişki içinde olduğu gruplar sadece müşteri ve tedarikçiler değil ayrıca kar gagesi gütmeyen bazı kurumlar, sivil toplum örgütleri ve medya organlarının da zincirdeki paydaşlar arasında olmasıdır. Kamuoyu tarafından çevreye olan zararın azaltılması yönünde en büyük baskıyı işletmeler görmektedir. İşletmeler hem rekabet gücünü korumak hem de piyasadaki itibarını sürdürülebilirlik için zincirdeki tüm paydaşların taleplerine yanıt vermeye çalışmaktadır [20].

Sürdürülebilir tedarik zincirinde karşılaşılan en büyük sorun iklim değişikliği ve sonucunda ortaya çıkan değişikliklerdir [22]. Küresel ısınmayla birlikte karbon salınım miktarları artış göstermiştir. Her geçen yıl artan karbon salınımı dünya için tehdit oluşturmaktadır. Dünyada sera gazı salınımlarıyla ilgili pek çok çalışma gerçekleşmekte, bu konunun önemine dikkat çekilmektedir. Avrupa Birliği ülkeleri bu zararı azaltmak için emisyon ticaret sistemi, karbon vergileri ve Kyoto protokolü gibi anlaşmalarla önlem almaktadır [23].

Sürdürülebilir tedarik zinciri kavramı içerisinde birçok amaç, paydaş ve kısıt yer almaktadır. Birbirine çelişen bu çoklu amaçları iyileştirmek için işletmeler optimizasyon teknikleri kullanılmaktadır. Bir taraftan ekonomik sürdürülebilirliğe ulaşırken kar hedefini tutturmaya çalışırken diğer taraftan çevresel sürdürülebilirlik için kaynaklarını optimal kullanmalı, daha az atık üretmeli ve karbon salınımına dikkat etmelidirler [24]. Bu amaçları sağlarken bazı ödünleşmeleri göz önüne alarak bir uzlaşık çözüm bulmaya çalışmaktadırlar. Görüldüğü gibi sürdürülebilir tedarik zincirinde, karmaşık doğası nedeniyle, pek çok risk faktörü de ortaya çıkmaktadır. Tüm bunlara rağmen sürdürülebilir tedarik zinciri işletmeler için stratejik bir zorunluluk haline gelmektedir [25].

Literatürde sürdürülebilir tedarik zinciri ile ilgili yapılmış en kapsamlı çalışma Seuring ve Müller'e [20] aittir. Liu-Kasturiratne ve diğ. [26] sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimini yeşil pazarlamayla bütünleştiren bir model önermişlerdir. Govindon- Khodaverdi ve diğ. [27], tedarikçilerin sürdürülebilir performansını ölçmek için bulanık çok kriterli karar verme modeli geliştirmişlerdir. Chaabane-Ramudhin ve diğ. [28] karbon emisyonu ticaretini dikkate alarak, sürdürülebilir tedarik zinciri ağı tasarımı için bir matematiksel model önermişlerdir. Song ve diğ. [25] sürdürülebilir tedarik zincirindeki kritik risk faktörlerini

belirlemek için DEMATEL yaklaşımına dayanan bir kuvvet-ilişki analizi yöntemi önermişlerdir. Ansari ve Kant [29] sürdürülebilir tedarik zinciri kapsamında son 15 yılda yapılmış çalışmaları dergi, ülke, yöntem, uygulama alanı ve sektörel bazda detaylıca inceleyerek analiz etmiştir. Çalışmaya göre nitel araştırmaların daha egemen olduğu görülmektedir. Niceliksel yöntemlerden doğrusal programlama yaklaşımının karmaşık sürdürülebilir tedarik zinciri problemini çözmek için en sık kullanılan çözüm yaklaşımı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. MCDM teknikleri, örgütsel karar verme sürecinin zor olduğu birden çok kriter varlığında organizasyonların etkili karar vermesinde yardımcı olmaktadır. Yapılan çalışmalara göre sürdürülebilir tedarik zincirini uygulayan şirketler çok büyük bir rekabet avantajı sağlamış olacaktırlar.

Teknoloji, tedarik zinciri yönetiminin geliştirilmesindeki en önemli faktördür. Teknolojik sistemler ek maliyete sebep olan verimsizliklerin daha kolay tespit edilip elimine edilmesi hususunda yardımcı olmaktadır. İnternet kullanımının yaygınlaşması ve yeni yazılımların geliştirilmesiyle artık bütün süreçler takip altına alınmaktadır. Bütün süreçler anlık olarak takip edilebilmekte, çıkan problemlere anında hızlı bir şekilde müdahale mümkün kılınmaktadır. Eğer firma üç ana nokta olan; envanter yönetimi, lojistik ve tam zamanında teslimata odaklanırsa, tedarik zinciri yönetimini büyük ölçüde uygulamış olacak ve birçok kazanım elde edecektir [30].

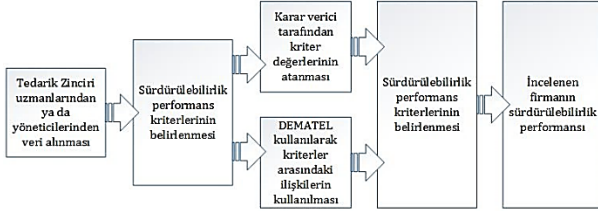
3 DEMATEL yöntemi

Çok sayıda kriter, alternatif ve paydaşın olduğu karmaşık sistemlerde karar verme eylemi işletmeler için kritik önemdedir. Değerlendirilecek her bir alternatifin kendine has kazanç ve kayıpları olduğundan karar verme eylemi güçlüklerle karşılaşmaktadır. Bu sebeple çok kriterli karar verme tekniklerinden biri olan DEMATEL yönteminin kullanılması uygun görülmüştür. DEMATEL yöntemi, özellikle karmaşık problemlerin çözümünde etkilenen ve etkileyen faktörleri belirlemek için geliştirilen bir yöntemdir. Ele alınan tedarik zinciri problemi içerdiği amaç, kriter, alternatif ve paydaşlar sebebiyle çok boyutlu bir yapıya sahiptir. Sürdürülebilir tedarik zinciri kapsamında, önemli bir karar olan tedarikçi seçiminde hangi kriterlerin daha önemli olduğu, hangi kriterlerin etkileyen etkilenen olduğunun bilinmesi en uygun tedarikçinin seçiminde önem arz etmektedir. DEMATEL yönteminin en önemli avantajı uzlaşmacı sebep-sonuç modeli içeren dolaylı ilişkileri kapsamasıdır [38]. DEMATEL, kriter ağırlıklarının belirlenmesinde de oldukça etkili bir yöntemdir. Bu üstünlüğü çalışmada kullanılmasının diğer bir nedeni olarak açıklanabilir.

Yapılan çalışmada çok kriterli karar verme yöntemi yardımıyla sürdürülebilir tedarik zincirinin performansını en çok arttıracak performans kriterinin verilen kriterler arasından seçilmesi üzerine odaklanılmıştır. Bu sebeple performans kriterleri arasındaki ilişkiyi göstermek için DEMATEL yöntemi kullanılmıştır.

DEMATEL yöntemi, 1972-1976 yılları arasında Cenevre Araştırma Merkezi'nde yürütülen bir projede karmaşık problemleri çözmek ve incelemek amacıyla Battelle Memorial Enstitüsü tarafından geliştirilmiştir [31]. DEMATEL yöntemi kriterler arasındaki nedensel ilişkinin daha iyi anlaşılmasını sağlayan bir yöntemdir. DEMATEL yöntemi, endüstri teknolojileri, insan kaynakları, sistem ve bilgi güvenliği, pazarlama stratejileri, havayolu politikaları ve kontrol sistemleri gibi pek çok uygulama alanına sahiptir [32]. Bu yöntemde ağırlıklı öneme sahip kriterler etkileyen kriter, daha az önemli görülen kriterler ise etkilenen kriter olarak

değerlendirilmektedir [33]. Performans kriterleri arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için uygulanacak olan DEMATEL yöntemi beş adımdan oluşmaktadır (Şekil 2). Bu çalışmada DEMATEL yöntemi ile elde edilen kriterler ağırlıklarının daha net değerlendirilebilmesi için ek bir adım önerilmiş ve uygulanmıştır.



Şekil 2: DEMATEL yöntemi.

Adım 1. Kriterler arasındaki ilişkiler beş farklı ölçekte puanlanarak direkt ilişki matrisi (T) oluşturulur. Bu ölçek aşağıdaki gibidir:

Tablo 1'deki ölçek yardımıyla kriterler arası etkileşim matrisi oluşturulur.

Tablo 1: DEMATEL yöntemi karşılaştırma ölçeği.

| | |
|---|----------------------|
| 0 | Etkileşim yok |
| 1 | Çok düşük etkileşim |
| 2 | Düşük etkileşim |
| 3 | Yüksek etkileşim |
| 4 | Çok yüksek etkileşim |

$$T = [t_{ij}]_{n \times n} \quad (1)$$

Adım 2. Direkt ilişki matrisi normalize edilir. Normalizasyon yapılırken öncelikle "k" katsayısının bulunması gerekmektedir.

"k" katsayısının bulunması: Her bir satırın ve sütunun elemanlarının toplamları arasında en büyük olan değer tersi "k" katsayısını verir.

$$k = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad (2)$$

Daha sonra elde edilen "k" katsayısı daha önceden bulunan "T" matrisiyle çarpılarak "M" matrisi elde edilir.

$$M = k \times T \quad (3)$$

Adım 3. Toplam ilişki matrisi oluşturulur. Normalize edilmiş ilişki matrisi (M) ile I birim matrisinden normalize edilmiş ilişki matrisinin (M) çıkarılmış halinin tersi çarpılarak elde edilir.

$$S = M(I - M)^{-1} \quad (4)$$

Adım 4. Etkileyen-etkilenen diyagramı oluşturulur. Bu yapılırken her satır ve her sütun birbirinden ayrı olarak toplanır. Bunun neticesinde;

Satır toplamları için "D" vektörü

Sütun toplamları için "R" vektörü

$$D = \left[\sum_{i=1}^n t_{ij} \right]_{i \times n} = [t_j]_{n \times 1} \quad (5)$$

$$R = \left[\sum_{j=1}^n t_{ij} \right]_{i \times n} = [t_j]_{1 \times n} \quad (6)$$

oluşturulur.

D ve R vektörleri bulunduğundan sonra, D+R ve D-R vektörleri oluşturulur. Oluşturulacak diyagramda D+R yatay ekseninde gösterilir ve bu değerler "önem" olarak adlandırılır. D-R ise dikey ekseninde gösterilir ve bu değerler "ilişki" olarak adlandırılır.

Uygun bir etkileyen-etkilenen diyagramı oluşturulurken karar vericilerin etki seviyesi için bir eşik değerinin ayarlanması gerekir. T matrisinde eşik değerinden büyük etki değerlerine sahip faktörler seçilerek etkileyen-etkilenen diyagramına dönüştürülür. Eşik değeri karar vericiler veya uzmanlar tarafından belirlenir [34],[35].

Adım 5. İç bağımlılık matrisinin oluşturulur. Nihai ilişki matrisinin her sütununun toplamı bir olacak şekilde normalize edilmesiyle iç bağımlılık matrisi oluşturulur.

Adım 6. Kriterlerin önem ağırlıkları hesaplanır. Ağırlıklar D ve R vektörlerinin toplam etkilerinin ($D_i + R_i$) ve net etkilerinin ($D_i - R_i$) kareli ortalaması alınarak hesaplanır.

$$w_i = [(D_i + R_i)^2 + (D_i - R_i)^2]^{1/2} \quad (7)$$

4 Tedarik zincirinin sürdürülebilirlik performansının DEMATEL yöntemiyle ölçülmesi

Bu çalışmada İstanbul'da uluslararası bir sağlık firmasının tedarikçi seçim problemi ele alınmıştır. Öncelikle literatür araştırılarak ve uzman görüşü alınarak sürdürülebilirlik kriterleri belirlenmiştir. Ardından kriterlerin bağımlılıkları ve arasındaki ilişki sistematik bir biçimde ortaya konularak DEMATEL yöntemi uygulanmıştır. Buna göre sürdürülebilirlik kriterlerinden hangilerinin etkileyen, hangilerinin etkilenen kriter olduğu saptanmıştır. İncelenen kriterlerden hangisinin en önemli olduğu, hangisinin en önemsiz olduğu bulunmuştur. Bu çalışmayla, sağlık firmasının tedarikçi seçimini daha sürdürülebilir hale getirmek istediğinde nasıl bir strateji izlemesi gerektiği kolaylıkla ortaya konulmuştur. Çalışmada kullanılan on iki sürdürülebilirlik kriteri Tablo 2'de mevcuttur. Bunlar:

Zamanında Teslimat: Tedarikçinin alınan ürünleri zamanında, hızlı biçimde teslim etmesi gerekmektedir. Tedarikçi-üretici-müşteri ilişkilerinin değerlendirilmesinde teslimat çizelgesinin takibi önemli rol oynamaktadır.

Fiyat: Uygun fiyat veren tedarikçileri bulmak karlılık açısından önemlidir.

Kirlilik kontrolü: İşletmenin türüne göre yapılan üretim atıklarının geri dönüşümle geri kazanımları ve ortaya çıkan atıkların çevreye olan kirliliğinin nasıl önleneceğine çalışılması gerekmektedir. Hava, toprak, su kirliliği yapmadan çevre sorunlarına yol açmadan faaliyet göstermesi gerekmektedir.

Kalite: Kalite yalnızca üretim aşamasında ortaya çıkan bir kavram değildir. Mevcut kalitenin korunması ve alınan ürünün tedarikçisi tarafından teslimi sırasında ürün kalite oranının korunması gerekmektedir.

Hizmet performansı: Tedarikçinin sunduğu hizmet kalitesi tedarikçi performansının değerlendirilmesindeki en önemli faktörlerden biridir. Firmanın şikâyetleriyle ilgilenmesi, ürünlerin güvenceye alınması, teknik servis imkânlarının tanımlanması tedarikçi hizmet performansını göstermektedir.

Esneklik: Müşteri isteklerine kolay uyum sağlama yeteneğidir. Acil talep olduğunda yanıtlama kabiliyetidir.

Teknoloji kapasitesi: Tedarikçinin teknolojik yenilikleri takip edip uygulaması ona avantaj sağlayacaktır. Çünkü kendini geliştirme yeteneği olarak da değerlendirilen bu ölçütle bilgi sistemleri altyapısı ile hızlı, güvenilir depolama ve sevkiyat imkânı ve az riskli servis imkânı sağlanacaktır.

İş güvenliği: İş güvenliği uzmanının çalışması ve çalışanları için iş güvenliği mevzuatına uygun çalışma koşullarının oluşturulması firma için güven oluşturmaktadır.

Yeşil tedarik zinciri: Doğal çevrenin gözetilerek tedarik zinciri uygulamalarının yürütülmesidir.

Kaynak tüketimi: Doğal kaynakların asgari seviyede tüketilmesi gerekmektedir. İşletmelerin sürdürülebilirliği sağlanması için doğal kaynakların korunması hedeflenmelidir. Bu nedenle alternatif kaynak tüketim yöntemleri geliştirilmeli ve atıklar yeniden değerlendirilmelidir.

Tehlikeli madde yönetimi: Tehlikeli madde yönetmeliğine uygun biçimde ürün temin edilmesidir.

Atık yönetimi: Tedarikçinin atık yönetim sistemlerinin mevzuata göre düzenlenmiş olması müşteriler tarafından tercih edilmesinde önemli bir kriterdir.

Tablo 2: Kriterler.

| | |
|-----|--------------------------|
| C1 | Zamanında teslimat |
| C2 | Fiyat |
| C3 | Kirlilik kontrolü |
| C4 | Kalite |
| C5 | Hizmet performansı |
| C6 | Esneklik |
| C7 | Teknoloji kapasitesi |
| C8 | İş güvenliği |
| C9 | Yeşil tedarik zinciri |
| C10 | Kaynak tüketimi |
| C11 | Tehlikeli madde yönetimi |
| C12 | Atık yönetimi |

Tablo 4: Normalize edilmiş direkt-ilişki matrisi.

| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| C1 | 0.00 | 0.07 | 0.11 | 0.07 | 0.14 | 0.11 | 0.07 | 0.04 | 0.11 | 0.11 | 0.04 | 0.04 |
| C2 | 0.11 | 0.00 | 0.07 | 0.04 | 0.00 | 0.04 | 0.11 | 0.14 | 0.07 | 0.04 | 0.14 | 0.11 |
| C3 | 0.04 | 0.04 | 0.00 | 0.07 | 0.11 | 0.04 | 0.04 | 0.00 | 0.14 | 0.11 | 0.07 | 0.07 |
| C4 | 0.14 | 0.07 | 0.07 | 0.00 | 0.04 | 0.07 | 0.07 | 0.04 | 0.11 | 0.11 | 0.04 | 0.07 |
| C5 | 0.07 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.00 | 0.04 | 0.11 | 0.07 | 0.04 | 0.14 | 0.07 | 0.04 |
| C6 | 0.04 | 0.07 | 0.00 | 0.04 | 0.14 | 0.00 | 0.07 | 0.14 | 0.07 | 0.11 | 0.00 | 0.11 |
| C7 | 0.11 | 0.14 | 0.07 | 0.07 | 0.04 | 0.11 | 0.00 | 0.11 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.07 |
| C8 | 0.07 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.11 | 0.11 | 0.07 | 0.00 | 0.04 | 0.04 | 0.07 | 0.14 |
| C9 | 0.14 | 0.11 | 0.07 | 0.04 | 0.14 | 0.11 | 0.11 | 0.04 | 0.00 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| C10 | 0.07 | 0.07 | 0.04 | 0.11 | 0.14 | 0.07 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.00 | 0.04 | 0.07 |
| C11 | 0.11 | 0.11 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.07 | 0.04 | 0.07 | 0.11 | 0.04 | 0.00 | 0.07 |
| C12 | 0.07 | 0.11 | 0.00 | 0.04 | 0.11 | 0.14 | 0.11 | 0.00 | 0.04 | 0.11 | 0.11 | 0.00 |

Tablo 5: Toplam ilişki matrisi.

| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| C1 | 0.354 | 0.414 | 0.317 | 0.289 | 0.510 | 0.427 | 0.399 | 0.307 | 0.396 | 0.429 | 0.279 | 0.337 |
| C2 | 0.448 | 0.348 | 0.284 | 0.249 | 0.371 | 0.372 | 0.419 | 0.394 | 0.362 | 0.345 | 0.376 | 0.402 |
| C3 | 0.330 | 0.321 | 0.179 | 0.247 | 0.408 | 0.306 | 0.307 | 0.217 | 0.372 | 0.365 | 0.265 | 0.307 |
| C4 | 0.466 | 0.397 | 0.277 | 0.212 | 0.399 | 0.385 | 0.380 | 0.288 | 0.382 | 0.407 | 0.265 | 0.351 |
| C5 | 0.358 | 0.355 | 0.216 | 0.220 | 0.306 | 0.309 | 0.368 | 0.291 | 0.276 | 0.391 | 0.269 | 0.287 |
| C6 | 0.351 | 0.381 | 0.191 | 0.230 | 0.468 | 0.303 | 0.369 | 0.376 | 0.318 | 0.389 | 0.228 | 0.375 |
| C7 | 0.447 | 0.472 | 0.283 | 0.281 | 0.405 | 0.429 | 0.327 | 0.371 | 0.361 | 0.353 | 0.282 | 0.373 |
| C8 | 0.381 | 0.383 | 0.224 | 0.228 | 0.434 | 0.401 | 0.366 | 0.247 | 0.297 | 0.330 | 0.291 | 0.405 |
| C9 | 0.474 | 0.439 | 0.284 | 0.250 | 0.496 | 0.422 | 0.424 | 0.308 | 0.293 | 0.357 | 0.276 | 0.331 |
| C10 | 0.372 | 0.366 | 0.221 | 0.287 | 0.447 | 0.351 | 0.353 | 0.269 | 0.288 | 0.285 | 0.246 | 0.326 |
| C11 | 0.407 | 0.401 | 0.259 | 0.223 | 0.364 | 0.358 | 0.323 | 0.303 | 0.359 | 0.314 | 0.217 | 0.332 |
| C12 | 0.398 | 0.429 | 0.205 | 0.241 | 0.445 | 0.440 | 0.409 | 0.271 | 0.310 | 0.401 | 0.328 | 0.286 |

Yukarıda belirtilen kriterler arasındaki etkileşim düzeyi 0 ile 4 arasında puanlanacaktır. Bu puanların etkileşim düzeyleri ise Tablo 1'deki gibi olacaktır. Uygulama adımları aşağıda anlatılmaktadır.

1. Adım: Direkt ilişki matrisinin oluşturulması

İlişki matrisi, firmanın uzman satın alma müdürü tarafından yapılan değerlendirmeler sonucunda Tablo 3'teki gibi oluşturulmuştur.

Tablo 3: Direkt ilişki matrisi.

| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| C1 | 0 | 2 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 |
| C2 | 3 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 3 | 4 | 2 | 1 | 4 | 3 |
| C3 | 1 | 1 | 0 | 2 | 3 | 1 | 1 | 0 | 4 | 3 | 2 | 2 |
| C4 | 4 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 | 1 | 2 |
| C5 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 | 2 | 1 | 4 | 2 | 1 |
| C6 | 1 | 2 | 0 | 1 | 4 | 0 | 2 | 4 | 2 | 3 | 0 | 3 |
| C7 | 3 | 4 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| C8 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 | 4 |
| C9 | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 | 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| C10 | 2 | 2 | 1 | 3 | 4 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| C11 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 1 | 0 | 2 |
| C12 | 2 | 3 | 0 | 1 | 3 | 4 | 3 | 0 | 1 | 3 | 3 | 0 |

2. Adım: Direkt ilişki matrisinin normalize edilmesi

Normalizasyon yapılırken öncelikle "k" katsayısının bulunması gerekmektedir. "k" katsayısı bulunurken her satır ve sütun elemanlarının toplamları bulunur. Her satır ve her sütun için bulunan değerler arasından maksimum olanı bulunur. Bulunan bu değer tersi "k" katsayısını verecektir. Satır ve sütun toplamları arasından maksimumu 28 olarak bulunmuştur. Buna bağlı olarak "k" katsayısı; maksimum değer tersi şeklinde hesaplanacak olursa 0.035 bulunur. Elde edilen bu katsayı direkt ilişki matrisiyle çarpılarak normalize edilmiş direkt ilişki matrisi (Tablo 4) elde edilmiş olur.

3. Adım: Toplam ilişki matrisinin oluşturulması

$$S = M(I - M)^{-1} \quad (8)$$

Eşitlik 8 doğrultusunda gerekli işlemler yapıldığında toplam ilişki matrisi Tablo 5'teki gibi olacaktır.

4. Adım: Etkileyen-etkilenen diyagramının oluşturulması

$D+R$ değerleri x eksenini, $D-R$ değerleri y eksenini oluşturacak şekilde koordinat düzlemi oluşturulacaktır. Birinci satırdaki $D+R$ ve $D-R$ değerleri birinci kriter için, 12. satırdaki $D+R$ ve $D-R$ değerleri on ikinci kriter için gibi her kriter için temsil edilecek $D+R$ ve $D-R$ değerleri kullanılacaktır. Tablo 6'da değerler, Şekil 3'te etkileyen-etkilenen diyagramı gösterilmektedir.

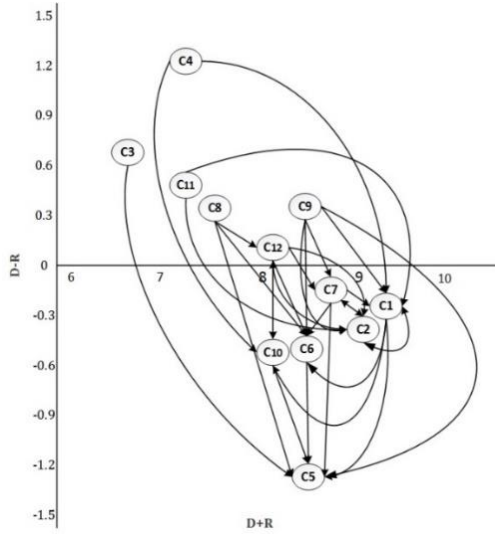
Uzman grup tarafından eşik değeri 0.40 olarak belirlenmiştir. Buna göre kriterler arasındaki ilişkiyi ortaya koyan etkileyen-etkilenen diyagramı oluşturulmuştur.

5. Adım: İç bağımlılık matrisinin oluşturulması

Nihai ilişki matrisinin her sütununun toplamı bir olacak şekilde normalize edilmesiyle iç bağımlılık matrisi (Tablo 7) oluşturulur.

6. Adım: Kriterlerin önem ağırlıklarının hesaplanması

Tablo 8'de DEMATEL yöntemi ile belirlenen kriterlerin önem ağırlıkları gösterilmektedir.



Şekil 3: Etkileyen-Etkilenen diyagramı.

4.1 Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi

Sürdürülebilir tedarik zincirinde tedarikçi seçiminde performans kriterleri arasındaki ilişki, DEMATEL yöntemi kullanılarak ortaya konulmuştur. Elde edilen sonuçlar aşağıda listelenmektedir:

- Yatay eksen değeri yani $D+R$ kriterin ne kadar öneme sahip olduğunu göstermektedir. $C1$ yani "zamanında teslimat" tedarikçi seçiminde en önemli performans kriteri iken $C3$ yani "kirlilik kontrolü" tedarikçi seçiminde en az öneme sahip kriter olarak bulunmuştur. Literatür incelendiğinde, DEMATEL yaklaşımı kullanılarak sürdürülebilir tedarik zinciri değerlendirmesinde bulunan çalışmalardan Su ve diğ. [11], Orji ve diğ. [36] ve Chiou ve diğ. [37] öncelikli olarak fiyat, teslimat, kalite, hizmet performansı, teknoloji ve esneklik kriterlerini elde etmişlerdir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, çalışmadan elde edilen sonuçların literatürdeki çalışma sonuçlarıyla uyumlu olduğu ve tutarlı çıktığı görülmektedir. Çalışmalardan da görüldüğü gibi sürdürülebilir tedarik zincirinin öncelikle ekonomik boyutun yer aldığı, ardından sosyal ve çevresel boyutun kritik noktalar olarak değerlendirildiği görülmektedir,
- Düşey eksen kriterleri etkileyen ve etkilenen gruplarına bölmektedir. Etkileyen ve etkilenen grupları şu şekilde oluşmuştur:

| Etkilenen Grubu | Etkileyen Grubu |
|-------------------------------|------------------------------------|
| Zamanında teslimat ($C1$) | Kirlilik kontrolü ($C3$) |
| Fiyat ($C2$) | Kalite ($C4$) |
| Hizmet Performansı ($C5$) | İş güvenliği ($C8$) |
| Esneklik ($C6$) | Yeşil tedarik zinciri ($C9$) |
| Teknoloji Kapasitesi ($C7$) | Tehlikeli madde yönetimi ($C11$) |
| Kaynak Tüketimi ($C10$) | Atık yönetimi ($C12$) |

- Belirlenen etkileyen-etkilenen grubu neticesinde incelenen sağlık firmasının mevcut tedarik zincirini daha sürdürülebilir hale getirmek için tedarikçilerini seçerken etkileyen grubundaki kriterlere, yani zamanında teslimat ($C1$), fiyat ($C2$), teknoloji kapasitesi ($C7$), hizmet performansı ($C5$), esneklik ($C6$) ve yeşil tedarik zinciri ($C9$) odaklanmalıdır,
- Ayrıca 6. Adımda elde edilen sonuçlar da kriter önem ağırlıklarını göstermektedir. Buna göre 0.094, 0.093 ve 0.090 kriter ağırlıkları ile $C1$, $C2$, $C7$ kriterleri öncelikli öneme sahip faktörler olarak elde edilmiştir. Her ne kadar bu kriterler tedarikçi değerlendirmek için birincil bir ölçüt olmasa da, kriterler arasındaki etkileyen-etkilenen

Tablo 6: $D+R$ ve $D-R$ değerleri.

| D vektörü | R vektörü | $D+R$ | $D-R$ |
|-----------|-----------|-------|--------|
| 4.458 | 4.789 | 9.247 | -0.331 |
| 4.37 | 4.703 | 9.073 | -0.333 |
| 3.623 | 2.94 | 6.563 | 0.683 |
| 4.209 | 2.957 | 7.166 | 1.252 |
| 3.646 | 5.054 | 8.7 | -1.408 |
| 3.977 | 4.504 | 8.481 | -0.527 |
| 4.385 | 4.444 | 8.829 | -0.059 |
| 3.988 | 3.644 | 7.632 | 0.344 |
| 4.353 | 4.016 | 8.369 | 0.338 |
| 3.812 | 4.366 | 8.178 | -0.553 |
| 3.861 | 3.321 | 7.182 | 0.54 |
| 4.165 | 4.111 | 8.276 | 0.054 |

Tablo 7: İç bağımlılık matrisi.

| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| C1 | 0.07 | 0.09 | 0.11 | 0.10 | 0.10 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | 0.10 | 0.10 | 0.08 | 0.08 |
| C2 | 0.09 | 0.07 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.11 | 0.09 | 0.08 | 0.11 | 0.10 |
| C3 | 0.07 | 0.07 | 0.06 | 0.08 | 0.08 | 0.07 | 0.07 | 0.06 | 0.09 | 0.08 | 0.08 | 0.07 |
| C4 | 0.10 | 0.08 | 0.09 | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.09 |
| C5 | 0.07 | 0.08 | 0.07 | 0.07 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.08 | 0.07 | 0.09 | 0.08 | 0.07 |
| C6 | 0.07 | 0.08 | 0.06 | 0.08 | 0.09 | 0.07 | 0.08 | 0.10 | 0.08 | 0.09 | 0.07 | 0.09 |
| C7 | 0.09 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.08 | 0.10 | 0.07 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.08 | 0.09 |
| C8 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.10 |
| C9 | 0.10 | 0.09 | 0.10 | 0.08 | 0.10 | 0.09 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.08 | 0.08 | 0.08 |
| C10 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.08 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.08 |
| C11 | 0.08 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.08 | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.07 | 0.07 | 0.08 |
| C12 | 0.08 | 0.09 | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.10 | 0.09 | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.10 | 0.07 |

Tablo 8: Kriter ağırlıkları.

| | $\sqrt{(D_i + R_i)^2 + (D_i - R_i)^2}$ | Kriter Ağırlıkları (w) | Kriter Öncelikleri |
|--------|--|------------------------|--------------------|
| C1 | 9.253 | 0.094 | 1 |
| C2 | 9.079 | 0.093 | 2 |
| C3 | 6.598 | 0.067 | 12 |
| C4 | 7.275 | 0.074 | 10 |
| C5 | 8.813 | 0.090 | 4 |
| C6 | 8.497 | 0.087 | 5 |
| C7 | 8.829 | 0.090 | 3 |
| C8 | 7.640 | 0.078 | 9 |
| C9 | 8.376 | 0.085 | 6 |
| C10 | 8.197 | 0.084 | 8 |
| C11 | 7.202 | 0.073 | 11 |
| C12 | 8.276 | 0.084 | 7 |
| Toplam | 98.035 | 1.000 | |

ilişkinini anlamak için yöneticilere ve karar vericilere uygun tedarikçi seçmek için fikir sunabilir,

- Bu sonuçlar, işletmelerin sürdürülebilir tedarik zinciri değerlendirme kriterlerine göre zamanında müşteriye mal teslimatı yapan, uygun fiyat politikasında çalışan ve teknolojik kapasitesi yeterli olan firmaların öncelikle tercih sebebi olacağı sonucuna ulaşılabilir. Bu kriterlerde yetkinliğe ulaşan işletmeler zaten hizmet performansı ve esneklik kriterlerine de yanıt vermiş olacaktır. Çünkü günümüzde rekabette üstünlük fiyat ve hız/zaman ile sağlanmaktadır. Bu anlamda müşteri beklentisini karşılayan işletme hizmet performansını da sağlayacak ve müşteriye esneklik opsiyonu da sunabilecektir,
- Stratejik perspektiften değerlendirildiğinde, kurumsal sürdürülebilirliğin gelişiminin sağlanması çevresel etkiler, zamanın gerekliliklerine ayak uydurmak, müşteri isteklerine hızlı yanıt kabiliyeti, kaynaklar arasındaki bağlantı, sürekli üretim, süreç akışının tanımlanarak güncellenmesi ve tüm bu faaliyetlerin sürdürülebilirliğin geliştirilmesine nasıl uygulanacağını değerlendirilmesidir [11].

5 Sonuç

Bu çalışmada sürdürülebilir tedarik zinciri altında tedarikçi seçim problemi ele alınmıştır. Rekabetin oldukça kızıştığı günümüz koşullarında firmaların kendi politikalarına uyum göstereceği tedarikçilerle çalışması çok önemlidir. Doğru seçilen tedarikçiler, tedarik zinciri mekanizmasının hızlı ve sağlıklı yürümesini kolaylaştırarak müşteri memnuniyetini sağlayacak, firmaların hedeflerine ulaşmasına yardımcı olacaktır. DEMATEL yöntemi sebep sonuç yaklaşımıyla problemi daha iyi ve geniş perspektiften anlamayı kolaylaştırmaktadır. Kriterlerin birbirlerine göre önem seviyesini değerlendirerek etkileyen ve etkilenen şeklinde

ayırabilmektedir. Analiz sonuçlarına göre zamanında teslimat, fiyat, teknoloji kapasitesi, hizmet performansı, esneklik ve yeşil tedarik zinciri incelenen firma için tedarikçi seçiminde öncelikli öneme sahip kriterler olduğu ortaya çıkmıştır. Firmanın tedarikçi seçiminde bu performans kriterlerine odaklanması gerekmektedir. Gelecek çalışmalar için farklı kriterler ve/veya karar vericiler de eklenerek TOPSIS, AHP, ANP, PROMOTHEE, ELECTREE vb. diğer çok ölçütlü karar verme teknikleri ile analizler yapılabilir ve sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılabilir.

6 Kaynaklar

- Farahani RZ, Rezapour S, Drezner T, Fallah S. "Supply chain network design classifications, paradigms and analyses". *Omega*, 41, 969-983, 2013.
- Uysal F. "An integrated model for sustainable performance measurement in supply chain". *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 62, 689-694, 2012.
- Farahani RZ, Rezapour S, Drezner T, Fallah S. "Competitive supply chain network design: An overview of classifications, models, solution techniques and applications". *Omega*, 45, 92-118, 2014.
- Zhang Q, Shah N, Wassick J, Helling R, Egerschot P. "Sustainable supply chain optimisation: An industrial case study". *Computers & Industrial Engineering*, 74, 68-83 2014.
- Eskandarpour M, Dejax P, Miemczyk J, Péton O. "Sustainable supply chain network design: An optimization-oriented review". *Omega*, 54, 11-32, 2015.
- Dadhich P, Genovese A, Kumar N, Acquaye A. "Developing sustainable supply chains in the UK construction industry: A case study". *International Journal of Production Economics*, 164, 271-284, 2015.
- Lin RJ. "Using fuzzy DEMATEL to evaluate the green supply chain management practices". *Journal of Cleaner Production*, 40, 32-39, 2013.

- [8] Frostenson M, Prenekert F. "Sustainable supply chain management when focal firms are complex: a network perspective". *Journal of Cleaner Production*, 107, 85-94, 2015.
- [9] Silvestre BS. "Sustainable supply chain management in emerging economies: Environmental turbulence, institutional voids and sustainability trajectories". *International Journal of Production Economics*, 167, 156-169, 2015.
- [10] Liang H. "Identification of critical success factors for sustainable development of biofuel industry in China based on grey decision-making trial and evaluation laboratory (DEMATEL)". *Journal of Cleaner Production*, 131, 500-508, 2016.
- [11] Su CM, Horng DJ, Tseng ML, Chiu ASF, Wu KJ, Chen HP. "Improving sustainable supply chain management using a novel hierarchical grey-DEMATEL approach". *Journal of Cleaner Production*, 134, 469-481, 2016.
- [12] Chuang ML, Shaw WH. "Distinguishing the critical success factors between e-commerce, enterprise resource planning, and supply chain management". *Proceedings of the 2000 IEEE Engineering Management Society*, 596-601, Albuquerque, USA, 13-15 August 2000.
- [13] Bowersox DJ, La Londe BJ, Smykay EW. *Readings in Physical Distribution Management; The Logistics of Marketing*. New York, USA, Macmillan, 1969.
- [14] Ross DF. *Competing Through Supply Chain Management: Creating Market-Winning Strategies Through Supply Chain Partnerships*. Norwell, USA, Springer, 2013.
- [15] Metz PJ. "Demystifying Supply Chain Management". *Supply Chain Management Review*, (4), 4655, 1998.
- [16] Houlihan JB. "International Supply Chain Management". *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*, 15(1), 22-38, 1985.
- [17] Ganeshan E, Jack M, Magazine J, Stephens P. *A taxonomic review of supply chain management research. Quantitative models for supply chain management*. New York, USA, Springer, 1999.
- [18] Sadigh AN, Fallah H, Nahavandi N. "A multi-objective supply chain model integrated with location of distribution centers and supplier selection decisions". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 69(1-4), 225-235, 2013.
- [19] Baghalian A, Rezapour S, Farahani RZ. "Robust supply chain network design with service level against disruptions and demand uncertainties: A real-life case". *European Journal of Operational Research*, 227(1), 199-215, 2013.
- [20] Seuring S, Müller M. "From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management". *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699-1710, 2008.
- [21] Harvard Business Review. "Why Sustainability Is Now the Key Driver of Innovation". <https://hbr.org/2009/09/why-sustainability-is-now-the-key-driver-of-innovation> (19.01.2017).
- [22] Marchant R. "Understanding complexity in savannas: climate, biodiversity and people". *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2(1-2), 101-108, 2010.
- [23] Andrew B. "Market failure, government failure and externalities in climate change mitigation: The case for a carbon tax". *Public Administration and Development*, 28(5), 393-401, 2008.
- [24] Zhou Z, Cheng S, Hua B. "Supply chain optimization of continuous process industries with sustainability considerations". *Computers & Chemical Engineering - Journal*, 24(2-7), 1151-1158, 2000.
- [25] Song W, Ming X, Liu HC. "Identifying critical risk factors of sustainable supply chain management: A rough strength-relation analysis method". *Journal of Cleaner Production*, 143, 100-115, 2017.
- [26] Liu S, Kasturiratne D, Moizer J. "A hub-and-spoke model for multi-dimensional integration of green marketing and sustainable supply chain management". *Industrial Marketing Management*, 41(4), 581-588, 2012.
- [27] Govindan K, Khodaverdi R, Jafarian A. "A fuzzy multi criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach". *Journal of Cleaner Production*, 47, 345-354, 2013.
- [28] Chaabane A, Ramudhin A, Paquet M. "Design of sustainable supply chains under the emission trading scheme". *International Journal of Production Economics*, 135(1), 37-49, 2012.
- [29] Ansari ZN, Kant R. "A state-of-art literature review reflecting 15 years of focus on sustainable supply chain management". *Journal of Cleaner Production*, 142(4), 2524-2543, 2017.
- [30] Zuckerman A. *Supply Chain Management: Operations*. New York, USA, Wiley, 2002.
- [31] Taghizadeh Herat A. "Using DEMATEL-Analytic network process (ANP) hybrid algorithm approach for selecting improvement projects of Iranian excellence model in healthcare sector". *African Journal Business Management*, 6(2), 627-645, 2012.
- [32] Hsu CH, Wang FK, Tzeng GH. "The best vendor selection for conducting the recycled material based on a hybrid MCDM model combining DANP with VIKOR". *Resources, Conservation and Recycling*, 66, 95-111, 2012.
- [33] Tseng ML, Lin YH. "Application of fuzzy DEMATEL to develop a cause and effect model of municipal solid waste management in Metro Manila". *Environmental Monitoring and Assessment*, 158(1-4), 519-533, 2009.
- [34] Tsai WH, Chou WC. "Selecting management systems for sustainable development in SMEs: A novel hybrid model based on DEMATEL, ANP and ZOGP". *Expert Systems with Applications*, 36(2), 1444-1458, 2009.
- [35] Tzeng GH, Chiang CH, Li CW. "Evaluating intertwined effects in e-learning programs: A novel hybrid MCDM model based on factor analysis and DEMATEL". *Expert Systems with Applications*, 32(4), 1028-1044, 2007.
- [36] Orji I, Wei S. "A decision support tool for sustainable supplier selection in manufacturing firms". *Journal of Industrial Engineering and Management*, 7(5), 1293-1315, 2014.
- [37] Chiou CY, Hsu CW, Chen HC. "Using DEMATEL to explore a casual and effect model of sustainable supplier selection". *IEEE International Summer Conference of Asia Pacific*, Dalian, China, 10-12 July 2011.
- [38] Aksakal E, Dağdeviren M. "ANP ve DEMATEL yöntemleri ile personel seçimi probleminde bütünlük bir yaklaşım". *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(4), 905-913, 2010.