



Radyo Frekans Tanımlama Teknolojisinin Depo Yönetimine Katkıları

The Contributions of Radio Frequency Identification Technology to Warehouse Management

Ozan Ateş¹

Öz

Tedarik zinciri, “hammaddelerin tedarikini, depolamayı, üretim ve montajı, stok kontrolünü, dağıtımı, sipariş yönetimini ve ürünün son kullanıcıya ulaştırılmasını kapsayan faaliyetler ve bu faaliyetlerin takip ve kontrol edilebilmesi için gerekli olan bilgi sistemleri” olarak tanımlanabilir. Tedarik zinciri ve bilgi teknolojileri birbirini ile çok sıkı bir ilişki halinde olduğundan bilgi teknolojileri Tedarik Zinciri için çok önemli bir konumdur. Kullanılan bilgi teknolojilerinden Bar Kod Teknolojisi Tedarik Zincirinin tüm operasyonlarına bir izlenebilirlik ve doğruluk kazandırması sebebi ile tercih edilmiş ve günümüzde önemli bir konuma ulaşmıştır. Diğer taraftan stok ve depolama operasyonları Tedarik Zincirinin tüm halkalarında yer alan operasyonlar olması bakımından Tedarik Zinciri içinde önemli bir yer işgal etmiş ve Tedarik Zincirinin etkinliğini artırmak isteyen firmaların öncelikli iyileştirme alanlarından biri olmuştur. Stok ve depolama operasyonları mevcut durumda Bar Kod ve Kare Kod Teknolojileri ile yürütülmektedir ancak değişen ve gelişen koşullar müşteri ihtiyaçlarına sirayet etmiş ve buna bağlı olarak tüm Tedarik Zinciri halkaları ve nihayetinde stok ve depolama operasyonları da etkilenmiştir. Depolama yapılan ürünlerin nitelik ve nicelikçe çoğalması stok ve depo yönetimini zorlaştırmıştır. Ancak eskiden beri olduğu gibi bugün de sürecin hala Bar Kod ve Kare Kod Teknolojisi ile sürdürülmeye çalışılması süreçleri yavaşlatmıştır.

Buna karşın teknolojideki hızlı gelişim işletmeleri de hızlı olmaya zorlamaktadır. Bu sebeple hızlı, esnek, doğru ve insan hatasının mümkün olduğunca az olduğu bir teknoloji olan RFID (Radio Frequency Identification – Radyo Frekans Tanımlama) Teknolojisi işletmelerin gündemine girmiştir. RFID Teknolojisi mümkün olduğunca insandan bağımsız ve hızlı bir operasyon ortamı vaat etmektedir. Bu sebeple işletmeler etkin bir tedarik zinciri için etkin bir stok ve depolama operasyonu gerekliliğinin farkında olarak bu operasyonlarda RFID Teknolojisinin nasıl kullanılabileceği konusunu araştırmaktadır. Uygulama örneğinde bir üçüncü parti lojistik hizmet sağlayıcısı firmanın deposunda RFID Teknolojisinin kullanımına yer verilmiştir. Stoklanan malzemelerin ve taşıma aletlerinin RFID etiketleri ile donatıldığı depo ortamında siparişe düşen ürünler için en yakın taşıma aleti yönlendirilmekte ve uygun toplama sırası oluşturularak ürünlerin toplanarak istenen noktaya transferi RFID Teknolojisi ile sağlanmaktadır. Taşıma aletlerinin konumlarının tespitinde RFID okuyucularının frekanslarından ve dalga boylarından ve toplama sıralarının oluşturulmasında sezgisel bir yöntem olan oklidyen uzaklık hesaplamalarından faydalanılmıştır. Bu makale çalışmasında yer verilen uygulama örneğinde RFID Teknolojisinin depolama işlemlerini nasıl iyileştirebileceği tartışılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Radyo Frekans Tanımlama, Bilgi Teknolojileri, Stok ve Depo Yönetimi, Tedarik Zinciri Yönetimi

ABSTRACT

Supply chain is definable as “the activities covering the procurement of raw materials, storage, production and assembly, stock control, distribution, order management, and delivery of the product to the end user, as well as the information systems necessary for monitoring and controlling these activities” (Author, Year, p. ??). Information technologies occupy a very important place in supply chains Due to the very close relationship that exists between them. Among the information technologies used in supply chains, barcode technology has been preferred as it provides traceability and accuracy in all operations of the supply chain and has currently reached a very important position. Meanwhile, stocking and warehouse operations are also important in supply chains as they occur at all links of the supply chain and have become the primary area of improvement for companies that want to increase supply chain efficiency. Stocking and warehouse operations are currently carried out using barcode technology, but changing and developing conditions have affected customer needs, accordingly also affecting all supply chain links and ultimately stocking and storage operations. The increases in the quality and quantity of the products to be stored have made warehouse management difficult. However, the fact that this process is still being carried out with barcode technology is now slowing down the processes. For this reason, radio-frequency identification (RFID) technology has come to the agenda of businesses as a fast technology free from human error. RFID technologies

Başvuru/Submitted: 04.10.2021 • **Revizyon Talebi/Revision Requested:** 17.03.2022 • **Son Revizyon/Last Revision Received:** 09.11.2022 • **Kabul/Accepted:** 09.11.2022

1 Sorumlu yazar/Corresponding author: Ozan Ateş (Dr. Öğr. Üyesi.), İstanbul Gedik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye. E-mail: ozan.ates@outlook.com.tr ORCID: 0000-0000-0003-4178-2603

Atıf/Citation: Ceyhan, I.F., & Demirci, F. (2022). Türk deniz ve kıyı sularında yük taşımacılığı sektörünün entropi-copras yöntemleriyle finansal performansının analizi. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(2), 465-478. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1004271>



promise an environment of fast, human-independent operation wherever possible. As a result, businesses have become aware of the need for effective stocking and storage operations for an effective supply chain and have begun investigating how RFID technologies can be used in these operations. This article includes an example that discusses how RFID technologies can improve storage and warehouse operations.

Keywords: Radio Frequency Identification, Information Technologies, Stock Management, Warehouse Management, Supply Chain Management

Extended Abstract

A supply chain can be defined as “the activities covering the procurement of raw materials, storage, production and assembly, stock control, distribution, order management, and delivery of the product to the end user, as well as the information systems necessary for monitoring and controlling these activities” (Author, Year, p. ##). Information technologies have a very important position in the supply chains due to the very close relationship they have with one another.

As an information technology used in supply chains, barcode technologies have been preferred due to how they provide traceability and accuracy in all supply-chain operations and have currently reached an important position. In recent years, QR codes are a technology that have been used frequently in industry circles and found a wide area of use in the public sector due to their reliability. QR code technology can be read very quickly, is also able to read data with alphanumeric and binary characters in addition to numerical data, has a low margin of error regarding reading, and is more tolerant to negative situations such as erasures, contamination, and wear and tearing; all these facts have made this technology more advantageous than barcode technology.

Meanwhile, stocking and warehouse operations occupy an important place in supply chains as these operations occur in all links of the supply chain and have become a priority area of improvement for companies that want to increase the supply chain efficiency. Stocking and warehouse operations are currently carried out with either barcode or QR code technologies; however, changing and developing conditions have affected customer needs; as such, all supply chain links and ultimately stocking and warehouse operations have also been affected. The increases in the quality and quantity of stored products have made stock management and warehouse management difficult. However, trying to continue these processes using barcode and QR code technologies has slowed them down, with the targets desired for speed, flexibility, and accuracy not being achieved.

Rapid developments in technology have forced businesses to become fast. For this reason, radio-frequency identification (RFID) technology has entered the agenda of businesses as a fast, flexible, accurate, technology free from human error. RFID technology promises an environment of fast, human-independent operation as much as possible. For this reason, businesses have become aware that effective stocking and storage operations are necessary for an effective supply chain and have begun investigating how RFID technologies can be used in these operations. The study’s case involves the use of this technology in a warehouse of a third-party logistics service provider company. In this warehouse environment, the stocked materials have been equipped with RFID tags that

guide the nearest handling equipment for ordered products; this environment creates an appropriate collection order using RFID technology to collect and transfer the products to their desired points.

Existing warehouse operational structures only use barcode technologies to determine the location of products that have been ordered. Which transport device will handle these products and in which order depends entirely on the knowledge and experience of the warehouse personnel. However, RFID technology permits more complex operations to be performed, such as determining the locations of the transport devices that will handle certain products as well as the order in which products will be handled by these devices. This study examines this situation that RFID technologies promise by presenting it concretely in an applied example. This applied example involves the use of RFID technology in the warehouse of a third-party logistics service provider company. The warehouse environment where the stocked materials and transportation tools have been set up with RFID tags use the RFID technology to guide the transportation device closest to the products that have been ordered and to create an appropriate collection order for the products, collecting and transferring them to their desired points. The frequencies and wavelengths of the RFID readers are used to determine the locations of the transport devices and to calculate the Euclidian distances as an intuitive method for creating collection sequences.

Stock management and warehouse management within supply chains are perhaps the most labor-intensive and most critical operations. Any disruption in these operations represents a negative disruption to the overall supply chain. For this reason, the study focuses on this area and emphasizes the importance of improving these operations within the supply chain.

RFID technology not only allows for the continuous monitoring of movement in the supply chain but also provides the opportunity to effectively and efficiently direct these movements by selecting the right tools, detailed information about objects in motion, and rather comprehensive reporting. As big data analysis is currently gaining importance, this detailed reporting service RFID technologies offer will open the door to many future improvements.

Giriş

Stok ve depo operasyonları tedarik zincirinin bütün halkalarında yer alan operasyonlar olması bakımından kritik öneme haiz olup bu operasyonlarda meydana gelebilecek bir aksaklık tedarik zincirinin genelini olumsuz yönde etkileyebileceği gibi bu operasyonlarda yapılabilecek bir iyileştirme ise tedarik zincirinin genelini olumlu yönde etkileyecektir. Depolaması yapılan ürünlerin nitelik ve nicelikçe çoğalmasında stok ve depo yönetimini zorlaştırmıştır. Ancak eskiden beri olduğu gibi bugün de sürecin hala Bar Kod ve Kare Kod Teknolojisi ile sürdürülmeye çalışılması süreçleri yavaşlatmış, istenilen hız, esneklik ve doğruluk hedeflerine ulaşamamıştır.

Buna karşın teknolojideki hızlı gelişim işletmeleri de hızlı olmaya zorlamaktadır. Bu sebeple hızlı, esnek, doğru ve insan hatasının mümkün olduğunca az olduğu bir teknoloji olan RFID (Radio Frequency Identification – Radyo Frekans Tanımlama) Teknolojisi işletmelerin gündemine girmiştir. RFID Teknolojisi mümkün olduğunca insandan bağımsız ve hızlı bir operasyon ortamı vaat etmektedir. Bu sebeple işletmeler etkin depo operasyonu gerekliliğinin farkında olarak bu operasyonlarda RFID Teknolojisinin nasıl kullanılabilirliği konusunu araştırmaktadır.

Mevcut depo operasyon yapılarında Bar Kod Teknolojisi, yalnızca siparişi gelen ürünlerin konumlarının tespitinde kullanılmaktadır. Söz konusu ürünlerin hangi taşıma aleti tarafından hangi sırayla elleçleneceği tamamen depo personelinin bilgi ve tecrübesine bağlıdır. Ancak RFID Teknolojisi ile konum tespiti dışında, o ürünleri elleçleyecek taşıma aletlerinin konumlarının tespiti ve hangi ürünlerin hangi taşıma aletleri tarafından hangi sırayla elleçleneceği gibi daha karmaşık işlemlerin yapılması mümkündür. Çalışmamızda RFID Teknolojisinin vaat ettiği bu durum incelenmekte ve çalışmamızın sonunda yer alan uygulama örneğinde somut olarak ortaya konulmaktadır.

Endüstri 4.0 ile hayatımıza giren otomasyon kavramı kendisine depo yönetiminde de yer bulmuştur. Firmaların özmal depolarında kendi standartlaştırılabilir ürünleri stoklanıyor iken lojistik servis sağlayıcıların depolarında çeşitli müşterilerinden çeşitli standartlarda ürünler stoklanabilmektedir. Firmalar ürünlerini standartlaştırarak depo otomasyonu için gerekli ön hazırlığı daha kolay bir şekilde yapabilirken lojistik servis sağlayıcıların bu tarz bir standartlaştırmayı sağlamaları daha güçtür. Çalışmamız ürün standartlarının çok değişik olduğu bu nedenle otomatik taşıma sistemlerinin kurulamadığı bir çevrede mevcut sistemin nasıl daha otomatik hale getirilebileceğine dair bir görüş ortaya koymaktadır.

Endüstri 4.0 kavramı ile birlikte iş dünyasında kendisine daha fazla yer bulan dijitalleşme konusu yapay zekayı ve otomasyonu işletmelerin gündemine dâhil etmiştir. Depo operasyonlarında otomasyon sistemlerini giderek daha fazla işletme uygulamaya almaktadır. Kendi ürünlerini üreten işletmeler ürün ve koli ebatlarında belirli bir standardizasyonu sağlayarak depo sistemlerinde otomasyonu uygulayabilmekte bu nedenle Bar Kod Teknolojisini kullanmaya devam ederek verimli, insan hatasından uzak, hızlı ve esnek yapılar inşa edebilmektedirler.

Ancak birçok işletmeye hizmet veren 3PL (Third Party Logistics Providers – Üçüncü Parti Lojistik Hizmet Sağlayıcıları) firmalarında farklı çeşitlerde ürünler söz konusu

olduğundan aynı ürün ve koli ebat standardizasyonundan bahsetmek mümkün değildir. Ancak dijitalleşme diğer işletmeleri olduğu kadar 3PL işletmelerini de otomasyon yapılarının kurulmasına zorlamaktadır.

RFID Teknolojisi belirli bir ürün ve koli ebat standardizasyonu olmadığı için otomasyon yapılarını kurmakta zorlanan işletmelere kolaylık sağlamaktadır. Bar Kod veya Kare Kod Teknolojisinin aksine RFID Teknolojisi ürünlerin depo içindeki konumunun tespitinin yanı sıra bu ürünleri elleçleyecek uygun nitelikteki ve nicelikteki taşıma aletlerinin depo içindeki konumlarının tespiti, elleçleme işlemine en uygun olan taşıma aletinin tespiti ve toplama sırasının belirlenmesi gibi bir dizi karmaşık ve daha çok depo personelinin bilgi ve tecrübesine dayanan işlemleri bütünleşik ve otomatik olarak yürüterek sistemleri otomasyona daha uygun hale getirmiştir.

Mevcut durumda depo operasyonlarında kullanılan bilgi teknolojilerinden Bar Kod Teknolojisi depo operasyonlarına bir izlenebilirlik ve doğruluk kazandırması sebebi ile tercih edilmiş ve günümüzde önemli bir konuma ulaşmıştır. Son yıllarda ise Kare Kod Teknolojisi, endüstri çevrelerinde sıklıkla kullanılmaya başlanmış ve güvenilirliği sebebiyle kamu sektöründe de kendisine geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Kare kod teknolojisinin çok hızlı okunabilmesi, nümerik veri dışında alfanümerik ve binary karakterlere sahip verileri de okuyabilmesi, okumada hata payının düşük olması ve silinme, kirlenme, yırtılma ile yıpranma gibi olumsuz durumlara karşı daha fazla toleranslı olması bu teknolojiyi bar kod teknolojisinden daha avantajlı bir hale getirmiştir. Ancak bu teknolojiler RFID Teknolojisinin vaat ettiği hız, esneklik, doğruluk ve bütünleşikliği sağlayamadığından kullanım alanlarının dijitalleşme ile beraber azalacağı öngörülmektedir.

Stok ve Depo Yönetimi

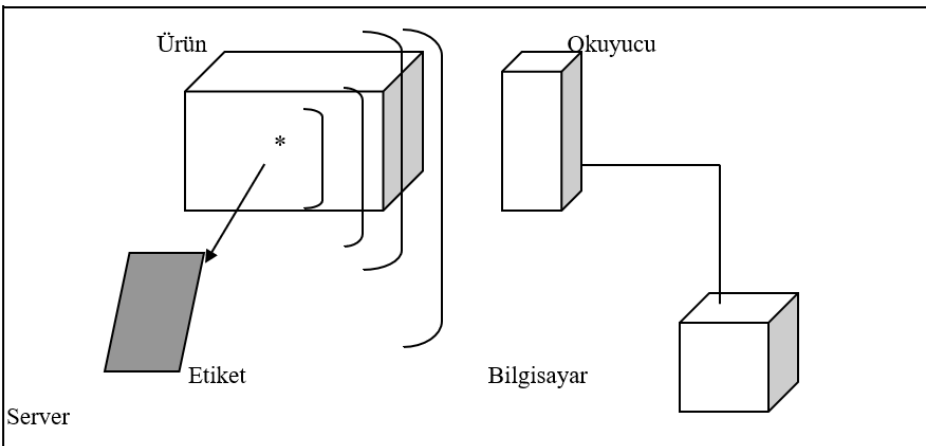
Stok; kısaca stoklanan malzemeleri ve depolanmış kapasiteyi ifade eder (Aydın, C.). Stok; işletmenin satmak, üretmek veya işletme ihtiyaçlarında kullanılmak üzere elinde bulundurduğu, değerlendirme gününde işletmenin mülkiyet ve tasarrufundan çıkmamış mal, hammadde, yarı mamul, işletme malzemesi, yardımcı malzeme, mamul gibi maddi değerlerdir (Tüccarın El Kitabı Serisi VIII – Stok Yönetimi)

Depo; ürünlerin hammadde ortamından üretim aşamasına, oradan da tüketim dağıtım merkezlerine kadar olan bütün bir faaliyetler dizisinin gerçekleştirilmesinde stratejik rol oynayan ara noktalardır. Depo yönetimi ise eşyaların doğru şekilde boşaltılması, ayrıştırılması ile birlikte belirli bir düzen dâhilinde raflara yerleştirilmesi, korunması daha sonrasında siparişle birlikte raftan alınması, yüklemesi ve sevkiyata hazır hale getirilmesi operasyonlarını kapsar. Kalifiye insan kaynakları, depo bilgi sistemi (yazılım, RFID, barkod, okuyucu vb.), depo zemini, raf sistemleri, forkliftler ve paletler depo yönetiminin temel unsurlarıdır (Erdal, M.). İşletmenin boyutu ile faaliyet alanı başta olmak üzere diğer birçok faktörün de hesaplamalara dahil edilmesi zorunluluğu depo yönetim ve uygulamaları konusunda optimum çözümlere erişilmesini güçleştirmektedir. Stok ve depo operasyonları tedarik zincirinin kritik operasyonlarıdır. Satış departmanında müşteri ihtiyaçlarına uygun olarak üretilmesi gereken ürünler ile ilgili olarak hammadde ve yarı mamuller zamanında sipariş edildiğinde bu siparişlerin zamanında üretilmesi,

firmaya gönderilmesi, stoklanması ve ihtiyaca göre doğru, hızlı ve gerektiği kadar kullanılması nihayetinde müşteri ihtiyaçlarına uygun ürünlerin olabildiğince hızlı şekilde pazara sunulmasını sağlayacaktır. Her hangi bir aşamadaki problem zincirleme olarak tüm operasyonu etkileyecek sonuçta ürünün piyasaya dahi geç sunulması söz konusu olabilecektir. Piyasaya zamanında sunulan ürünlerin ise zamanında depolara aktarılması, siparişlere göre depolanan ürünlerin zamanında sevk edilmesi gerekmektedir. Görüldüğü üzere tedarik zincirindeki tüm süreçlerde; hammaddenin tedarikinden ürünün son müşteriye ulaşmasına kadar her yerde stok ve depolama operasyonlarından bahsedildi. Bu sebeple bu operasyonlardaki bir iyileşme, tedarik zincirinin performansını otomatik olarak yükseltecektir. Yarı mamul ve hammaddeler sipariş edildikten kısa bir süre sonra istenen miktarda ve istenen nitelikte tedarik edilecek buna bağlı olarak son ürünün üretimi hızlanacak ve depolara hızlı bir şekilde aktarılacaktır. Depolamanın doğru yapılması ve siparişlerin hızlı bir şekilde çıkarılması ise ürünün normalden daha erken teslim edilmesine olanak sağlayacak işletmelerin çeşitli fırsatları kaçırmadan ürünlerini piyasaya sunmalarına ve müşterilerine daha erken teslimat yapmalarına olanak sağlayacaktır ki bu da firmaya rekabette avantaj ve müşteri memnuniyeti olarak geri dönecektir. Tedarik Zinciri nihai bir ürünün tüm süreçleri ile ilgili olduğundan bir halkadaki sorun tüm zinciri etkilemektedir (Ko, M., J., Kwak, C., Cho, Y. ve Kim, C.). Bunun dışında firmalar arasında kurulacak güven ve işbirliği sayesinde risklerin paylaşılması, esnekliğin artırılması ve neticesinde yeni ürünlerin piyasaya daha hızlı sürülerek tedarik zincirine dinamizm katan ve rakiplere karşı avantaj sağlayan bir sonuç elde edilecektir (Özdemir, A.).

RFID (Radio Frequency Identification Technology – Radyo Frekans Belirleme) Teknolojisi

RFID, farklı malzemelerin otomatik olarak tanımlanmasında radyo dalgalarını kullanan teknolojilere verilen addır. RFID, nesneye ait verileri içeren mikroişlemci ve bu mikroişlemciye entegre edilmiş anten ile donatılmış etiket taşıyan bir nesnenin, bu etikette taşıdığı bilgiler ile hareketlerinin izlenebilmesine, analiz edilmesine ve yönetilmesine imkan veren; veri alış verişini radyo frekansları ile sağlayan otomatik nesne tanımlama ve takip teknolojisidir (Yüksel, M. E. ve Zaim A. H.). Basit bir RFID Sistemi için Şekil 1'e bakınız (Laudon K. ve Price J.).

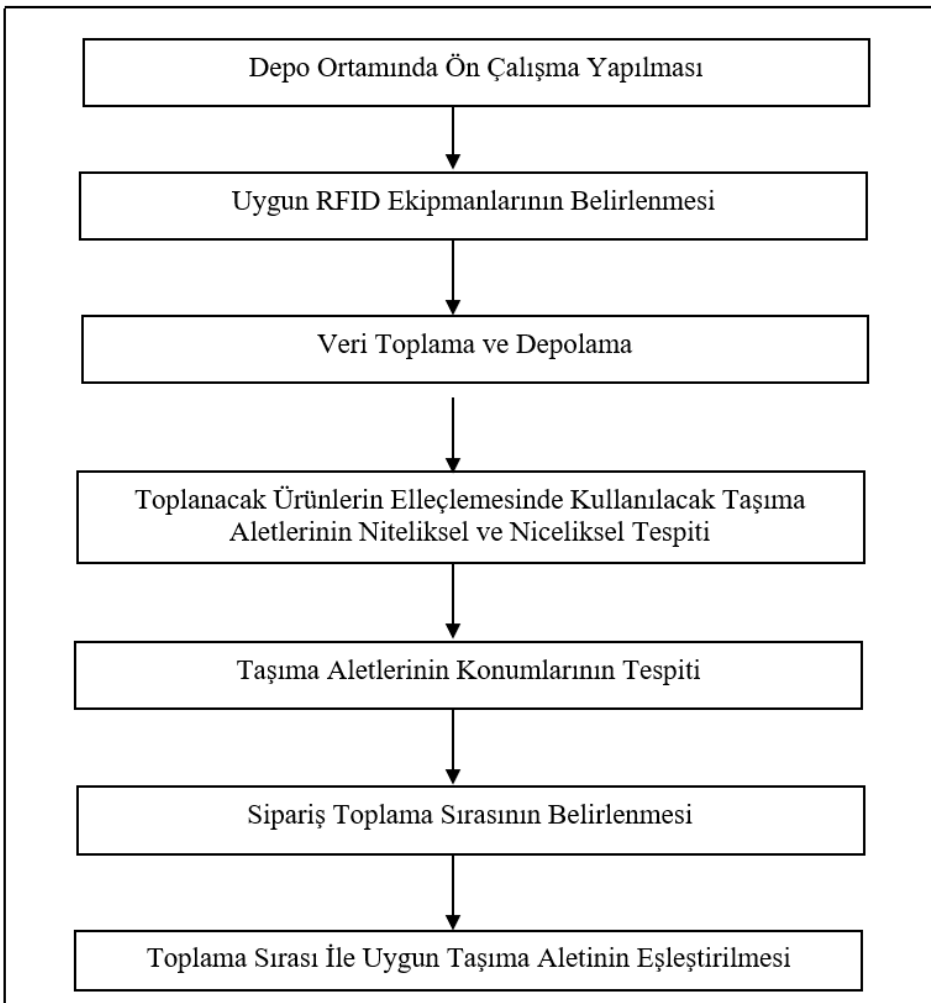


Şekil 1. RFID Sistemi Bileşenleri

RFID Teknolojisinin stok yönetiminde iyileştirmeler sağlaması, işçilik maliyetlerinin azalmasını sağlaması, çeşitli kayıpların nedenlerini daha iyi ortaya koyması ve depolama vs operasyon alanlarının daha verimli kullanılması gibi birçok olumlu gelişmeleri sağlaması bu teknolojinin gelecekte daha fazla tercih edileceğini göstermektedir (Bayrak Meydanoğlu, S. E.).

Depo Operasyonlarında RFID Teknolojisinin Kullanılması

Bar Kod Teknolojisi depo operasyonlarında daha çok son kullanma tarihi izlemede ve ürünlerin depo içindeki konumunu tespit etmede kullanılmaktadır. Böylece ürünün depo içinde aranacağı vakitten tasarruf edilmektedir. Ancak bu iyileştirme adımı, günümüzün artan müşteri istekleri karşısında artık yetersiz kalmaktadır. Depo operasyonlarını hızlandırmak için ürünlerin konumlarının belirlenmesinin yanı sıra, toplama işlemini gerçekleştirecek taşıma aletinin tespiti, siparişe yönlendirilmesi ve uygun toplama sırası ile ürünlerin toplanarak istenilen noktaya transferi RFID Teknolojisi ile mümkündür. Bu işlemler için Şekil 2'deki algoritma adımları önerilmiştir (Poon, T. C., Choy, K. L., Harry, Chow, K., H., Henry, Lau, C., W., Felix Chan, T. S. ve Ho, K. C.).



Şekil 2. Depo Operasyonlarında RFID Teknolojisi Kullanımı

Depo Ortamında Ön Çalışma Yapılması

Uygulama çalışması Türkiye’de faaliyet gösteren bir 3PL (Third Party Logistics Provider – Üçüncü Parti Lojistik Hizmet Sağlayıcı) firmasının İstanbul’daki deposunda gerçekleştirilmiştir. Söz konusu depo 3 katlı raflardan oluşmakta olup genel özellikleri aşağıdaki gibidir.

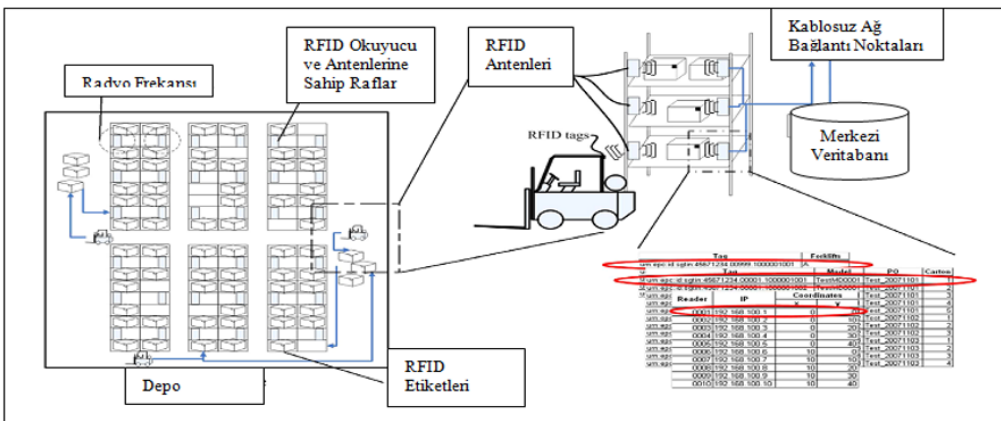
- Genel Raf Yüksekliği: 5,5 m
- Her Bir Rafın İçerdiği Kat Sayısı: 3
- Her Bir Katın Ortalama Yüksekliği: 1,4 m
- Koridor Genişliği: 3,2 m
- Her Bir Rafın Taşıma Kapasitesi: 2,5 Ton

Depo Ortamında Kullanılacak RFID Ekipmanlarını Belirleme

RFID etiketleri aktif ve pasif etiketler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Aktif RFID etiketleri ürüne izleme kabiliyeti kazandırmasının yanı sıra ürünlerin kimyasal özelliklerine dair ayrıntılı bilgi verebilirken pasif etiketler, ürüne yalnızca izleme kabiliyeti kazandırmaktadır. Aktif etiket maliyeti etiket başına 20 – 30 \$ arasında değişebilirken aktif etiketleri algılayabilen okuyucu maliyeti ise okuyucu başına 2000 – 3000 \$ arasındadır. Pasif etiket maliyeti ise etiket başına 5 cent – 1 \$ arasındadır ve okuyucu maliyeti 1000 – 2500 \$ civarındadır. Depolaması yapılan ürünler arasında kimyasal ürün veya gıda ürünü bulunmadığı için ve ürünlerin yalnızca izlenmesi ve uygun taşıma aletine yönlendirilmesi hedeflendiğinden söz konusu maliyetler de göz önüne alınarak pasif etiketlerin kullanılmasına karar verilmiştir.

Veri Toplama ve Depolama

Bu adımda veri toplama işlemi RFID okuyucularının nesnelerin üzerindeki RFID etiketlerini algılaması suretiyle mümkün olmaktadır. Okuyucuların bu bilgileri merkezi veri tabanına aktarması ile verilerin depolaması gerçekleştirilmektedir. Bu veriler depo içindeki ürünler ile ilgili toplama sırasının belirlenmesi ve bu ürünleri elleçleyecek taşıma aletinin tayininde kullanılmaktadır. Depo içindeki veri toplama ve depolama süreci Şekil 3’teki gibi gerçekleşmektedir.



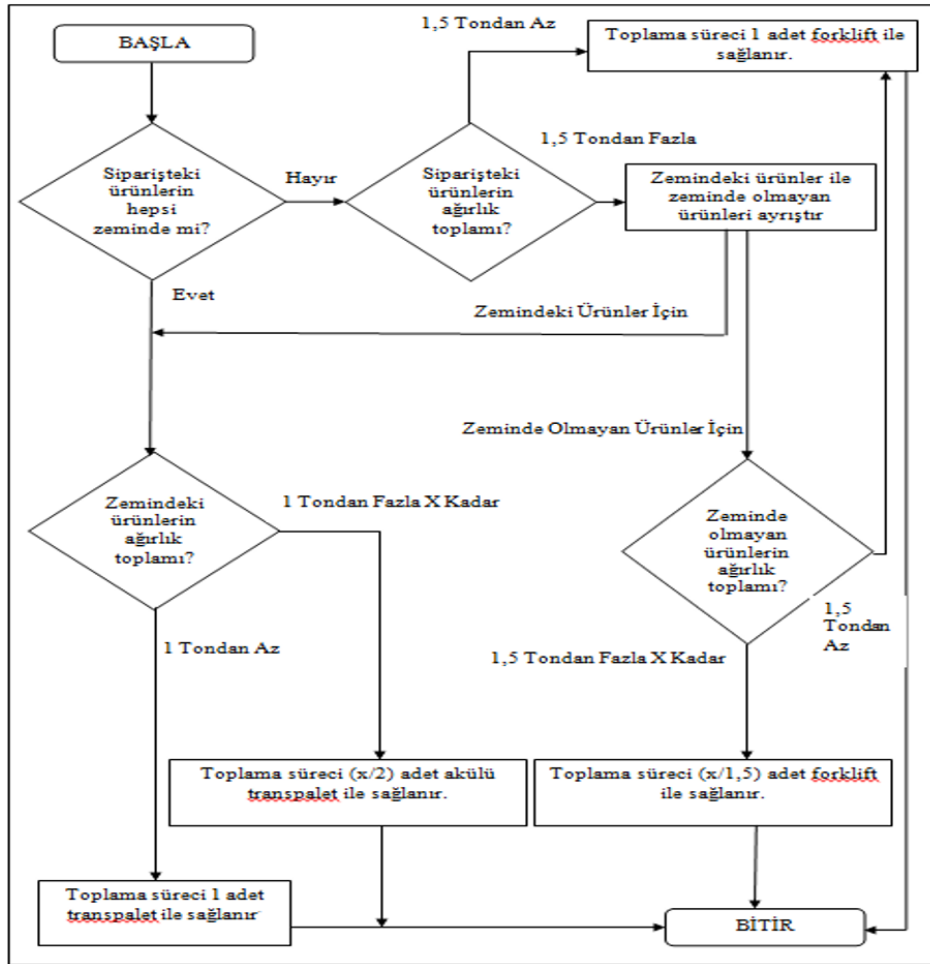
Şekil 4. Veri Toplama ve Depolama Adımı

Toplanacak Ürünlerin Elleçlemede Kullanılacak Taşıma Aletlerinin Niteliksel ve Niceliksel Tespiti

Toplanacak ürünlerin tespiti, Şekil 5 ve Tablo 2’deki bilgiler dikkate alınarak yapılır. Böylece her ürün için ürün özelliklerine (ağırlık, bulunduğu kat) göre farklı taşıma aletlerinin tayini mümkündür.

Tablo 2: Taşıma Aletlerinin Özellikleri

Taşıma Aleti	Kaldırabileceği En Yüksek Ağırlık	Gidebileceği En Yüksek Hız	Üst Katlardan Ürün Alma Özelliği	İşletme Mahiyeti
Transpalet	1 Ton	İnsan Hızı	Hayır	İnsan Gücü
Akülü Transpalet	2 Ton	5 km/sa	Hayır	Elektrik Gücü x kadar
Forklift	1,5 Ton	5 km/sa	Evet	Elektrik Gücü 5x kadar



Şekil 5. Taşıma Aletlerinin Niteliksel ve Niceliksel Tespiti

Taşıma Aletlerinin Depo İçi Konumlarının Tespiti

Bir önceki adımda toplama sürecini yürütecek taşıma aletlerinin sayısı ve türleri belirlendikten sonra bu adımda bu türe uygun taşıma aletlerinin depo içindeki

konumları belirlenir. Konum tespiti, her rafın başına ve sonuna yerleştirilmiş olan RFID okuyucularının kapsama alanı içerisindeki taşıma aletlerini algılaması ve okuyucuların taşıma aletlerine olan uzaklıklarının aşağıdaki formüle göre belirlenmesi ile başlar.

$$d_{0001,A} = \frac{f_x \cdot V_x \cdot P_x}{2 \cdot C_x} \quad (1)$$

f_x : 0001 Nolu Okuyucunun Frekansı

V_x : 0001 Nolu Okuyucunun Dalga Boyu

P_x : Okuyucunun A Toplama Aracını Algılama Süresi

C_x : 0001 Nolu Okuyucunun A Toplama Aracını Algıladığı Süre Boyunca Algıladığı Toplam RFID Etiket Sayısı

Aynı taşıma aletinin üç farklı okuyucu tarafından algılandığı düşünüldüğünde aşağıdaki formül uygulanarak taşıma aletinin y koordinatı tespit edilmiş olur.

$$y^2 A = \frac{2(A \cdot x_{0003} D + CD + A^2 y_{0003}) \cdot y_A}{A^2 + D^2} + \frac{C^2 + 2 \cdot A \cdot x_{0003} C - A^2 B}{A^2 + D^2} = 0$$

$$A = 2(x_{0001} - x_{0002}) \quad B = d^2_{0003,A} - y^2_{0003} - x^2_{0003}$$

$$C = (d^2_{0001,A} - d^2_{0002,A}) - (y^2_{0001} - y^2_{0002}) \quad D = (y_{0001} - y_{0002}) \quad (2)$$

Taşıma aletlerinin y koordinatı (2) nolu formül uygulanarak tespit edildiğinde x koordinatının tespit edilmesi için (3) nolu formül ile, ilgili taşıma aletinin kendini algılayan RFID Okuyucularından herhangi birine olan uzaklığının kullanılması gerekmektedir.

$$d_{0001,A} = \sqrt{(x_{0001} - x_A)^2 + (y_{0001} - y_A)^2} \quad (3)$$

Siparişteki Ürünlerin Toplama Sırasının Belirlenmesi

Bu adımda bir siparişte yer alan ve toplanması gereken ürünlerin hangi sıraya göre elleçleneceği yani toplanacağı belirlenir. Elleçleme işlemi, konumları belirli ve bu bilgi üzerindeki RFID etiketine kodlanmış olan ürünlerin konum bilgilerine göre hesaplama yapılarak ürünlerin toplanarak olması istenen yer (transfer noktası) de göz önüne alınarak toplamanın hangi ürün ile başlayacağı ve hangi ürün ile bitirileceği kararlaştırılarak başlanır. Ardından toplama sürecinin hangi ürün ile başlayacağı ve biteceği kararlaştırıldıktan sonra aradaki ürünler için uygun bir sıra belirlenir. Sonuçta toplanacak ürünlerin sırası belirlenmiş olur. Elleçleme işlemi şu adımlardan oluşmaktadır:

- Toplanacak Ürünler: i, j, k, l, m
- Transfer Noktası: D

İlk işlem toplanacak ürünlerin her birinin ayrı ayrı transfer noktası olan D noktasına olan uzaklıklarının bulunmasıdır. Uzaklık hesabı aşağıdaki formüllere göre yapılır ve D

noktasına en uzak nokta toplama işlemine başlama noktası, en yakın nokta ise toplama işleminin bitiş noktası olarak belirlenir. Formüllerde görülecek olan X_i 'nin anlamı i noktasının yani i ürününün x koordinatı anlamına gelir. X_D 'nin anlamı ise transfer noktası olan D noktasının x koordinatı anlamındadır.

$$i \text{ noktasının } D \text{ noktasına uzaklığı} = \sqrt{(x_i - x_D)^2 + (y_i - y_D)^2}$$

$$j \text{ noktasının } D \text{ noktasına uzaklığı} = \sqrt{(x_j - x_D)^2 + (y_j - y_D)^2}$$

$$k \text{ noktasının } D \text{ noktasına uzaklığı} = \sqrt{(x_k - x_D)^2 + (y_k - y_D)^2}$$

$$l \text{ noktasının } D \text{ noktasına uzaklığı} = \sqrt{(x_l - x_D)^2 + (y_l - y_D)^2}$$

$$m \text{ noktasının } D \text{ noktasına uzaklığı} = \sqrt{(x_m - x_D)^2 + (y_m - y_D)^2} \quad (4)$$

Toplama işleminin başlayacağı ve bitirileceği noktalar belirlendikten sonra ikinci aşamada sipariş içerisindeki tüm ürünlerin birbirine olan uzaklıkları aşağıdaki formüllere göre hesaplanır. Daha sonra tüm sonuçlar Tablo 3'deki uzaklıklar matrisine işlenir. Tablo doldurulduktan sonra başlangıç noktasına en yakın nokta ikinci olarak belirlenir daha sonra üçüncü noktaya en yakın nokta dördüncü olarak belirlenir bu şekilde tüm ürünler için bir sıra belirlenir. Bu şekilde sezgisel öklidyen hesaplamalar tamamlanmış olur.

$$i \text{ noktasının } k \text{ noktasına uzaklığı} = \sqrt{(x_i - x_k)^2 + (y_i - y_k)^2}$$

$$i \text{ noktasının } j \text{ noktasına uzaklığı} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (5)$$

Tablo 3: Uzaklıklar Matrisi

	i	j	k	l	m
i	0				
j		0			
k			0		
l				0	
m					0

Başlangıç ve bitiş noktaları belirlendikten sonra arada kalan yüklerin de sıraları uzaklıklar matrisinden faydalanılarak belirlenir ve aşağıdaki örnekteki gibi bir sıra ortaya çıkar.

$$i \rightarrow k \rightarrow m \rightarrow l \rightarrow j$$

Toplama Sırası ile Uygun Taşıma Aletinin Eşleştirilmesi

Bu adımda toplamanın başlayacağı ilk ürün ile siparişteki ürünleri elleçlemeye uygun taşıma aletlerinden ürüne en yakın olanı eşleştirilerek toplama işlemine başlanır.

Toplama Sırası: $i \rightarrow m \rightarrow k \rightarrow l \rightarrow j$

Siparişteki ürünleri elleçlemeye uygun olan taşıma aletlerinin konumları:

A (x_1, y_1) B (x_2, y_2) C (x_3, y_3)

En Yakın Taşıma Aletinin Belirlemesi:

$$A \text{ taşıma aletinin } i \text{ ürününe uzaklığı} = \sqrt{(X_i - X_1)^2 + (y_i - y_1)^2}$$

$$B \text{ taşıma aletinin } i \text{ ürününe uzaklığı} = \sqrt{(X_i - X_2)^2 + (y_i - y_2)^2}$$

$$C \text{ taşıma aletinin } i \text{ ürününe uzaklığı} = \sqrt{(X_i - X_3)^2 + (y_i - y_3)^2} \quad (6)$$

Siparişteki tüm ürünleri elleçlemeye uygun olan taşıma aletlerinden toplanacak ilk ürüne en yakın olanı (6) nolu formül uyarınca belirlenmiş olur.

Sonuç ve Öneriler

Stok ve depolama operasyonları, tedarik zincirinin her halkasında yer alması sebebiyle önemli bir yer teşkil etmektedir ve bu operasyonların yapısında yapılacak bir iyileştirme tedarik zincirinin genel performansını da olumlu yönde etkileyecektir. Günümüzde depolama operasyonlarının tamamına yakını Bar Kod Teknolojisi ile ve küçük bir kısmı ise Kare Kod Teknolojisi ile işletilmektedir. Bar Kod ve Kare Kod Teknolojileri operasyona her ne kadar bir izlenebilirlik ve doğruluk kazandırsa da etiketlerin okunması genel olarak manuel yapıldığından operasyonu yavaşlatmakta ve insan hatasını mümkün kılmaktadır. Ayrıca bu teknolojilerin depo operasyonlarındaki kullanım alanları sadece sayım ve konum tespiti ile sınırlı kalmaktadır.

RFID Teknolojisinde etiketler RFID okuyucuları tarafından kapsama alanına girdiğinde otomatik okunmakta ve ürün hareket ettikçe konumu sürekli bir şekilde izlenebilmektedir. Ürünün kimyasal özelliklerine dair bilgilerin edinilmesi aktif etiketler ile mümkündür. Depo operasyonlarında siparişlerin toplanmasının daha otomatik hale gelmesi RFID Teknolojisi sayesinde imkân dâhilindedir.

Çalışmamızda bu durum somut bir şekilde ortaya konulmuştur. Siparişi olan ürünlerin depo içindeki konumları ürünlerdeki RFID etiketleri sayesinde tespit edilmekte, bu ürünleri elleçleyecek uygun nitelikteki taşıma aleti, geliştirilen algoritma ile belirlenmekte ve uygun nitelikteki taşıma aletinin depo içindeki konumu yine RFID etiketleri sayesinde belirlenmektedir. Ürünlerin olması istenen konum dikkate alınarak toplama sırası sezgisel öklidyen hesaplamalar ile belirlenmekte ve sipariş toplama işleminin daha hızlı olması mümkün olabilmektedir.

Şirketlerin öz mal depolarında ürün standartlarının daha belirli olması sebebiyle söz konusu depolarda otomasyona geçilmesi daha mümkün görünmektedir. Bu nedenle bu tip depolarda elleçleme işlemleri (mal kabul, raflar arası ürün transferleri ve sipariş toplama işlemleri) konveyörler ve otomatik yan forkliftler (reach truck olarak da bilinmektedir) yapılabildiğinden RFID Teknolojisine göre daha az maliyetli olan Bar Kod Teknolojisinin seçilmesi mantıklıdır.

Ancak farklı müşterilerden farklı standartlarda ürün kabul eden lojistik servis sağlayıcıların depolarında benzer bir otomasyonun hayata geçirilmesi çok zordur. Bu nedenle RFID Teknolojisi bu şekilde otomasyona geçilmesinin mümkün olmadığı lojistik servis sağlayıcılarının depolarında kullanılarak süreçlerin insan hatasından uzak bir şekilde hızlandırılması ve kısmen otomatize hale getirilmesi mümkündür.

Sezgisel öklidyen hesaplamalar ürünlerin veya taşıma aletlerinin depo içindeki konumları dikkate alınarak yapılmaktadır. Ancak bu hesaplamalarda iki nokta arasındaki mesafe, arada raf veya başka bir engelin olmadığı varsayılarak hesaplanmaktadır. Bu nedenle ürünlerin birbirine olan uzaklıkları hesaplanırken raflar arasındaki dolaşma mesafelerinin de dikkate alınması daha sağlıklı olacaktır, bu sebeple uzaklıkların daha gerçekçi hesaplandığı başka tekniklerin uygulanması önerilmektedir.

Siparişlerin toplanması ile ilgili dikkate alınması gereken bir başka husus ise aynı taşıma aletinde ağır olan ürünlerin hafif olan ürünlerin altında olması gerektiğidir. Ağır olan ürünler hafif olan ürünlerin üstüne konulursa ürünün ambalajı veya doğrudan kendisi hasar görebilir. Bu nedenle siparişlerin toplanmasında ürün ağırlıklarının da göz önüne alarak bir toplama sırasının belirlenmesi gerekmektedir. Bundan sonraki çalışmalarda toplama sırası belirlenirken bir kriter olarak ürün ağırlıklarının da dikkate alınması önerilmektedir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazar çıkar çatışması beyan etmemişlerdir.

Finansal Destek: Yazar finansal destek beyan etmemişlerdir.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: Author declared no conflict of interest.

Financial Disclosure: Author declared no financial support.

Kaynakça

- Aydın, C., (2009). Tedarik Zincirinde Müşteri Hizmet Düzeyi – Stok Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- BTSO, (2007). Tüccarın El Kitabı Serisi VIII – Stok Yönetimi, Yayın No:8, Bursa, 20 – 22.
- Erdal, M., (2009), Depo Yönetimi, <http://www.temesist.com/tr/depo-yonetimi.html>, 1 Kasım 2011.
- Ko, M., J., Kwak, C., Cho, Y. ve Kim, C. (2011), “Adaptive Product Tracking in RFID-Enabled Large-Scale Supply Chain” Expert System With Application” 38: 1583.
- Özdemir, A., (2004). “Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi, Süreçleri ve Yararları” Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, (23): 93.

- Yüksel, M. E. ve Zaim A. H. (2009) “Otomatik Nesne Tanımlama ve Takibinde, Veri Yönetimi ve Analiz Sistemlerinde RFID Üstünlükleri” 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, 13 – 15 Mayıs 2009.
- Laudon K. ve Price J., (1998) “Managing the Digital Firm” Information Technology: Concepts and Issues, 2: 297 – 302
- Bayrak Meydanoğlu, S. E., (2009) “Perakandeci Piyasalarında RFID Sistemleri” Ege Akademik Bakış Dergisi, 9: 141. [19] Saatçioğlu, Ö. Y., RFID Teknolojisi: Fırsatlar, Engeller ve Örnek Uygulamalar, www.deu.edu.tr, 2008.
- Poon, T. C., Choy, K. L., Harry, Chow, K., H., Henry, Lau, C., W., Felix Chan, T. S. ve Ho, K. C., (2009) “A RFID Case-Based Logistics Resource Management System for Managing Order-Picking Operations in Warehouses”, Expert Systems with Applications, 36: 8277.