

Türkiye'deki işletmelerde nesnelerin interneti: Uygulamadaki engeller üzerine bir araştırma*

The internet of things in businesses in Turkey: A research on the barriers in practice

Gönderim Tarihi / Received: 18.08.2021

Kabul Tarihi / Accepted: 29.06.2022

Doi: [10.31795/baunsobed.984396](https://doi.org/10.31795/baunsobed.984396)

Hilal ÖZÇELİK¹

Sibel YILDIZ ÇANKAYA^{**2}

ÖZ: Bu çalışmada, Türkiye'de faaliyet gösteren işletmelerde nesnelerin interneti uygulamasının önündeki engellerin araştırılması ve önem sıralarının saptanması amaçlanmaktadır. Bu amaçları gerçekleştirmek için karma bir araştırma yöntemi tasarlanmıştır. Üç aşamadan oluşan bu araştırmanın ilk iki aşamasında Delphi yöntemi, üçüncü aşamasında ise AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci) yöntemi kullanılmıştır. Delphi yöntemiyle nesnelerin internetinin uygulanmasında karşılaşılan engeller belirlenmiş ve AHP yöntemiyle de Delphi yöntemiyle belirlenen bu engellerden hangilerinin daha kritik olduğu saptanmaya çalışılmıştır. Araştırma sonucunda sistem kurulum maliyeti, operasyon ve işletim maliyeti, yatırımın geri dönüş süresinin uzun olması, teknolojiye karşı insanların gösterdiği direnç ve internet altyapısının yetersizliği gibi engeller ilk sıralarda yer almıştır.

Anahtar Kelimeler: Nesnelerin interneti, Delphi, AHP

ABSTRACT: In the study, it was aimed to determine the barriers in the practice of the Internet of Things in businesses operating in Turkey. In line with this purpose, a mixed research method was designed. In the study which comprised of three stages, in the first two stages, Delphi method was used, while in the third stage, Analytical Hierarchy Process (AHP) was employed. By using the Delphi method, it was aimed to identify the barriers experienced in the practice of the Internet of Things, and with the AHP method, the purpose was to determine which of the barriers identified with the Delphi method was more critical. As a result of the study, it was found that system setup cost, operational cost, the long period of investment return, human resistance to the changes in technology, and inadequacy in the infrastructure of the Internet were determined to be the leading barriers.

Keywords: The Internet of things, Delphi, AHP

* Bu çalışma Hilal ÖZÇELİK'in BAİBÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tarafından kabul edilen yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

¹Yüksek Lisans Mezunu, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, hilal.ozcelik14@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1561-9642>

^{**} Sorumlu Yazar / Corresponding Author

² Dr. Öğr. Üyesi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi/İİBF/İşletme Bölümü, sibelyildiz@ibu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-4942-1415>

EXTENDED ABSTRACT

Literature review

In recent years, the concept which is called the Internet of Things (IoT) and is briefly defined as the technologies that enable communication from human to machine and from machine to machine, has been increasingly discussed. In line with this situation, IoT is not only affecting our social lives, but it is also becoming influential in many areas such as production, logistics, and marketing; for this reason, it is thought that it will become a necessity that should be recognized and applied by businesses in the days to come. However, applying IoT technologies is not as easy as it is assumed. Those who apply it can be faced with certain difficulties, or in other words, barriers (Kamble et al., 2019: 154). In order to create strategies for these barriers in practice and to overcome these barriers and develop a profitable business model, first of all, these barriers should be determined. Accordingly, it is important to investigate what kind of barriers that businesses which want to use IoT will be faced with in Turkey and to identify which of these barriers are at a critical level. In this context, the aim of the study was to determine what barriers businesses in Turkey encounter in terms of using IoT and to identify the order of significance of these barriers.

Methodology

In the study, a comprehensive literature review was firstly made, and barriers were determined. These barriers were listed as 36 sub-headings and six main headings in their original forms. Before the implementation stage of the study, four academics and one manager were requested to interpret this first barrier list and explanations about these barriers. As a result of the interpretations, the barrier factors that were similar and covering each other were removed or combined. Consequently, the six main headings were reduced to five, and the 36 sub-headings of barriers were reduced to 24. Following this, 21 experts working in businesses that operate in Turkey were contacted, and they participated in the questionnaire. These questionnaires were applied based on Delphi and AHP methods. In the first round of the questionnaire implementation, which consisted of repetitive steps and three rounds, the aim was to evaluate the barriers encountered in the practice of IoT with Delphi method according to a 5-point Likert-type scale and to reveal new/different barriers in line with the opinions of the expert group. The aim of the second round of questionnaire implementation was to share the evaluation results of the expert group and to have the participants mark the barrier levels on the 5-point Likert-type scale again by revising their first-round evaluations. In the third and final round, the aim was to remove the barriers that were determined to have low barrier levels from the third questionnaire and to determine the barriers that were critical for IoT.

Findings and discussion

The first round Delphi questionnaire was answered by 21 individuals. According to the responses of the participants, Q1 (first quarter), Md (median), Q3 (third quarter), and R (difference between quarters) values were calculated for each factor. In the first-round questionnaire results, it was revealed that the participants could not agree on 11 factors, but agreed on the remaining 13 factors. "Ethics and privacy problem in data use" factor was added to the second-round questionnaire. The participation rate in the second-round questionnaire dropped to 20 individuals. The results of the second round Delphi questionnaire were analyzed as in the first round. As a result of the second-round questionnaire, it was observed that R value of the barrier factors decreased in comparison to the previous questionnaire, that is, a development occurred in favor of agreement. The mean values of the barrier factors were also calculated in the second-round questionnaire, and the factors with mean value below 3.5 were removed from the analysis. The barrier factors that were removed from the analysis were high energy consumption cost, uncertainty about the accuracy or inaccuracy of the data coming from the sensors, power source deficiency of the devices, difficulty of using IoT technologies, and deficiencies in terms of law and legal framework. The number of the participants who filled out the third round AHP questionnaire and sent it was 15. AHP questionnaires were analyzed by using Super Decisions software. After the evaluations of the participants were merged with geometrical mean, the consistency rates (CR)

of the paired comparisons were checked, and it was seen that consistency was achieved. According to the results of AHP method, economic barriers were in the first place with a significance rate of 38.26%, technical and technological barriers in the second place with a significance rate of 32.49%, ethical and legal barriers in the third place with a significance rate of 11.49%, and human-origin and organizational barriers were in the fourth place with a significance rate of 8.88%. It was seen that significance values regarding the sub-factors from the highest to the lowest were system setup cost (15.79%), operational cost (12.53%), the long period of investment return (9.94), human resistance to the changes in technology (5.92%), and inadequacy of the Internet infrastructure (5.24%).

Results and recommendations

According to the results of the study, economic barriers were in the first place among the main barriers. This result shows that before they implement IoT technologies, businesses should calculate the length of the investment return period through a good feasibility study and make plans accordingly. Although investment in IoT technologies has a high cost, increase in efficiency, and decrease in costs brought about by the use of these technologies in the short term will enable businesses to make profits from these investments in the long run. Accordingly, awareness raising studies should be carried out about IoT and its benefits, and it should be emphasized that the income in future will outweigh the costs incurred. In addition, businesses following policies that will increase efficiency in issues such as maintenance and training that will ensure the sustainability of the system is rather important in terms of their overcoming economic barriers.

Following the economic barrier factors, technical and technological barrier factors should also be considered. According to the analysis results, barriers related to the internet infrastructure are seen to be the most important problem that businesses must overcome. In addition, businesses should implement software that will enable processing and analyzing big data, and they should employ qualified personnel regarding these issues. Also, in a technical sense, by equipping their current machines, devices and hardware with Internet networks, businesses should carry out studies that will integrate the old and new systems. Finally, businesses should invest in encryption software in terms of confidentiality and security threats and take necessary preventive measures against cyber-attacks and data theft.

Ethical and legal barriers, human-associated barriers and organizational barriers, which were in the third and fourth place in the order of significance among the main barrier factors, should not be overlooked by businesses. In this context, while investing in new technologies, software, and security systems, businesses should recruit individuals with knowledge and accumulation who will be able to coordinate and manage these resources.

Giriş

Son yıllarda dünya nüfusunun büyük çoğunluğunun makineler, sistemlere, eşyalara, kişilere ve genel bir tabirle nesnelere internet vasıtasıyla bağlandığı görülmektedir. Geline bu noktada kısaca insandan makineye, makineden makineye iletişim sağlayan teknolojiler olarak tanımlanan Nesnelerin İnterneti (Nİ) kavramı, daha sık bir şekilde duyulmaktadır. Bu duruma paralel olarak Nİ hem insanların sosyal hayatını hem de üretim, lojistik, pazarlama, satın alma, muhasebe ve planlama gibi işletmenin farklı alanlarını etkilemekte ve değiştirmektedir. Bununla birlikte literatürde, Nİ'nin işletmelerin tahmin yeteneklerini geliştirdiği, anlık verilerin elde edilebilmesini kolaylaştırdığı, izlenebilirliği artırdığı, işletme içi ve işletme dışı birimlerin birbirleriyle bütünleşmesini sağladığı ve pazarın değişen taleplerine hızlı ve esnek cevap verebilme kabiliyetini artırdığı gibi birtakım faydalarına değinilmektedir (Banger, 2018: 275–276). Sağladığı faydalar göz önüne alındığında, Nİ'nin stratejik rolü daha net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden Nİ'nin ilerleyen zamanlarda işletmeler açısından uygulanması gereken bir zorunluluk haline geleceği düşünülmektedir. Ancak Nİ teknolojilerini uygulamaya geçirebilmek sanıldığı kadar kolay olmamaktadır. Hatta uygulayıcılar birtakım zorluklar ya da başka bir deyişle engellerle karşılaşabilmektedirler (Kamble vd., 2019: 154). Uygulamada bu engellere yönelik stratejiler oluşturabilmek ve engelleri aşip kârlı bir iş modeli geliştirebilmek için öncelikle bu engellerin belirlenmesi gerekmektedir. Literatürde Nİ konusunda çok sayıda çalışma olmasına rağmen Nİ'nin uygulanmasında karşılaşılan engellere yönelik çalışmalar nispeten sınırlıdır. Benzer bir şekilde ulusal literatürde de Nİ'nin kullanılmasının önündeki engellere yönelik kapsamlı bir çalışmaya rastlanmamaktadır. Ayrıca her ülke için engel faktörlerinin değişkenlik gösterebileceği ve önem sıralamalarının farklı olabileceği de görülmektedir. Buradan yola çıkarak bu çalışmanın amacı, Türkiye'deki işletmelerin Nİ'nin kullanılması konusunda hangi engellerle karşılaştıklarının belirlenmesi ve bu engellerin önem sıralamalarının saptanmasıdır.

Bu çalışmada öncelikle kapsamlı bir literatür taraması yapılmış ve Nİ konusunda karşılaşılan engeller listelenmiştir. Daha sonra uzman görüşlerinden de faydalanılarak araştırmada kullanılmak üzere yirmi dört engel belirlenmiştir. Belirlenen bu engeller ile anket formları oluşturulmuş ve bu anketler Delphi ve AHP yöntemleri baz alınarak uygulanmıştır. Bu şekilde elde edilen sonuçlarla Nİ uygulamalarını başarılı bir şekilde gerçekleştirmek isteyen işletmelere yol gösterebilecek bir çalışmanın ortaya çıkması hedeflenmektedir.

Literatür taraması

Nesnelerin interneti

Endüstri 4.0'ın bileşenlerinden biri olan Nİ, nesnelerin içinde bulunan gömülü sistemler, kablolu veya kablosuz ağ bağlantıları ve nesnelere bulunan sensörler ile makineden makineye, makineden insana haberleşme olanağını mümkün kılan fiziksel sistemlerdir. Nİ, İngilizcede “Internet of Things” (Iot) olarak adlandırılırken bazı yazar ve yayıncılar “Her şeyin İnterneti” anlamına gelen “Internet of Everything” kavramını tercih etmektedirler (Banger, 2018b: 95). Lee ve Lee (2015: 431), Nİ için bu adlandırmalara ek olarak Endüstriyel İnternet kavramını da makalelerinde kullanmışlardır. Ayrıca yazarlar, Nİ'nin bir ağ üzerinde birbirleriyle iletişim kurma yeteneğine sahip cihaz ve makinelerden oluştuğunu da belirtmişlerdir. Benzer şekilde Perera vd. (2015:585), Nİ'yi insanları nesnelere, nesnelere insanlara istenilen zamanda ve istenilen herhangi bir yerde ağlar veya sensörler yoluyla bağlayan ve tüm sistemin iletişim halinde olmasını sağlayan teknolojiler bütünü olarak tanımlamışlardır.

Nİ'nin işletmeler, tüketiciler ve genel olarak toplum üzerinde çok ciddi etkilerinin olacağı düşünülmektedir. İşletmeler açısından bakıldığında taşıma sırasında sıcaklık, nem ve basınç gibi değerler Nİ aracılığıyla kontrol edilerek tedarik zincirinin izlenebilirliği artırılmaktadır. Aynı zamanda ürünün anlık olarak konumu tespit edilebileceği gibi üretim sonrasında da ürün takibi yapılabilmektedir. Yine benzer şekilde Nİ ile yükleme ve boşaltma alanlarının durumu daha araçlar alana varmadan önce görülerek bekleme ve zaman kayıplarının önüne geçilebilmesi sağlanabilmektedir (Perera vd., 2015: 590). Bunların yanında stokların kontrolü ve yönetimi de bu teknolojiler sayesinde zor olmayacaktır (Bandyopadhyay ve Sen, 2011: 62–63). Sonuç olarak Nİ tabanlı teknolojilerin kullanımı tedarik zincirinde bazı kazanımların elde edilebilmesine imkân tanımaktadır. Bunlar, istenmeyen üretimin, fazla maliyetlerin, stokların ve gereksiz beklemlerin azaltılması; kayıpların ve hırsızlıkların önlenmesi; ürünlere ait üretim tarihi, son kullanma tarihi, garanti şartları, satış sonrası

hizmetleri ve bakım gereklilikleri gibi bilgilerin saklanması; kalitenin artması; müşterilerden anlık veriler alınabildiği için ürünlerin daha hızlı bir şekilde pazara sunulması ve atıkların azaltılabilmesidir. Ayrıca tüm bu kazanımlardan sadece işletmeler değil nihai kullanıcı ve tedarik zinciri paydaşları da faydalanabilmektedir (Torğul vd., 2016: 108; Deral ve Kazançoğlu, 2020: 62).

Nesnelerin interneti önündeki engeller

Bu aşamada literatür taraması yapılarak farklı ülkelerde gerçekleştirilmiş çalışmalar incelenmiş ve bu inceleme sonucunda Nİ ya da Endüstri 4.0 ile ilgili tespit edilen engel faktörlerinin bir kısmı Tablo 1'de listelenmiş ve daha detaylı bir sunum ise Tablo 4'te verilmiştir. Görüldüğü gibi farklı yazarlar tarafından birçok farklı engel faktörü ele alınmıştır. Örneğin Luthra vd. (2018: 734), Hindistan'da yaptıkları çalışmada, literatür taraması ve uzman görüşleri doğrultusunda dokuz adet engel faktörü belirlemişlerdir. Bu engeller; maliyet/yatırımın geri dönüşünün uzun sürmesi, kalifiye personel eksikliği, güvenlik problemleri, gizlilik problemleri, iş modellerindeki değişim sorunları, altyapı eksikliği, standartların eksikliği, hareketlilik sorunları ve zayıf internet bağlantısı sorunudur. Sonrasında yazarlar bu engel faktörlerini AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci) yöntemi ile analiz ederek sıralamışlardır. Analiz sonucunda zayıf internet bağlantısı sorunu birinci sırada yer alırken, maliyet ve yatırımın geri dönüşünün uzun sürmesi ikinci sırada, standartların eksikliği ise üçüncü sırada yer almıştır. Tümer Kabadayı ve Koçak Alan (2018: 308) ise Nİ ile ortaya çıkan sorunları kavramsal olarak incelemişler ve bu sorunları, gizlilik ve güvenlik, verilerin depolanması zorluğu, veri mülkiyeti sorunu ve çok fazla sayıda cihazın birbiriyle iletişim halinde olması şeklinde belirtmişlerdir. Bir başka çalışmada Haddud vd. (2017: 1065), Nİ'nin olası yarar ve zorluklarının belirlenmesi amacıyla frekans analizi gerçekleştirmişler ve Nİ'nin kullanımı açısından on beş adet zorluğa dikkat çekmişlerdir. Bu zorluklardan en yüksek ortalamaya sahip olanlar sırasıyla cihaz ve ağ güvenliği riskleri, Nİ'nin faydalarının anlaşılmasını engelleyen olması ve kalifiye personel eksikliğidir. Son olarak Deral ve Kazançoğlu (2020: 64-69), Nİ'nin tedarik zinciri üzerindeki etkilerini ortaya çıkarmak amacıyla büyük ölçekli iki sanayi firmasının üst düzey yöneticileriyle görüşme gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın bulgularına göre Nİ, verinin dijitalleşmesi, kalitenin artması, verimliliğin gelişmesi, maliyetlerin düşmesi ve veri takibinin kolaylaşması gibi faydaları beraberinde getirmektedir. Bununla birlikte yazarlar, Nİ'nin tercih edilmemesinin önündeki engelleri de araştırmışlardır. Bu engellerin yatırım maliyeti ve eski-yeni sistemlerin entegrasyon sorunu olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 1: Nesnelere interneti önündeki engel faktörleri

Araştırmacılar	Engel Faktörleri
(Bandyopadhyay ve Sen, 2011)	İnternet tasarımı sorunu, hareketlilik, uygunluk, yönetilebilirlik, ölçeklenebilirlik, güvenlik-gizlilik ve güven problemleri, uyum sorunları, büyük verinin yönetimi.
(Khan vd., 2012)	Tanımlama yönetimi, uyum ve standardizasyon, bilgi gizliliği, nesnelere güvenliği, veri gizliliği ve şifrelemesi, ağ güvenliği, yüksek enerji tüketimi.
(Al-Fuqaha vd., 2015)	Tasarım, uygunluk, güvenilirlik, hareketlilik, performans, yönetim, ölçeklenebilirlik, uyumluluk, güvenlik ve gizlilik.
(Breivold ve Sandstrom, 2015)	Veri ve servislerin güvenliği, güvenilirlik ve bilgi gizliliği, ölçeklenebilirlik, uyum problemleri.
(Haddud vd., 2017)	Cihazların ve ağların güvenlik riskleri, Nİ'nin faydalarının anlaşılmasını engelleyen olması, kalifiye çalışan eksikliği, yeni iş modellerinin uygulanması riski, teknik ve teknolojik entegrasyon sorunları, veri yönetimi ve işletimi sorunları, gizlilik endişeleri, çalışanların yeni teknolojilere karşı gösterdiği direnç, bakım ve operasyonlar için finansal kaynakların mevcudiyeti, yeni teknolojilerin insan gücünün yerini alma endişesi, standartların eksikliği, uygun Nİ tasarımı eksikliği, büyük verinin yüksek güvenlik ve gizlilik ile depolanması sorunu.
(Dlamini ve Johnston, 2017)	Yatırım maliyetinin yüksek olması sorunu, enerji tüketim sorunu, çalışanların değişime karşı gösterdiği direnç, kalifiye çalışan eksikliği, yeni teknolojilere uyum sorunu.
(Tümer Kabadayı ve Koçak Alan, 2018)	Gizlilik ve güvenlik, verilerin depolanması zorluğu, veri mülkiyeti sorunu, çok fazla sayıda cihazın birbiriyle iletişim halinde olması.
(Hammoudi vd., 2018)	Tasarım eksikliği, güvenlik sorunu, gizlilik sorunu, standardizasyon eksikliği, modifiye edilmiş internet protokollerine olan ihtiyaç, enerji tüketimi sorunları, büyük veri yönetimi problemi, uygunluk, güvenilirlik, çeşitli cihazların yönetimi sorunu, uyum problemleri.
(Luthra vd., 2018)	Maliyet ve yatırımın geri dönüşünün uzun sürmesi, kalifiye çalışan eksikliği, güvenlik problemleri, gizlilik problemleri, iş modellerindeki değişim sorunları,

	altyapı eksikliği, standartların eksikliği, hareketlilik sorunları, zayıf internet bağlantısı sorunu.
(Kamble vd., 2019)	Devlet düzenlemeleri eksikliği, standartların eksikliği, yüksek enerji tüketimi, güvenlik ve gizlilik, yüksek operasyon ve uyum maliyetleri, yatırımın geri dönüşünün uzun sürmesi, internet altyapısı eksikliği, kalifiye çalışan eksikliği, entegrasyon ve uyum sorunları, ölçeklenebilirlik, doğrulama ve tanımlama eksikliği, tasarım eksikliği.
(Singh ve Bhanot, 2020)	Siber güvenlik, gizlilik, cihazların standardizasyon problemleri, yatırımın geri dönüşünün uzun sürmesi, büyük veri problemi, cihazların yönetimi sorunu, sensörlerin kalibrasyonu, cihazların güç verimliliği sorunları, iş modellerindeki zorluklar, yaygın yazılımların yetersizliği, cihazların yıpranması, alanında uzman kişilere ihtiyaç sorunu, tanımlama ve doğrulama eksikliği, veri trafiği sorunu, cihazların esnekliği sorunu, fiziksel cihazların güvenliği, devlet ve yasal düzenleme konuları, yatırımların eksikliği, internet altyapısının yetersizliği, ölçeklenebilirlik konuları, ağ tasarımı sorunu.
(Deral ve Kazançoğlu, 2020)	Yatırım maliyeti, mevcut süreçlerin yeni yatırımlara uygunluğu ve entegrasyon sorunu.
(Sharma vd., 2020)	Güvenlik ve gizlilik, güvenilirlik ve hareketlilik sorunları, şeffaflık eksikliği, operasyonel maliyet ve yatırımın geri dönüşünün uzun sürmesi, standardizasyon eksikliği, düzenleyici ve yasal konularda görülen eksiklikler, yaygın bilgi sistemlerinin eksikliği, eski yeni cihazların uyum sorunu, kalifiye çalışan sayısının sınırlı olması, uygulayıcıların teknik bilgi eksikliği, yetersiz internet bağlantısı sorunları, sistem hataları, veri transferinde yaşanan sorunlar, yüksek enerji tüketimi, bilgi teknolojileri ve tasarım eksikliği.

Aşağıda bu çalışmada kullanılan engeller kısaca açıklanmaktadır. Bu engellerin nasıl seçildiği ise uygulama kısmında belirtilmektedir.

Ekonomik engeller

Sistem kurulum maliyeti: Cihazların, donanımların ve sensörlerin satın alınması ve kurulumu, yazılımların oluşturulması ve bunlara işlerlik kazandırılabilir hale getirilmesi gibi ilk yatırım maliyetlerini kapsamaktadır (Deral ve Kazançoğlu, 2020: 69).

Yatırımın geri dönüş süresinin uzun olması: Yatırımın geri dönüş süresi, işletmelerin bir makineye, sisteme veya teknolojiye yatırım yapması ve bu yatırımın zarardan kâra geçme süresini ifade etmektedir. Nİ teknolojilerinin birden fazla sistemi yapısında barındırmasından dolayı ilk yatırım maliyetinin karşılanması yani yatırımın kâra geçme süresi beklenenden uzun sürebilmektedir (Kamble vd., 2019: 157).

Yüksek enerji tüketim maliyeti: Nİ'nin kullanımı yaygınlaştıkça gerekli olan enerji ihtiyacı artmakta ve bununla bağlantılı olarak da enerji kullanım maliyetleri yükselmektedir.

Operasyon ve işletim maliyeti: Kurulumu gerçekleştirilen Nİ teknolojilerinin süreklilik gösterecek şekilde çalışması ve verimli olması adına birtakım maliyetlere katlanmak gerekmektedir. Bu maliyetler, uzman kişilere ödenen ücretleri, bakım faaliyetlerini ve çalışanlara sistemin öğrenilmesi için sunulan eğitim giderlerini içermektedir (Sharma vd., 2020: 4).

Teknik ve teknolojik engeller

Kullanımı yaygın yazılımların yetersizliği: Nİ, Endüstri 4.0'ın gerekliliklerinden biri olup birden fazla teknoloji ile ilişkilendirilmektedir. Kullanılan teknolojiye, kullanım alanına veya müşteri isteklerine göre Nİ yazılımları özelleşebilmektedir. Dolayısıyla Nİ alanında tek bir yazılımın kullanıldığı ya da yaygınlaştığı söylenemez (Singh ve Bhanot, 2020: 2475).

Sensörlerden gelen verilerin doğruluğunun veya yanlışlığının tam olarak bilinmemesi: Nİ ile kullanımı yaygınlaşan sensörlerin kalibre edilmemesi veya kontrollerinin aksatılması, verilerin doğru mu yanlış mı olduğunun tam olarak bilinmemesine neden olmaktadır.

Gizlilik ve güvenlik konusundaki tehditler: Kişisel verilerin veya işletmeye ait verilerin çalınması ya da yetkisi olmayan kişilerin bu verilere ulaşması, gizlilik ve güvenlik açısından birtakım tehditleri ortaya çıkarmaktadır. Gizlilik ve güvenlik tehditlerinin bertaraf edilmesi için birçok yazılım ve şifreleme yöntemleri geliştirilse de günümüzde tam anlamıyla güvenilir bir koruma sistemi oluşturulamamıştır (Torğul vd., 2016: 108).

Cihazların güç kaynağı yetersizliği: Nİ teknolojileri ile beraber makine ve sensör sayılarının katlanarak artması nedeniyle pil ve batarya gibi güç kaynaklarına olan ihtiyaç da artmaktadır (Dadkhah vd., 2020: 92).

Eski ve yeni sistemlerin uyum sorunu: Birbirinden bağımsız olan birçok cihazın birbirine bağlanmasını ve bu cihazların birbirleriyle aynı dil üzerinden iletişim kurmasını sağlamak oldukça güçtür. Bu güçlük, farklı işletmelerin farklı programlama dillerini kullanmasından kaynaklanmaktadır (Ahmed vd. 2016: 15). Nİ önündeki uyum sorununa aynı zamanda farklı platformların, standartların ve uygulamaların programlama arayüzleri neden olmaktadır. Böylesine heterojen bir sistemden alınan verilerin formatı da çoğu zaman diğer sistemlerle iletişim kurabilecek bir yapı sergilememektedir. Bu durum ise verilerin yorumlanmasında ve analizinde yanlış çıkarımlara yol açabilmektedir (Breivold ve Sandstrom, 2015: 534).

Genel kabul görmüş bir sistem tasarımının olmaması: Nİ'yi uygulamadan önce tüm makinelerin, cihazların, sensör algılayıcılarının ve gömülü sistemlerin yerleşiminin önceden planlanması ve belli bir tasarım haritasının çıkarılması gerekmektedir. Bu planlama ve tasarım işletmeden işletmeye, hatta işletme içindeki birimden birime de farklılıklar gösterebilmektedir. Bu bağlamda etkili bir sistem tasarımının tüm tedarik zinciri için oluşturulması elzemdir (Kamble vd., 2019: 158). Buradaki zorluk bu sistem tasarımının her işletme ve kuruma özel olmasından kaynaklanmaktadır (Bandyopadhyay ve Sen, 2011: 65; Haddud vd., 2017: 1066; Dadkhah vd., 2020: 92; Sharma vd., 2020: 5).

İnternet altyapısının yetersizliği: İnternet bağlantısında yaşanan kopmalar, zayıflıklar ve elektrik sorunları Nİ'nin kullanımındaki en önemli zorluklardan biridir (Kamble vd., 2019: 157). Bu açıdan Nİ uygulamalarını daha verimli ve kesintisiz bir şekilde kullanabilmek için internet altyapısının iyileştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Luthra vd., 2018: 735).

IP adreslerine aşırı yüklenme ve ağ trafiğinin yoğun olması: İnternete bağlanan her nesne ve cihaz ile birlikte IP sayısı hızla artmakta ve bu durum ağ trafiğini yoğunlaştırarak internet verimliliğinin düşmesine yol açmaktadır (Tsai vd., 2014: 2212).

Genel kabul görmüş standartların olmaması: Nİ, ilk çıkış yaptığı yıllardan itibaren hızla gelişmekte ve yaygınlaşmaktadır. Evlerde, kamu kurumlarında, fabrikalarda Nİ tabanlı çalışan cihazlar ve nesnelere sıkça görülmektedir. Bundan dolayı internet alt yapısının kurulumuna, nesnelere birbirine bağlanmasına veya internetle ilgili diğer sistemlerin kullanımına dair farklı ülkelerde ve farklı kurumlarda çeşitli standartların oluşturulması girişiminde bulunulmuştur. Buna rağmen takip edilebilecek tek tip uluslararası geçerli bir standart oluşturulamamıştır. Standardizasyon hiç şüphesiz veri alışverişi, veri depolaması ve kişisel verilerin korunması gibi konularda fayda sağlamaktadır (Kamble vd., 2019: 157).

Büyük verinin işlenmesi zorluğu: İnternet ağına bağlanan cihaz, makine ve nesne sayısı arttıkça toplanan veri miktarı da artmaktadır. Bu noktada büyük verilerden anlamlı sonuçlar elde edebilmek amacıyla bir takım sorgulama dillerine, veri analitiklerine ve veri analizlerini gerçekleştirebilecek nitelikli analistlere ve yazılımcılara ihtiyaç bulunmaktadır.

Büyük verinin depolama sorunu: Nesnelere, ağa bağlandıktan sonra üzerlerinde bulunan sensörler ve gömülü yazılımlar vasıtasıyla sıcaklığı, basıncı, ürün kullanım miktarını, kişiselleştirilmiş bilgileri veya bir işletmede bulunan makinelere ait diğer verileri bünyesinde saklayacaktır. Saklanan veri miktarı arttıkça bu verilerin nerede nasıl ve ne kadar süre depolanacağı kullanıcılar tarafından çözülmesi gereken bir diğer zorluk olarak ortaya çıkmaktadır.

İnsan kaynaklı engeller

Nesnelerin internetinin sağlayacağı faydaların net olarak bilinmemesi: Endüstri 4.0 kavramı ve beraberinde gelen bir teknoloji olan Nİ günümüzde hâlâ gelişim aşamasındadır. Haddud vd. (2017: 1066)'nin tedarik zincirlerine Nİ'nin entegre edilmesinin faydalarına ve engellerine dair yaptıkları çalışmada, Nİ'nin sağlayacağı faydaların insanlar tarafından net olarak bilinmemesinin Nİ engelleri arasında ikinci en önemli engel olduğu saptanmıştır. Nİ'nin sağladığı faydalara rağmen iş dünyasında Nİ'nin benimsenmesinde maliyet fayda beklentisiyle ilgili yaşanan belirsizlikler, bu engeli hâlâ geçerli kılmaktadır (Kamble vd., 2018: 110).

Nesnelerin interneti teknolojilerinin kullanım zorluğu: Nİ teknolojileri geliştikçe, bu teknolojilerin getirdiği yeni oluşumlara, cihazlara, donanımlara ve yazılımlara uyum sağlamak bazı kullanıcılar açısından güç olabilmektedir.

Teknolojilerdeki değişime karşı insanların gösterdiği direnç: Endüstri 4.0 ve beraberinde gelen artırılmış gerçeklik, katmanlı üretim, otonom robotlar ve nihayetinde Nİ gibi teknolojilere karşı kişiler direnç göstermektedir. Bu direnç genellikle çalışanların işlerini kaybetme korkusundan ya da iş yapış şeklinin değişmesini istememelerinden kaynaklanmaktadır.

Organizasyonel engeller

Tedarik zincirlerinin yeni teknolojilerin gerisinden gelmesi: Tasarım sürecinden başlayıp, üretim, sevk, lojistik ve ürün satışı sonrası servis hizmetleri ile devam eden tüm bu tedarik zinciri süreçlerinde yeniliklere adapte olabilmek zor bir faaliyettir. Nİ, yeni bir teknoloji olmakla beraber kullanımı hızla yaygınlaşan ve aynı zamanda da gelişmeye devam eden bir teknolojidir. Endüstri 4.0'ın teknolojilerinden biri olan bu teknolojiyi uygulamak için öncelikle mevcut tedarik zincirlerinde değişiklikler yapılması gerekmektedir.

Kalifiye personel eksikliği: Kalifiye personel eksikliği, işletmelerin Nİ gibi teknolojileri pratiğe dökmesindeki temel zorluklardan biridir. Nİ teknolojilerinin hayata geçirilmesinde yüksek seviyede teknoloji bilgisine, yazılım deneyimine ve teknik donanıma sahip çalışanlar ile bu çalışanları yönetebilecek nitelikli yöneticilere ihtiyaç duyulmaktadır (Kamble vd., 2019: 157). Ayrıca kurulmuş olan Nİ sisteminin işleyişi içinde nitelikli kişilerin varlığı gerekmektedir. İşletmelerin yetişmiş ve donanımlı çalışanlarının olmaması, hayata geçirilecek yeni projelerin uygulanmasında ve yeni teknolojilerin devreye alınmasında birçok zorluğu beraberinde getirmektedir. Tüm bu bilgiler ışığında kalifiye personel eksikliğinin giderilmemesi sonucunda tüm Nİ sistemi olumsuz etkilenmektedir (Sharma vd., 2020: 4).

Güçlü liderlik eksikliği ya da üst yönetimin desteğinin eksikliği: Planlanan herhangi bir programın başarısı için üst yönetimin gerekli desteği ve özveriye göstermesi oldukça önemlidir. Çünkü üst yönetim çalışanları etkileme konusunda dikkate değer bir potansiyele sahiptir. Nİ'yi uygulayabilmek için yeni işletme politikalarının benimsenmesi, süreçlerin yeniden yapılandırılması ve hatta kültürün değişmesi gerekebilmektedir. Bu yüzden Nİ için gerekli olan finansal ve teknik desteğin üst yönetimce verilmesi, işletme içinde Nİ'nin gelişimini kolaylaştırmaktadır. Ayrıca işletmede üst yönetimin Nİ'ye önem verdiğinin bilinmesi, çalışanların bu sürece olan bağlılığını da artırabilmektedir. Sonuç olarak, Nİ uygulamaları konusunda işletme sahiplerinin ve yöneticilerinin isteksiz oluşları, yeniliklere karşı çekimser duruşları ve alanında uzman kişilere destek vermeyişleri de literatürde bir engel faktörü olarak görülmektedir (Kiel vd., 2017: 15; Orzes vd., 2018: 1349; Majumdar vd., 2021: 3).

Yasal engeller

Kanun ve yasal çerçeve konusundaki eksiklikler: Nİ gelişim aşamasında olduğu için uygulanmasıyla ilgili bazı yasal boşluklar söz konusu olabilir. Bu boşluklar, işletmelere ait verilerin çalınmasına yol açarak işletmeleri zarara uğratabilir.

Devlet desteği eksikliği (finansman, vergi, eğitim vb açısından): Nİ'nin uygulanması konusunda karşılaşılan engellerden bir diğeri ise vergi kolaylıkları, eğitim ve finans gibi konularda devlet desteğinin yeterli olmamasıdır (Glass vd., 2018: 986; Kumar vd., 2020: 6).

Veri mülkiyeti sorunu: Veri mülkiyeti veya diğer bir deyişle verinin sahipsiz oluşu bir başka tehdit olarak görülmektedir (Weinberg vd., 2015: 620; Tümer Kabadayı ve Koçak Alan, 2018: 308-309). Basit bir ifadeyle bir ürünü satın alan kişi, ürünün sahibi olmaktadır. Diğer yandan Nİ teknolojileri ile erişime açık ve kimsenin sahip olmadığı verilerin ortaya çıkması durumu söz konusudur. Özellikle çeşitli kurum ve kişilerce birlikte oluşturulan verilerde, verinin sahibinin kim olduğu konusunda belirsizlikler yaşanmaktadır. Yine aynı şekilde sosyal medya kanallarında bulunan verilerde de benzer durumlarla karşılaşılmakta ve bu durum sahipsiz verileri işaret etmektedir (Weinberg vd., 2015: 620).

Yöntem

Delphi Yöntemi

Delphi, alanında uzman olan bireylerin bir araya gelmeden, fikirlerini ortaya atmaları ve sistematik bir şekilde yapılan tekrarlı anketlerle uzlaşma sağlamaları yöntemidir. Delphi, uzmanların bir araya gelmesinin güç olduğu durumlarda geleceğe yönelik tahmin yapmak gerektiğinde sıklıkla başvurulan bir tekniktir (Gündüz ve Daş, 2018: 39-41). Bu yöntemin , yönetim, eğitim ve üretim başta olmak üzere birçok alanda yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir (Şahin, 2001: 215).

Uzman görüşlerine dayanan ve tekrarlı anketlerden oluşan Delphi yönteminin üç temel özelliği bulunmaktadır (Bouzon vd., 2016: 188). Bu özellikler; katılımı gizlilik, grup tepkisinin istatistiksel analizi ve kontrollü geri beslemedir. Katılımda gizliliğin sağlanması, Delphi yönteminin en önemli özelliğidir. Bu özellik ile katılımcılar özgürce düşüncelerini ifade edebilmekte ve katılımcıların kimliği bilinmediği için düşüncelere karşı önyargılar ortadan kaldırılabilmektedir Ayrıca Delphi yönteminin bu özelliği sayesinde katılımcılar içerisinde tecrübeli ve saygın kişilerin fikirlerinin diğer katılımcılar tarafından koşulsuz onaylanmasından kaçınmak mümkün olmaktadır (Şahin, 2001: 216).

Delphi yöntemi uygulama aşamaları

Delphi yönteminde bir dizi aşama izlenerek uygulama hayata geçmektedir. Bu aşamalar sırasıyla şu şekildedir: Problemin belirlenmesi, katılımcıların seçilmesi, birinci tur Delphi anketlerinin hazırlanıp gönderilmesi ve analizi, ikinci tur Delphi anketlerinin hazırlanıp gönderilmesi ve sonuçların analizidir. Ayrıca ikinci anketlerden sonra ihtiyaç duyulduğunda üçüncü veya dördüncü Delphi anketleri de yapılabilmektedir (Şahin, 2001: 216–219). Aşağıda bu aşamalar kısaca açıklanmaktadır.

Problemin belirlenmesi: Delphi yönteminde yapılacak ilk iş problemi tanımlamaktır. Bu doğrultuda problemin açık ve net bir şekilde açıklanması gerekmektedir. Problemin net bir şekilde ifade edilmesi ve anketlerin bu kapsamda hazırlanması, başarılı sonuçlar elde etmede etkin bir rol oynamaktadır (Gündüz vd., 2020: 47).

Katılımcıların seçilmesi: Anketlere katılım sağlayacak kişilerin alanlarında deneyimli ve bilgi birikimleriyle ortaya yeni fikirler atabilecek kişiler olması büyük önem arz etmektedir. Bununla birlikte literatürde bir Delphi uygulamasında üç grup uzmanın yer alması gerektiği belirtilmektedir. Birinci grupta, araştırılacak olan konudan doğrudan etkilenen yönetici veya işveren gibi kişiler; ikinci grupta, doğrudan konuyla ilgili çalışmalar yapan ve bu konuda uzmanlaşmış kişiler ve üçüncü grupta da konuya ilişkin farklı görüşler ortaya koyabilecek kişiler yer almaktadır (Aydın, 1999: 232). Delphi yönteminde bir diğer önemli konu ise katılımcı sayısıdır. Bu yöntemde katılımcı sayısı 100 ya da daha fazla olabilmekle beraber en uygun katılımcı sayısının 10-20 arasında olduğu vurgulanmaktadır (Şahin, 2001: 217).

Birinci tur Delphi anketlerinin hazırlanıp gönderilmesi ve analizi: Birinci tur Delphi anketinde tamamen açık uçlu sorulara veya tamamen önceden belirlenmiş sorulara yer verilmekle beraber karma bir yol da izlenebilmektedir. Delphi anketlerinin analizinde hesaplanan değerler genellikle birinci çeyrek (Ç1), medyan (md), üçüncü çeyrek (Ç3) ve çeyrekler arası genişlik (R)'dir (Şahin, 2001: 218).

İkinci tur Delphi anketlerinin hazırlanıp gönderilmesi ve analizi: Birinci tur Delphi anketlerinin istatistiksel analiz sonuçları ve birinci ankette açık uçlu sorulara verilen yanıtlar ikinci tur Delphi anketinin temelini oluşturmaktadır. İkinci turda katılımcıların her birine kişisel olarak hazırlanan anket formları gönderilmektedir. Bu anketlerde katılımcıların birinci tur Delphi anketinde verdikleri yanıtları gözden geçirmeleri ve diğer katılımcıların düşünceleri ışığında yeni fikirlerini belirtmeleri istenmektedir. İkinci tur anket formları için bir önceki turda yapılan analizler tekrarlanmaktadır. Ancak bu aşamada katılımcıların uzlaşma uzlaşmadıklarına bakılıp üçüncü tur Delphi anketinin yapılıp yapılmamasına karar verilmektedir. Literatürde bu duruma ilişkin olarak genellikle iki türlü Delphi uygulamalarının tercih edildiği görülmektedir (Gündüz vd., 2020: 48).

AHP yöntemi

Analitik Hiyerarşi Süreci ya da kısa adıyla AHP, karar verme sürecinin hızlandırılması ve daha sistematik hale getirilmesi konusunda karar vericilere önemli faydalar sağlamaktadır (Gaudenzi ve Borghesi, 2006: 118). Çok kriterli karar verme tekniklerinden biri olan AHP’de bir problem ve o probleme ait ana ve alt faktörler bulunmaktadır. Nitel olarak belirlenen bu faktörler daha sonrasında ikili karşılaştırma matrisleri kullanılarak karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma için Saaty tarafından önerilen 1 ile 9 arasında önem değerlerine sahip skaladan yararlanılmaktadır (Dağdeviren ve Eren, 2001: 43). 1-9 önem skalası Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2: Önem skalası

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Her iki faktörün eşit öneme sahip olması durumu
3	Birinci faktörün ikinci faktörden daha önemli olması durumu
5	Birinci faktörün ikinci faktörden çok önemli olması durumu
7	Birinci faktörün ikinci faktöre nazaran çok güçlü bir öneme sahip olması durumu
9	Birinci faktörün ikinci faktöre nazaran mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu
2, 4, 6, 8	Ara değerler

Kaynak: (Yaralıoğlu, 2001: 131)

AHP’nin adımları aşağıda kısaca açıklanmaktadır (Yaralıoğlu, 2001: 131–34).

Adım 1: Karar verme probleminin tanımlanması

Bu aşamada önce problem tanımlanmakta ve sonra karar noktaları ve kararı etkileyen faktörler belirlenmektedir. Formüllerde karar noktalarının sayısı m, kararı etkileyen faktör sayısı ise n ile gösterilmektedir.

Adım 2: Faktörler arası karşılaştırma matrislerinin oluşturulması

Faktörlerin karşılaştırılması $n \times n$ boyutlu bir kare matrisle gerçekleştirilmektedir. Matrisin köşegeninde bulunan değerler 1’dir. Denklem 1’de bu matris gösterilmektedir.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (1)$$

Faktörlerin karşılaştırılmasında genellikle Saaty’nin önem skalasından yararlanılmaktadır. Karşılaştırma işlemlerinin yapılmasından sonraki aşama, matristeki köşegen altı elemanlarının hesaplanmasıdır. Köşegen üstü elemanlar a_{ij} ile temsil edilirse, köşegen altında yer alan elemanlar Denklem 2’deki gibi hesaplanmaktadır.

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad (2)$$

Adım 3: Faktörlerin yüzde önem dağılımlarının belirlenmesi

Bu adımda faktörlerin bütün içindeki ağırlıkları bulunmaktadır. Yüzde önem dağılımlarının oluşacağı B sütun vektörü, Denklem (3) eşitliği ile hesaplanmaktadır. Bu hesaplama için Denklem (4) eşitliğinden yararlanılmaktadır.

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ \cdots \\ b_{n1} \end{bmatrix}_{n \times 1} \quad (3)$$

$$B_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (4)$$

Denklem (3) ve (4), her karar faktörüne uygulandığında, faktörlerin toplam sayısı kadar yani n tane B sütun vektörü elde edilmektedir. n adet B sütun vektörü, matris olarak bir araya getirildiğinde ise aşağıdaki Denklem (5) ortaya çıkmaktadır.

$$C = \begin{bmatrix} b_{11} & \cdots & b_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & \cdots & b_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (5)$$

Son olarak bu adımda C matrisindeki değerlerden, faktörlerin birbirlerine göre önem dağılımlarını gösteren öncelik vektörü yani W sütun vektörü hesaplanmaktadır. Bu hesaplama için Denklem (6)’dan yararlanılmaktadır.

$$W_j = \frac{\sum_{i=1}^n c_{ij}}{n} \quad (6)$$

Adım 4: Bu adımda, uzmanların faktörler için verdikleri cevapların tutarlı olup olmadığı kontrol edilmektedir. AHP yönteminde tutarlılık oranı olan CR (Consistency Ratio) hesaplanırken faktör sayısı (n), λ_{max} ve CI (tutarlılık indeksi) katsayısı ve her problem için rassal olan RCI (Random consistency index) değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. CI değeri Denklem (7) yardımıyla hesaplanmaktadır. CI değerini hesaplayabilmek için ilk önce “Özdeğer” olarak nitelendirilen λ_{max} bulunması gerekmektedir. Bunun için öncelik vektörü ile başlangıçtaki karşılaştırma matrisi (A matrisi) çarpılmaktadır. Elde edilen matris öncelik vektörü elemanlarına bölünmekte ve elde edilen sonucun ortalaması alınarak λ_{max} katsayısı hesaplanmaktadır.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (7)$$

Tablo 3: RCI değerleri

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RCI	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,19	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Kaynak: (Yaralıoğlu, 2001)

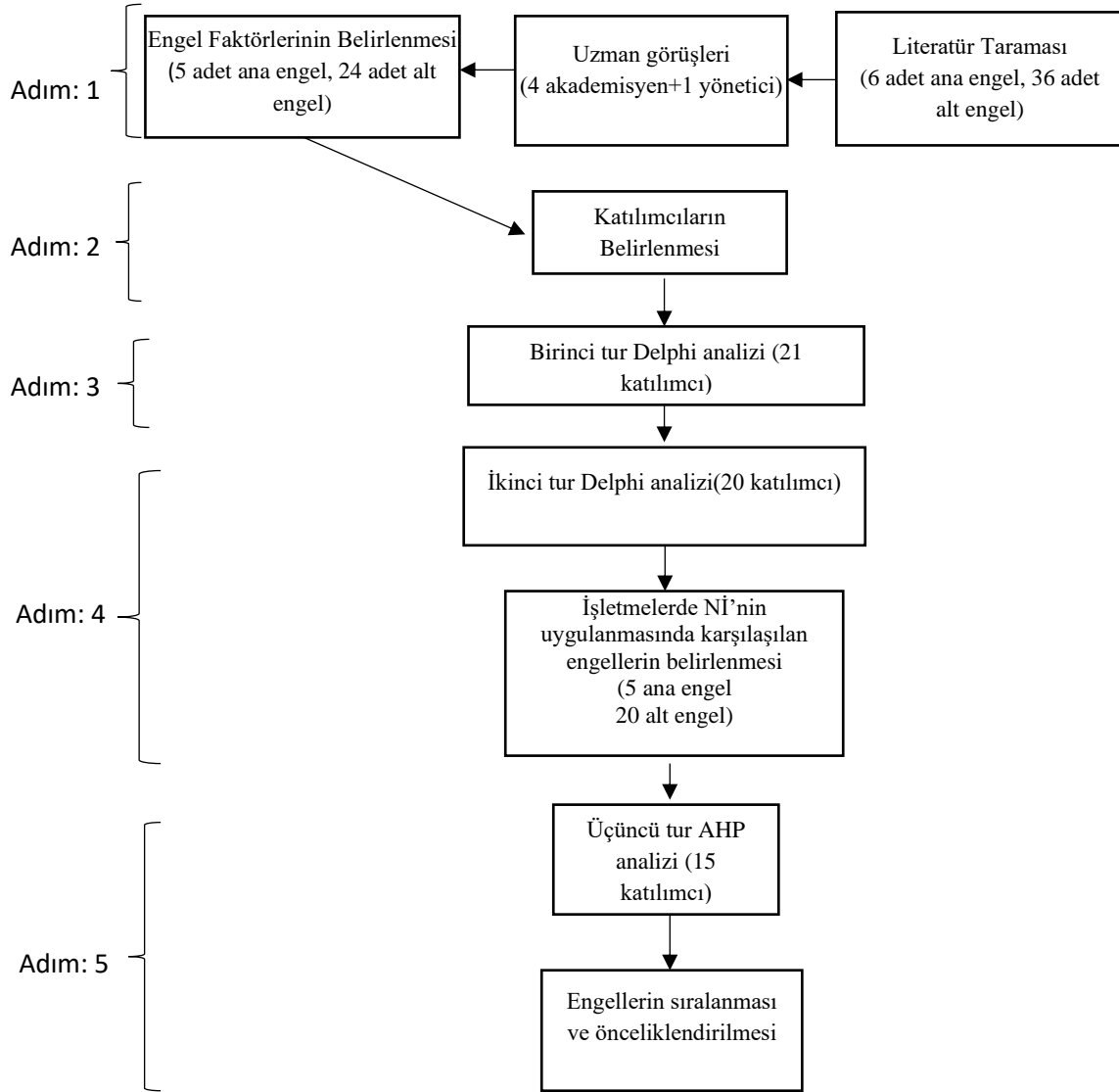
CI değerinden sonra Denklem (8) kullanılarak Tutarlılık Oranı bulunmektedir. Bu değer 0,10’dan küçük olması gerekmektedir. Aksi durumda AHP yöntemi uygulanırken bir hata olduğu ya da uzmanların faktör karşılaştırmalarında bir tutarsızlık olduğu söylenebilir (Bouzon vd., 2016: 188).

$$\text{Tutarlılık Oranı (CR)} = \frac{CI}{RCI} \quad (8)$$

Uygulama

Bu bölümde Türkiye’deki işletmelerde Nİ’nin uygulanmasında karşılaşılan engellerin Delphi ve AHP yöntemleri ile araştırılmasının ve analiz edilmesinin detaylarına yer verilmiştir. Tekrarlı adımlardan oluşan ve üç tur olan anket uygulamasının ilk iki turunda Delphi yöntemi, üçüncü turda ise AHP yöntemi kullanılmıştır. Araştırmanın birinci turunda amaç, Delphi yöntemi ile Nİ’nin uygulanmasında karşılaşılan engelleri 5’li Likert ölçeğine göre değerlendirmek ve uzman grubun görüşleri doğrultusunda yeni/farklı engelleri ortaya çıkarmaktır. İkinci turun amacı, anket sonuçlarını diğer katılımcılarla paylaşmak ve katılımcıların bu sonuçları gözden geçirerek 5’li likert ölçeğine göre yeniden engel düzeylerini işaretlemelerini sağlamaktır. Nihai olarak üçüncü ve son turda amaç, ikinci turun sonunda engel düzeyleri düşük olan engelleri yapılacak üçüncü anketten çıkarmak ve engeller arasında en kritik olanlarını saptamaktır. Araştırmada izlenen Delphi ve AHP entegre adımlarının genel yapısı Şekil 1’de görülmektedir. Bu adımlar “Yöntem” bölümünde bahsedilen Delphi ve AHP adımları dikkate alınarak oluşturulmuştur.

Şekil 1: Araştırmada izlenen adımlar



Adım 1: Engel faktörlerinin belirlenmesi

Bu çalışmada öncelikle literatür taraması yapılarak Nİ'nin önündeki engeller belirlenmiştir. Bu engeller ilk haliyle otuz altı adet alt başlık ve altı adet ana başlık olarak listelenmiştir. Çalışmanın uygulama aşamasına geçmeden önce belirlenen ilk engel listesi ve açıklamaları hakkında dört akademisyen ve bir yöneticiden bu listeyi yorumlamaları istenmiştir. Gelen yorumlar neticesinde birbirine benzeyen ve birbirini kapsayan engel faktörleri çıkartılmış veya birleştirilmiştir. Neticede altı ana başlık beş adete, otuz altı adet alt engel başlığı ise yirmi dört adete indirgenmiştir. Çalışmada kullanılan engel faktörlerine ait liste Tablo 4'te görülmektedir.

Tablo 4: Nesnelere interneti ve uygulamadaki engel faktörleri

Ana Engel Faktörleri	Alt Engel Faktörleri	Referanslar
Ekonomik Engeller	Sistem Kurulum Maliyeti	(Dlamini ve Johnston, 2017: 46; Kamble vd., 2018: 110; Luthra vd., 2018: 734; Mani ve Chouk, 2018: 790; Orzes vd., 2018: 1349; Deral ve Kazançoğlu 2020: 69; Sharma vd., 2020: 4; Majumdar vd., 2021: 3)
	Yatırımın Geri Dönüş Süresinin Uzun Olması	(Luthra vd., 2018: 734; Kamble vd., 2019: 157; Sharma vd., 2020: 4; Singh ve Bhanot, 2020: 2475)
	Yüksek Enerji Tüketim Maliyeti	(Khan vd., 2012: 260; Kamble vd., 2019: 157)
	Operasyon ve İşletim Maliyeti	(Kamble vd., 2019: 157; Sharma vd., 2020: 4)
Teknik & Teknolojik Engeller	Cihazların Güç Kaynağı Yetersizliği	(Dadkhah vd., 2020: 92; Singh ve Bhanot, 2020: 2459) (Khan vd., 2012: 260; Matharu vd., 2014: 55; Breivold ve Sandstrom, 2015: 534; Ahmed vd., 2016: 15; Haddud vd., 2017: 1066; Stojkoska ve Trivodaliev, 2017: 1461; Kamble vd., 2018:110; Orzes vd., 2018: 1349; Sisinni vd., 2018: 4730-4731; Deral ve Kazançoğlu, 2020: 69; Kumar vd., 2020: 6; Singh ve Bhanot, 2020: 2459; Majumdar vd., 2021: 3)
	Eski ve Yeni Sistemlerin Uyum Sorunu	(Bandyopadhyay ve Sen, 2011: 65; Al-Fuqaha vd., 2015: 2362; Haddud vd., 2017: 1066; Kamble vd., 2018: 110; Kamble vd., 2019: 158; Dadkhah vd., 2020: 92; Sharma vd., 2020: 5)
	Genel Kabul Görmüş Bir Sistem Tasarımının Olmaması	(Bandyopadhyay ve Sen, 2011: 65; Pengfei vd., 2014: 1031; Tsai vd., 2014: 2211; Xu vd., 2014: 2239; Al-Fuqaha vd., 2015: 2362; Perera vd., 2015: 594; Dlamini ve Johnston, 2017: 46; Kamble vd., 2018: 118; Luthra vd., 2018: 735; Tümer Kabadayı ve Koçak Alan, 2018: 309; Kamble vd., 2019: 157; Kumar vd., 2020: 6; Sharma vd., 2020: 4; Singh ve Bhanot, 2020: 247)
	İnternet Altyapısının Yetersizliği	(Pengfei vd., 2014: 1031; Tsai vd., 2014: 2212; Singh ve Bhanot, 2020: 2459)
	IP Adreslerine Aşırı Yüklenme ve Ağ Trafikinin Yoğun Olması	(Bandyopadhyay ve Sen, 2011: 59; Khan vd., 2012: 260; Pengfei vd., 2014: 1031; Matharu vd., 2014: 55; Tsai vd., 2014: 2211; Xu vd., 2014: 2240; Bauer vd., 2015: 3; Dlamini ve Johnston, 2017: 47; Haddud vd., 2017: 1066; Hammoudi vd., 2018: 378; Kamble vd., 2018: 110; Luthra vd., 2018: 735; Kamble vd., 2019: 157; Dadkhah vd., 2020: 92; Sharma vd., 2020: 4; Singh ve Bhanot, 2020: 2458)
	Genel Kabul Görmüş Standartların Olmaması	(Xu vd., 2014: 2239; Baig vd., 2019: 6; Dadkhah vd., 2020: 92)
	Büyük Verinin İşlenmesi Zorluğu	(Tsai vd., 2014: 2211; Haddud vd., 2017: 1066; Stojkoska ve Trivodaliev, 2017: 1461; Orzes vd., 2018: 1349; Tümer Kabadayı ve Koçak Alan, 2018: 308; Baig vd., 2019: 6)
	Büyük Verinin Depolama Sorunu	
Kaynaklı Engeller	Nesnelere İnternetinin Sağlayacağı Faydaların Net Olarak Bilinmemesi	(Haddud vd., 2017:1066; Kamble vd., 2018: 110)
	Nesnelere İnterneti Teknolojilerinin Kullanım Zorluğu	(Mani ve Chouk, 2018: 785)
İnsan Engeller	Teknolojilerdeki Değişime Karşı İnsanların Gösterdiği Direnç	(Dlamini ve Johnston, 2017: 47; Haddud vd., 2017: 1066; Mani ve Chouk, 2018: 785; Raj vd., 2020: 6; Kumar vd., 2021: 8)
Organizasyonel Engeller	Tedarik Zincirlerinin Yeni Teknolojilerin Gerisinden Gelmesi	(Pengfei vd., 2014: 1031)
	Kalifiye Personel Eksikliği	(Dlamini ve Johnston, 2017: 47; Haddud vd., 2017: 1066; Kamble vd., 2018: 110; Luthra vd., 2018: 734; Orzes vd., 2018: 1349; Kamble vd., 2019: 157; Kumar vd., 2020: 6; Raj vd., 2020: 5; Sharma vd., 2020: 4; Singh ve Bhanot, 2020: 2459; Majumdar vd., 2021: 3)
	Güçlü Liderlik Eksikliği ya da Üst Yönetimin Desteğinin Eksikliği	(Kiel vd., 2017: 15; Orzes vd., 2018: 1349; Majumdar vd., 2021: 3)
Yasal Engeller	Kanun ve yasal çerçeve konusundaki eksiklikler	(Kiel vd., 2017: 16; Kumar vd., 2020: 6; Kumar vd., 2021: 8)
	Devlet desteği eksikliği (finansman, vergi, eğitim vb. açısından)	(Glass vd., 2018: 986; Kumar vd., 2020: 6)
	Veri Mülkiyeti Sorunu	(Weinberg vd., 2015:620; Tümer Kabadayı ve Koçak Alan, 2018: 308)

Listede yer alan engel faktörleri temel alınarak anket formu düzenlenmiştir. Anket formu Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi İnsan Araştırmaları Etik Kurulu'nun 29.03.2021 tarihli 2021/116 sayılı kararına istinaden etik olarak uygun bulunmuştur.

Adım 2: Katılımcıların belirlenmesi ve örneklem

Araştırmada, Delphi çalışmalarında sıklıkla kullanılan amaçlı örnekleme yöntemine başvurulmuştur (Koçdar ve Aydın, 2013: 33). Amaçlı örnekleme yöntemi, araştırılacak konu, olay veya olguya ilişkin önemli bilgi kaynaklarına ulaşma konusunda araştırmacıya yardımcı olmakta ve araştırılması istenen durumların derinlemesine incelenmesine imkân tanımaktadır (Patton, 2018). Bu sayede zengin bilgi birikimine sahip uzman katılımcıların araştırmaya katkı sağlayacağı ve konu hakkında derinlemesine bilgi elde edileceği düşünülmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2018). Çalışma doğrultusunda Türkiye sınırları içerisinde alanında uzman sektör çalışanları ve akademisyenlerle görüşülmüş ve araştırmaya katılımları sağlanmıştır. Araştırmaya katılım için akademisyenlerin ve sektör çalışanlarının Nİ konusunu biliyor olması ve ayrıca en az bir yıllık iş tecrübesine sahip olması yeterli görülmüştür.

Katılımcı sayısını belirleyebilmek için nitel bir yöntem olan Delphi ile nicel bir yöntem olan AHP'nin birlikte kullanıldığı çalışmalar incelemiştir. İncelenen bu çalışmalar Tablo 5'te sunulmuştur. Delphi ve AHP yöntemlerinin birlikte kullanıldığı çalışmalara bakıldığında uzman gruplarındaki kişi sayılarının 6 ile 22 arasında değiştiği görülmektedir. Delphi yönteminin tekrarlı adımlardan oluşmasının ve sonrasında AHP yöntemi kullanılarak engel faktörlerinin sıralanmasının uzun zaman alacağı göz önünde bulundurularak bu çalışmada 50 kişiyle iletişim kurulmuş ve 21 kişi araştırmaya katılmayı kabul etmiştir. Sonuç olarak 21 uzman kişiyle 2021 Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında anket uygulamaları e-posta yoluyla gerçekleştirilmiştir.

Tablo 5: Delphi ve Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemlerinin birlikte kullanıldığı çalışmalar

Yıl	Ülke	Araştırmacılar	Yöntem	Uzman Sayısı
2008	Tayvan	(Cheng vd., 2008)	Bulanık Delphi- Bulanık AHP	10
2009	Tayvan	(Cheng ve Tang, 2009)	Delphi-AHP	6
2011	Hindistan	(Joshi vd., 2011)	Delphi-AHP-TOPSIS	6
2013	Tayvan	(Chuang vd., 2013)	Delphi-AHP	22
2016	Brezilya	(Bouzon vd., 2016)	Delphi-AHP	10
2019	Bangladeş	(Moktadir vd., 2019)	Delphi- AHP	15
2019	Pakistan	(Zhou vd., 2019)	Delphi-Bulanık AHP	10

Adım 3: Birinci tur Delphi anketi analizi ve anket bulguları

İlk turda katılımcılara üç bölümden oluşan bir anket formu gönderilmiştir. Katılımcılardan anketin birinci bölümünde kişisel soruları cevaplamaları, ikinci bölümde Nİ'nin uygulanmasında karşılaşılan engel faktörlerini 5'li Likert kullanarak engel düzeylerine göre işaretlemeleri ve isterlerse faktörler için yorum ve açıklama yazmaları istenmiştir. Son bölümde ise eklemek istedikleri diğer engel teşkil edebilecek konuları belirtmeleri beklenmiştir. Birinci turda ankete 21 kişi katılmıştır. Katılımcılara ait bilgiler Tablo 6'da sunulmaktadır.

Tablo 6: Katılımcılara ait demografik bilgiler

Cinsiyet		Çalıştıkları Unvanlar	
Erkek	11	İş analisti	4
Kadın	10	ERP Proje danışmanı/ ERP Proje yöneticisi	2
Toplam	21	RPA Geliştiricisi	1
Eğitim		Kıdemli yazılım uzmanı	1
Lisans	18	Uzman satış mühendisi	1
Lisansüstü	3	Üretim ve planlama yöneticisi	1
Toplam	21	Metod mühendisi	1
Çalışan Sayısı		Makine mühendisi	2
1-200	8	Üretim mühendisi	1
201-400	6	B sınıfı iş sağlığı ve güvenliği uzmanı	1
401-600	4	Proje mühendisi	1
1001 ve üzeri	3	Elektrik elektronik mühendisi	1
Toplam	21	Kalite kontrol mühendisi	2
		Siber güvenlik uzmanı	1
		Akademisyen	1
		Toplam	21

Anketin ikinci bölümünde Nİ'nin uygulamadaki engellerine dair ana ve alt faktörler bulunmaktadır. Katılımcılardan bu faktörleri 5’li Likert ölçeğine (1= “çok düşük düzeyde bir engel”, 2= “düşük düzeyde bir engel”, 3 = “orta düzeyde bir engel”, 4 = “yüksek düzeyde bir engel” ve 5 = “çok yüksek düzeyde bir engel”) göre işaretlemesi istenmiştir.

Katılımcılardan gelen tüm yanıtlara göre her faktör için Ç1 (birinci çeyrek), Md (medyan), Ç3 (üçüncü çeyrek) ve R (çeyrekler arası fark) değerleri hesaplanmıştır. Şahin (2001: 219)’e göre hesaplanan çeyrekler arası fark değeri 1.2’den az olan faktörler, uzlaşmanın olduğu faktörlerdir. Tablo 7’de görülen birinci tur anket sonuçlarında katılımcıların gri ile belirtilen on bir faktör üzerinde uzlaşamadıkları kalan on üç faktör üzerinde ise uzlaştıkları söylenebilir.

Tablo 7: Birinci tur anket sonuçları

Ana Faktörler	Alt Faktörler	Ç1	MD	Ç3	R
Ekonomik Engeller	Sistem Kurulum Maliyeti	3	4	4	1
	Yatırımın Geri Dönüş Süresinin Uzun Olması	3	3,5	4	1
	Yüksek Enerji Tüketim Maliyeti	3	3	3	0
	Operasyon ve İşletim Maliyeti	3	4	4	1
Teknik ve Teknolojik Engeller	Kullanımı Yaygın Yazılımların Yetersizliği	3	4	5	2
	Sensörlerden Gelen Verilerin Doğruluğunun veya Yanlırlığının Tam Olarak Bilinememesi	2	4	4	2
	Gizlilik ve Güvenlik Konusundaki Tehditler	3	4	5	2
	Cihazların Güç Kaynağı Yetersizliği	2	3	3	1
	Eski ve Yeni Sistemlerin Uyum Sorunu	3	3	4	1
	Genel Kabul Görmüş Bir Sistem Tasarımının Olmaması	3	3	4	1
	İnternet Altyapısının Yetersizliği	3	3	5	2
	IP Adreslerine Aşırı Yüklenme ve Ağ Trafiklerinin Yoğun Olması	3	3	4	1
	Genel Kabul Görmüş Standartların Olmaması	3	4	4	1
	Büyük Verinin İşlenmesi Zorluğu	3	4	5	2
	Büyük Verinin Depolama Sorunu	3	4	5	2
	Veri Mülkiyeti Sorunu	3	4	4	1
İnsan Kaynaklı Engeller	Nesnelerin İnternetinin Sağlayacağı Faydaların Net Olarak Bilinmemesi	3	4	4	1
	Nesnelerin İnterneti Teknolojilerinin Kullanım Zorluğu	2	3	4	2
	Teknolojilerdeki Değişime Karşı İnsanların Gösterdiği Direnç	3	4	5	2
Organizasyonel Engeller	Tedarik Zincirlerinin Yeni Teknolojilerin Gerisinden Gelmesi	3	3,5	4	1
	Kalifiye Personel Eksikliği	4	4	5	1
	Güçlü Liderlik Eksikliği ya da Üst Yönetimin Desteğinin Eksikliği	3	4	5	2
Yasal Engeller	Kanun ve Yasal Çerçeve Konusundaki Eksiklikler	2	3	4	2
	Devlet Desteği Eksikliği (finansman, vergi, eğitim vb açısından)	3	4	5	2

Birinci tur anketin son bölümünde katılımcılara “Anket listesinde olmayıp sizin eklemek istediğiniz engel (ler) nelerdir?” sorusu yöneltilmiştir. Bu soruya K4 katılımcısı “Toplanan ve iletilen tüm verilerin şifrelenmesi ve gizliliğinin sağlanması konusunda kullanıcılarda güven duygusunun oluşturulması” şeklinde cevap vermiştir. K6 katılımcısı ise “Kullanıcıların veri gizliliği, verilerin üçüncü kişilerle paylaşılması gibi durumlar söz konusu olabilir” şeklinde yanıt vermiştir. Bu iki katılımcı gizlilik ve güvenlik tehditleri konusunda endişeleri olduğu ve verilerin üçüncü kişilerle paylaşılması durumunun söz konusu olabileceği yani mahremiyet ve etik konularında sıkıntıların yaşanabileceğini dile getirmiştir. Bu ilave yorumlara istinaden “Veri kullanımında etik ve mahremiyet sorunu” engelinin ikinci tur anketine eklenmesi uygun görülmüştür.

Adım 4: İkinci tur Delphi anketi uygulama, analiz ve anket bulguları

İkinci turda uygulanan anket, birinci tur anketinin benzeri olup, bu anket her katılımcıya özel olarak hazırlanmıştır. İkinci tur anketinde, birinci turun istatistiksel analizleri olan birinci ve üçüncü çeyrek değerleri, medyanlar, çeyrekler arası genişlik değerleri ve katılımcıların birinci turda hangi işaretlemeleri yaptıkları yer almaktadır. İkinci tur anketinde katılımcılara analiz sonuçları doğrultusunda eski cevaplarını gözden geçirmeleri gerektiği belirtilmiştir. İlk turda yer alan yirmi dört faktöre ek olarak katılımcılardan gelen yorumlara istinaden yeni eklenen “Veri kullanımında etik ve mahremiyet sorunu”

faktörü için engel düzeyini belirlemeleri istenmiş ve bu faktörün hangi ana engel başlığı altında yer alması gerektiği de sorulmuştur.

İkinci tur ankete katılım sayısı bir azalarak yirmi olmuştur. İkinci tur Delphi anketlerinin sonuçları birinci turda olduğu gibi analiz edilmiş; Ç1 (birinci çeyrek), Md (medyan), Ç3 (üçüncü çeyrek) ve R (çeyrekler arası fark) değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler Tablo 8'de görülmektedir.

Tablo 8: İkinci tur anket sonuçları

Ana Faktörler	Alt Faktörler	Ç1	MD	Ç3	R	ORT
Ekonomik Engeller	Sistem Kurulum Maliyeti	4	4	4	0	3,85
	Yatırımın Geri Dönüş Süresinin Uzun Olması	3	4	4,25	1,25	3,85
	Yüksek Enerji Tüketim Maliyeti	3	3	3,25	0,25	3,15
	Operasyon ve İşletim Maliyeti	3	4	4	1	3,65
Teknik ve Teknolojik Engeller	Kullanımı Yaygın Yazılımların Yetersizliği	3	4	4	1	3,55
	Sensörlerden Gelen Verilerin Doğruluğunun veya Yanlışlığının Tam Olarak Bilinememesi	2	3	5	3	3,20
	Gizlilik ve Güvenlik Konusundaki Tehditler	3	4	4,25	1,25	3,75
	Cihazların Güç Kaynağı Yetersizliği	2	2,5	3	1	2,60
	Eski ve Yeni Sistemlerin Uyum Sorunu	3	3	4	1	3,55
	Genel Kabul Görmüş Bir Sistem Tasarımının Olmaması	3	4	4	1	3,55
	İnternet Altyapısının Yetersizliği	3	3	4,25	1,25	3,60
	IP Adreslerine Aşırı Yüklenme ve Ağ Trafikinin Yoğun Olması	3	3,5	4	1	3,55
	Genel Kabul Görmüş Standartların Olmaması	3	4	4	1	3,65
	Büyük Verinin İşlenmesi Zorluğu	3	4	4,25	1,25	3,95
İnsan Kaynaklı Engeller	Büyük Verinin Depolama Sorunu	3	4	5	2	3,95
	Veri Mülkiyeti Sorunu	3	4	4	1	3,85
	Nesnelerin İnternetinin Sağlayacağı Faydaların Net Olarak Bilinememesi	3	4	4	1	3,75
	Nesnelerin İnterneti Teknolojilerinin Kullanım Zorluğu	2	3	3	1	2,80
Organizasyonel Engeller	Teknolojilerdeki Değişime Karşı İnsanların Gösterdiği Direnç	3	4	4,25	1,25	3,75
	Tedarik Zincirlerinin Yeni Teknolojilerin Gerisinden Gelmesi	3	3	4	1	3,50
	Kalifiye Personel Eksikliği	4	4	5	1	4,30
Yasal Engeller	Güçlü Liderlik Eksikliği ya da Üst Yönetimin Desteğinin Eksikliği	3,75	4	5	1,25	3,95
	Kanun ve Yasal Çerçeve konusundaki eksiklikler	3	3	4	1	3,30
	Devlet Desteği Eksikliği (finansman, vergi, eğitim vb açısından)	3	3	5	2	3,70
	Veri Kullanımında Etik ve Mahremiyetle ilgili Sorunlar	4	4	5	1	4,10

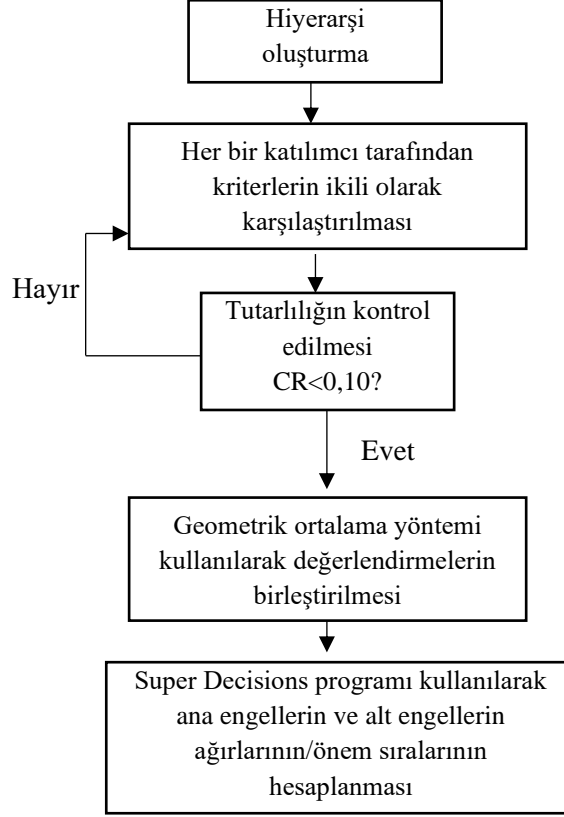
İkinci tur Delphi anketleri sonrasında engel faktörlerine ait R (çeyrekler arası genişlik) değerinin bir önceki ankete göre azaldığı yani uzlaşma yönünde bir gelişme olduğu söylenebilir. İkinci tur anketinde engel faktörlerinin ortalama değerleri de hesaplanmış ve Tablo 8'de bu ortalamalara yer verilmiştir. Muhammad vd. (2020:16263), Delphi-AHP yöntemlerini kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmada literatürde Delphi yöntemi sonrası farklı eleme yöntemlerine gidildiğini ve ortak bir yöntemin olmadığını belirtmişlerdir. Yazarlar, yaptıkları bu çalışmada faktörlerin ortalamalarını almış; 3,5 ve üzeri ortalamaya sahip faktörleri önemli olarak görmüşlerdir. Bahsi geçen çalışma referans alınarak bu çalışmada da 3,5 ve üzeri olan engel faktörleri önemli görülmüştür. Tablo 8'de ortalamaları gri ile belirtilen yani ortalaması 3,5'in altında olan engel faktörleri AHP yöntemi kapsamında yapılacak anket çalışmasından çıkarılmıştır. Çalışmadan çıkarılan engel faktörleri; yüksek enerji tüketim maliyeti, sensörlerden gelen verilerin doğruluğunun veya yanlışlığının tam olarak bilinmemesi, cihazların güç kaynağı yetersizliği, NI teknolojilerinin kullanım zorluğu, kanun ve yasal çerçeve konusundaki eksiklikler faktörleridir. Son değerlendirmeler neticesinde veri kullanımında etik ve mahremiyetle ilgili sorunlar faktörünün yasal engeller başlığı altında yer alması uygun görülmüştür. Sonuç olarak çalışmada beş ana engel ve kalan yirmi alt engel AHP analizinde kullanılmak üzere üçüncü tura aktarılmıştır.

Adım 5: Üçüncü tur Analitik Hiyerarşi Süreci anketi analizi ve anket bulguları

Delphi yöntemiyle işletmelerde Nİ'nin uygulanmasının önündeki engeller belirlenmiştir. AHP yöntemiyle ise Delphi yöntemiyle belirlenen bu engellerin sıralanması ve hangilerinin daha kritik olduğunun ortaya çıkartılması amaçlanmaktadır. Şekil 1'de sunulan Delphi-AHP entegre edilmiş

yapının son turunda (Adım 5) gerçekleştirilecek olan AHP analizinin detaylı adımları Şekil 2'de görülmektedir.

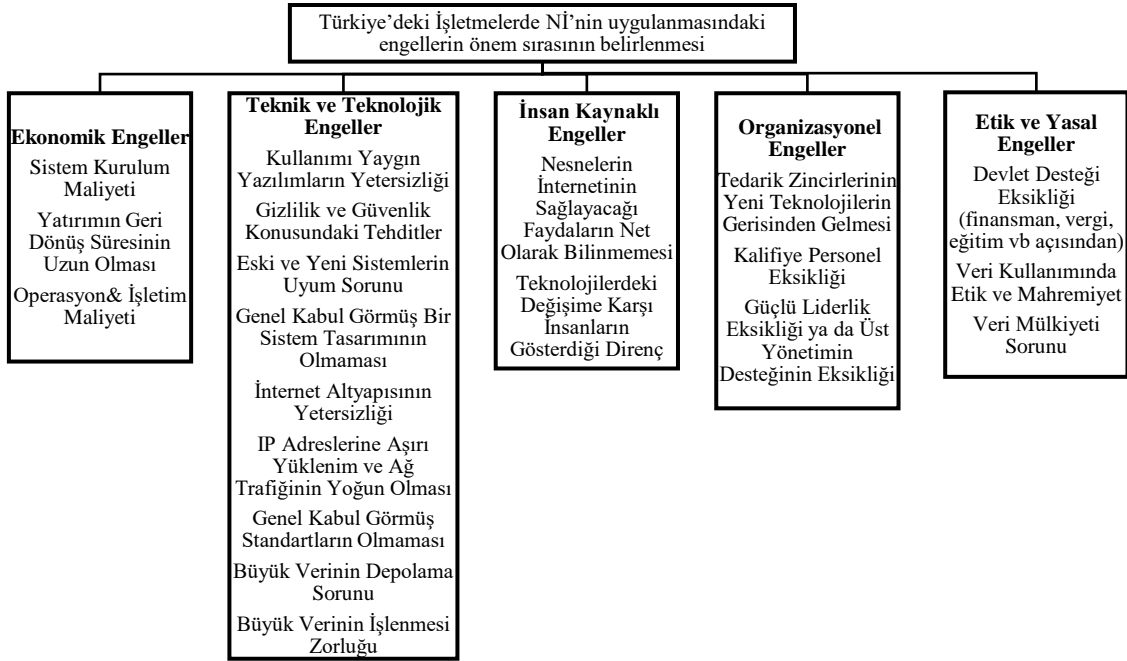
Şekil 2: AHP yöntemi uygulama adımları



II tur Delphi analiziyle ortaya çıkan sonuçlar doğrultusunda AHP yöntemi için üç seviyeli hiyerarşik bir yapı oluşturulmuştur (Şekil 3). Birinci seviye, Türkiye'deki işletmelerde Nİ'nin uygulanmasındaki engellerin önem sırasının belirlenmesidir. İkinci seviye, beş ana engelden ve üçüncü seviye yirmi alt engelden oluşmaktadır. Bu çalışmanın amacı Nİ'nin uygulanmasındaki engellerin önem sırasının belirlenmesi olduğu için hiyerarşik yapıda karar alternatifleri bulunmamaktadır. Bu aşamada katılımcılardan engel faktörlerini (ana engeller ve alt engeller) Saaty önem skalasını (Tablo 2) kullanarak ikili olarak karşılaştırmaları istenmiştir.

Üçüncü tur AHP anketini doldurup gönderen katılımcı sayısı 15 olmuştur. AHP anketleri super decisions programında analiz edilmiştir. İlk olarak her katılımcının anket sonuçları programa girilerek tutarlılık oranları kontrol edilmiş ve tüm katılımcılar için bu oranın 0,10'dan küçük olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 3: AHP yöntemi için hiyerarşik yapı



Bu aşamadan sonra tüm katılımcı değerlendirmelerinin birleştirilmesi gerekmektedir. Bunun için literatürde çok sık bir şekilde başvurulan geometrik ortalama yöntemi kullanılmıştır (Ünal, 2011: 6; Chuang vd., 2013: 74; Ömürbek ve Tunca, 2013: 57; Bouzon vd., 2016: 188; Mastrocinque vd., 2020: 10; Muhammad vd., 2020: 16264). Birleştirme işlemi tamamlandıktan sonra da ikili karşılaştırmaların tutarlılık oranları (CR) kontrol edilmiş ve tutarlılığın sağlandığı görülmüştür. Bu oranlar Tablo 9’da yer almaktadır

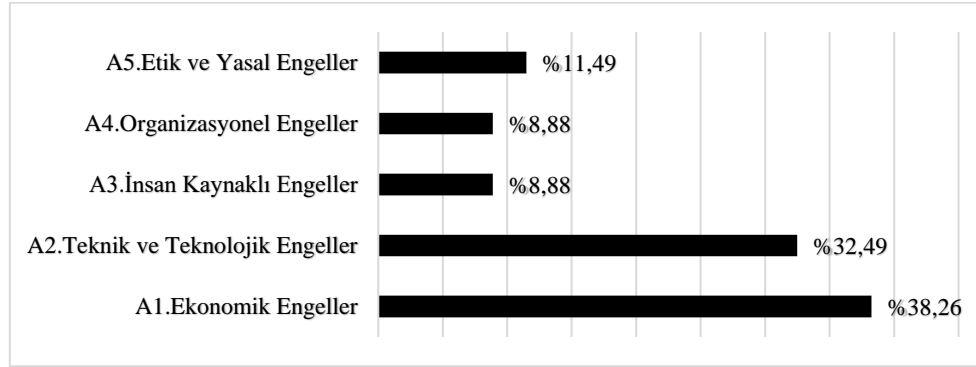
Tablo 9: AHP yöntemi ile engel faktörlerinin yüzde önem oranları ve sıralamaları

Ana Engel Faktörleri	Alt Engel Faktörleri	Grup Önem (%)	İçerik	Grup Sıralama	İçerik	Genel Önem (%)	Genel Sıralama	
CR= 0,01574								
A1. Ekonomik Engeller (%38,26) CR= 0,05156	E1. Sistem kurulum maliyeti	41,26		1		15,79	1	
	E2. Yatırımın geri dönüş süresinin uzun olması	25,99		3		9,94	3	
	E3. Operasyon ve işletim maliyeti	32,75		2		12,53	2	
A2. Teknik ve Teknolojik Engeller (%32,49) CR=0,01479	E4. Kullanımı yaygın yazılımların yetersizliği	5,61		7		1,82	17	
	E5. Gizlilik ve güvenlik konusundaki tehditler	12,26		3		3,98	8	
	E6. Eski ve yeni sistemlerin uyum sorunu	12,26		3		3,98	8	
	E7. Genel kabul görmüş bir sistem tasarımının olmaması	6,79		6		2,20	16	
	E8. İnternet altyapısının yetersizliği	16,12		1		5,24	5	
	E9. IP adreslerine aşırı yüklenme ve ağ trafiğinin yoğun olması	9,03		4		2,93	14	
	E10. Genel kabul görmüş standartların olmaması	8,42		5		2,73	15	
	E11. Büyük verinin işlenmesi zorluğu	14,77		2		4,80	6	
	E12. Büyük verinin depolama sorunu	14,77		2		4,80	6	
	A3. İnsan Kaynaklı Engeller (%8,87) CR=0,00000	E13. Nesnelerin internetinin sağlayacağı faydaların net olarak bilinmemesi	33,33		2		2,96	13
		E14. Teknolojilerdeki değişime karşı insanların gösterdiği direnç	66,67		1		5,92	4

A4. Organizasyonel Engeller (%8,87) CR=0,01759	E15. Tedarik zincirlerinin yeni teknolojilerin gerisinden gelmesi	16,92	3	1,50	18
	E16. Kalifiye personel eksikliği	44,34	1	3,94	9
	E17. Güçlü liderlik eksikliği ya da üst yönetimin desteğinin eksikliği	38,74	2	3,44	11
A5. Etik ve Yasal Engeller (%11,48) CR=0,05156	E18. Devlet desteği eksikliği	25,99	3	2,99	12
	E19. Veri mülkiyeti sorunu	32,75	2	3,76	10
	E20. Veri kullanımında etik ve Mahremiyet	41,26	1	4,74	7

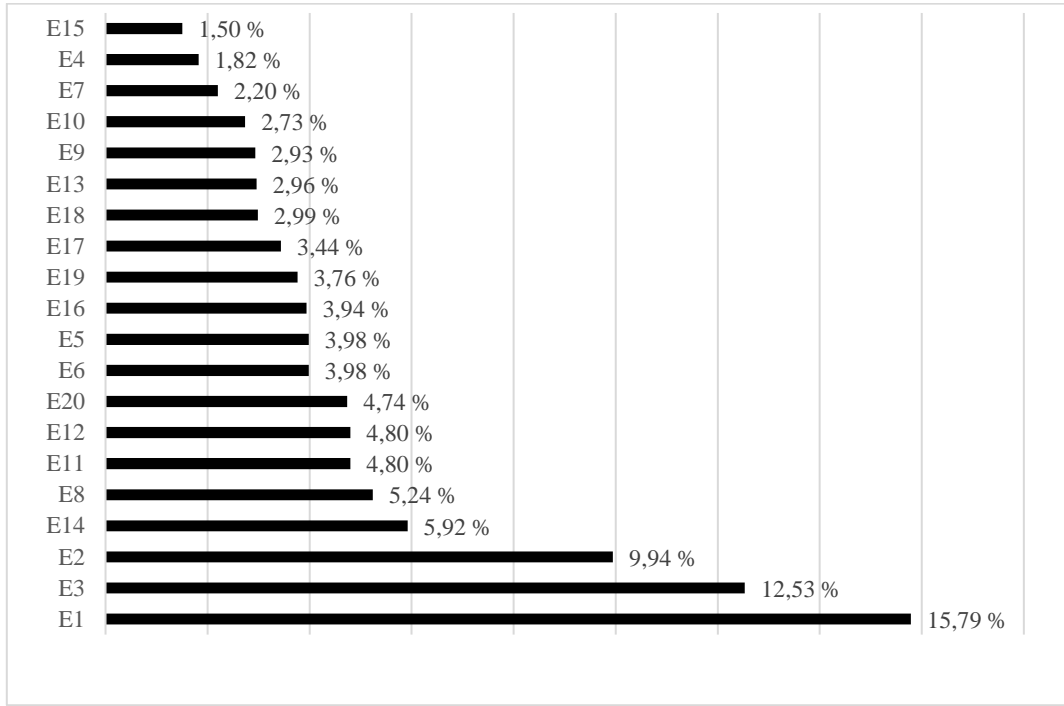
Tablo 9'da ana engel faktörlerin yüzde önem değerleri, alt engel faktörlerin grup içi önem oranları ve sıralaması ve son olarak alt faktörlerin genel sıralaması görülmektedir. Tablo 9'a göre %38,26 ile ekonomik engeller birinci sırada, %32,49 ile teknik ve teknolojik engeller ikinci sırada, %11,49 ile etik ve yasal engeller üçüncü sırada ve son olarak %8,88 önem değerleri ile insan kaynaklı ve organizasyonel engeller dördüncü sırada yer almaktadır. Ana engel faktörlerinin yüzde önem değerleri Şekil 4'te bir grafik yardımıyla gösterilmektedir.

Şekil 4: Ana engel faktörleri yüzde önem değerleri



Ayrıca alt faktörlere ilişkin yüzde önem değerleri Şekil 5'te bulunmaktadır. Burada ekonomik engeller faktöründe yer alan E1: Sistem kurulum maliyetinin %15,79 oranıyla en önemli engel faktörü olduğu tespit edilmiştir. E3: Operasyon ve işletim maliyeti ikinci sırada, E2: Yatırımın geri dönüş süresinin uzun olması üçüncü sırada, E14: Teknolojilerdeki değişime karşı insanların gösterdiği direnç dördüncü sırada, E8: İnternet altyapısının yetersizliği alt engel faktörü ise beşinci sıradadır.

Şekil 5: Alt engel faktörleri yüzde önem değerleri



E1: Sistem kurulum maliyeti, E2: Yatırımın geri dönüş süresinin uzun olması, E3: Operasyon ve işletim maliyeti, E4: Kullanımı yaygın yazılımların yetersizliği, E5: Gizlilik ve güvenlik konusundaki tehditler, E6: Eski ve yeni sistemlerin uyum sorunu, E7: Genel kabul görmüş bir sistem tasarımının olmaması, E8: İnternet altyapısının yetersizliği, E9: IP adreslerine aşırı yüklenim ve ağ trafiğinin yoğun olması, E10: Genel kabul görmüş standartların olmaması, E11: Büyük verinin işlenmesi zorluğu, E12: Büyük verinin depolama sorunu, E13: Nesnelerin İnternetinin sağlayacağı faydaların net olarak bilinmemesi, E14: Teknolojilerdeki değişime karşı insanların gösterdiği direnç, E15: Tedarik zincirlerinin yeni teknolojilerin gerisinden gelmesi, E16: Kalifiye personel eksikliği, E17: Güçlü liderlik eksikliği ya da üst yönetimin desteğinin eksikliği, E18: Devlet desteği eksikliği, E19: Veri mülkiyeti sorunu, E20: Veri Kullanımında etik ve mahremiyet.

Tartışma

Çalışma kapsamında ilk olarak literatür araştırması yapıp Nİ'nin uygulanmasında karşılaşılan engellerin neler olduğu saptanmıştır. Literatürde belirlenen engel faktörleri ve uzman görüşleri doğrultusunda anket formları hazırlanmıştır. Birinci tur Delphi yönteminde katılımcılara sunulan engel faktörlerinin ne derece engel teşkil ettiklerinin belirlenmesi ve listede olmayan ancak uzmanların bakış açısıyla engel faktörü olabilecek diğer faktörlerin bulunması hedeflenmiştir. Birinci tur Delphi analizi sonucunda, katılımcılardan gelen yorumlar doğrultusunda “veri kullanımında etik ve mahremiyet sorunu” maddesi ankete dahil edilmiştir. İkinci tur Delphi anketinde, birinci tur değerlendirmeleri gözden geçirilmiş ve katılımcılardan engel faktörlerini yeniden değerlendirmeleri istenmiştir. Sonuçta ikinci turda katılımcıların uzlaşmaya gittiği görülmüş ve ortalama değerleri düşük olan engel faktörleri yapılacak üçüncü tur AHP anketinden çıkartılmıştır. Çalışmada çıkarılan bu engel faktörlerinin katılımcılar tarafından önemli görülmemesinin bazı nedenleri olabileceği düşünülmektedir. Örneğin; cihazların güç kaynağı yetersizliği ve sensörlerden gelen verilerin doğruluğunun ya da yanlışlığının tam olarak bilinmemesi faktörlerine, teknolojinin gelişmesi ve bulunan yeni çözümlerle aşılabileceği ya da aşıldığı düşüncesiyle katılımcılar tarafından düşük puan verilmiş olabilir. Çalışmadan çıkan bir başka engel faktörü ise yüksek enerji tüketim maliyetidir. Nİ'nin sensör teknolojileri sayesinde aynı zamanda tasarruf etmeye de imkân tanınması, bu engel faktörünün çalışmadan çıkmasına yol açmış olabilir. Nİ teknolojilerinin kullanım zorluğu engel faktörü de çalışmadan çıkartılan bir diğer faktördür. Katılımcıların alanlarında uzman, tecrübeli ve eğitilmiş kişiler olmaları ve yaptıkları iş gereği aynı zamanda teknolojiyle yakından ilgilenmeleri sebebiyle bu engel faktörü önemsiz görülmüş olabilir.

İki aşamalı Delphi yönteminden sonra AHP yönteminde ise engel faktörleri karşılaştırılmış ve önem sıraları saptanmıştır. Çıkan sonuçlara göre ana engeller arasında ekonomik engeller birinci sırada yer

almaktadır. Bu sonuç işletmelerin Nİ teknolojilerini devreye almadan önce iyi bir fizibilite çalışması yaparak hem yatırımın maliyetini hem de geri dönüş süresini hesaplamaları ve buna göre planlama yapmaları gerektiğini göstermektedir. Nİ teknolojilerine yatırım her ne kadar yüksek maliyetli olsa da kısa zamanda bu teknolojilerin kullanımıyla gelen verimlilik artışı ve maliyetlerdeki düşüş, uzun vadede işletmelerin bu yatırımlar sayesinde kazançlı çıkmasını sağlayacaktır. Bu doğrultuda Nİ ve faydaları konusunda bilinçlendirme çalışmaları yapılmalı ve ileri dönemlerde getirilerinin katlanılan maliyetlerinden daha fazla olacağı vurgulanmalıdır. Ayrıca işletmelerin bakım ve eğitim gibi sistemin sürekliliğini sağlayacak konularda verimlilik artırıcı politikalar izlemeleri ekonomik engellerle baş edebilmeleri adına oldukça önemli görünmektedir.

Ekonomik engellerden sonra önemli görülen ikinci ana engel teknik ve teknolojik engeldir. Analiz sonuçlarına göre bu kategoride, internet alt yapısı ile ilgili engeller işletmelerin aşması gereken en önemli sorun olarak görülmektedir. Bu engeli, büyük verinin işlenmesi zorluğu ve büyük verinin depolanması sorunu takip etmektedir. Söz konusu sorunların aşılabilmesi için büyük verinin işlenmesi ve analiz edilmesine imkân tanyacak yazılımlara, veri analitiklerine, veri analizlerini gerçekleştirebilecek nitelikli analistlere ve yazılımcılara ihtiyaç bulunmaktadır. Bu kategoride önemli görülen bir diğer engel ise eski ve yeni sistemlerin uyum sorunudur. Bunun için işletmeler mevcut düzendeki makine, cihaz ve donanımları internet ağları aracılığıyla eski ve yeni sistemleri birbirleriyle bütünleştirmeye çalışmalıdırlar. Son olarak işletmeler, gizlilik ve güvenlik tehditleri konusunda şifreleme programlarına ve koruyucu yazılımlara yatırım yaparak siber saldırılara ve verilerin çalınmasına karşı kendilerini korumalıdırlar.

Ana engel faktörlerinin önem sıralamasında üçüncü ve dördüncü sırada yer alan etik ve yasal engeller ile insan kaynaklı ve organizasyonel engeller de işletmeler tarafından göz ardı edilmemelidir. Bu doğrultuda işletmeler özellikle yeni teknolojilere, yazılımlara, güvenlik sistemlerine yatırım yaparken aynı zamanda bu kaynakları koordine edebilecek, yönetebilecek, bilgi ve birikim sahibi kişileri bünyelerine kazandırmalıdırlar. Devamında da bu kişileri motive edecek çalışmalar yürütülmeli ve onların tecrübelerinden maksimum seviyede fayda sağlayacak şekilde çalışanlar desteklenmelidir. Aynı zamanda Nİ'nin sağladığı faydaların çalışanlara ve yöneticilere aktarılması da sürecin benimsenmesini hızlandıracak bir unsur olarak görülmelidir.

Çalışmada alt engel faktörlerinin genel sıralamasında ilk beşte; sistem kurulum maliyeti, operasyon ve işletim maliyeti, yatırımın geri dönüş süresinin uzun olması, teknolojilerdeki değişime karşı insanların gösterdiği direnç ve internet altyapısının yetersizliği yer almaktadır. Bu sonuçların literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir. Örneğin, Deral ve Kazançoğlu (2020: 69), yaptıkları çalışmada, Türkiye’de faaliyet gösteren iki işletme ile görüşmüş ve bu iki işletme Nİ için alınacak ekipman ve yazılım maliyetinin onlar için en temel engel olduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde Dlamini ve Jonhston (2017: 46-47), Güney Afrika’da yaptıkları çalışmada, işletmelerin mevcut teknolojilerinin yetersiz olması ve dışardan teknoloji temin etmeleri nedeniyle maliyetlerin düşünülenden daha fazla olduğunu ve dolayısıyla Nİ ve uygulamalarında sistem maliyetlerinin en önemli engel faktörü olduğunu dile getirmişlerdir. Luthra vd. (2017: 738) de Nİ’ye uyum konusunda Hindistan’da yaptıkları araştırma sonucunda maliyetle ilgili konuların ve yatırımın geri dönüş süresinin uzun olmasının ilk sıralarda yer alan önemli engeller olduğunu tespit etmişlerdir. Özellikle Türkiye’nin teknolojik cihaz ve parçaları yurt dışından ithal etmesi nedeniyle Nİ ile ilgili maliyetler daha da katlanmaktadır. Ayrıca Nİ teknolojilerinin birden fazla sistemi yapısında barındırması nedeniyle ilk yatırımın kâra geçme süresi beklenenden daha uzun sürebilmektedir.

Teknolojilerdeki değişime karşı insanların gösterdiği direnç ise bu çalışmada dördüncü sırada yer alan bir diğer önemli engeldir. Nİ, küçük ve orta ölçekli işletmelerin sayıca fazla olduğu ülkemizde adını yeni yeni duyurmaya başlayan bir teknolojidir. Özellikle otomasyon yerine iş gücüne dayalı üretim nedeniyle ülkemizde teknolojilerin insan gücünün yerini alacağı endişesi, bu teknolojilerin kullanılması konusunda isteksizliği ve direnci beraberinde getirebilir. Bu noktada değişimin işletmelerce iyi yönetilmesi ve adaptasyonun sağlanması gerekmektedir. (Dlamini ve Johnston, 2017: 47). İşletmeler, çalışanlarını yenilikler konusunda bilgilendirmeli ve bu engelin aşılması için Nİ konusunda çalışanlarına eğitim vermelidirler.

İnternet altyapısının yetersizliği engeli ise yapılan analizde beşinci sırada yer almıştır. Luthra vd. (2017: 738), yaptıkları çalışmada, internet bağlantısı sorununun en önemli üç engel faktörü arasında olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde yine Hindistan’da Kamble vd. (2019: 165), internet altyapısı sorunlarını en çok dikkat edilmesi gereken ilk üç engel faktöründen biri olarak saptamışlardır. İşletmeler diğer ilk dört engel faktörlerine odaklandıkları gibi mevcut internet altyapı sorunlarıyla da yakından ilgilenmelidirler.

Uzman katılımcıların değerlendirmelerine göre ilk beş sırada olan engel faktörlerinden sonra işletmeler sırasıyla büyük verinin işlenmesi; büyük verinin depolanması; veri kullanımında etik ve mahremiyet; gizlilik ve güvenlik konusundaki tehditler; eski ve yeni sistemlerin uyum sorunu; kalifiye personel eksikliği ve veri mülkiyeti sorunu engel faktörlerine de dikkat etmelidirler. Bahsi geçen öncelik sıralamalarına göre kararlar almalı ve stratejiler geliştirmelidirler.

Sonuç

Nİ ile işletmeler gerçek zamanlı verilerle hızlı kararlar alabilecek ve geçmişe yönelik verilerle de gerçekçi tahminler yapabileceklerdir. Bu şekilde tahmin yeteneklerini arttıran işletmeler, aynı zamanda üretimde sensör ve ağ teknolojilerinin de kullanımıyla ürün ve malzeme izlenebilirliğini artıracak, çalınma ve kayıp oranlarını düşürecek ve farklı müşteri taleplerine hızlı ve esnek yanıt verebilecek seviyeye gelebileceklerdir. Bu faydalara ek olarak Nİ ile işletme içindeki satış, pazarlama, üretim, planlama, kalite ve lojistik birimleri birbiriyle bütünleşecek, tedarikçi ve müşterilerle ilişkiler gelişecektir. Tüm bu faydalar ise neticede işletmede verimliliği ve kârlılığı artırırken maliyetlerde de düşüş olmasını sağlayacaktır. Bu faydaları elde etmek her ne kadar işletmeler için cazip olsa da uygulamada yaşanan zorluklar ve karşılaşılan engeller, Nİ uygulamalarının hayata geçirilmesinde işletmelerin geç kalmalarına ya da çekimser davranmalarına sebebiyet verebilmektedir. İşte gelinen bu noktada işletmelerin uygulamada karşılaşılan başarısızlık faktörlerini yani engelleri bilmeleri ve bunlardan hangilerine öncelikle odaklanmaları gerektiği konusunda daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Başarılı bir Nİ uygulaması için söz konusu engellerin bilinmesi ve bu engellerden hangilerinin kritik düzeyde olduğunu saptanması, akabinde alınacak stratejik kararlar için oldukça önemlidir. Çünkü Nİ ile ilgili gelişmeler devam etse de arzulanan seviyeye gelinemediği ve hem teoride hem de uygulamada büyük boşluklar olduğu görülmektedir (Singh ve Bhanot, 2020: 2468). Özellikle Nİ’nin önündeki engeller konusunda Türkiye’de yapılmış çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Örneğin Deral ve Kazançoğlu (2020: 64-69), büyük ölçekli iki sanayi firmasının yöneticileriyle görüşmeler gerçekleştirerek Nİ’nin tercih edilmemesinin önündeki engelleri araştırmışlardır. Türkiye’de yapılan bir başka çalışma ise Tümer Kabadayı ve Koçak Alan (2018)’a aittir. Yazarlar Nİ’nin önündeki engelleri kavramsal olarak incelemeye çalışmışlardır. Sonuç olarak Türkiye bağlamında Nİ’nin kullanılmasının önündeki engellere yönelik kapsamlı bir çalışmanın bulunmadığı söylenebilir. Uluslararası literatürde ise bu konuda nispeten daha fazla çalışmaya rastlanmakla birlikte bu çalışmaların büyük bir kısmı konuyu kavramsal olarak ele almaktadır. Geriye kalan çalışmalar ise ya engellerin belirlenmesine (görüşme ya da odak grup gibi yöntemlerle) veya engellerin sıralanmasına (frekans analizi ya da AHP gibi yöntemlerle) odaklanmaktadır. Kısacası uluslararası literatürde de hem engellerin belirlenmesi hem de engellerin sıralanmasına yönelik çok az sayıda çalışma olduğu görülmektedir.

Yaptığımız bu araştırmanın ise hem nitel hem de nicel yöntemleri birbirine entegre ederek bu boşluğu doldurması beklenmektedir. Çalışmada nitel yöntem olarak Delphi yöntemi kullanılmıştır. İki aşamalı olarak gerçekleştirilen bu yöntemde Nİ’nin uygulanmasının önündeki engellerin belirlenmesi/değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Araştırmanın üçüncü aşamasında ise nicel bir yöntem olan AHP yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntem ile Delphi yönteminde saptanan engellerin sıralanması ve öncelikli olanların belirlenmesi amaçlanmıştır.

Sonuç olarak, bu çalışmada Türkiye’deki işletmelerde Nİ’nin uygulanmasındaki engeller araştırılmış ve bu engellerin önem sıralamaları belirlenmiştir. İşletmeler bu sonuçlar doğrultusunda mevcut durumlarını gözden geçirecek, analiz edecek ve eksikliklerini giderme konusunda saptanan öncelikler doğrultusunda planlama yapabileceklerdir. Bu sayede işletmeler teknoloji çağının gerisinde kalmayacak, pazarda

mevcut konumlarını koruyabilecek ve rekabet edilebilirliklerini artıracaklardır. Tüm bu kazanımlar uzun vadede ülke adına da gelirleri artıracak ve ekonomiye katkı sağlayacaktır.

Gelecek çalışmalar, Türkiye’deki işletmelerde Nİ ve uygulamalarında karşılaşılan engel faktörlerini farklı yöntem ve analiz teknikleriyle araştırabilir. Bu çalışmada sektörel olarak ayırım yapılmamıştır. Dolayısıyla gelecek çalışmalar Nİ ve engel faktörlerini üretim, gıda, lojistik, otomotiv, tekstil, kimya gibi farklı sektörlerden sadece belirli sektörleri baz alarak araştırabilir ve önem sıralamalarını belirleyebilirler. Son olarak bu çalışmada sadece 21 uzmanın görüşlerine başvurulmuştur. Gelecek araştırmalarda daha fazla sayıda uzman, araştırmaya dâhil edilebilir.

Kaynakça

- Ahmed, E., Yaqoob, I., Gani, A., Imran, M. ve Guizani, M. (2016). Internet-of-things-based smart environments: State of the art, taxonomy, and open research challenges. *IEEE Wireless Communications*, 23(5), 10-16.
- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, Mo. ve Ayyash, M. (2015). Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 17(4), 2347-2376.
- Aydın, C. H. (1999). Eğitim iletişimi alanında Delfi tekniğinin uygulanışı. *Kurgu Dergisi*, 16(16), 225-241.
- Baig, M. M., Hosseini, H. G., Afifi, S. ve Mirza, F. (2019). Current challenges and barriers to the wider adoption of wearable sensor applications and internet-of-things in health and well-being. *Association for Information Systems AIS Electronic Library (AISeL)*, 1-11.
- Bandyopadhyay, D. ve Sen, J. (2011). Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization. *Wireless Personal Communications*, 58, 49-69.
- Banger, G. (2018a). *Endüstri 4.0 ekstra*. (2. Bs.). Dorlion Yayınları.
- Banger, G. (2018b). *Endüstri 4.0 ve akıllı işletme*. (2. Bs.). Dorlion Yayınları.
- Bauer, H., Patel, M. ve Veira, J. (2015). *Internet of things: Opportunities and challenges for semiconductor companies*. McKinsey & Company.
- Breivold, H. P. ve Kristian, S. (2015). Internet of things for industrial automation-challenges and technical solutions. *2015 IEEE International Conference on Data Science and Data Intensive Systems*, IEEE, 532-539. <https://doi.org/10.1109/DSDIS.2015.11>.
- Bouzon, M., Govindan, K., Rodriguez, C.M.T. ve Campos, L.M.S. (2016). Identification and analysis of reverse logistics barriers using fuzzy Delphi method and AHP. *Resources, Conservation and Recycling*, 108, 182-197.
- Cheng, J.H., Chen, S.S. ve Chuang, Y.W. (2008). An application of Fuzzy Delphi and Fuzzy AHP for multi-criteria evaluation model of fourth party logistics. *Wseas Transactions on Systems and Control*, 7(5), 466-478.
- Cheng, J.H. ve Tang, C.H. (2009). An application of fuzzy Delphi and fuzzy AHP for multi-criteria evaluation on bicycle industry supply chains. *Wseas Transactions on Systems and Control*, 4(1), 21-34.
- Chuang, Y.F., Chia, S.H. ve Wong, J.Y. (2013). Supply chain alliance factors evaluation by the Delphi-AHP method. *Wseas Transactions on Systems and Control*, 10(2), 69-79.
- Dadkhah, M., Mohammad, L., Fariborz, R. ve Khalil, K. (2020). What do publications say about the internet of things challenges/barriers to uninformed authors? A bibliometric analysis. *JLIS*, 11(3), 77-98.
- Dağdeviren, M. ve Eren, T. (2001). Tedarikçi firma seçiminde analitik hiyerarşi prosesi ve 0-1 hedef programlama yöntemlerinin kullanılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 16(2), 41-52.
- Deral, B. ve Kazançoğlu, İ. (2020). Endüstriyel nesnelerin internetinin tedarik zincirinde kullanımı üzerine bir araştırma. *Paradoks Ekonomi, Sosyoloji ve Politika Dergisi*, 16(1), 53-74.
- Dlamini, N. N. ve Johnston, K. (2017). Exploring the barriers and challenges that limit the uptake of the Internet of things (IoT) in South African retail businesses. U.Singh (Ed.). *Global Trends in Management, IT and Governance in an E-World International Conference* (41-50). Mauritius.
- Gaudenzi, B. ve Borghesi, A. (2006). Managing risks in the supply chain using the AHP method. *The International Journal of Logistics Management*, 17(1), 114-136.
- Glass, R., Meissner, A., Gebauer, C., Stürmer, S. ve Metternich, J. (2018). Identifying the barriers to

- industrie 4.0. *Procedia CIRP*, 72, 985–988.
- Gündüz, S., Ataş, H. ve Elkovan C.G. (2020). *Çoklu karar verme teknikleri*. Gazi Kitabevi.
- Gündüz, M. Z. ve Daş, R. (2018). Internet of things (IoT): Evolution, components and applications fields. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 24(2), 327–35.
- Haddud, A., DeSouza, A., Khare, A. ve Lee, H. (2017). Examining potential benefits and challenges associated with the internet of things integration in supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(8), 1055–1085.
- Hammoudi, S., Aliouat, Z. ve Harous, S. (2018). Challenges and research directions for internet of things. *Telecommunication Systems*, 67(2), 367–385.
- Joshi, R., Banwet, D.K. ve Shankar, R. (2011). A Delphi-AHP-TOPSIS based benchmarking framework for performance improvement of a cold chain. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 10170-10182.
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., Parekh, H. ve Joshi, S. (2019). Modeling the internet of things adoption barriers in food retail supply chains. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 48, 154-168.
- Kamble, S.S., Gunasekaran, A. ve Sharma, R. (2018). Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt industry 4.0 in Indian manufacturing industry. *Computers in Industry*, 101,107-119.
- Khan, R., Khan, S.U., Zaheer, R. ve Khan, S. (2012). Future internet: The internet of things architecture, possible applications and key challenges. *Proceedings - 10th International Conference on Frontiers of Information Technology*, Pakistan (257-260). <https://doi.org/10.1109/FIT.2012.53>.
- Kiel, D., Müller, J.M., Arnold, C. ve Voigt, K.I. (2017). Sustainable industrial value creation: Benefits and challenges of industry 4.0. *International Journal of Innovation Management*, 21(8), 1-34.
- Koçdar, S. ve Aydın, C. H. (2013). Açık ve uzaktan öğrenme araştırmalarında Delfi tekniğinin kullanımı. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(13), 31-44.
- Kumar, S., Suhaib, M. ve Asjad, M. (2020). Narrowing the barriers to Industry 4.0 practices through PCA-Fuzzy AHP-K means. *Journal of Advances in Management Research*, 18(2), 200-226.
- Kumar, V., Vrat, P. ve Shankar, R. (2021). Prioritization of strategies to overcome the barriers in Industry 4.0: A hybrid MCDM approach. *OPSEARCH*, 58, 711-750.
- Lee, I. ve Lee, K. (2015). The internet of things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. *Business Horizons*, 58(4), 431-440.
- Luthra, S., Garg, D., Mangla, S.K. ve Berwal, Y.P.S. (2018). Analyzing challenges to internet of things (IoT) adoption and diffusion: An Indian context. *Procedia Computer Science*, 125, 733-739.
- Majumdar, A., Garg, H. ve Jain, R. (2021). Managing the barriers of Industry 4.0 adoption and implementation in textile and clothing industry: Interpretive structural model and triple helix framework. *Computers in Industry*, 125, 1-10.
- Mani, Z. ve Chouk, I. (2018). Consumer resistance to innovation in services: Challenges and barriers in the internet of things era. *Journal of Product Innovation Management*, 35(5), 780–807.
- Mastrocinque, E., Ramírez, F.J., Honrubia-Escribano, A. ve Pham, D.T. (2020). An AHP-based multi-criteria model for sustainable supply chain development in the renewable energy sector. *Expert Systems with Applications*, 150, 1-17.
- Matharu, G. S., Upadhyay, P. ve Chaudhary, L. (2014). The internet of things: Challenges & security issues. *2014 International Conference on Emerging Technologies*, Pakistan, 54-59. <https://doi.org/10.1109/ICET.2014.7021016>.
- Moktadir, M. A., Ali, S.M., Paul, S.K. ve Shukla, N. (2019). Barriers to big data analytics in manufacturing supply chains: A case study from Bangladesh. *Computers and Industrial Engineering*, 128, 1063–1075.
- Muhammad, A., Shaikh, A., Naveed, Q, N. ve Qureshi, M.R.N. (2020). Factors affecting academic Integrity in e-learning of Saudi Arabian Universities: An investigation using Delphi and AHP. *IEEE*, 8, 16259–16268.
- Orzes, G., Rauch, E., Bednar, S. ve Poklemba, R. (2018). Industry 4.0 implementation barriers in small and medium sized enterprises: A focus group study. *Proceedings of the IEEE* (1348–1352). <https://doi.org/10.1109/IEEM.2018.8607477>.
- Ömürbek, N. ve Tunca, Z. (2013). Analitik hiyerarşi süreci ve analitik ağ süreci yöntemlerinde grup kararı verilmesi aşamasına ilişkin bir örnek uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(18), 47-70.

- Patton, M. Q. (2018). *Nitel araştırma ve değerlendirme yöntemleri*. (M. Bürün ve S.B. Demir, Çev). Pegem Akademi.
- Pengfei, F., Linlin, W., Shiyang, Z. ve Tingting, L. (2014). The research on the internet of things industry chain for barriers and solutions. *Applied Mechanics and Materials*, 441, 1030-1035.
- Perera, C., Liu, C.H. ve Jayawardena, S. (2015). The emerging internet of things marketplace from an industrial perspective: A survey. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, 3(4), 585-598.
- Raj, A., Dwivedi, G., Sharma, A., Jabbour, A. B.L.S. ve Rajak, S. (2020). Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective. *International Journal of Production Economics*, 224, 1-17.
- Stojkoska, B.L.R. ve Trivodaliev, K.V. (2017). A review of internet of things for smart home: Challenges and solutions. *Journal of Cleaner Production*, 140, 454-1464.
- Sharma, M., Joshi, S., Kannan, D., Govindan, K., Singh, R ve Purohit, H.C. (2020). Internet of things (IoT) adoption barriers of smart cities' waste management: An Indian context. *Journal of Cleaner Production*, 270, 1-21.
- Singh, R. ve Bhanot, N. (2020). An integrated DEMATEL-MMDE-ISM based approach for analysing the barriers of IoT implementation in the manufacturing industry. *International Journal of Production Research*, 58(8), 2454-2476.
- Sisinni, E., Saifullah, A., Han, S., Jennehag, U. ve Gidlund, M. (2018). Industrial internet of things: Challenges, opportunities, and directions. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(11), 4724-4734.
- Şahin, A. E. (2001). Eğitim araştırmalarında delphi tekniği ve kullanımı. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20, 215-220.
- Torğul, B., Şağbaşı, L. ve Balo Balo, F. (2016). Internet of things: A survey. *International Journal of Applied Mathematics, Electronics and Computers*, 4, 104-104.
- Tsai, C. W., Lai, C. F. ve Vasilakos, A. V. (2014). Future internet of things: Open issues and challenges. *Wireless Networks*, 20(8), 2201-2217.
- Tümer Kabadayı, E. ve Koçak Alan, A. (2018). Yeni nesil 'bağlantı', yeni nesil 'iletişim': Nesnelerin interneti üzerine bir inceleme. *Journal of Business Research - Turk*, 10(1), 294-320.
- Ünal, Ö. F. (2011). Analitik hiyerarşi prosesi ve personel seçimi alanında uygulamaları. *Akdeniz Üniversitesi Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 2(3), 1-20.
- Weinberg, B.D., Milne, G.R., Andonova, Y. G. ve Hajjat, F.M. (2015). Internet of things: Convenience vs. privacy and secrecy. *Business Horizons*, 58(6), 615-624.
- Xu, L. D., He, W. ve Li, S. (2014). Internet of things in industries: A survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(4), 2233-2243.
- Yaralıoğlu, K. (2001). Performans değerlendirmede analitik hiyerarşi prosesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1, 129-142.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2018). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (11. Bs.). Seçkin Yayıncılık.
- Zhou, Y., Li, X. ve Ghulam, M. S. (2019). Evaluating and prioritizing the green supply chain management practices in Pakistan: Based on Delphi and fuzzy AHP approach. *Symmetry*, 11(11), 1-22.

Etik kurul onayı

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi İnsan Araştırmaları Etik Kurulu'nun 29.03.2021 tarihli 2021/116 sayılı kararına istinaden etik olarak uygun bulunmuştur.

Araştırmacıların katkı oranı beyanı

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamışlardır.

Çıkar çatışması beyanı

Bu çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması bulunmamaktadır.