

TEDARİK ZİNCİRİ İZLENEBİLİRLİĞİNİN ÖNÜNDEKİ ENGELLERİN DEMATEL YÖNTEMİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ

EVALUATING THE BARRIERS TO SUPPLY CHAIN TRACEABILITY WITH DEMATEL METHOD

Sibel YILDIZ ÇANKAYA* 

Öz

Kusurlu üretimin neden olduğu zararlar, insan sağlığını tehdit eden ürünler ve müşterilerin şeffaflık talepleri dikkatleri tedarik zinciri izlenebilirliği (TZİ) konusuna çekmiştir. Bunun bir sonucu olarak da işletmeler, tedarik zincirlerinde etkin bir izlenebilirlik kurmanın yollarını aramaya başlamışlardır. Bu süreçte izlenebilirliğin başarısını engelleyen faktörlerin anlaşılması, TZİ'nin etkinliği açısından önemli bir konudur. Bu çalışmanın amacı, tedarik zinciri izlenebilirliğinin önündeki engelleri listelemek, bu engeller arasındaki ilişkileri ve etkileşimleri ortaya çıkarmak ve diğer engelleri etkileyen en kritik engelleri belirlemektir. Kritik engellerin ortaya çıkartılması, kaynakların doğru noktalara aktarılması konusunda işletmelere yardımcı olacaktır. Çünkü kritik bir engelde yapılabilecek iyileştirmeler, tüm sistemi etkileme potansiyeline sahiptir. Bu çalışmada, TZİ engellerini belirleyebilmek için ilk aşamada literatür taraması yapılarak engeller listelenmiş ve daha sonra uzman görüşleri doğrultusunda araştırmada kullanılacak 18 engel belirlenmiştir. Anket 20 işletmeye uygulanmış ve elde edilen veriler DEMATEL yöntemiyle analiz edilerek engeller, neden-sonuç kategorisine ayrılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İzlenebilirlik, tedarik zinciri izlenebilirliği, DEMATEL yöntemi

JEL Sınıflandırılması: M11

Abstract

Damages caused by defective production, products harmful to human health, and customer demands for transparency have drawn attention to supply chain traceability (SCT). As a result, businesses have begun to look for ways to establish effective traceability in their supply chains. In this process, it is very important to understand the factors that prevent the success and effectiveness of SCT. This study aimed to list the barriers to supply chain traceability, to reveal the relationships and interactions between these barriers, and to identify the most critical barriers affecting others. Revealing critical barriers will help businesses

* Sorumlu Yazar: Dr. Öğr. Üyesi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, sibelyildiz@ibu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4942-1415.

Bu makaleyi alıntulamak için: Çankaya, S. Y. (2021). Tedarik zinciri izlenebilirliğinin önündeki engellerin dematel yöntemiyle değerlendirilmesi. *Journal of Research in Business*, 6(2), 357-380.

to transfer their resources to proper fields. Because improvements in a critical barrier have a potential to affect the entire system. In this study, firstly a literature review was performed to determine SCT barriers, and then a total of 18 barriers to be used in the study were determined in line with expert opinions. The questionnaire was applied to a total of 20 enterprises and the data obtained from them were analyzed using the DEMATEL method, whereby the barriers were divided into cause-effect category.

Keywords: Traceability, supply chain traceability, DEMATEL method

JEL Classification: M11

Extended Summary

Traceability provides a range of information about all production processes, including product locations, raw materials and final goods. Supply chain traceability (SCT) creates a more efficient and competitive supply chain and also has important advantages for companies, including increased customer satisfaction, improvements in logistics, more efficient inventory management, increased technological development, reduction in recall costs, increased quality and protection of public health. The strategic role of traceability becomes clearer, considering these advantages. However, studies emphasize that SCT is a difficult task. Businesses should overcome some problems and eliminate barriers in order for a complete and efficient STC. This study aimed to list the barriers to STC, to reveal the relationships and interactions between these barriers, and to identify the most critical barriers affecting others. Knowing barriers to SCT and their relations with each other will make it easier for managers to transfer company resources to proper fields. Because improvements in a barrier, which has an ability to affect other barriers, will automatically eliminate other barriers, so the total improvement will be higher. Consequently, revealing the relationship between barriers to traceability will play an important role in eliminating these barriers.

In this study, a comprehensive literature review was first conducted to identify traceability barriers, whereby a total of 72 barriers were listed. Then, the explanations of these barriers were examined, thus the recurring ones were eliminated and some barriers were combined. In the last stage, the barriers to be used in the analysis were determined by taking the opinions of three academicians and two managers. These barriers are cost increase, lack of standardization, difficulty accessing information, lack of qualified personnel, lack of awareness, lack of internal/external coordination and cooperation, lack of guidance, difficulty in data management, deficiencies in laws and regulations, trust issues between members, lack of technological infrastructure, increased workload and complexity, uncertainty of future earnings, resistance of some members, ethical and privacy issues in data transfer, lack of demand, lack of management, and difficulty of changing business processes.

After determining the barriers, the DEMATEL method was used to understand the causal relationships between the barriers better and to determine the most critical barriers affecting others. For this purpose, a questionnaire including a total of 18 barriers was applied to 20 businesses selected by convenience sampling method. A meeting was held with one person from each business. A double comparison scale consisting of five levels (0-4 scale) was presented to 20 participants, and the degree of the effect of each barrier on others was determined. Since more than one decision maker were used in the comparison of evaluation criteria, a direct relationship matrix was created by taking the

arithmetic average of the decision matrices created by each decision maker independently. In the last stage, a total relationship matrix was created, and the influencing-affected barriers were revealed. Accordingly, lack of standardization, lack of qualified personnel, lack of awareness, lack of internal and external coordination and cooperation, lack of guidance, deficiencies in laws and regulations, trust issues between members, lack of technological infrastructure, ethical and privacy issues in data transfer, lack of demand, and lack of management are the barriers affecting others. The performance of these barriers directly affect SCT as a whole. Therefore, activities regarding these barriers should be carried out carefully during a transition to SCT, taking into consideration that improvements in these barriers will directly affect the entire supply system. On the other hand, increased costs, difficulty accessing information, difficulty in data management, increased workload and complexity, uncertainty of future earnings, resistance of some members, and difficulty of changing business processes are the barriers affected by others.

1. Giriş

Son yıllarda ürün türü ne olursa olsun izlenebilirlik, tedarik zinciri yönetiminde popüler bir kavram haline gelmiştir. İzlenebilirlik, hammaddenin kaynağından ürünün geçirdiği işlemlere ve bulunduğu konuma kadar bir dizi bilgi sağlamaktadır. Bu açıdan bakıldığında izlenebilirliğin, tedarik zincirinin tüm aşamalarında ve hatta daha sonraki noktalarda bile ürünle ilgili tüm bilgilere (menşei, süreç, işleme ve ilgili faaliyetler) erişmeyi sağlayan bir araç olduğu söylenebilir. Kısacası bir izlenebilirlik sisteminin temel amacı ürünün geçmişini bulmaktır (Haleem, Khan, & Khan, 2019). İzlenebilirlik, bazı sektörlerde yasal bir zorunluluk olmasının yanında, ürünün güvenliğini artırmak, kaliteyi düzenlemek, malların takibini sağlamak, halk sağlığını korumak, dolandırıcılıkla mücadele etmek ve karmaşık zincirleri yönetmek için de kullanılabilir (Bechini vd., 2008). Sağladığı faydalar göz önüne alındığında, izlenebilirliğin stratejik rolü daha net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Fakat aynı zamanda literatürde, TZİ'nin zor bir görev olduğu da vurgulanmaktadır (Dediu, Moga, & Cristea, 2016; Mattevi & Jones, 2016). Eksiksiz ve verimli bir izlenebilirliğin uygulanabilmesi için işletmelerin bazı sorunların ve engellerin üstesinden gelmeleri gerekmektedir. Örneğin, tedarik zincirindeki üyelerin benimsedikleri sistemlerdeki uyumsuzluk ya da bu üyelerin kaydettikleri bilgilerin homojen olmaması, etkili bir izlenebilirliği zorlaştırmaktadır. Ayrıca ürünün geçirdiği işlemlerin karmaşık doğası ve yüksek başlangıç maliyeti, izlenebilirliğin uygulanmasını daha zor hale getirmektedir. Bu nedenle izlenebilirlik sistemi oluşturmanın, üretimin ve dağıtımın tüm aşamalarını içeren karmaşık bir görev olduğu söylenebilir. (Bechini vd., 2008). Literatür incelendiğinde izlenebilirlikle ilgili farklı yazarlar tarafından birçok engelin listelendiği görülmektedir. Bu engeller arasında üzerinde en fazla durulanlar; maliyet (Bosona & Gebresenbet, 2013; Dediu, Moga, & Cristea, 2016; Mattevi & Jones, 2016; Regan vd., 2012; Rombe vd., 2018; Xue vd., 2007), standardizasyon eksikliği (Aung & Chang, 2014; Bosona & Gebresenbet, 2013; Mattevi & Jones, 2016; Morana, 2016; Storøy, Thakur, & Olsen, 2013), altyapı eksikliği (Morana, 2016; Regan vd., 2012; Rombe vd., 2018; Xue vd., 2007) ve gerekli bilginin elde edilememesi (Bosona & Gebresenbet, 2013; Mattevi & Jones, 2016; Regan vd., 2012; Rombe vd., 2018) ile ilgili sorunlardır. Elbette, bu belirtilen engellerin dışında farklı sektörlerde ve farklı ülkelerde daha birçok engel ortaya çıkmaktadır. Tedarik zinciri izlenebilirliğinin

uygulanabilmesi için bu engellerin belirlenmesi ve aralarındaki ilişkinin ortaya çıkartılması oldukça önemlidir. Fakat literatürde engeller daha çok kavramsal olarak incelenmiş (ör. Aung & Chang, 2014; Bosona & Gebresenbet, 2013; Morana, 2016; Xue vd., 2007) ve neden sonuç analizine ilişkin çok az araştırmaya rastlanmıştır. Bu yüzden izlenebilirliği etkileyen engeller üzerinde daha fazla araştırılma yapılmasına ihtiyaç vardır. İzlenebilirliğin önündeki engellerin ve bu engeller arasındaki ilişkilerin belirlenmesi uygulayıcılara, araştırmacılara ve diğer paydaşlara önemli bilgiler sağlayacaktır. Buradan yola çıkarak bu çalışmanın amacı;

1. Mevcut literatürün gözden geçirilmesi ve uzman görüşlerinin de dâhil edilmesiyle, izlenebilirliğin benimsenmesinin önündeki engelleri belirlemek;
2. DEMATEL yönteminin kullanılmasıyla izlenebilirliğe yönelik engellerin aralarındaki ilişkileri araştırmaktır.

Bu amaçları gerçekleştirmek için ilk aşamada literatür taraması yapılarak 72 engel belirlenmiştir. Daha sonra uzman görüşlerinden de faydalanarak araştırmada kullanılmak üzere 18 engel listelenmiştir. En son aşamada bu engeller, DEMATEL yaklaşımı kullanılarak neden ve sonuç kategorisine ayrılmıştır. Gelecek bölümler şu şekilde organize edilmiştir: Girişten sonra, Bölüm 2’de tedarik zinciri izlenebilirliği ve Bölüm 3’te DEMATEL Yöntemi hakkında bilgi sunulmaktadır. Bölüm 4’te çalışmanın uygulama kısmı yer almaktadır. Bölüm 5’te ise değerlendirme ve sonuç bulunmaktadır.

2. Literatür Taraması

2.1. Tedarik Zinciri İzlenebilirliği

İzlenebilirlik terimi ilk olarak 1970’lerde otomotiv endüstrisinde kullanılmıştır. Fakat şu anda daha çok gıda güvenliği ile ilişkilendirilmektedir (Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021). Bu nedenle, izlenebilirlikle ilgili yapılan tanımların birçoğunda gıda ürünleri temel alınmaktadır. Örneğin Codex Alimentarius Komisyonu, izlenebilirliği, bir gıdanın hareketlerini üretim, işleme ve dağıtım aşamaları boyunca takip edebilme becerisi olarak tanımlamıştır (Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021). ISO 9001:2000 standartlarına göre izlenebilirlik bir nesnenin konumunu, geçirdiği uygulamaları ve geçmişe ilişkin bilgilerini tüm tedarik zinciri boyunca izleme yeteneğidir. Bir başka tanımda izlenebilirlik, bir sorunun nedenini keşfetmek ve oluşmasının önüne geçmek için sistemin geriye dönük olarak izlenmesi anlamında kullanılmaktadır (Bechini vd., 2008). Son olarak Olsen & Borit (2018), izlenebilirliği, ürünün tüm yaşam döngüsü boyunca kayıtlı verileri kullanarak herhangi bir bilgiye veya tüm bilgilere erişme yeteneği olarak açıklamışlardır. İzlenebilirlikle ilgili yapılan tanımlardan hareketle, etkin bir izlenebilirlik için ürün tanımlama yeteneği, başlangıç noktası ve sonraki varış noktası, malzeme ve parçaların kaynakları, işleme geçmişi, teslimattan sonra ürünün dağıtımı ve konumu bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır (Xue vd., 2007). Bu unsurların sağlanabilmesi için işletmelerin gerekli bilgilerin kayıtlarını tutmaları ve bu bilgileri tüm tedarik zinciri boyunca paylaşmaları gerekmektedir. Aung & Chang (2014), izlenebilirlik için sadece gerekli bilgilerin kaydedilmesinin de yeterli olmadığını, asıl önemli olan noktanın toplanan bilgilerin daha sonraki

bir tarihte tekrar bulunabilmesi olduğunun altını çizmişlerdir. Sonuç olarak iyi bir izlenebilirlik sistemi, genişlik (toplanan bilgi miktarı), derinlik (sistemin ilgili bilgiyi ne kadar ileri ve geri izlediği) ve hassasiyet (bir ürünün belirli bir hareketini tam olarak tespit edebilme derecesi) ile karakterize edilmektedir (Aung & Chang, 2014).

İzlenebilirlikle ilgili tanımların çoğu, ürünlerin hareketinin tedarik zinciri boyunca takip edilmesini içermektedir. Bu tanımlardan hareket ederek izlenebilirliğin geri ve ileri olmak üzere çift yönlü gerçekleştirildiği söylenebilir (Bosona & Gebresenbet, 2013). Geriye dönük izlenebilirlik, bir ürünün ayak izlerinin geriye doğru izlenerek ihtiyaç duyulan bilgilere ulaşılmasıdır. İleriye doğru izlenebilirlik ise geri çağrılmayı gerektirecek bir sorun olduğunda dağıtımı gerçekleştirilmiş bir ürünün yerinin ve miktarının belirlenmesidir (Gunawan, Vanany, & Widodo). Bu tür bir izlenebilirlikte, ürünün tedarik zinciri boyunca izlediği yol takip edilerek satış veya servis noktası tespit edilmektedir. Aung & Cheng (2014), geriye dönük (tedarikçi) ve ileriye dönük (müşteri) izlenebilirliğin yanına dâhili/süreç izlenebilirliğini de eklemişler ve üçlü bir sınıflandırma yapmışlardır. Yazarlar, ayrıca ileriye ve geriye dönük izlenebilirlik için dâhili izlenebilirliğin bir ön koşul olduğunun altını çizmişlerdir (Aung & Chang, 2014). Tedarik zincirinin her bir üyesi, sorunun nedenini belirlemek ve ürünleri geriye doğru takip etmek için dâhili bir kayıt tutma sistemine sahip olmalıdır. Yani her üye, ürün bilgilerini geriye doğru izleyebilmeli ve ileriye doğru takip edebilmelidir. Bunun için her bir üyenin sadece tedarikçisini ve müşterisini tanıması yeterli değildir; aynı zamanda kendi iç süreçlerinin kayıtlarını da doğru tutması gerekmektedir (Storøy, Thakur, & Olsen, 2013). Kısacası izlenebilirlik sistemi, tedarikçilerden gelen ürünler, parçalar, malzemeler ve hizmetlerle birlikte, ürünlerin işlendiği ve hatta dağıtıldığı aşamaları da izlemekte ve kaydetmektedir (Morana, 2016).

İzlenebilirlikle ilgili diğer bir konu ise izlenebilirliğin neleri kapsayacağıdır. Bu açıdan bakıldığında iki tür izlenebilirlikten bahsedilebilir. Bunlardan ilki lojistik izlenebilirliktir. Bu izlenebilirlik, ürünün yalnızca fiziksel hareketini kapsamaktadır. Diğer izlenebilirlik ise nitelik odaklı izlenebilirliktir ki burada ürünün kaliteyle ve güvenlikle ilgili bilgileri de takip edilmektedir. Nitelik odaklı izlenebilirlik, bir ürünün akışını ve tüm tedarik ağı boyunca geçirdiği işlemleri izlemeyi içermektedir. Örneğin, bir uçak parçasının belirli bir ısıl işlem görmüş bir külçeden gelip gelmediği ya da bir gıda ürününün genetiği değiştirilmiş bir madde ile temas halinde olup olmadığı nitelik odaklı izlenebilirlikle tespit edilebilmektedir (Skilton & Robinson, 2009). Bu tür bir izlenebilirlik sistemi ile işletmelerin güvenlik veya kalite kontrol sorunlarının kaynağı belirlenmektedir. Sonuç olarak izleme sistemi ne kadar hassas olursa üretici ürün güvenliği veya kalite sorunlarını o kadar hızlı belirleyip çözebilmektedir (Aung & Chang, 2014).

Tedarik zinciri izlenebilirliği hem tedarik zincirini daha verimli ve rekabetçi bir hale getirmekte hem de firma için önemli avantajlar barındırmaktadır. Müşteri memnuniyetinin artması (Bosona & Gebresenbet, 2013), lojistikte sağlanan iyileşmeler (Mattevi & Jones, 2016), daha etkin bir envanter yönetimi (Alfaro & Ra'bade, 2009), artan teknolojik gelişme (Bosona & Gebresenbet, 2013), geri çağırma masraflarında azalma (Aung & Chang, 2014) ve artan kalite (Aung & Chang, 2014) bu avantajlara örnek olarak verilebilir. Ayrıca izlenebilirlik, kalite ve güvenlik standartları açısından ürünün farklılaştırılması yoluyla bir pazarlama aracı olarak da olumlu bir etkiye sahip

olabilmektedir. İzlenebilirlik, daha yüksek izlenebilirlik standartları gerektiren pazarlara erişmek için bir araç olarak kullanılabilmesinin yanı sıra, üretimin şeffaflığını göstererek marka imajının gelişmesini de sağlayabilmektedir. Son olarak, izlenebilirliğin tüketiciler ve toplum üzerindeki olumlu bir etkisinden de söz etmek mümkündür. Şeffaf bir tedarik zinciri, tedarik zinciri boyunca ve tüketiciler arasında güven oluşturmakta, sağlık maliyetlerini ve can kaybını azaltmaya yardımcı olmakta ve firmaların malzemeleri sürdürülebilir bir şekilde tedarik etmelerini sağlayarak çevresel bir katkı sunmaktadır (Mattevi & Jones, 2016).

TZİ'nin sağlamış olduğu bu faydalar, araştırmacıları daha iyi bir izlenebilirliğin nasıl olması gerektiği konusunu incelemeye sevk etmektedir. Bu konuda yapılan çalışmaları genel olarak iki gruba ayırabiliriz. Birinci gruptaki araştırmacılar TZİ'yi etkileyen ana faktörleri ya da TZİ için kritik başarı faktörlerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Örneğin Senneset vd. (2007), deniz ürünleri tedarik zincirinde elektronik zincir izlenebilirliğinin uygulanabilmesi için 8 kritik faktör belirlemişlerdir: Ürünlerin işletmeye geldiği/kabul edildiği noktada izlenebilirlik prosedürlerinin varlığı; kabul noktasında otomatik kayıt sisteminin kullanılması; standartlaştırılmış tanımlamaların kullanılması; dâhili izlenebilirlik prosedürlerinin varlığı; dâhili bir izlenebilirlik yazılım sisteminin varlığı; teslimat noktasında izlenebilirlik prosedürlerinin varlığı; teslimat noktasında otomatik kayıt sisteminin kullanılması ve zincir izlenebilirliği için yazılım sisteminin varlığı. Karlsen vd. (2011), balık tedarik zincirinde izlenebilirlik sisteminin uygulanması için dört ana kriter tespit etmişler ve bir vaka çalışması aracılığıyla bu kriterlere göre izlenebilirlik uygulamasını değerlendirmişlerdir. Tespit edilen dört ana kriter; motivasyon, faydaların belirlenmesi, yatırımların belirlenmesi ve optimal çözümlerin geliştirilmesidir. Duan vd. (2017) ise Çin'deki gıda tedarik zincirinde izlenebilirlik sistemlerinin başarılı bir şekilde uygulanması için altı kritik başarı faktörünü ortaya koymuşlardır. Bunlar; kanunlar, düzenlemeler ve standartlar, devlet desteği, tüketici bilgi ve desteği, etkili yönetim ve iletişim, üst yönetimin, şirketin ve tedarikçinin desteği, bilgi ve sistem kalitesidir. Son olarak Haleem, Khan, & Khan (2019), gıda tedarik zincirinde izlenebilirliğin başarılı bir şekilde uygulanmasında önemli bir rol oynayan itici güçleri belirlemek ve aralarındaki nedensel ilişkileri ortaya çıkarmak için DEMATEL yöntemini kullanmışlar ve bu çalışmalarında 12 kriter üzerinde inceleme yapmışlardır.

Yukarıda bahsedilen ikinci gruptaki araştırmacılar ise TZİ'nin önündeki engelleri incelemişlerdir. Örneğin Regan vd. (2012), yazılım sistemlerinin izlenebilirliğinin önündeki engelleri kavramsal olarak incelemişler ve engelleri yönetsel, sosyal ve teknik konular olarak kategorize etmişlerdir. Bosona & Gebresenbet (2013), yaptıkları literatür araştırmasında gıda tedarik zincirinin izlenebilirliğiyle ilgili beş engel belirlemişlerdir. Bunlar; kaynak eksikliği, bilgi eksikliği, standart eksikliği, kapasite eksikliği ve farkındalık eksikliğidir. Mattevi & Jones (2016), izlenebilirliğin engelleri üzerine yaptıkları anket çalışmasında dokuz engel ortaya çıkarmışlardır. Bu engeller; maliyet, bilgi sınırlaması, kalifiye personel eksikliği, standardizasyon eksikliği, mevcut teknolojiler ve çerçeveler hakkında farkındalık ve bilgi eksikliği, çalışanların kurallara uymaması, izlenebilirliğin zaman alıcı bir eylem olması, veri aktarımında etik ve mahremiyet ile ilgili sorunlar ve izlenebilirlik sistemlerinde kullanılan bazı teknolojilerin tüketici sağlığı üzerindeki etkilerinin belirsiz olmasıdır. Gunawan, Vanany, & Widodo (2021), gıda ürünlerinin izlenebilirliğiyle ilgili karşılaşılan engelleri dört kategori altında toplamışlardır: Tedarikçi, girdi, süreç ve çıktı. Rombe vd. (2018), balık tedarik

zincirinin izlenebilirliğiyle ilgili bir vaka analizi gerçekleştirmişler ve beş engel belirlemişlerdir. Bunlar; kanunlar ve yönetmelikler, maliyet, altyapı, koordinasyon ve bilgidir. Aung & Chang (2014) ise gıda tedarik zincirinin izlenebilirliğiyle ilgili en büyük zorluklardan birinin şirketler arasındaki bilgi alışverişinde yaygın olarak manuel sistemlerin kullanımı olduğunu belirterek teknoloji konusuna dikkat çekmişlerdir. Yazarlar, standart bir sistemin olmamasının da izlenebilirliği zorlaştırdığını vurgulamışlardır. Ayrıca yazarlara göre, sadece bilginin sorunsuz değişimi ve üyeler arasındaki entegrasyon da yeterli olmamakta; aynı zamanda müşterinin istekliliği ve tedarikçilerin algıları da izlenebilirlik için önemli olmaktadır (Aung & Chang, 2014). Storøy, Thakur, & Olsen (2013), gıda tedarik zincirinde izlenebilirliğin gerçekleşmesinin önündeki üç önemli zorluğa dikkat çekmişlerdir. Bu zorluklar; ürünün tanımlanmasıyla ilgili sorunlar, üretim aşamasında yapılan her işlemin yeterince takip edilememesi ya da kayıt altına alınmaması ve bilgi değişiminde standardizasyon eksikliğidir (Storøy, Thakur, & Olsen, 2013). Dediu, Moga, & Cristea (2016), Romanya'da balıkçılık sektöründe yaptıkları anket çalışmasında izlenebilirlik önündeki en büyük engellerin, politikalar konusundaki eksiklik, yönetim ve teknik personel eksikliği ve yüksek sistem uygulama maliyeti olduğunu bulmuşlardır.

3. Yöntem

3.1. DEMATEL Yöntemi

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan DEMATEL, karmaşık ve iç içe geçmiş problem gruplarının çözümü için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, kriterler arasındaki nedensel ilişkilerin tespit edilebilmesinde, kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesinde ve önceliklerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Yöntem sayesinde, kriterler arasındaki ilişkilerin gücü ve seviyesi sayısal olarak saptanmaktadır. Bunun yanında tüm kriterlerin, diğer kriterleri etkileyen bir kriter mi olduğu yoksa diğer kriterler tarafından etkilenen bir kriter mi olduğu da belirlenebilmektedir. Diğer kriterler üzerinde daha fazla etkisi olan ve yüksek önceliği bulunan kriterler, etkileyen kriterler yani sebep kriterleri; diğer kriterlerin daha fazla etkisi altında kalan ve düşük önceliği olan kriterler ise etkilenen kriterler yani sonuç kriterleri olarak adlandırılmaktadır. Diğer kriterleri etkileme gücü yüksek olan bir kriterin iyileştirilmesi diğer kriterlerin de otomatik olarak iyileşmesini sağlayacağından toplam iyileşme tek bir kritere göre daha yüksek olacaktır (Çelikkbilek, 2018). Sonuç olarak DEMATEL yöntemi, kriterler arasındaki birbirini etkileme durumunu ve birbirinden etkilenme derecesini belirleyerek ilişkileri açıklayıcı bir model ortaya koyabilmektedir (Ayçin, 2020).

Literatürde DEMATEL yönteminin farklı alanlardaki birçok çalışmaya konu olduğu görülmektedir. Örneğin; Ayçin & Özveri (2016), yalın üretim uygulamalarındaki israf türleri arasındaki ilişkiyi DEMATEL yöntemi ile analiz etmişlerdir. Singh, Singh, & Khamba (2021) ise yeşil-yalın uygulamaların önündeki engelleri DEMATEL yöntemiyle incelemişlerdir. Song, Zhu, & Zhao (2020), sürdürülebilir çevrimiçi tüketimin önündeki engellerin analiz edilmesinde bu yöntemi kullanmışlardır. Son olarak Potdar, Routroy, & Behera (2017), çevik üretim önündeki engelleri DEMATEL yöntemiyle test etmişlerdir.

DEMATEL yönteminin temel adımları aşağıda verilmektedir.

Adım 1: Direkt ilişki matrisinin oluşturulması

Bu aşamada, kriterler arasındaki ilişkilerin ölçülmesi amacıyla karar vericiler tarafından kriterler arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi yapılır. Bunun için her uzmana i kriterinin j kriterini hangi derecede etkilediği sorulmaktadır. Direkt ilişki matrisi Denklem 1'de gösterilmektedir. Kriterler arası ilişkilerin değerlendirilmesinde ise Tablo 1'de gösterilen beş seviyeden oluşan (0-4 ölçeği) ikili karşılaştırma ölçeği kullanılmaktadır (Çelikkbilek, 2018).

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & \cdots & d_{1j} & \cdots & d_{1n} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ d_{i1} & \cdots & d_{ij} & \cdots & d_{in} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ d_{n1} & \cdots & d_{nj} & \cdots & d_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Tablo 1: Dematel İkili Karşılaştırma Ölçeği

Sayısal Değeri	Etki Derecesi
0	Etki yok
1	Düşük Derecede Etkili
2	Orta Derecede Etkili
3	Yüksek Derecede Etkili
4	Çok Yüksek derecede Etkili

Kaynak: Çelikkbilek, Y. (2018). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri. Ankara: Nobel.

Adım 2: Direkt ilişki matrisinin normalizasyonu

Normalizasyon işlemi için matrisin satır ve sütun değerlerinin tek tek toplamları alınarak bu değerlerin en büyüğü kullanılmaktadır. Daha sonra D matrisinin tüm elemanları, bulunan bu değere bölünerek normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi ND elde edilmektedir (Çelikkbilek, 2018).

Adım 3: Toplam ilişki matrisinin oluşturulması

Normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi elde edildikten sonra Denklem 2 kullanılarak toplam ilişki matrisi T elde edilir. Bu eşitlikte birim matris I ile gösterilmektedir (Çelikkbilek, 2018).

$$T = ND(I - ND)^{-1} \quad (2)$$

Adım 4: Kriterler arasındaki ilişkilerin tespit edilmesi

Bu aşamada etkileyen ve etkilenen kriterlerin belirlenmesi için Denklem 3 ve Denklem 4 kullanılmaktadır. c , T matrisinin satır toplamını, r ise sütun toplamını vermektedir (Çelikkbilek, 2018).

$$c = [c_i]_{nx1} = \left[\sum_{j=1}^n t_{ij} \right]_{nx1} \quad (3)$$

$$r = [r_j]_{1xn} = \left[\sum_{i=1}^n t_{ij} \right]_{1xn} \quad (4)$$

Bu aşamada c ve r değerleri hesaplandıktan sonra $(c+r)$ ve $(c-r)$ değerleri de hesaplanır. Bu değerler, değişkenler arasındaki ilişkilerin belirlenmesine ve değişkenlerin etkileyen ve etkilenen olarak gruplanmasına imkân tanımaktadır. $(c+r)$ değeri, kriterlerin önem derecelerini belirlemeye yaramaktadır. Bu değeri yüksek olan değişkenin diğer değişkenler ile daha çok ilişkili olduğu, düşük olan değişkenin ise diğer değişkenler ile daha az ilişkili olduğu söylenebilmektedir. $(c-r)$ değeri ise kriterlerin etki durumlarının tespit edilmesinde kullanılmaktadır. $(c-r)$ değeri pozitif olan değişken etkileyen grupta yer alırken; $(c-r)$ değeri negatif olan değişken ise etkilenen grupta yer almaktadır (Ayçin, 2020; Çelikkbilek, 2018).

Adım 5: Etki diyagramının ve ilişki haritasının çizilmesi

Etki diyagramı çizilirken koordinat düzleminin yatay ekseninde $(c+r)$ değerleri, dikey ekseninde ise $(c-r)$ değerleri yer almaktadır. Etki diyagramının çizilebilmesi için öncelikle bir eşik değerin belirlenmesi gerekmektedir. Eşik değer, karar vericiler tarafından sezgisel olarak belirlenebileceği gibi toplam ilişki matrisinde yer alan değerlerin aritmetik ortalaması alınarak da hesaplanabilmektedir. Eşik değer belirlendikten sonra toplam ilişki matrisinde, bu değere eşit ya da bu değerden yukarısında olan hücre değerleri, kriterler arası ilişkileri ve bu ilişkilerin yönünü göstermektedir. (Ayçin, 2020; Çelikkbilek, 2018).

Adım 6: Kriter ağırlıklarının hesaplanması

Dematel yöntemi, daha çok kriterler arasındaki ilişkileri tanımlayarak bu ilişkiler arasındaki gücü ortaya koyabilmek amacıyla kullanılsa da bu yöntem aracılığıyla kriterlerin ağırlıkları da hesaplanabilmektedir. Kriter ağırlıkları, $(c+r)$ ve $(c-r)$ değerleri kullanılarak Denklem 5 yardımıyla hesaplanmaktadır. Daha sonra bu ağırlık değerleri Denklem 6 aracılığıyla normalize edilerek kriter öncelikleri belirlenmektedir (Altan, 2020).

$$w_i = \sqrt{(c+r)^2 + (c-r)^2} \quad (5)$$

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (6)$$

4. Uygulama

4.1. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, tedarik zinciri izlenebilirliğinin önündeki engelleri listelemek, bu engeller arasındaki ilişkileri ve etkileşimleri ortaya çıkarmak ve diğer engelleri etkileyen en kritik engelleri belirlemektir. TZİ'nin önündeki engelleri ve bu engellerin birbirleriyle ilişkilerini bilmek, kaynakların gerekli noktalara aktarılması konusunda yöneticilere kolaylık sağlayacaktır. Çünkü diğer engelleri etkileme özelliği olan bir engelde yapılacak iyileştirmeler, diğer engellerin de otomatik olarak iyileşmesini sağlayacağından toplam iyileşme daha yüksek olacaktır. Sonuç olarak, engeller arasındaki ilişkilerin açığa çıkartılması, bu engellerin ortadan kaldırılmasında önemli bir rol oynayacaktır.

4.2. Tedarik Zinciri İzlenebilirliğinin Önündeki Engellerin Belirlenmesi

İzlenebilirliğin uygulanmasının önündeki engelleri belirlemek için ilk önce kapsamlı bir literatür taraması yapılmış ve bu engeller Tablo 2'de listelenmiştir.

Tablo 2: Literatürde Yer Alan Tedarik Zinciri İzlenebilirliği Engeller Listesi

1-Maliyet	(Dediu, Moga, & Cristea, 2016; Mattevi & Jones, 2016; Regan vd., 2012; Rombe vd., 2018; Xue vd., 2007)	37-Çoklu kaynak kullanımı	(Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021)
2-Standardizasyon eksikliği	(Aung & Chang, 2014; Bosona & Gebresenbet, 2011; Mattevi & Jones, 2016; Morana, 2016; Storøy, Thakur, & Olsen, 2013)	38-Çok katmanlı tedarik	(Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021)
3-Ürünün uygun şekilde tanımlanmaması	(Storøy, Thakur, & Olsen, 2013).	39-Ön işleme yöntemi	(Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021)
4-Üretim aşamasında yapılan her işlemin yeterince takip edilememesi	(Storøy, Thakur, & Olsen, 2013).	40-Karıştırma işlemi	(Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021)
5-Koordinasyon	(Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021; Rombe vd., 2018)	41-Değişken kalite	(Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021)
6-Bilgi	(Rombe vd., 2018)	42-Çeşitli fiziksel durumlar	(Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021)
7-Kanunlar ve yönetmelikler	(Rombe vd., 2018)	43-Alternatif ırsak ve yakınsak süreçler	(Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021)
8-Altyapı eksikliği	(Rombe vd., 2018; Xue vd., 2007)	44-Dış kaynak kullanımı	(Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021)
9-Rehberlik eksikliği	(Regan vd., 2012)	45-Dinamik parti sınıflandırma	(Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021)
10-Yatırım getirisi	(Regan vd., 2012)	46-Parti tanımı	(Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021)

11-İzlenebilirliğin azalması	(Regan vd., 2012)	47-Kalitenin bozulması	(Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021)
12-Veri toplama	(Regan vd., 2012)	48-Karıştırma	(Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021)
13-Farklı paydaş bakış açıları	(Regan vd., 2012)	49-Parti ayırma	(Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021)
14-İç Politikalar	(Regan vd., 2012)	50-Yan ürünler	(Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021)
15-Gruplar arasında iletişim eksikliği	(Regan vd., 2012)	51-Müşteri talebi	(Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021)
16-Araçlarla ilgili sorunlar	(Regan vd., 2012)	52-İşlem modeli	(Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021)
17-Depolama ve versiyon belirleme	(Regan vd., 2012)	53-İzlenebilirliği ödemeye istekli müşteri	(Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021)
18-Karmaşıklık	(Regan vd., 2012)	54-Bilgi sınırlaması/bilgiye erişme zorluğu	(Mattevi & Jones, 2016)
19-Farklı aktörler arasında işbirliği zorluğu	(Morana, 2016)	55-Kalifiye personel eksikliği	(Mattevi & Jones, 2016)
20-Farklı ilgi alanları	(Morana, 2016)	56-Mevcut teknolojiler ve çerçeveler hakkında farkındalık ve bilgi eksikliği	(Mattevi & Jones, 2016)
21-KOBİ'lerde ve çok küçük işletmelerde entegrasyonun zor olması	(Morana, 2016)	57-Veri aktarımında etik ve mahremiyet ile ilgili sorunlar	(Mattevi & Jones, 2016)
22-Tedarik zincirindeki pozisyona göre görüşmelerde güçlük	(Morana, 2016)	58-İzlenebilirlik sistemlerinde kullanılan belirli teknolojilerin tüketici sağlığı üzerindeki etkilerinin belirsizlikleri	(Mattevi & Jones, 2016)
23-Bazı ortaklar arasında direnç	(Morana, 2016)	59-Çalışanların kurallara uymaması	(Mattevi & Jones, 2016)
24-Yetkinlik eksikliği	(Morana, 2016)	60-Zaman alıcı bir eylem olması	(Mattevi & Jones, 2016)
25-Kalite sertifikasyonunun veya yaklaşımının olmaması	(Morana, 2016)	61-Artan iş yükü	(Donnelly & Olsen, 2012)
26-Maliyet / fayda oranının ölçülmesinin zor olması	(Morana, 2016)	62-Teknik personel ve yönetim eksikliği	(Dediu, Moga, & Cristea, 2016)
27-Yüksek maliyet ve aktörler arasında maliyetleri paylaşmanın zorluğu	(Morana, 2016)	63-Tek tip olmayan piyasa standardı	(Dediu, Moga, & Cristea, 2016)
28-Bireysel eylemlerin olmaması (eğitim, yönetimden destek, çalışma grupları)	(Morana, 2016)	64-Yönetim sürecinin değişmesinin zorluğu	(Dediu, Moga, & Cristea, 2016)
29-Toplu eylemlerin olmaması (ortaklık, aktörler konsorsiyumu, profesyonel eylemlere katılım)	(Morana, 2016)	65-İş süreci değişiminin zorluğu	(Dediu, Moga, & Cristea, 2016)

30-Bilgisayar araçlarının yokluğu	(Morana, 2016)	66-İlgili politikaların eksikliği	(Dediu, Moga, & Cristea, 2016)
31-Sistemler arasında birlikte çalışabilirlik sorunu	(Morana, 2016)	67-Gelecekteki kazançların belirsizliği	(Dediu, Moga, & Cristea, 2016)
32-Bazı seçeneklerin geri çevrilemezliği	(Morana, 2016)	68-Kaynak eksikliği	(Bosona & Gebresenbet, 2013)
33-Veri hacmini işlemede zorluk	(Morana, 2016)	69-Bilgi eksikliği	(Bosona & Gebresenbet, 2013)
34-Verilerin mülkiyeti sorunu	(Morana, 2016)	70-Kapasite eksikliği	(Bosona & Gebresenbet, 2013)
35-Güven	(Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021)	71-Farkındalık eksikliği	(Bosona & Gebresenbet, 2013)
36-Dolaylı satışlar	(Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021)	72-Bilgi alışverişinde manuel sistemlerin kullanımı	(Aung & Chang, 2014).

Engeller listelendikten sonra, bu engellerin açıklamaları incelenmiş ve tekrar eden engeller listeden çıkartılmış; bazı engeller ise birleştirilmiştir. En son aşamada ise üç akademisyen ve iki yöneticinin görüşleri alınarak analizde kullanılacak engeller belirlenmiştir. Seçilen engeller Tablo 3'te görülmektedir.

Tablo 3: Araştırmada Kullanılan Engeller

1	Maliyet artışı	(Bosona & Gebresenbet, 2013; Dediu, Moga, & Cristea, 2016; Mattevi & Jones, 2016; Regan vd., 2012; Rombe vd., 2018; Xue vd., 2007)
2	Standardizasyon eksikliği	(Morana, 2016; Mattevi & Jones, 2016; Bosona & Gebresenbet, 2013; Aung & Chang, 2014; Storøy, Thakur, & Olsen, 2013)
3	Bilgiye erişme zorluğu	(Bosona & Gebresenbet, 2013, s. 39; Mattevi & Jones, 2016; Regan vd., 2012; Rombe vd., 2018)
4	Kalifiye personel eksikliği	(Bosona & Gebresenbet, 2013; Dediu, Moga, & Cristea, 2016; Mattevi & Jones, 2016)
5	Farkındalık eksikliği	(Bosona & Gebresenbet, 2013)
6	Kurum içi/kurum dışı koordinasyon ve iş birliği eksikliği	(Morana, 2016; Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021; Rombe vd., 2018; Regan vd., 2012)
7	Rehberlik eksikliği	(Regan vd., 2012)
8	Veri yönetimi zorluğu	(Morana, 2016; Regan vd., 2012)
9	Kanun ve yönetmelikler konusundaki eksiklikler	(Dediu, Moga, & Cristea, 2016; Rombe vd., 2018)
10	Üyeler arasında güven sorunu	(Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021)
11	Teknolojik altyapı eksikliği	(Morana, 2016; Regan vd., 2012; Rombe vd., 2018; Xue vd., 2007)
12	Artan iş yükü ve karmaşıklık	(Donnelly & Olsen, 2012; Mattevi & Jones, 2016; Regan vd., 2012)
13	Gelecekteki kazançların belirsizliği	(Dediu, Moga, & Cristea, 2016; Morana, 2016; Regan vd., 2012)
14	Bazı üyeler arasındaki direnç	(Morana, 2016; Regan vd., 2012)
15	Veri aktarımında etik ve mahremiyetle ilgili sorunlar	(Morana, 2016; Mattevi & Jones, 2016)
16	Talep yetersizliği	(Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021)

17	Yönetim eksikliği	(Dediu, Moga, & Cristea, 2016)
18	İş süreçlerini değiştirmenin zorluğu	(Dediu, Moga, & Cristea, 2016)

Bu çalışmada ele alınan TZİ engelleri aşağıda kısaca açıklanmaktadır.

Maliyet: Bir izlenebilirlik sistemi kurmanın ve yönetmenin neden olduğu maliyetleri şu şekilde sıralamak mümkündür (Xue vd., 2007):

- Sistemin tasarımı ve kurulumu maliyeti
- Gerekli ekipmanı satın alma maliyeti (örneğin bilgisayar, barkod tarayıcıları)
- Bilginin depolanması ve düzenlenmesi maliyeti
- Eğitim ve öğretim maliyeti
- Sistem güvenilirliğini sağlamak için üçüncü bir tarafça yapılan inceleme ve denetleme maliyeti.

Standardizasyon eksikliği: Farklı işletmelerin bilgi alışverişinde farklı standartları kullanmaları, izlenebilirliğin başarılı bir şekilde uygulanmasını engellemektedir (Bosona & Gebresenbet, 2013). Bu yüzden, verilerin paylaşımını kolaylaştırmak için uluslararası standartlar gereklidir. Standartlar ile mesajların oluşturulması, verilerin toplanması, gönderilmesi ve alınması ile ilgili farklılıklar ortadan kaldırılabılır. Ayrıca mesajlardaki verilerin tanımlanması, ölçülmesi ve yorumlanması konusundaki belirsizlikler de bu standartlar sayesinde netlik kazanacaktır (Storøy, Thakur, & Olsen, 2013).

Bilgiye erişme zorluğu: Bir izlenebilirlik sisteminin etkinliği, güvenlik ve kalite ile ilgili bilgileri toplama yeteneğine bağlıdır. Fakat izlenebilirlik için gerekli olan bilgiyi yeterli düzeyde ve zamanında elde etmek çoğu zaman oldukça zordur. Bu zorluğun nedenlerinden bazıları şunlardır:

- Ürünlerin zamanında paketlenmemesi: Tedarik zincirinin erken aşamasında ürünler paketlenmediğinde bazı bilgilere erişmek zorlaşmaktadır. Etiketleme ve paketleme, izlenebilirliğin ve bilgi akışının sağlanabilmesi için temel gerekliliklerden biridir. Bununla birlikte özellikle taze gıda ürünleri söz konusu olduğunda, müşteriler paketlenmemiş ürün satın almak istemektedirler. Bu gibi durumlarda izlenebilirlik için bilgi akışının gerçekleştirilmesi zorlaşmaktadır (Bosona & Gebresenbet, 2013).
- Çok kaynak kullanımı: Bazı işletmeler gerekli hammadde ve malzemeleri birden fazla kaynaktan tedarik etmektedirler. Ayrıca ana hammadde ve malzeme tedarikçileri de genellikle birbirinden farklıdır. Fazla sayıda kaynak kullanımı, izlenebilirlik sisteminin geriye dönük izleme doğruluğunu düşürebilmektedir (Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021).
- Çok katmanlı tedarik: Ürünler ilgili işletmeye gelmeden önce toptancı, komisyoncu ve yerel tüccar gibi birkaç farklı ticaret katmanından geçebilmektedirler. Fakat çok sayıda katmanın olması, daha fazla bilgi kaybına neden olacaktır (Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021).

- Karıştırma süreci: Bazı ürünler, karıştırma ve harmanlama gerektiren süreçlerden geçmektedirler. Bu karıştırma ve harmanlama işlemi, bazı malzemelerin geçmiş bilgilerinin kaybolmasına neden olabilmektedir (Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021).
- Dış kaynak kullanımı: İşletmeler, üretim kapasitelerinin yeterli olmamasından ya da üretim maliyetlerini düşürmek istemeleri nedeniyle üretimi başka yerde yaptırma yoluna başvurabilmektedirler. Üçüncü partiler tarafından sağlanan bu ürünler veya hizmetler, izlenebilirlik sisteminin karmaşıklığını artırabilecek ve gerekli bilgilerin kaybolmasına neden olabileceklerdir (Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021).

Kalifiye personel eksikliği: İzlenebilirliği etkili bir şekilde uygulamak ve yönetmek için yeterli beceriye sahip çalışanlara ihtiyaç bulunmaktadır (Bosona & Gebresenbet, 2013). İzlenebilirlikte insan faktörü, özellikle yeni teknolojileri kullanabilme ve yaşanan değişikliklere uyum sağlayabilme noktasında önemli bir rol oynamaktadır.

Farkındalık eksikliği: İzlenebilirliğin ekstra yük olarak görülmesi, faydalarının tam olarak anlaşılmasında ve zincir üyelerinin izlenebilirlik sistemine katılma konusunda tereddüt etmeleri farkındalık eksikliğinden kaynaklanan problemler olarak görülmektedir. Örneğin Liao vd. (2011), gelişmekte olan ülkelerde izlenebilirliği uygulamaya koymanın farkındalık eksikliği nedeniyle kolay bir iş olmadığını belirtmişlerdir. Yazarlar, 2004 yılında Tayvan hükümeti tarafından başlatılan Tayvan Tarım ve Gıda İzlenebilirlik Programının, çiftçilerin izlenebilirlik programına ilişkin farkındalıklarının olmaması nedeniyle başarısızlıkla sonuçlandığını tespit etmişlerdir.

Kurum içi/kurum dışı koordinasyon ve işbirliği eksikliği: Koordinasyon eksikliği, genellikle yanlış bilgilerin ortaya çıkmasına veya izlenebilirlikle ilgili bilgilerin kaybolmasına yol açmaktadır (Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021). Çünkü TZİ, tek bir departman ya da tek bir işletme tarafından gerçekleştirilebilecek bir uygulama değildir. Bu yüzden gerek farklı departmanlar gerekse tedarik zincirinin diğer üyeleri arasındaki bağlantılar izlenebilirliğin ön koşulunu oluşturmaktadırlar (Morana, 2016).

Rehberlik eksikliği: İzlenebilirlik uygulamalarına yardımcı olacak bir rehberin bulunmaması, uygulayıcıların bu görevi en iyi nasıl gerçekleştirecekleri konusunda zorlanmalarına neden olmaktadır (Regan vd., 2012). Öncelikli olarak nelerin izlenmesi, nasıl izlenmesi ve hangi ayrıntı düzeyinde izlenmesi gerektiğine dair bir kılavuz, işletmelerin bu konuda daha başarılı olmalarını sağlayacaktır.

Veri yönetimi zorluğu: Yazılım sistemlerinin ve veri tabanlarının geliştirilmesiyle beraber daha büyük miktarlarda verilerin toplanması mümkün hale gelmiştir. Fakat tüm olası verilerin toplanması, veri yönetimini güçleştirmektedir. İzlenebilirlik için verilerin ilk olarak tanımlanması ve sınıflandırılması gerekmektedir. Daha sonra veriler, ihtiyaçlara göre dönüştürülmekte ve düzenlenmektedir ki bu işlem büyük zaman ve çaba gerektirmektedir (Folinas, Manikas, & Manos, 2006).

Kanunlar ve yönetmelikler konusundaki eksiklikler: Kanunlar ve yönetmeliklerle, izlenebilirliğin uygulanabilmesi için gereken standart sağlanabilir. Kanunlarla oluşturulabilecek etkili bir izlenebilirlik sistemi, tüketicilerin sağlığını ve güvenliğini korumak için gereklidir (Aung & Chang, 2014).

Üyeler arasında güven sorunu: Güven, bir tarafın diğerinden yararlanacağı düşüncesini ortadan kaldırmaktadır. Bu nedenle işletmeler arasında sağlanan güven, izlenebilirlik sisteminde önemli bir rol oynayan bilgi paylaşımını artıracaktır (Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021).

Teknolojik altyapı eksikliği: İzlenebilirlik sistemlerinin etkinliği, bilginin kaydedilmesine önemli ölçüde bağlıdır. Bu yüzden bilginin kaydedilmesi ve diğer üyelere aktarılması için güvenilir mekanizmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu mekanizmalar sayesinde bilgiler toplanır, güncellenir ve paylaşılır. İzlenebilirlik için kâğıt hala daha ucuz bir seçenek olarak düşünülse de kayıt yapma ve paylaşma yeteneğini sınırlandırmaktadır (Aung & Chang, 2014). Ayrıca manuel uygulamalarda verinin tekrar kullanılması pek mümkün değildir. Bu durum verinin tedarik zinciri boyunca defalarca kaydedilmesine yol açar ki bu da hata yapma riskini artıracaktır (Storøy, Thakur, & Olsen, 2013). Bunun yanında bilgi ve iletişim teknolojileri, izlenebilirlik sistemlerinin gelişmesini hızlandırabilmektedir. Radyo frekanslı tanımlama (RFID), hızlı yanıt kodu ve blokzincir gibi teknolojiler izlenebilirliği desteklemektedirler (Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021).

Artan karmaşıklık ve iş yükü: İzlenebilirliğin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için karmaşık olan ve zaman alan şu tür görevlerin yerine getirilmesi gerekmektedir:

- İzlenebilirliğin hem işletme içinde hem de tüm zincir boyunca sağlanması
- Hem ileriye dönük hem de geriye dönük olarak izlenebilirlik sisteminin kurulması
- Var olan izlenebilirlik sisteminin yeni verileri kolayca barındıracak şekilde genişletilebilmesi (Bosona & Gebresenbet, 2013).

Yukarıda sayılanlar dışında, tedarik zinciri ortakları arasında izlenebilirlikle ilgili maliyetlerin ve faydaların paylaşılması için de fazladan bir çabaya ihtiyaç duyulmaktadır (Bosona & Gebresenbet, 2013). Özellikle izlenebilirlik sistemini ilk kez uygulayan işletmeler için bu durum çok fazla iş yüküne neden olmaktadır. Donnelly & Olsen (2012), izlenebilirlikle ilgili balıkçılık sektöründe yaptıkları vaka çalışmasında, çalışanların iş yükünün özellikle kalite kontrol ve belge işlemeyle ilgili bazı alanlarda arttığını tespit etmişlerdir (Donnelly & Olsen, 2012).

Gelecekteki kazançların belirsizliği: Çeşitli izlenebilirlik tekniklerinin, yöntemlerinin ve araçlarının etkinliğini ölçmek zordur. Bunun nedeni, izlenebilirlikle ilgili elde edilen yararların bir kısmının hemen ortaya çıkmamasıdır. Hatta çoğu zaman bu yararlar, ürünün teslimatından sonra ya da ürünün bakımı sırasında görülmektedir (Dediu, Moga, & Cristea, 2016). Kazançların çoğu zaman uzun vadede görülmesi ve bu kazançların ölçülmesinin zor olması, işletmelerin izlenebilirliğe yönelme eğilimini de azaltacaktır.

Bazı üyeler arasındaki direnç: Kurum içi ya da kurum dışındaki bazı üyeler, izlenebilirliğin gereksiz ya da düşük öncelikli bir uygulama olduğunu görüşünü taşıyabilirler. Ayrıca izlenebilirlik için gerekli bilgilerin ve uygulamaların sürekli olarak kayıt altına alınması nedeniyle çalışanlar, izlendiklerini düşünebilirler ve bu olasılık izlenebilirliğe karşı direnci artırabilir (Dediu, Moga, & Cristea, 2016).

Veri aktarımında etik ve mahremiyetle ilgili sorunlar: İzlenebilirlikle ilgili en büyük endişelerden biri de verilerin korunması ve gizliliğidir. İşletmeler bilginin hassas doğası gereği, veri güvenliği konusunda endişe duymakta ve bu yüzden bilgileri paylaşma konusunda isteksiz olmaktadır (Gunawan, Vanany, & Widodo, 2020).

Talep yetersizliği: Tüketiciler çoğu zaman ürünün özelliklerine ve fiyatına önem vermektedirler. İstenilen ürün özellikleri karşılandığı sürece çoğu tüketici izlenebilirlikle ilgilenmemektedir. Bunun yanında izlenebilirlik sistemlerinde kullanılan bazı teknolojilerin insan sağlığı üzerindeki etkileri konusundaki tüketici kaygıları, izlenebilirliğe mesafeli yaklaşılması sonucunu doğurabilir. Tüm bunlar işletmelerin ya da endüstrilerin izlenebilirlik sistemi kurmak zorunda kalmamasına neden olmaktadır (Gunawan, Vanany, & Widodo, 2021).

Yönetim eksikliği: Yönetim tarafından çalışanların yeteri kadar teşvik edilmemesi, gerekli çalışma ortamının oluşturulmaması, gerekli eğitimlerin verilmemesi ve yeterince bilgilendirme yapılmaması izlenebilirliğin zayıflamasına neden olacaktır. Bütün yeni uygulamalarda olduğu gibi izlenebilirlik konusunda da üst yönetimin desteği ve süreci iyi yönetebilmesi oldukça önemlidir. Çünkü üst yönetim, çalışanları etkileme konusunda önemli bir güce sahiptir. İzlenebilirliğin sağlanabilmesi için yeni standartların ve politikalarının belirlenmesi, bazı süreçlerin yeniden oluşturulması ve belki de kültürün değişmesi gerekebilir. Bu nedenle üst yönetimin bu süreci etkin bir şekilde yönetmesi TZİ'yi kolaylaştıracaktır.

İş süreçlerini değiştirmenin zorluğu: İzlenebilirlik sistemlerinin kurulmasıyla birlikte çalışanların iş yapma biçimlerinin değişmesi ve bu değişikliklerin getirdiği zorluklar TZİ'nin başarısını etkileyecektir. Çalışana yeni görevlerin verilmesi ya da işletmede yeni yazılımların/teknolojilerin kullanılmaya başlanması bu duruma örnek gösterilebilir.

4.3. DEMATEL Yönteminin Uygulanması

Engellerin belirlenmesinin ardından, bu engeller arasındaki nedensel ilişkilerin daha iyi anlaşılması ve diğer kriterleri etkileyen en kritik kriterlerin belirlenebilmesi için DEMATEL yöntemi kullanılmıştır. Bunun için söz konusu 18 engelin bulunduğu anket, kolayda örnekleme yoluyla seçilen 20 işletmeye uygulanmıştır. Her işletmeden bir kişiyle görüşme gerçekleştirilmiştir. Ankete cevap veren 20 kişiden 6'sı genel müdür, 5'i işletme sahibi, 3'ü üretim müdürü, 3'ü lojistik yöneticisi, 2'si tedarik zinciri yöneticisi ve 1'i satın alma yöneticisidir. Ankete cevap veren işletmelerin sektörlerine bakıldığında 6'sının gıda, 5'inin otomotiv yan sanayi, 3'ünün kimya, 3'ünün elektrik-elektronik, 2'sinin makine ve 1'inin tekstil sektöründe faaliyet gösterdiği görülmektedir. Araştırmada incelenen 18 engel için kullanılan kodlar Tablo 4'te listelenmiştir.

Tablo 4: Engeller için Kullanılan Kodlar

K1	Maliyet artışı	K10	Güven sorunu
K2	Standardizasyon eksikliği	K11	Teknolojik altyapı eksikliği
K3	Bilgi erişme zorluğu	K12	Artan iş yükü
K4	Kalifiye personel eksikliği	K13	Gelecekteki kazançların belirsizliği
K5	Farkındalık eksikliği	K14	Bazı üyeler arasındaki direnç
K6	Kurum içi/kurum dışı koordinasyon ve işbirliği eksikliği	K15	Veri aktarımında etik ve mahremiyetle ilgili sorunlar
K7	Rehberlik eksikliği	K16	Talep Yetersizliği
K8	Veri yönetimi zorluğu	K17	Yönetim eksikliği
K9	Kanun ve yönetmelikler konusundaki eksiklikler	K18	İş süreçlerini değiştirmenin zorluğu

1. Aşama: Direkt ilişki matrisinin oluşturulması

Araştırmaya katılan 20 katılımcıya beş seviyeden oluşan (0-4 ölçeği) ikili karşılaştırma ölçeği sunularak her bir kriterin diğer kriterler üzerindeki etkisinin derecesi belirlenmiştir. Değerlendirme kriterlerinin karşılaştırılmasında birden fazla sayıda karar verici kullanıldığı için her bir karar vericinin birbirinden bağımsız olarak oluşturduğu karar matrislerinin aritmetik ortalaması alınarak direkt ilişki matrisi oluşturulmuştur (Tablo 5).

Tablo 5: Direkt İlişki Matrisi

Engeller	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18
K1	0	0,65	0,8	1,7	0,85	0,9	0,4	0,95	0,05	0,35	2,05	1,9	2,8	3,7	0,3	2,7	1,35	0,7
K2	3,1	0	3,5	0,2	0,6	2,8	1,55	2,8	0	1,85	0,6	3,25	0,55	2,1	2,35	0,7	2	2,2
K3	2,8	0,45	0	0,35	1,05	1,3	1,15	1,95	0,25	1,4	0,7	2,95	2,15	2,4	1	1,15	2,45	2,5
K4	3	1,55	1,8	0	2,2	1,2	1,8	3,1	0,15	0,7	1,5	2,9	1,35	0,9	0,55	1,8	2,35	3,2
K5	0,8	2,75	2,1	2,75	0	1,7	1,4	0,85	2,5	0,75	3	1	0,55	3,35	0,75	3,7	3,2	2,15
K6	2,05	2,95	3,65	0,6	1,15	0	1,95	1,95	0,65	2,75	1,35	2,65	1	2	2,95	1,85	1,55	0,95
K7	3,55	2,9	2,4	2,1	2,4	1,85	0	2,4	0,4	1,55	3,05	3,5	2,35	2,85	1,55	1,6	3,1	2,65
K8	1,55	0,7	2,15	0,65	0,6	0,7	0,45	0	0,2	0,85	0,5	2,7	2,1	2,4	0,7	0,5	2,25	1,3
K9	2,5	3,7	2,9	1,1	2,8	0,65	2,9	1,4	0	0,4	1,55	2	0,8	3	3,05	2,75	2,7	0,7
K10	1,05	0,95	3,1	0,5	0,5	3,7	0,6	0,55	0,25	0	0,6	1,2	0,95	2,75	3,75	3,7	1,15	1,25
K11	2,9	2,25	3,6	1,25	0,6	3,05	1,1	3,45	1,1	0,6	0	3,55	1,45	2,65	0,9	0,5	1,85	1,15
K12	2,3	0,4	1,85	0,5	0,65	0,85	0,3	2,5	0,3	0,4	1	0	0,95	3,1	0,65	0,45	1,6	2,3
K13	1,85	0,75	0,45	2,15	0,4	0,65	1,5	0,6	0,3	0,55	2,75	0,5	0	3,65	0,25	0,3	0,8	1,15
K14	2,1	1,3	2,75	0,5	1,1	1,85	1,25	2,35	0,4	2,05	2,15	1,7	1,35	0	0,7	1,55	1,8	3,3
K15	1,15	0,7	3,5	0,75	0,9	2,8	0,55	1,1	0,35	3,65	0,8	0,6	0,95	2,75	0	3,55	1,75	0,5
K16	0,8	2,35	0,9	2,05	2,25	1,3	1,95	0,45	2,45	0,9	2,6	0,45	3,55	3,8	0,5	0	2,75	1,25
K17	3,2	1,8	3,1	3,6	3,5	2,85	3,45	2,8	0,35	1,7	3,35	3,5	1,55	2,85	1,85	0,9	0	2,9
K18	0,8	0,7	0,75	0,6	0,35	0,4	0,35	0,85	0,4	0,45	1,45	2,25	1,9	3,65	0,95	0,55	1,9	0

2.Aşama: Direkt ilişki matrisinin normalizasyonu

Tablo 5'te görülen direkt ilişki matrisi, uygulamanın ikinci adımı olan normalizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Bunun için matristeki tüm değerler, satır ya da sütun toplamının en büyüğüne bölünerek normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi elde edilmiştir. Bu matris Tablo 6'da görülmektedir.

Tablo 6: Normalize Edilmiş Direkt İlişki Matrisi

Engeller	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18
K1	0	0,01357	0,016701	0,035491	0,017745	0,018789	0,008351	0,019833	0,001044	0,007307	0,042797	0,039666	0,058455	0,077244	0,006263	0,056367	0,028184	0,014614
K2	0,064718	0	0,073069	0,004175	0,012526	0,058455	0,032359	0,058455	0	0,038622	0,012526	0,06785	0,011482	0,043841	0,049061	0,014614	0,041754	0,054929
K3	0,058455	0,00939	0	0,007307	0,021921	0,02714	0,024008	0,04071	0,005219	0,029228	0,014614	0,061587	0,044885	0,050104	0,020877	0,024008	0,051148	0,052192
K4	0,06263	0,03236	0,037578	0	0,054929	0,025052	0,037578	0,064718	0,003132	0,014614	0,031315	0,060543	0,028184	0,018789	0,011482	0,037578	0,049061	0,066806
K5	0,016701	0,05741	0,043841	0,057411	0	0,035491	0,029228	0,017745	0,052192	0,015658	0,06263	0,020877	0,011482	0,069937	0,015658	0,077244	0,066806	0,044885
K6	0,042797	0,06159	0,0762	0,012526	0,024008	0	0,04071	0,04071	0,01357	0,057411	0,028184	0,055324	0,020877	0,041754	0,061587	0,038622	0,032359	0,019833
K7	0,074113	0,06054	0,050104	0,043841	0,050104	0,038622	0	0,050104	0,008351	0,032359	0,063674	0,073069	0,049061	0,059499	0,032359	0,033403	0,064718	0,055324
K8	0,032359	0,01461	0,044885	0,01357	0,012526	0,014614	0,009395	0	0,004175	0,017745	0,010438	0,056367	0,043841	0,050104	0,014614	0,010438	0,046973	0,02714
K9	0,052192	0,07724	0,060543	0,022965	0,058455	0,01357	0,060543	0,029228	0	0,008351	0,032359	0,041754	0,016701	0,06263	0,063674	0,057411	0,056367	0,014614
K10	0,021921	0,01983	0,064718	0,010438	0,010438	0,077244	0,012526	0,011482	0,005219	0	0,012526	0,025052	0,019833	0,057411	0,078288	0,077244	0,024008	0,026096
K11	0,060543	0,04697	0,075157	0,026096	0,012526	0,063674	0,022965	0,072025	0,022965	0,012526	0	0,074113	0,030271	0,055324	0,018789	0,010438	0,038622	0,024008
K12	0,048017	0,00835	0,038622	0,010438	0,01357	0,017745	0,006263	0,052192	0,006263	0,008351	0,020877	0	0,019833	0,064718	0,01357	0,009395	0,033403	0,048017
K13	0,038622	0,01566	0,009395	0,044885	0,008351	0,01357	0,031315	0,012526	0,006263	0,011482	0,057411	0,010438	0	0,0762	0,005219	0,006263	0,016701	0,024008
K14	0,043841	0,02714	0,057411	0,010438	0,022965	0,038622	0,026096	0,049061	0,008351	0,042797	0,044885	0,035491	0,028184	0	0,014614	0,032359	0,037578	0,068894
K15	0,024008	0,01461	0,073069	0,015658	0,018789	0,058455	0,011482	0,022965	0,007307	0,0762	0,016701	0,012526	0,019833	0,057411	0	0,074113	0,036534	0,010438
K16	0,016701	0,04906	0,018789	0,042797	0,046973	0,02714	0,04071	0,009395	0,051148	0,018789	0,05428	0,009395	0,074113	0,079332	0,010438	0	0,057411	0,026096
K17	0,066806	0,03758	0,064718	0,075157	0,073069	0,072025	0,058455	0,007307	0,035491	0,069937	0,073069	0,032359	0,059499	0,038622	0,018789	0	0,060543	0,026096
K18	0,016701	0,01461	0,015658	0,012526	0,007307	0,008351	0,007307	0,017745	0,008351	0,009395	0,030271	0,046973	0,039666	0,0762	0,019833	0,011482	0,039666	0

3. Aşama: Toplam etki matrisinin oluşturulması

Normalize edilmiş direkt ilişki matrisi, Denklem 2'den yararlanılarak toplam etki matrisine dönüştürülmüştür (Tablo 7).

Tablo 7: Toplam İlişki Matrisi

Engeller	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18
K1	0,046329	0,04553	0,064294	0,062947	0,044815	0,054333	0,037694	0,060541	0,015136	0,033977	0,0815	0,08477	0,09285	0,13494	0,030509	0,08533	0,070356	0,057226
K2	0,12245	0,03903	0,13574	0,03849	0,046845	0,10445	0,066262	0,10871	0,015034	0,076209	0,060218	0,1291	0,059782	0,12395	0,08416	0,059955	0,09695	0,0981
K3	0,10778	0,04414	0,054627	0,039915	0,051985	0,067062	0,054782	0,08418	0,01912	0,059172	0,059294	0,11293	0,08513	0,12041	0,050305	0,061313	0,09765	0,09734
K4	0,12108	0,07298	0,09964	0,038098	0,08035	0,071195	0,07296	0,11549	0,020559	0,048887	0,08191	0,12345	0,076776	0,10254	0,045568	0,0794	0,10601	0,11921
K5	0,09167	0,1098	0,12219	0,09948	0,0471	0,09337	0,077386	0,08377	0,07224	0,059081	0,12113	0,09891	0,068175	0,16187	0,059794	0,12619	0,1347	0,10993
K6	0,10781	0,1033	0,14587	0,049895	0,0617	0,055551	0,078687	0,09669	0,030837	0,09759	0,07932	0,12176	0,071859	0,12863	0,10041	0,08814	0,09426	0,078339
K7	0,15404	0,1139	0,1364	0,09191	0,09601	0,10328	0,050078	0,12169	0,030643	0,07989	0,12896	0,15704	0,11087	0,16709	0,078718	0,09159	0,13921	0,12748
K8	0,073532	0,04071	0,08638	0,038415	0,036598	0,046681	0,034746	0,036646	0,014445	0,041939	0,045273	0,09709	0,074501	0,10399	0,037616	0,039251	0,08315	0,065102
K9	0,12682	0,1276	0,14026	0,0687	0,10296	0,075469	0,10568	0,09503	0,021902	0,055848	0,09453	0,11901	0,074944	0,15982	0,10514	0,11222	0,12748	0,0831
K10	0,075129	0,05862	0,1234	0,041979	0,043793	0,11968	0,047369	0,058042	0,022106	0,038932	0,057418	0,07932	0,063853	0,12909	0,10959	0,11766	0,076173	0,073445
K11	0,12497	0,0882	0,14185	0,061518	0,049725	0,11062	0,06143	0,12741	0,037827	0,05187	0,050866	0,141	0,07977	0,1384	0,056786	0,05599	0,09809	0,08202
K12	0,08633	0,03454	0,07965	0,034055	0,036458	0,048232	0,030333	0,08561	0,01643	0,032435	0,053856	0,04322	0,052258	0,11642	0,035552	0,037965	0,07026	0,08324
K13	0,078886	0,04347	0,052708	0,066725	0,031746	0,04561	0,054455	0,049978	0,016427	0,034584	0,08882	0,054084	0,031004	0,12389	0,02728	0,034653	0,053737	0,060659
K14	0,09922	0,06331	0,11614	0,044132	0,055123	0,08299	0,059662	0,09672	0,02397	0,075091	0,08968	0,09569	0,073331	0,078286	0,049169	0,072506	0,09054	0,1165
K15	0,077768	0,05411	0,13111	0,04806	0,05239	0,10334	0,047199	0,06892	0,024259	0,10935	0,06198	0,068817	0,064208	0,12915	0,036378	0,11533	0,08813	0,060164
K16	0,0852	0,0971	0,09083	0,08322	0,08673	0,07995	0,08384	0,069053	0,068406	0,057588	0,10989	0,07944	0,11999	0,16236	0,050357	0,048047	0,1179	0,08603
K17	0,15414	0,0985	0,15758	0,12446	0,12159	0,12737	0,12158	0,1359	0,031889	0,0871	0,13976	0,16504	0,10007	0,17436	0,08885	0,08478	0,08576	0,13902
K18	0,055397	0,03948	0,056659	0,035024	0,029577	0,038977	0,030921	0,052189	0,017963	0,032494	0,06155	0,0845	0,06715	0,12319	0,040386	0,037384	0,072963	0,035706

4. Aşama: Etkileyen-Etkilenen değişkenlerin ve kriter ağırlıklarının belirlenmesi

Bu aşamada Denklem 3 ve Denklem 4 yardımıyla c ve r değerleri hesaplanmış, ardından c+r ve c-r değerleri bulunmuştur. Kriter ağırlıklarının belirlenmesi için ise Denklem 5 ve Denklem 6'dan yararlanılmıştır. Hesaplanan bu değerler Tablo 8'de gösterilmektedir.

Tablo 8: Etkileyen-Etkilenen Gruplar ve Kriter Ağırlıkları

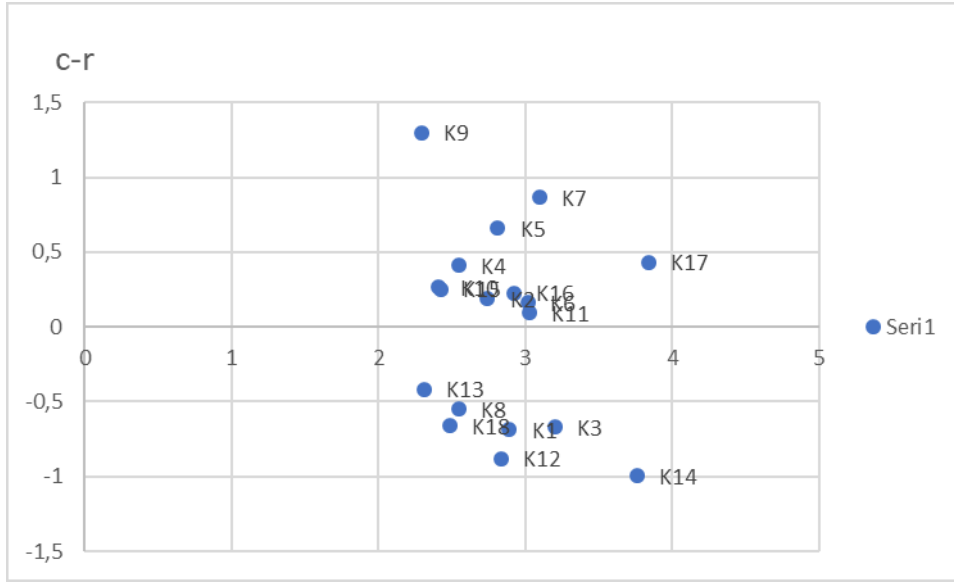
	ci	ri	ci+ri	ci-ri		w	Kriter Ağırlıkları (W)
K1	1,103078	1,788547	2,891625	-0,68547	Etkilenen	2,971761	0,056717
K2	1,465446	1,276438	2,741884	0,189008	Etkileyen	2,74839	0,052454
K3	1,267134	1,935328	3,202462	-0,66819	Etkilenen	3,271429	0,062436
K4	1,476116	1,067018	2,543134	0,409099	Etkileyen	2,575829	0,049161
K5	1,73681	1,075495	2,812305	0,661315	Etkileyen	2,889013	0,055138
K6	1,590667	1,428149	3,018816	0,162518	Etkileyen	3,023187	0,057699
K7	1,978796	1,115071	3,093867	0,863725	Etkileyen	3,212169	0,061306
K8	0,996062	1,546566	2,542629	-0,5505	Etkilenen	2,601541	0,049651
K9	1,796555	0,499195	2,29575	1,29736	Etkileyen	2,63697	0,050328
K10	1,335605	1,072036	2,407641	0,263569	Etkileyen	2,422025	0,046225
K11	1,558364	1,465963	3,024327	0,092401	Etkileyen	3,025738	0,057747
K12	0,976843	1,855168	2,83201	-0,87832	Etkilenen	2,965086	0,05659
K13	0,948718	1,366604	2,315322	-0,41789	Etkilenen	2,352731	0,044903
K14	1,384065	2,378387	3,762452	-0,99432	Etkilenen	3,891622	0,074273
K15	1,340754	1,086271	2,427025	0,254483	Etkileyen	2,44033	0,046575
K16	1,575895	1,347712	2,923607	0,228182	Etkileyen	2,932498	0,055968
K17	2,137448	1,703312	3,84076	0,434137	Etkileyen	3,865218	0,073769
K18	0,9115	1,572596	2,484096	-0,6611	Etkilenen	2,57056	0,04906

Tablo 8'de gösterilen c+r değerlerine bakıldığında ilk üç sırada; yönetim eksikliği, bazı üyeler arasındaki direnç ve bilgiye erişme zorluğu gelmektedir. Zaten Tablo 7'de bu faktörlerin diğer kriterlerle ilişki içerisinde olduğu görülmektedir. Tablo 8'de yönetim eksikliği kriterinin c-r değeri incelendiğinde pozitif olduğu yani etkileyen grupta yer aldığı anlaşılmaktadır. Bununla birlikte bazı üyeler arasındaki direnç ve bilgiye erişme zorluğu kriterleri ise etkilenen grupta bulunmaktadır.

Tablo 8'de c-r değerlerine göre pozitif değere sahip olan standardizasyon eksikliği; kalifiye personel eksikliği; farkındalık eksikliği; kurum içi ve kurum dışı koordinasyon ve iş birliği eksikliği; rehberlik eksikliği; kanun ve yönetmelikler konusundaki eksiklikler; üyeler arasındaki güven sorunu; altyapı eksikliği; veri aktarımında etik ve mahremiyetle ilgili sorunlar; talep yetersizliği ve yönetim eksikliği kriterleri, etkileyen grupta yer almaktadırlar. Maliyet artışı, bilgiye erişme zorluğu, veri yönetimi zorluğu, artan iş yükü, gelecek kazançların belirsizliği, bazı üyeler arasındaki direnç, iş süreçlerini değiştirmenin zorluğu kriterleri ise etkilenen grupta yer almaktadır.

5. Aşama: Etki diyagramının çizilmesi

Etkilenen ve etkileyen kriterlerin daha net görülmesi ve anlaşılması için etki diyagramı çizilmiştir. Etki diyagramı çizilirken Tablo 8'de verilen c+r ve c-r değerlerinden faydalanılmıştır. Bu diyagramdaki yatay eksen c+r, dikey eksen ise c-r değerlerinden oluşmaktadır.



Şekil 1: Tedarik Zinciri İzlenebilirliği Engelleri Etki Diyagramı

Engellerin birbirleri arasındaki etkileşimi daha iyi görebilmek için ilişki haritasının çizilmesi gerekmektedir. Fakat bu çalışmada çok sayıda kriter olması ve bu kriterlerin birbirleri ile çok sayıda ilişkisinin bulunmasından dolayı kriterlerin birbirini etkileme durumunu gösteren ilişki haritası çizilememiştir. Fakat bu ilişkiler, Tablo 7’de yer alan toplam ilişki matrisinde koyu renkli olarak gösterilmiştir. Her bir kriterin birbiri üzerindeki etkisinin belirlenebilmesi için öncelikle eşik değer hesaplanmıştır. Bu çalışmada toplam etki matrisindeki değerlerin ortalaması olan 0,07895017 değeri eşik değer olarak belirlenmiş ve bu değer altındaki ilişkiler göz ardı edilmiştir. Eşik değer üzerinde kalan değerler ise Tablo 7’de koyu renkli olarak gösterilmiştir.

5. Değerlendirme ve Sonuç

Bu çalışmanın amacı, tedarik zinciri izlenebilirliğinin önündeki engellerin belirlenmesi ve bu engeller arasındaki ilişkilerin ve etkileşimlerin ortaya çıkarılmasıdır. Literatürde TZİ’nin önemine dair kayda değer sayıda çalışma olmasına rağmen TZİ’nin gerçekleştirilmesinde karşılaşılan engellere dair az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu az sayıdaki çalışmada da engeller daha çok kavramsal olarak incelenmiştir. Bu yüzden bu çalışmanın, TZİ’nin önündeki engellerin ve bu engeller arasındaki ilişkilerin belirlenmesini sağlayarak hem uygulayıcılara hem de araştırmacılara önemli bilgiler sağlayacağı düşünülmektedir.

TZİ engellerini belirleyebilmek için ilk aşamada literatür taraması yapılarak 73 engel listelenmiştir. Daha sonra uzman görüşlerinden de faydalanarak araştırmada kullanılmak üzere 18 engel belirlenmiş

ve bu 18 engelin bulunduğu anket, farklı sektörlerle mensup 20 üst düzey yöneticiye uygulanmıştır. Engellerin belirlenmesinin ardından, bu engeller arasındaki nedensel ilişkilerin ortaya çıkartılması ve diğer faktörleri etkileyen en kritik faktörlerin tespit edilmesi için DEMATEL yöntemi kullanılmıştır. DEMATEL yaklaşımı ile bu engeller neden ve sonuç kategorisine ayrılmış ve ayrıca kriter ağırlıkları da belirlenmiştir.

Tablo 8'deki veriler değerlendirildiğinde faktörlerin ilişki düzeylerini belirleyen c+r değerlerine göre ilk sırada yönetim eksikliği faktörü gelmektedir. Yönetim eksikliği kriterinin hem diğer değişkenlerle yüksek düzeyde ilişkili olması hem de birçok kriteri etkilemesi nedeniyle önemli bir değişken olduğu görülmektedir. Dolayısıyla TZİ'yi oluşturmak ya da geliştirmek isteyen yöneticilerin yönetim eksikliği kriterinin üzerine eğilmeleri önem arz etmektedir. Bunun için öncelikle bu faktörü etkileyen kriterlerin dikkate alınması gerekmektedir. Araştırma sonuçlarına göre özellikle TZİ konusunda farkındalığın artırılması ve daha gelişmiş bir rehberlik hizmetinin oluşturulması, yönetim eksikliği kriterinin iyileşmesine yardımcı olacaktır. Bu açıdan bakıldığında yöneticilere, çalışanlara ve hatta tedarik zincirinin diğer üyelerine TZİ'nin faydalarının doğru bir şekilde aktarılması, gerekli eğitimlerin verilmesi, işletme içinde nelerin, nasıl ve hangi ayrıntıda izleneceğinin belirlenmesi yani bu konuda bir kılavuzun oluşturulması yönetim eksikliğinin giderilmesi için önemli bir adım olacaktır.

Yönetim eksikliği dışında c+r değeri yüksek olan diğer faktörler; üyeler arasındaki direnç ve bilgiye erişme zorluğudur. c+r değeri yüksek olan bu üç faktörün kriter ağırlıkları açısından da ilk üç sırada yer aldığı görülmektedir. Bu sonuç, bu engellerin TZİ'nin uygulanması ya da kurulması sırasında işletmelerin karşılaştıkları en önemli engeller olduğunu ifade etmektedir. İşletmelerde yeni bir uygulamaya geçiş aşamasında üyeler arasında bir isteksizliğin ya da direncin ortaya çıkması söz konusu olabilir. Bu aşamada yöneticilerin değişim sürecini iyi yönetebilmeleri ve adaptasyonu sağlayabilmeleri oldukça önemlidir. Üyeler arasında direnç kriteri, etkilenen grupta yer almakta ve diğer tüm kriterler tarafından etkilenmektedir. Kısacası bu kriteri geliştirmek isteyen yöneticilerin öncelikle diğer kriterleri iyileştirmeleri gerekmektedir. Diğer kriterler iyileştiğinde bu kriterin de otomatik olarak iyileşeceği söylenebilir. Özellikle yönetim eksikliğinin ve rehberlik eksikliğinin giderilmesinin, bu kriterin iyileşmesinde önemli düzeyde etkisi olacaktır.

c+r değeri ve kriter ağırlığı yüksek olan bir diğer faktör, bilgiye erişme zorluğudur. Bu faktörün de etkilenen grupta olduğu anlaşılmaktadır. Bu kriterin geliştirilebilmesi için öncelikle yönetimle ilgili sorunların çözülmesi, işletme içinde ve dışında koordinasyonun ve iş birliğinin oluşturulması ve farklı departmanlar ya da işletmeler arasında bilginin aktarımını sağlayacak olan teknolojilerin kullanılması gerekmektedir.

c-r değerlerine göre pozitif değere sahip olan standardizasyon eksikliği; kalifiye personel eksikliği; farkındalık eksikliği; kurum içi ve kurum dışı koordinasyon ve iş birliği eksikliği; rehberlik eksikliği; kanun ve yönetmelikler konusundaki eksiklikler; üyeler arasındaki güven sorunu; altyapı eksikliği; veri aktarımında etik ve mahremiyetle ilgili sorunlar; talep yetersizliği ve yönetim eksikliği kriterleri, etkileyen grupta yer almaktadırlar. Bu gruptaki faktörlerin performansı TZİ'yi bütünsel olarak

doğrudan etkilemektedir. Bu yüzden TZİ'ye geçiş sürecinde bu faktörlere ilişkin faaliyetler dikkatli olarak gerçekleştirilmeli ve bu faktörlerde yapılacak iyileştirmelerin tüm sistemi etkileyeceği göz önünde bulundurulmalıdır. Burada en büyük pozitif değere sahip kriter kanun ve yönetmelikler konusundaki eksikliklerdir. Benzer şekilde Duan vd. (2017) de Çin'de yaptıkları araştırmada, gıda izlenebilirliğinin sağlanmasında en önemli faktörlerden birinin yasalar ve standartlar olduğunu bulmuşlardır. Kanun ve yönetmelikler hem izlenebilirlik sisteminin düzenlenmesi hem de yaptırımların uygulanması açısından önem arz etmektedir. İzlenebilirlikle ilgili kanun ve yönetmelikler konusunda eksiklerin olması, başta gıda güvenliği olmak üzere birçok sorunu beraberinde getirecektir. Kanun ve yönetmelikler konusundaki eksiklikler kriterinin yüksek düzeyde etkilediği üç kriter; bazı üyeler arasındaki direnç, bilgiye erişme zorluğu ve standardizasyon eksikliğidir.

Kanun ve yönetmelik konusundaki eksiklikler kriteri dışında c-r değeri en yüksek olan diğer kriterler; rehberlik eksikliği ve farkındalık eksikliğidir. Rehberlik eksikliği kriterinin yüksek düzeyde etkilediği üç kriter ise bazı üyeler arasındaki direnç, artan karmaşıklık ve iş yükü ve maliyet artışıdır. Farkındalık eksikliğinin yüksek düzeyde etkilediği üç kriter; bazı üyeler arasındaki direnç, yönetim eksikliği ve talep yetersizliğidir. Sonuç olarak c-r değeri yüksek olan bu üç faktör, TZİ'nin başarısını önemli ölçüde etkilemektedir. Örneğin bu üç kriterin de yüksek düzeyde etkilediği bazı üyeler arasındaki direnç kriteri, c+r değeri açısından ikinci sırada ve faktörlerin önem ağırlıklarında ise ilk sırada yer almaktadır. Bu bilgiler, üyeler arasındaki direnç kriterinin TZİ açısından oldukça önemli olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla bu kriteri etkileyen faktörlerde yapılacak iyileştirmeler, sistemin bütününde önemli bir gelişme sağlayacaktır. Son olarak maliyet artışı, bilgiye erişme zorluğu, veri yönetimi zorluğu, artan iş yükü ve karmaşıklık, gelecekteki kazançların belirsizliği, bazı üyeler arasındaki direnç, iş süreçlerini değiştirmenin zorluğu kriterleri ise etkilenen grupta bulunmakta ve diğer kriterlerden daha fazla etkilenmektedirler.

Sonuç olarak, bu çalışmada Türkiye'de TZİ'nin önündeki engeller ve bu engellerin birbirleriyle olan ilişkileri ortaya çıkarılmıştır. Çalışma, TZİ'nin daha iyi anlaşılması ve nasıl geliştirilebileceği konusunda yöneticilere yol göstermesi adına önemlidir. İzlenebilirlik sisteminin başarısı için kanun ve yönetmelikler konusundaki eksikliklerin giderilmesi, rehberlik hizmetlerinin geliştirilmesi ve farkındalığın artırılması gerekmektedir. Bu faktörler diğer faktörleri en çok etkileyen kriterler olduğu için bu kriterlerde yapılacak iyileştirmeler, diğer kriterlerin otomatik olarak iyileşmesini sağlayacaktır.

Bu araştırmada herhangi bir sektör sınırlamasına gidilmemiştir. Gelecek çalışmalarda farklı sektörler üzerinde araştırma yapılabilir. Özellikle izlenebilirliğin oldukça önemli olduğu gıda sektöründe bu engeller incelenebilir. Bunun yanında gelecek araştırmalarda izlenebilirlikle ilgili engellerin belirlenmesinde ya da sıralanmasında Delfi, AHP ya da ANP gibi farklı yöntemler kullanılabilir. Son olarak bu çalışmada sadece 20 işletmeden veri toplanmıştır. Gelecek araştırmalarda bu sayı artırılabilir.

Yazar Katkısı

Çalışmanın bütün aşamaları Sibel YILDIZ ÇANKAYA tarafından yürütülmüştür.

Çıkar Çatışması

Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek

Yazar bu çalışma için herhangi bir kurumdan destek almamıştır.

Kaynakça

- Alfaro, J., & Ra' bade, L. (2009). Traceability as a strategic tool to improve inventory management: A case study in the food industry. *International Journal of Production Economic*, 118, 104-110.
- Altan, Ş. (2020). DEMATEL yöntemi. M. Altan, & Ş.Altan içinde, *Örnek Uygulamalarla Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri* (s.86-94). Ankara: Gazi Kitabevi.
- Aung, M., & Chang, Y. (2014). Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives. *Food Control*, 39, 172-184.
- Ayçin, E. (2020). *Çok Kriterli Karar Verme: Bilgisayar Uygulamalı Çözümler*. Ankara: Nobel.
- Ayçin, E., & Özveri, O. (2016). Yalın üretim uygulamalarında israfın azaltılması ile performans ölçütleri arasındaki ilişkilerin ve etkileşimin DEMATEL yöntemiyle analizi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 35, 325-353.
- Bechini, A., Cimino, M., Marcelloni, F., & Tomasi, A. (2008). Patterns and technologies for enabling supply chain traceability through collaborative e-business. *Information and Software Technology*, 50, 342-359.
- Bosona, T., & Gebresenbet, G. (2013). Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain. *Food Control*, 33, 32-48.
- Çelikkbilek, Y. (2018). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*. Ankara: Nobel.
- Dediu, L., Moga, L., & Cristea, V. (2016). The barriers for the adoption of traceability systems by Romanian fish farms. *AACL Bioflux*, 9(6), 1323-1330.
- Donnelly, K. A., & Olsen, P. (2012). Catch to landing traceability and the effects of implementation-A case study from the Norwegian white fish sector. *Food Control*, 27, 228-233.
- Duan, Y., Miao, M., Wang, R., Fu, Z., & Xu, M. (2017). A framework for the successful implementation of food traceability systems in China. *The Information Society*, 33(4), 226-242.
- Folinas, D., Manikas, I., & Manos, B. (2006). Traceability data management for food chains. *British Food Journal*, 108(8), 622-633.
- Gunawan, I., Vanany, I., & Widodo, E. (2021). Typical traceability barriers in the Indonesian vegetable oil industry. *British Food Journal*, 123(3), 1223-1248.
- Haleem, A., Khan, S., & Khan, M. I. (2019). Traceability implementation in food supply chain: A grey-DEMATEL approach. *Information Processing in Agriculture*, 6, 335-348.
- Karlsen, K., Sørensen, C., Forås, F., & Olsen, P. (2011). Critical criteria when implementing electronic chain traceability in a fish supply chain. *Food Control*, 22(8), 1339-1347.
- Liao, P., Chang, H., & Chang, C. (2011). Why is the food traceability system unsuccessful in Taiwan? Empirical evidence from a national survey of fruit and vegetable farmers. *Food Policy*, 36, 686-693.

- Mattevi, M., & Jones, J. (2016). Food supply chain: are UK SMEs aware of concept, drivers, benefits and barriers, and frameworks of traceability? *British Food Journal*, 118(5). <https://doi.org/10.1108/BFJ-07-2015-0261>.
- Morana, J. (2016). Barriers and dangers of traceability. *Rencontres Internationales de Recherche en Logis-tique et Supply Chain Management*. Switzerland.
- Olsen, P., & Borit, M. (2018). The components of a food traceability system. *Trends in Food Science & Technology*, 77, 143-149.
- Potdar, K., Routroy, S., & Behera, A. (2017). Analyzing the agile manufacturing barriers using fuzzy DEMATEL. *Benchmarking: An International*, 24(7), 1912-1936.
- Regan, G., McCaffery, F., Daid, K., & Flood, D. (2012). The barriers to traceability and their potential solutions: Towards a reference framework. *38th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications* (s. 319-322). Cesme: IEEE.
- Rombe, E., Mubaraq, R., Hadi, S., Adriansyah, R., & Vesakha, G. (2018). Barriers and drivers for applying fish traceability system in emerging market. *International Journal of Engineering & Technology*, 7, 262-264.
- Senneset, G., Foras, E., & Fremme, K. (2007). Challenges regarding implementation of electronic chain traceability. *British Food Journal*, 109(10), 805-818.
- Singh, C., Singh, D., & Khamba, J. (2021). Analyzing barriers of green lean practices in manufacturing industries by DEMATEL approach. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(1), 176-198.
- Skilton, P., & Robinson, J. (2009). Traceability and normal accident theory: How does supply network complexity influence the traceability of adverse events. *Journal of Supply Chain Management*, 45(3), 40-53.
- Song, W., Zhu, Y., & Zhao, Q. (2020). Analyzing barriers for adopting sustainable online consumption: A rough hierarchical DEMATEL method. *Computers & Industrial Engineering*, 140. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106279>.
- Storøy, J., Thakur, M., & Olsen, P. (2013). The TraceFood Framework – Principles and guidelines for implementing traceability in food value chains. *Journal of Food Engineering*, 115, 41-48.
- Xue, L., Weiwei, G., Zettan, F., Peng, X., & Weiguang, L. (2007). Traceability and IT: Implications for the future international competitiveness and structure of China's vegetable sector. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 50(5), 911-917.

Özgeçmiş

Sibel YILDIZ ÇANKAYA (Dr. Öğr. Üyesi), Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü'nde Dr. Öğr. Üyesi olarak görev yapmaktadır. Gebze Teknik Üniversitesi İşletme doktora programını 2015 yılında tamamlamıştır. Araştırma alanları arasında yeşil tedarik zinciri yönetimi, çevik üretim, tedarik zinciri risk yönetimi ve yapısal eşitlik analizi yer almaktadır. Araştırmaları, *Journal of Manufacturing Technology Management*, *Journal of Contingencies and Crisis Management*, *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing* ve *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi* gibi dergilerde yayınlanmaktadır.