

RFID TEKNOLOJİSİNİN CBS PROJELERİNDE KULLANIMI

Pelin DELİOĞLU

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Enformatik Bölümü

e-posta:20182109011@ogr.msgsu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada Radyo Frekansı ile Tanımlama teknolojisinin coğrafi bilgi sistemlerinde kullanımı incelenmiştir. Birinci kısımda çalışma kapsamında ele alınacak konulara giriş yapılmakta, otomatik tanımlama ve veri toplama sistemlerinin hangi ihtiyaçlar doğrultusunda ortaya çıktığı anlatılmaktadır. İkinci kısımda otomatik tanımlama sistemlerinin çeşitleri ve kullanım alanlarının ne olduğu hakkında bilgiler yer almaktadır. Üçüncü kısımda radyo frekansı ile tanımlama teknolojisinin tarihçesi, çalışma prensibi, yaygın kullanım alanlarından bahsedilmektedir. Dördüncü kısımda coğrafi bilgi sistemlerinde radyo frekansı ile tanımlama yönteminin kullanılabilirliği araştırılmış ve literatürde yer alan proje fikirlerine yer verilmektedir. Beşinci ve son kısımda, bu çalışma sonunda elde edilen sonuçlar yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler: RFID, RFT, CBS, 3B CBS, otomatik tanımlama, bina içi konum belirleme

ABSTRACT

In this study, the use of Radio Frequency Identification technology in geographic information systems is investigated. In the first section, introduction is made to topics covered in this study. The needs of automatic identification and data capture systems are explained. The second section contains information about the types of automatic identification systems and their usage areas. In the third chapter, the history of radio frequency identification technology, its working principle and its general usage areas are indicated. In the fourth section, the usability of radio frequency identification method in geographic information systems is investigated, and the project ideas in the literature are mentioned. In the fifth and last section, there are results obtained at the end of this study.

Keywords: RFID, GIS, 3D GIS, automatic identification systems, indoor positioning

1.GİRİŞ

Bilişim teknolojileri hızla gelişmekte ve dünya ülkeleri “bilgi toplumu” olma yönünde ilerlemektedir. Bilgiye giden yolun veriden geçtiği düşünülürse bilgi sistemlerinin temel yapı taşı olan verinin doğruluğu, nasıl toplandığı veya tutarlılığı gibi birçok önemli unsur bilgiyi de doğrudan etkilemektedir.

Veri elde etmenin insan gücüne dayalı ve hataya açık olması insanları otomatik veri toplama yöntemleri geliştirmeye yöneltmiştir. “Otomatik Tanımlama ve Veri Toplama (OT/VT)” genel başlığı altında toplanan yöntemlerin ortak hedefi insan müdahalesi gerektirmeden veri elde edebilmektir.

Otomatik Tanımlama ve Veri Toplama yöntemleri öncelikle nesnelere otomatik olarak tanımlamak ve o nesneye ait verileri bilgisayar ortamında depolamaktan sorumludur. OT/VT yöntemlerinin amacı insan kaynaklı hataları ortadan kaldırmak, veri toplama iş yükünü hafifletmek ve hatasız veri toplayabilmektir (Malkoç, 2006).

Yaygın kullanılan OT/VT yöntemlerinin arasında Radyo Frekansıyla Tanımlama (RFID) teknolojisinin ürün tanımlama konusundaki üstünlüğü, aynı anda birden fazla etiket tanımlanabilmesine, çok uzun menzillerde çalışabilmesine, etiket ile okuyucu arasında doğrudan görüş gerektirmemesine ve kötü hava şartları gibi fiziki koşullardan etkilenmemesine dayanmaktadır. RFID etiketleri yeniden yazılabilir özellikte olabilmekte ve aynı etiket defalarca kez kullanılabilir. Bunların dışında RFID teknolojisi kapalı alanlarda konum belirlemek amacıyla da kullanılmaktadır. Bu üstünlüklerinden ötürü bu çalışmada coğrafi bilgi sistemlerinde nesne tanımlamaya ve konum belirlemeye yönelik katkılarını araştırmak amacıyla RFID teknolojisi ele alınmıştır.

2. OTOMATİK TANIMLAMA SİSTEMLERİ

İdeal otomatik tanımlama sistemlerinden beklenen özellikler şu şekilde sıralanabilir:

- İnsan müdahalesi gerektirmemesi
- Hatasız veri toplaması
- Fiziki koşullardan etkilenmemesi
- Maliyetinin düşük olması

Yaygın kullanılan otomatik tanımlama yöntemlerinden bazıları aşağıda yer almaktadır:

2.1. Barkod Teknolojisi

Barkod, farklı kalınlıktaki dikey çizgiler ve boşluklardan oluşan bir çeşit semboldür. Bu çizgiler ve boşluklar üzerinde buldukları ürüne ait kimlik numarasını ifade etmektedir ancak detay bilgi taşımamaktadır. Ürün kimlik numarası bir veri tabanında ürüne ait detay bilgilerle birlikte saklanmaktadır. Barkod, tarayıcı tarafından okunduğunda veri tabanında tutulan kayıtlar arasında arama yapılır ve eşleşme sağlandığında ürüne ait bilgilere erişilebilir (İnceler, 2006). Barkodlar çok geniş kullanım alanına sahiptir. Özellikle perakende satış mağazalarında ve evrak kaydı yapan kurum ve kuruluşlarda yaygınca kullanılmaktadır.



Şekil 1. Örnek Barkod Etiketi

Barkod sistemleri lazerle çalışmaktadır ve maliyeti oldukça düşüktür. İdeal otomatik tanımlama sisteminden beklenen özellikler açısından değerlendirildiğinde aşağıdaki dezavantajları sıralamak mümkündür:

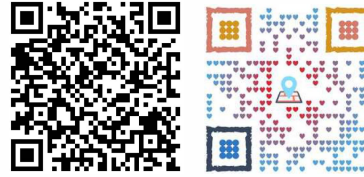
- Barkod etiketinin, tarayıcının görüş açısında ve okuma menziline olması zorunludur. Dolayısı ile insan müdahalesi gerektirmektedir.
- Barkod sistemleri yalnızca kısa mesafelerde çalışabilmektedir. Bir barkod tarayıcısının genellikle 30 ile 50 cm menzil uzunluğu bulunmaktadır.
- Eş zamanlı okuma yapılamamaktadır.
- Barkodlar fiziki koşullardan etkilenebilmektedir. Silinmiş, kirlenmiş

veya hasar görmüş barkodlar okunamamaktadır.

- Barkodlar statiktir, eğer barkodun taşıdığı bilgi değiştirilmek istenirse barkodu yeniden üretmek gerekmektedir. Barkodlar yalnızca okunabilmektedir, yeniden yazılamamaktadır.

2.2. Karekod Teknolojisi

Dijital dünyadaki gelişmeler barkod teknolojisini de etkilemiş ve Karekod teknolojisini ortaya çıkmasını sağlamıştır. Quick Response (hızlı yanıt) kelimelerinin baş harfleri olarak kısaltılmakta olan bu teknoloji esasında iki boyutlu barkod sistemidir. İçerisine metin, fotoğraf, telefon numarası ya da web adresi yerleştirmek mümkündür. Bu sayede ile sınırlı alanda sınırsız bilgi erişimi sağlayabilmektedir (Ashish, 2016). Özellikle kartvizitlerde, reklam panolarında, resmi evraklarda, mobil uygulamalarda ve televizyonda kısacası ürün detayı vermek istenen her yerde karekodlara rastlamak mümkündür.



Şekil 2. Örnek Karekodlar

Geleneksel barkodlara göre on katı kadar küçültülebilir ve daha hızlı okunur. Karekodlar statik ve dinamik olmak üzere ikiye ayrılabilir. Statik kodların içeriği değiştirilememektedir, içerik değiştirilmek istendiğinde kodun yeniden üretilmesi gerekmektedir. Dinamik kodların içeriği herhangi bir zamanda güncellenebilmektedir.

2.3. Akıllı Kartlar

Akıllı kartların fiziksel yapısı, boyutları ve iletişim protokolleri uluslararası standartlara göre belirlenmektedir. Birden fazla işlem için tek kart kullanma imkanı vermektedir. Örneğin, bir kampüs giriş kartı aynı zamanda bir banka kartı olabilmektedir (Malkoç, 2006). Akıllı kartlar, fiziksel temas gerektirenler ve manyetik temas gerektirenler (temassız kart) olarak gruplandırılmaktadır. Temaslı kartlar kendi içinde manyetik bantlı, barkodlu ve çipli olarak, temassız kartlar ise kendi içinde proximity ve mifare olmak üzere tekrar ayrılmaktadır.



Şekil 3. Mifare Kart Örneği

Manyetik bantlı kartların maliyeti düşüktür ve temaslı kart grubundandır. Genellikle mağaza sadakat kartları olarak kullanılmaktadır. Barkodlu kartlar, genellikle market zincirlerinin sadakat kartları olarak kullanılmaktadır. Çipli kartlar, şifre korumalı olarak üretilirler. Güvenlidir ve temaslı kart grubundandır. Yakın zamanda ülkemizde yeni kimlik kartı olarak kullanılmaya başlanan TC kimlik kartları da çipli kartlar sınıfına girmektedir. Proximity kartlar, radyo frekansı ile çalışırlar. Maksimum 10 cm uzaklıktan okunabilirler. Genellikle personel giriş kartı veya şehir içi ulaşım kartı olarak kullanılmaktadırlar. Mifare kartlar, çipli kartlar ile proximity kartların harmanlanmış halidir. Temassız özelliğinden dolayı kredi kartı olarak yaygınca kullanılmaktadır (URL-1).

İdeal otomatik tanımlama sisteminden beklenen özellikler açısından değerlendirildiğinde aşağıdaki dezavantajları sıralamak mümkündür:

- Akıllı kart sistemleri insan müdahalesi gerektirmektedir.
- Eş zamanlı okuma yapılamamaktadır.
- Bazı akıllı kart tiplerinde bilgi güvenliği yeterince sağlanamamaktadır.

2.4.Biyometrik Tanımlama

Parmak izi tarama, retina taraması, ses tanıma ve yüz tanıma gibi insanları ayırt etmeye yarayan ve başkası tarafından taklit edilmesi söz konusu olmayan biyometrik özelliklerin bilgisayar ortamında özel bir koda dönüştürülmesidir. Diğer otomatik tanımlama sistemlerinden farklı olarak, kopyalanması ya da taklit edilmesi neredeyse imkansızdır. Ayrıca, kimlik saptama, kişinin fiziksel veya davranışsal özelliği ile yapıldığı için kartlı veya şifreli sistemlerde yaşanan kaybetme, unutmama ve çalınma gibi problemler yaşanmaz (Oranlı, 2007).



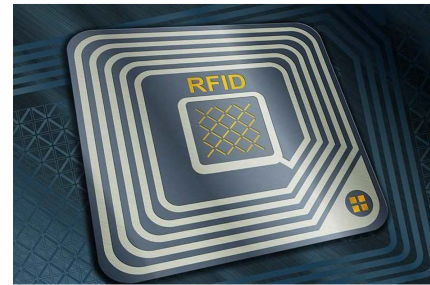
Şekil 4. Parmak İzi Tanımlama

İdeal otomatik tanımlama sisteminden beklenen özellikler açısından değerlendirildiğinde aşağıdaki dezavantajları sıralamak mümkündür:

- Biyometrik veriler zaman içerisinde deformasyona uğrayabilir. Örneğin, kaza geçirilmesi ya da hastalık durumunda.
- Biyometrik sistemler genellikle ekstra donanım ve yazılım gerektirdiğinden maliyeti yüksektir.

2.5.Radyo Frekansı ile Tanımlama

RFID teknolojisi, radyo frekansı kullanarak nesnelere tekil ve otomatik olarak tanımlama yöntemidir (TOBB, 2018). Sayım ve takip güçlüğünden doğan ihtiyaç sebebiyle ortaya çıkmıştır. Özellikle hareketli nesnelere sayımı ve takibi konusunda oldukça başarılıdır. En bilindik örnekleri, otoyollardaki Hızlı Geçiş Sistemi, havalimanlarındaki bagaj otomasyon sistemleri ve besi çiftliklerindeki hayvan kimliklendirme sistemleridir.



Şekil 5. RFID Etiket Örneği

İdeal otomatik tanımlama sisteminden beklenen özellikler açısından değerlendirildiğinde aşağıdaki dezavantajları sıralamak mümkündür:

- Sıvı ve metal cisimlerden etkilenebilirler.
- Başka radyo frekansları parazite sebep olabilir.
- Alternatiflerine göre daha maliyetlidir.

RFID teknolojisi ile ilgili detaylı bilgi üçüncü kısımda yer almaktadır.

2.6. Yakın Alan İletişimi NFC

RFID ailesinin bir alt kümesi olan NFC, radyo frekansı vasıtasıyla bilgi transferi gerçekleştiren bir iletişim teknolojisidir. Mobil cihazların yakınlardaki diğer elektronik cihazlar ile haberleşmesini, iki cihaz arasında bilgi ve belge paylaşımının gerçekleşmesini sağlamaktadır. RFID sisteminden farkı, çift yönlü iletişim yeteneğinin olmasıdır. Henüz gelişmekte olan bu teknoloji sayesinde yakın bir gelecekte tüm cep telefonu, akıllı saat ve tabletlerin entegre NFC çipleri aracılığıyla dijital bir cüzdan haline gelmesi olasıdır (Baykara ve ark. 2017).



Şekil 6. NFC Özellikli Mobil Cihaz

İdeal otomatik tanımlama sisteminden beklenen özellikler açısından değerlendirildiğinde aşağıdaki dezavantajları sıralamak mümkündür:

- NFC sistemleri alıcı ve verici arasında manyetik temas gerektirdiğinden dolayı maksimum 10 cm menzil uzunluğuna sahiptir. Dolayısı ile insan müdahalesi gerektirmektedir.
- Eş zamanlı okuma yapılamamaktadır.

3. RADYO FREKANSI İLE TANIMLAMA TEKNOLOJİSİ

Günümüzde kullanımı hızla artan kablosuz haberleşme teknolojilerinden biri olan Radyo Frekansı ile Tanımlama teknolojisinin temelleri İkinci Dünya Savaşı'na dayanmaktadır. Askeri havacılıkta RFID'den faydalanılarak geliştirilen IFF uygulaması (Identification Friend or Foe – Dost veya Düşman Tanımlaması) savaşan tarafların uçaklarını ayırt etmeye yarayan RFID temelli ilk sistemdir. Uçaklarda kanatların altına yerleştirilen bir çip ile onun dost ya da düşman uçak olduğu sinyali göndermesi prensibine dayanmaktadır (Oranlı, 2007).

Radar ve radyo sistemlerindeki gelişmeler RFID teknolojisini de yakından etkilemiştir. 1980'lerde ürün ve eşyaların tanımlanmasında kullanılmış, daha sonrasında 1990'lı yıllarda ticari amaçlı

kullanılmaya başlanmıştır (Maraşlı ve Çıbuk 2015). Daha sonraları RFID, günümüzde yaygın olarak kullanılan ve endüstriye ve topluma büyük faydalar sağlayan başlı başına bir teknoloji haline gelmiştir.

1999 yılında RFID teknolojisini araştırmak ve standardize etmek amacıyla Auto-ID Merkezi kurulmuştur. Elektronik Ürün Kodu (EPC) denilen uluslararası bir standart belirlenmesi amacıyla çalışma yürütülmüştür. Ayrıca frekans bandı tahsis edilmesi için uluslararası standartlar belirlenmeye çalışılmıştır. 2003 yılında bu organizasyon, GS1/EPCglobal adı verilen yeni bir çatı altında toplanmıştır. EPCglobal'ın Türkiye temsilciliğini Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB) bünyesinde yer alan GS1 Türkiye temsil etmektedir (TOBB, 2018). Bunun yanı sıra Uluslararası Standartlar Örgütü ISO'nun da RFID standartları konusunda köklü çalışmaları bulunmaktadır.

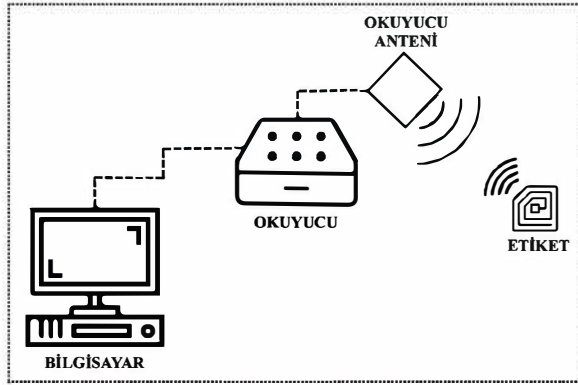
3.1. RFID Sisteminin Bileşenleri

Sistem genel olarak iki temel bileşenden oluşmaktadır: RFID okuyucuları ve RFID etiketleri.

Okuyucular etiketlerde bulunan bilgiyi okumak, kaydetmek ve güncellemek amacıyla antenleri aracılığıyla sinyal gönderirler. Böylece bir kapsama alanı oluştururlar ve etiketten aldıkları bilgileri bilgisayara aktarırlar.

Etiketler üzerinde buldukları nesneye ait kimlik bilgisini ihtiyaç duyulan diğer bilgiler ile birlikte taşıyabilirler. Bu bilgileri saklamak için bir mikroçip kullanmakta, okuyucu ile iletişime geçebilmek için ise anten kullanmaktadırlar. Etiketler okuyucudan gönderilen bilgileri almak, saklamak veya okuyucuya bilgi göndermek için programlanabilirler. RFID etiketleri sensörlerle birlikte de kullanılabilir. Böylece bir ürüne ait ısı, ağırlık, hareket gibi değerler ölçülerek uygun değerlerde olup olmadığı değerlendirilebilir (Stephen ve ark. 2008).

Radyo Frekansı ile Tanımlama sisteminde okuyucu ve etiket, görüş hattına gerek duymaksızın kablosuz iletişim kurmaktadır. Ancak haberleşmenin sağlanabilmesi için okuyucu ve etiketin aynı radyo frekansında çalışması gerekmektedir.



Şekil 7. RFID Sisteminin Çalışma Prensipleri (Xu ve ark. 2017)

Bir RFID okuyucusu sürekli olarak sorgu sinyalleri gönderir. Okuyucunun menziline giren RFID etiketleri bu sorguları alır ve cevap sinyali gönderir. Sisteme göre her nesnenin kendine ait tekrar edilemez bir Elektronik Ürün Kodu (EPC) vardır ve bu kod RFID etiketlerinde saklanır. EPC kodları nesnenin kimliklendirilmesini sağlamaktadır. Etiketten gönderilen bilgiler, okuyucuya ulaşmasının ardından bilgisayarda işlenmektedir.

RFID etiketleri, aşağıdaki gibi enerji kaynaklarına göre, hafıza tiplerine göre ve frekans bandına göre sınıflandırılabilirler:

3.1.1 Enerji Kaynaklarına Göre Etiketler

Etiketler, enerji kaynaklarına göre aktif etiketler, pasif etiketler ve yarı aktif etiketler olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

Aktif etiketlerin kendi güç kaynağı bulunmaktadır. Mikroçipi çalıştırmak ve okuyucu ile iletişime geçmek için kendi güç kaynaklarından faydalanırlar.

Pasif etiketlerin kendi güç kaynağı bulunmamaktadır, okuyucudan gönderilen sinyal ile bir miktar enerji sağlamaktadırlar. Mikroçip ve anteni çalıştırmak için bu enerjiden faydalanırlar.

Yarı aktif etiketlerin kendi güç kaynakları bulunmaktadır ancak bunu sadece mikroçipi çalıştırmak için kullanırlar. Okuyucu ile iletişime geçmek için okuyucudan gönderilen sinyalden faydalanırlar (Maraşlı ve Çıbuk 2015).

3.1.2 Okunma/Yazılma Özelliğine Göre Etiketler

Sadece okunabilen (salt okunur) RFID etiketleri, üretildikten sonra taşıdıkları bilgiyi değiştirmek mümkün olmayan ve genellikle tanıtım amaçlı kullanılan etiket türüdür.

Birçok kez okunabilen ama sadece bir kez yazılabilen (worm) RFID etiketleri, sadece okunabilen etiketler ile benzerdir. Ancak burada, etiketleri üreten firmaya tüm bilgileri üretim öncesi teslim etme zorunluluğu yoktur.

Hem okunabilen hem yazılabilen RFID etiketlerinin performansı ve maliyeti diğerlerinden daha yüksektir. Taşıdıkları bilgiyi defalarca okumak ve yazmak mümkündür (Ergen, 2008).

3.1.3 Frekans Bandına Göre Etiketler

RFID etiketleri dört farklı frekans bandında çalışmaktadır. Frekans bandının yükselmesi, veri transfer hızını da yükseltmektedir. Aynı şekilde okuma menziline de arttırmakta, dolayısı ile okuma kapasitelerini de yükseltmektedir. Ancak diğer yandan da enerji gereksiniminin artmasıyla daha fazla güç ve daha fazla maliyete sebep olmaktadır (Oranlı, 2007).

Düşük frekans bandı (LF), santimetre düzeyinde okuma menziline sahiptir. Veri transfer hızı ve okuma kapasiteleri düşüktür. Sıvı nesnelere daha başarılıdır.

Yüksek frekans bandında (HF) okuma menzili yaklaşık iki metre kadardır. Düşük frekanslı etiketlere göre daha fazla enerji harcar. Metal nesnelere daha başarılıdır.

Ultra yüksek frekans bandında (UHF) okuma menzili yüz metreye kadar ulaşabilmektedir ancak metal ve sıvı nesnelere etkilenmektedir. LF ve HF bandından daha hızlı veri transferi yapmaktadır (Bhuptani ve Moradpour, 2005).

Süper yüksek frekans bandında (SHF) okuma menzili otuz metreye kadar ulaşabilmektedir. Diğer adıyla mikrodalga frekans bandı olarak da bilinmektedir.

Ultra geniş frekans bandında (UWB), okuma menzili iki yüz metreye kadar çıkabilmektedir. Veri transfer hızı ve maliyeti yüksektir. Ayrıca metal ve sıvı nesnelere etkilenmemektedir (Bayrak, 2017).

3.2. RFID Sisteminin Yaygın Kullanım Alanları

RFID teknolojisi seri üretim yapan fabrikalar, depo, kütüphane gibi yerlerde sayım ve stok kontrolü yapabilmek için yaygınca kullanılmaktadır. Örneğin; Metro Market'in Almanya'da "Geleceğin Mağazası" adı altında açmış olduğu mağazada tüm ürünler, raflarda ve depolarda bulunan okuyucularla izlenmektedir. Ayrıca alışveriş sepetlerindeki

okuyucular ile müşterilerin hangi ürünleri satın aldığı tespit edilmekte ve kasiyere gerek kalmadan ödeme yapılabilmektedir (Ali O. M. S. H., 2012).

RFID okuyucularının aynı anda birden fazla nesneyi tanımlayabilmesi sebebiyle otoyol ücretlendirme sistemlerinde dünyada tercih edilen teknolojilerden biridir. Örneğin; ülkemizde kullanılmakta olan Hızlı Geçiş Sistemi, gişelerde yer alan okuyucuların araçlara yapıştırılan etiketleri okumasıyla çalışmaktadır. Aracın kimliği tespit edildikten sonra otoyol ücreti bakiyeden düşülmektedir.

Belediyelerde yada üniversitelerde kullanılan akıllı bisiklet kiralama sistemlerinde de RFID teknolojisinden yararlanılmaktadır. İstasyonlarda bulunan ödeme makinelerinde kiralama işlemi başlatılır. Bisiklet istasyonlarında yer alan okuyucular, bisikletlerde yer alan etiketleri tanımlamaktadır. Böylece bir bisiklet, istasyona yerleştirildiğinde kiralama işlemi sona ermektedir. Ayrıca bisikletlerde yer alan GPS'ler ile konum tespiti yapılabilir ve kampüs dışına çıkarılan bisikletler tespit edilebilir.

Çin'de bir milyon adet yapılan Goldwin Sportswear kıyafetlerinin arkasında RFID etiketleri bulunmaktadır. Bir başka örnek; ScripTalk adındaki cihaz, bir eczanedeki ilaçlara yaklaştırıldığında ilaç hakkında bilgileri seslendirmekte ve böylece görme engelli insanlar için kolaylık sağlamaktadır (Malkoç 2006).

4.COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİNDE RFID TEKNOLOJİSİNİN KULLANIMI

Coğrafi bilgi sistemlerinin veri toplanması, işlenmesi, depolanması ve dağıtımı gibi temel işlevleri bulunmaktadır (UAB, 2014). Coğrafi verilerin otomatik tanımlanması kullanıcılara kolay planlama ve pratik iş yönetimi imkanı sunabilir.

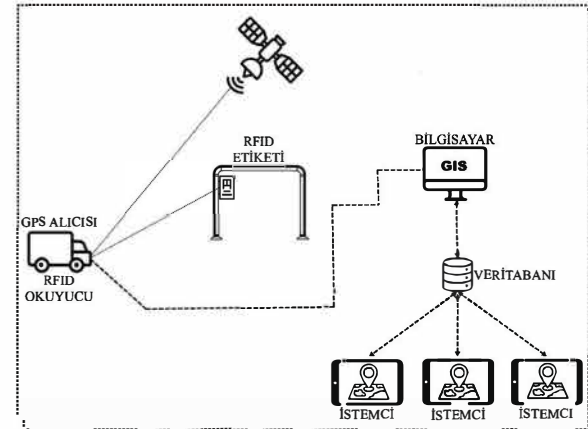
RFID teknolojisi veri toplamak ve işlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Wang ve ark. 2008). Bunun dışında literatürde yer alan bilgilere göre kapalı alanlarda konum belirleme konusunda da başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu bağlamda RFID teknolojisinin coğrafi bilgi sistemlerine katkılarını araştırmak amacıyla aşağıdaki çalışmalar incelenmiştir.

4.1.Coğrafi Bilgi Sistemlerinde RFID Teknolojisinin Nesne Tanımlamaya Yönelik Kullanımı

4.1.1.Akıllı Ulaşım Sistemleri

Uluslararası standartlarda kabul edilen şekliyle akıllı ulaşım sistemleri, karayolu ulaşımında yer alan altyapı ve üstyapının işletilmesi ve yönetilmesine yönelik bir kavramdır. Ülkemizde son yıllarda, hem yolcu hem de yük taşımacılığı hizmetlerinde daha güvenli, daha dakik ve daha konforlu ulaşım hizmetleri ön plana çıkmaktadır (UAB, 2014). Buradan hareketle, aşağıda Hannan ve arkadaşlarının önerdiği otobüs tanımlama ve izleme sistemi ele alınmıştır.

Sisteme göre her otobüs durağında durak bilgilerini içeren bir RFID etiketi bulunur. Her otobüste ise GPRS, GPS alıcısı ve RFID okuyucusu ile donatılmış bir kara kutu bulunur. Şekil 8'de otobüs tanımlama ve izleme sisteminin mimarisi gösterilmektedir.



Şekil 8. Otobüs Tanımlama ve İzleme Sisteminin Çalışma Prensipleri

Bir otobüs, durağa yaklaştığında etiket ve okuyucu arasında iletişim kurulur, hangi otobüsün hangi duraktan geçtiği bilgisi elde edilir. GPS yardımıyla otobüsün anlık konum bilgisi alınır. Hem RFID hem de GPS verileri, internet ağı üzerinden sunucu bilgisayara gönderilir ve veritabanına kaydedilir. Sunucu bilgisayardaki CBS uygulamasında otobüsün anlık konum bilgisi ve etkileşime geçtiği durağa olan tahmini varış süresi yer alır (Hannan ve ark. 2014).

Otobüs ile durak arasında yakın bir mesafe olması durumunda, okuyucu tarafından sunucu bilgisayara yeniden mesaj gönderilir ve veritabanına durağa varış zamanıyla birlikte kayıt edilir. CBS

uygulanmasında otobüsün bir sonraki durağa tahmini varış süresi hesaplanır (Hannan ve ark. 2014).

Her durakta, canlı harita sunusu ve durağa yaklaşmakta olan otobüs hatlarının gösterildiği monitörler sayesinde yolcu bilgilendirme mekanizması da çalışabilir. Bu ilerlemeler doğrultusunda gerçek zamanlı araç ve konum bilgileri sayesinde yolcuların zaman ve maliyet kayıplarının önleneceği öngörülmektedir.

4.1.2. Adres Yenileme Çalışmalarında Kapı Tanımlama

Sürekli değişen ve gelişen şehir merkezlerinde yolların, binaların ve parsellerin de değişime uğraması sebebiyle belediyelerin zaman zaman adres yenileme çalışması yapması gerekmektedir. Türkiye'deki Mekansal Adres Kayıt Sistemi (MAKS) projesi, bu yenileme çalışmalarının hızlı bir şekilde yürütülebilmesi ve güncel adres bilgilerinin tek çatı altında toplanmasını sağlayan ulusal bir projedir.

Adres yenileme çalışmaları sırasında saha personelleri tarafından numarataj yönetmeliğine uygun olarak her binaya yeni kapı numaraları verilmektedir. Numaralama işlemi tamamlandıktan sonra ise adres tabelaları üretilmektedir. Üretim sonrası, eski tabelaların sökülüp yeni tabelaların çakımı sırasında saha personeli tarafından adres karışıklığı yaşanabilir ve bu durum yanlış tabela çakımına sebep olabilir. Böyle bir durum fark edildiğinde yeniden tabela üretimi yapıp tekrar aynı binaya giderek aynı işlemi tekrarlamak gerekebilir. Bu durum hem maliyet hem zaman kayıplarına sebep olabilir.



Şekil 9. Yeni Adres Tabelalarının Çakımı

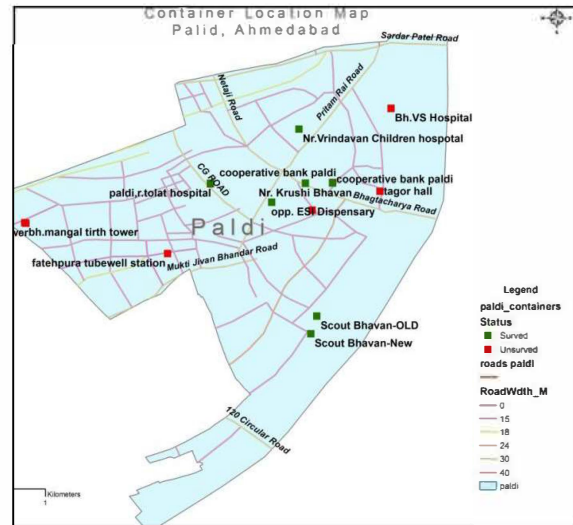
Bu makalede önerilen kapı tanımlama sistemine göre, adres yenileme çalışmaları sırasında saha personeli tarafından bina kapılarına verilen yeni numaralar, mobil RFID yazıcıları ile üretilen RFID etiketlerinde saklanabilir. Bunun dışında kapı numarasını hangi sokaktan aldığı ve binaya ilişkin diğer bilgiler (ada, parsel, kat adedi, cephe rengi vs) de etiket içinde saklanabilir. Saha personeli

tarafından bina kapısına yapıştırılabilir. Tabela çakımı yapacak olan saha personeli ise bir RFID okuyucusu ile etiketleri tarayarak hangi tabelayı hangi kapıya çakacağını rahatlıkla bulabilir. Tabela çakımı yapılan ve yapılmayan kapı numaraları hem saha personeli tarafından hem de ofis personelleri tarafından haritada anlık olarak görüntülenebilir. Sistemin bir diğer avantajı ise RFID etiketlerinin tekrar tekrar kullanılabilir olması ve her bina için yeni etiket üretme zorunluluğunun olmamasıdır. Bölgesel bazda çalışma yürütülen bir projede, tamamlanmış bölgelerde kullanılan etiketler devam eden bölgelerde yeniden kullanılabilir. Böylece etiket maliyetleri düşürülebilir.

4.1.3. Katı Atık Toplama Sistemi

Purohit ve Bothale'nin önerisine göre RFID tabanlı bir atık toplama sistemi projesi geliştirilebilir. Uygulamanın amacı çöp konteynerlerinin durumunu izleyebilmek, toplama güzergahlarını optimize etmek ve nüfus yoğunluğuna göre kaynak planlamasını doğru yapabilmektir. Önerilen projeye göre her çöp konteyneri, üzerinde düşük frekanslı pasif bir RFID etiketi taşır. Çöp kamyonları ise RFID okuyucusu, GPS ve GPRS modülü taşır. CBS arayüzünde ise haneler, nüfus yoğunluğu, yol ağı, toplama güzergahları ve çöp konteynerleri gibi bilgiler yer alır (Purohit ve Bothale, 2011).

Bir çöp kamyonu, konteyneri boşalttığında RFID etiketinin kimlik numarası, konumu, tarihi ve saati RFID okuyucusu tarafından GPRS üzerinden sisteme gönderilir. Gönderilen bilgiler coğrafi veritabanına aktarılarak web tabanlı CBS uygulamasında gösterilir. Böylece boşaltılan çöp konteynerleri gerçek zamanlı olarak haritaya yansıtılır (Purohit ve Bothale, 2011).

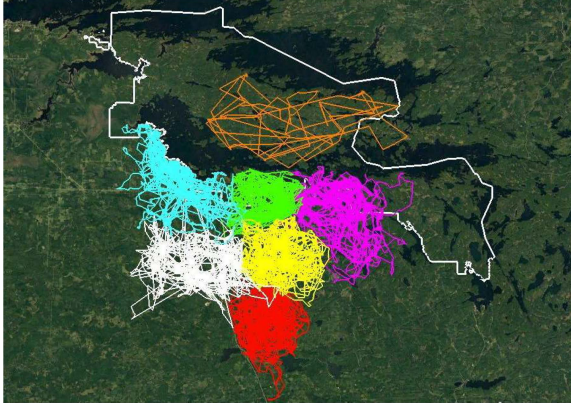


Şekil 10. Anlık Konteyner Durumu (Purohit ve Bothale, 2011)

Sistem sayesinde; günlük üretilen atık miktarının nüfus yoğunluğuna göre istatistikleri görülebilir ve ihtiyaç durumuna göre konteynerlerin yerleri yeniden düzenlenebilir, çöp toplama sırasında atılan konteynerler varsa sürücü uyarılabilir veya başka bir çöp kamyonu yönlendirilebilir, çöp vergisi toplanan ülkelerde vergi yönetiminde şeffaflık sağlamak amacıyla hane başına düşen vergi miktarı vatandaşa açıkça sunulabilir (Purohit ve Bothale, 2011).

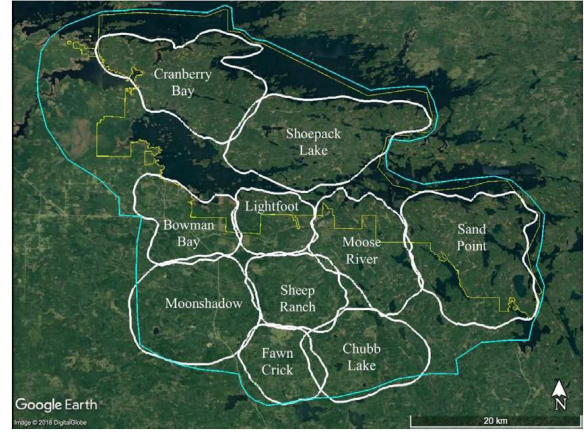
4.1.4. Yaban Hayatı Ekolojik Takip Sistemi

Bu bölümde yaban hayatıyla ilgili akademik çalışmalar yürüten Thomas Gable ve Austin T. Homkes'in 2018 yılına ait ortak çalışması yer almaktadır. Voyageurs Milli Parkı'nda yaşayan yedi farklı kurt sürüsünün konum değerlerini izleyen bu araştırmaya göre Şekil 8'deki görüntü elde edilmiştir (Brazil D., 2018).



Şekil 11. Kurt Sürülerinden Toplanan GPS Sinyalleri (Minnesota Üniversitesi, 2018)

Kurtların tasmalarına yerleştirilen GPS alıcıları ile elde edilen koordinat bilgileri, RFID etiketinde yer alan bilgiler ile birlikte her yirmi dakikada bir geçen telemetri uçağı ile toplanmıştır (Brazil D., 2018). Sürüler arasındaki gözle görünmeyen sınırlar hayvan takip sistemi ile haritaya aktarılmış ve her sürünün kendi bölgesel sınırları somutlaştırılmıştır. Şekil 9'da bölgesel sınır haritası gösterilmektedir.



Şekil 12. Kurt Sürülerinin Bölgesel Sınırları (Minnesota Üniversitesi, 2018)

Bu araştırmanın sonunda sınırları geçen başıboş kurtlar haricinde kurt sürülerinin bu sınırlara saygı duyduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra, bölgede yaşayan diğer hayvanlar (kunduz, geyik, balık vs) ile ekolojik ilişkiler de incelenmiş ve yirmi dakika boyunca konumu değişmeyen kurtların ölüp ölmediği kontrol edilmiştir. Sınırı geçen kurtların avlanmak amacıyla geçtiği ancak bu durumun kurdun hayatı bakımından tehlike arz ettiği anlaşılmıştır (Minnesota Üniversitesi, 2018).

4.2. RFID ile Konum Belirleme

GNSS sistemleri açık alanlarda konum belirleme konusunda oldukça hassas sonuçlar verebilmekte ve mühendislik uygulamalarında yaygınca kullanılmaktadır. Ayrıca akıllı telefonlar aracılığıyla navigasyondan yararlanmak, sosyal medyada yer bildirimini yapmak veya sohbet uygulamalarında konum paylaşmak gibi günlük hayatta yaygınca kullanılan yerleşik bir teknoloji haline gelmiştir. Ancak GNSS sistemleri uydu ile alıcı arasında doğrudan görüş gerektirdiğinden kapalı alanlarda başarılı sonuçlar verememektedir.

Literatürde yer alan üç boyutlu coğrafi bilgi sistemlerinde RFID kullanımına yönelik çalışmalarda RFID teknolojisinin kapalı alanlarda konum belirlemek amacıyla kullanıldığı görülmüştür.

Günümüzde yüksek binaların ve geniş alana yayılmış karmaşık yapıların sayıları hızla çoğalmaktadır. Bununla birlikte bina içinde konum bulma, görme engellilerin yönlendirilmesi, ziyaretçi takibi ya da otomatik turist rehberliği gibi uygulamalara olan ihtiyaç da artmaktadır (Demiral, 2014). Kapalı alanlarda konum belirleme konusunda literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde kullanılan tekniklerin radyo

dalgaları, kızılötesi ışınlar ve akustik sinyaller olduğu görülmüştür.

Teknik	Avantaj	Dezavantaj
Radyo Dalgaları	Doğrudan görüş gerektirmez.	Çok parametrelili hesaplama gerektirir.
Kızılötesi Işınlar	Enerji tüketimi düşüktür.	Doğrudan görüş gerektirir.
Akustik Sinyaller	Yüksek doğruluk verir.	Doğrudan görüş gerektirir.

Tablo 1. Kapalı Alanlarda Konum Tespiti Teknikleri

Henüz kapalı alanlar için her yönüyle kabul görmüş bir konum belirleme yöntemi bulunmamaktadır (Toprak ve ark. 2016). Ancak radyo dalgaları ile çalışmakta olan RFID teknolojisinin uzun menzilli kapsama alanının olması, aynı anda birden fazla nesnenin tanımlanabilmesi ve duvarlar, mobilyalar, eşyalar gibi bina içerisinde yer alabilecek engellerden geçebilmesi sebebiyle diğer tekniklere göre daha avantajlı olduğu düşünülmektedir.

Emrullah Demiral'ın (2014) çalışmasına göre, RFID teknolojisi ile kapalı mekanda konum belirleme konusunda 1 cm. ile 2 m. aralığında değişen konum hassasiyeti elde edilmiştir. Çalışmaya göre bina içinde konumları bilinen sabit RFID etiketleri bulunmaktadır, okuyucular ise gezicidir. Okuyucunun aldığı en güçlü sinyal hangi etiketten geldiyse okuyucu konumunun da o etiketle aynı olduğu kabul edilmektedir. Dolayısı ile konum doğruluğu etiket sıklığıyla doğru orantılıdır.

Radyo Frekansıyla Tanımlama sistemi, aktif etiketler ile tasarlandığında veya okuyucu sayısının fazla olduğu durumlarda yüksek maliyetlere sebep olabilmektedir. Bina içinde yer alan nesnelerin metal veya sıvı yoğunluğu, binanın yapısı, okuyucu ve etiket arasındaki sinyalin gücü, sinyalin geliş zamanı ve açısı gibi konum doğruluğunu etkileyen parametrelerin fazlaca olması RFID teknolojisinin dezavantajı olarak görülebilir (Toprak ve ark. 2016).

4.3.Coğrafi Bilgi Sistemlerinde RFID Teknolojisinin Konum Belirlemeye Yönelik Kullanımı

4.3.1.Akıllı Alışveriş Sepeti ile Navigasyon

Geniş alana yayılmış büyük mağazalarda insanlar alışveriş süresinin çok büyük bir bölümünü aradıkları ürünleri bulabilmek için harcamaktadır. Böylesi geniş mağazalarda ürünler kategorize edilip büyük tabelalarla gösterilse de yeterli gelmemektedir.

Üzerinde bir RFID okuyucusu ve kullanıcı monitörü taşıyan akıllı alışveriş sepetleri ile mağaza içinde yer alan bir ürünün nerede olduğu sorgulanabilir ve sepetin konumundan ürünün konumuna yol tarifi alınabilir. Ayrıca sepetin konumuna yakın reyonlardaki özel indirimler yada bilgiler kullanıcı ekranında yayınlanabilir.

Akıllı alışveriş sepetlerindeki RFID okuyucuları ile sepete atılan ürünlerin etiketleri okunur ve böylece müşteriler sepetlerindeki toplam bedelin ne kadar olduğunu kasaya gitmeden öğrenebilirler (Megana N.S. 2018). Ayrıca ağırlık sensörleri ve kamera yardımıyla da ürünlerin tanımlanması desteklenebilir. Kullanıcı monitöründe yer alan birçok fonksiyon sayesinde günlük ürünlerin hangileri olduğu, raflardaki ürünlerin son kullanma tarihleri ya da içerikleri gibi sorgular ve filtrelemeler de yapılabilir. Üç boyutlu bina modeli üzerinde gerçeğe en yakın sonuçlar görüntülenebilir.



Şekil 13.Akıllı Alışveriş Sepeti ile Navigasyon

4.3.2.RFID Tabanlı Acil Tahliye Sistemi

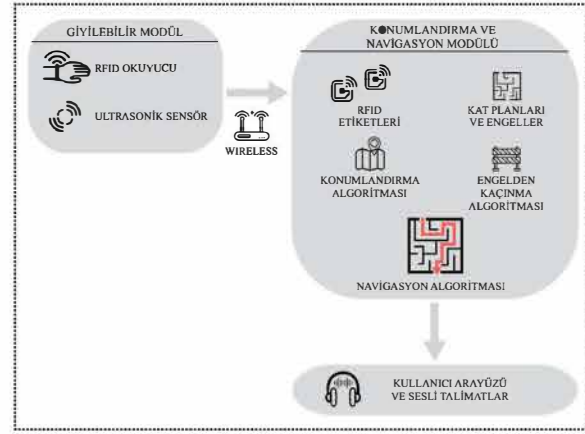
Yangın, deprem, terör saldırısı gibi herhangi bir felaket senaryosunda çok katlı binalarda acil tahliye sisteminin olması hayati önem taşımaktadır. En hızlı şekilde binanın boşaltılabilmesi için bu sistemlerin kapalı alanlarda konum belirleyebilmesi ve insanları acil çıkış kapılarına yönlendirebilmesi gerekmektedir.

Yasin Ortakçı (2017) tarafından hazırlanmış olan tez çalışmasında yangın durumunda RFID tabanlı acil tahliye sisteminin nasıl çalışması gerektiği ele alınmıştır. Yangının etkisiyle binada değişen şartlara göre (insan yoğunluğu, sıcaklık artışı, duman miktarı gibi) kullanıcının ilerlemesini engelleyecek bir durum olduğunda çıkış güzergahının da güncellenmesi gerekmektedir. Bu engellerin tespit edilebilmesi için binanın tamamı sensörlerle donatılmıştır. Sisteme göre bina içinde belli konumlara yerleştirilmiş etiketler bulunmaktadır. Her kullanıcının bir RFID okuyucusu ve tahliye sistemi mobil uygulamasına sahip bir akıllı telefon taşıması gerekmektedir. RFID teknolojisi ile kullanıcı konumu belirlenmekte, mobil uygulama aracılığıyla acil tahliye sisteminde konuma ve fiziki şartlara bağlı çıkış güzergahı belirlenmektedir. Kullanıcının mobil uygulama üzerinden kendi konumunu ve çıkış güzergahını görmesi, sesli talimatlar alması mümkündür.

4.3.3.Bina İçi Navigasyon Sistemi

Devasa boyutlardaki hastaneler, kongre merkezleri, alışveriş merkezleri veya havaalanı gibi yerlerde insanların buldukları konumdan varmak istedikleri konuma zaman kaybetmeden ve en kısa yoldan ulaşabilmeleri için bina içi navigasyon sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle görme engelli veya yüksek göz bozukluğu olan insanların, hafıza problemleri yüzünden bulunduğu ortamda yön karmaşası yaşayan yaşlı insanların bina içi navigasyon sistemlerine daha çok ihtiyacı vardır (Tsirmpas ve ark. 2015).

Charalampos Tsirmpas ve ark. (2015) tarafından önerilen sisteme göre binanın tabanına belli aralıklarla pasif etiketler konuşlandırılır, kullanıcılar ise bir giyilebilir modül içinde RFID okuyucusu taşır. Ayrıca modül içindeki ultrasonik sensörler sayesinde kullanıcının önünde herhangi bir beklenmedik engel olması durumunda navigasyon güzergahı yeniden optimize edilir ve kullanıcı uyarılır. Kulaklığa gelen sesli talimatlar sayesinde görme engelli insanlar için de kullanım olanağı sağlanmış olur.



Şekil 15. Bina İçi Navigasyon Sisteminin Mimarisi (Tsirmpas ve ark. 2015)

5.SONUÇ

Bu makale çalışmasında Radyo Frekansıyla Tanımlama teknolojisinin Coğrafi Bilgi Sistemlerinde hangi amaçla ve nasıl kullanılabileceği araştırılmış ve bu teknolojinin hem nesne tanımlama hem de konum belirleme amacıyla kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

RFID teknolojisinin çok uzun mesafelerde çalışabilmesi, eş zamanlı okuma yapabilmesi ve etiket ile okuyucu arasında doğrudan görüş gerektirmemesi gibi özellikleriyle diğer OT/VT yöntemlerinin arasında ön plana çıktığı görülmüştür. Dördüncü bölümde bahsi geçen kurt sürüleri üzerinde gerçekleştirilen hayvan takip sisteminden yola çıkarak aynı anda yüzlerce kurdun tanımlanması ve uçuş mesafesinden okuyucunun etiketleri algılamış olması bu teknolojinin üstün özelliklerini yansıtmaktadır. Ayrıca bu makalede önerilen adres yenileme çalışmalarında kapı tanımlama sistemi, RFID etiketlerinin birçok kez kullanılabilmesi ve içindeki bilgilerin defalarca kez güncellenebilmesinden dolayı diğer OT/VT yöntemlerine göre fiyat/performans oranının daha makul olduğunu düşündürmektedir.

RFID teknolojisinin kapalı alanlarda noktasal bazda tam koordinat veremediği sadece bölgesel olarak konum belirlediği görülmüştür. Ancak günümüz teknolojisinde henüz kapalı alanlarda noktasal bazda yüksek hassasiyetli konum doğruluğu elde edebilen bir teknoloji de yoktur. Konum doğruluğunu arttırmak için, bina içine yerleştirilmiş etiket sayısının da artırılması veya menzil uzunluğu daha fazla olan okuyucuların tercih edilmesi gibi maliyeti yükselten iyileştirmeler yapılması gerekmektedir. Ancak, yüksek konum hassasiyetine ihtiyaç duyulmayan projelerde RFID teknolojisinin konum belirlemek amacıyla tercih edilebileceği

düşünülmektedir. Örneğin, bir otelde bir personelin hangi odada olduğunu bilmek yeterliyse ve o odada hangi yatağın yanında durduğunun bir önemi yoksa, burada bölgesel olarak konum belirlemek için RFID kullanılabilir. Dördüncü bölümde yer alan konum belirlemeye yönelik CBS projelerinde olduğu gibi duman, sıcaklık, hareket sensörleri vb. algılayıcılar sayesinde RFID sistemleri desteklenebilmektedir. Buradan hareketle, ileriki zamanlarda Nesnelerin İnterneti ile RFID teknolojisinin değişime ve gelişime uğrayacağı kanısına varılmıştır.

Kablosuz haberleşme teknolojilerinin giderek çoğalması Otomatik Tanımlama ve Veri Toplama

yöntemlerinin de çeşitlenmesine veya var olan teknolojilerin daha başarılı hale gelmesine olanak sağlamaktadır. Bu ilerleyişin devam etmesi, RFID teknolojisinin ileride daha az maliyetle daha başarılı sonuçlar elde edebileceği çıkarımını düşündürmektedir. Öyle ki ilk zamanlarda basit bir pasif RFID etiketinin ortalama maliyeti 4-5 dolar iken günümüzde 10 cent civarına kadar inmiştir (Oranlı, 2007). Bu durum bir tekstil fabrikasının, ürettiği bütün kıyafetleri etiketlemesine yada bir marketin, sattığı bütün ürünleri etiketlemesine olanak tanımaktadır. Maliyetlerin azalması birçok işletme sahibi tarafından RFID teknolojisinin daha çok tercih edilmesini de sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Ali O. M. S. H. 2012, Improved Supply Chain Performance Through RFID Technology: Comparative Case Analysis Of Metro Group And Wal-Mart, Wollongong Üniversitesi, Enformatik Fakültesi, Avustralya

Arebey M. ve ark. 2010, RFID and Integrated Technologies for Solid Waste Bin Monitoring System, World Congress on Engineering

Ashish 2016, What's a QR Code And How Is It Different From A Barcode, <https://www.scienceabc.com/innovation/whats-qr-code-how-its-different-from-barcode.html>, Erişim tarihi: 19.12.18

Baykara M. ve ark. 2017, NFC Tabanlı Akıllı Mobil Yoklama Sistemi, 2nd International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)

Bayrak F. 2017, Yüksek Lisans Tezi, Deniz Araçlarının Kimliklendirilmesi Ve Takibinde Radyo Frekanslı Tanımlama (RFID) Teknolojisinin Kullanımı Üzerine Bir Araştırma, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir

Bayrak Meydanoğlu E.S. ve ark. 2011, Visualization of Success of Consumer Sales Promotions Through GIS Based on RFID-Captured Consumer Behavior, İ.İ.B.F. Dergisi

Bazaatı S. 2012, Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Sektöründe Radyo Frekanslı Tanıma (RFID) Teknolojisinin Malzeme Yönetimi Üzerindeki Etkileri, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana

Bhuptani M. ve Moradpour S. 2005, RFID Field Guide: Deploying Radio Frequency Identification Systems, Sun Microsystems Press

Brazil D. 2018, Minnesota's Voyageurs Wolf Project Releases Data Maps, <https://www.news8000.com/news/minnesota-s-voyageurs-wolf-project-releases-data-maps/917358276>, Erişim tarihi: 15.12.18

Demiral E. 2014, Yüksek Lisans Tezi, Üç Boyutlu (3B) Coğrafi Bilgi Sistemleri Kapsamında İç Mekanlara Yönelik RFID Tabanlı Konum Belirleme Sistemi Tasarımı

Ergen E. 2008, İnşaat Sektöründe Radyo Frekanslı Tanımlama (RFID) Teknolojisi Uygulamaları, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı: 451

Ergen E. ve ark. 2017, Bina İç Mekanlarında Konumlandırma Teknolojilerinin Kullanıcı Geri Bildirimleri Toplanması Açısından Değerlendirilmesi

European Commission Directorate-General for Mobility and Transport 2015, State of the Art of Electronic Road Tolling

Gündoğdu C. 2011, GIS tabanlı karar verme, Türkmen Kitabevi

Graczewski T. ve Man de A. P. 2006, Partnering For The Future: The Case Of The METRO Group Future Store Initiative, Alliance Science Center

Hannan M.A. ve ark. 2014, RFID and communication technologies for an intelligent bus monitoring and management system, TÜBİTAK, doi:10.3906

İnceler S. 2006, Yüksek Lisans Tezi, Otomatik Stoklama Sistemi İşletme Uygulaması Sistem Tasarımı, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Ko C.H. 2013, 3D-Web-GIS RFID Location Sensing System for Construction Objects, The Scientific World Journal

Malkoç E. 2006, Yüksek Lisans Tezi, Depo Yönetim Sistemlerinde Kullanılan Otomatik Tanıma Ve Veri Toplama Teknolojileri ile RFID Etiketleme, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Maraşlı F. ve Çıbuk M. 2015, RFID Teknolojisi ve Kullanım Alanları, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 4(2), 249-275

Megana N.S. 2018, Yüksek Lisans Tezi, Design and Implementation of a Smart Shopping Cart by RFID Technology, Asian Institute of Technology, School of Engineering and Technology, Tayland

Meier T. ve ark. 2015, Tracking the Movement of Denali's Wolves, National Park Service (NPS), <https://www.nps.gov/articles/aps-v5-i1-c8.htm>, Erişim tarihi: 14.12.18

Miles S. B. ve ark. 2008, RFID Technology and Applications, Cambridge University Press

Minnesota Üniversitesi, Voyageurs Wolf Project, <https://www.facebook.com/VoyageursWolfProject/>, Erişim tarihi: 15.12.18

Oranlı G. 2007, Yüksek Lisans Tezi, Radyo Frekansıyla Tanımlama Teknolojisinin

Uygulanması Kararının Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi İle Değerlendirilmesi: Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Ortakçı Y. 2017, Doktora Tezi, Acil Durumlarda İç Mekanların Tahliyesine Yönelik 3B CBS Tabanlı Akıllı Mobil Navigasyon Sisteminin Geliştirilmesi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük

Purohit S. S. ve Bothale V. M. 2011, RFID Based Solid Waste Collection Process, Recent Advances in Intelligent Computational Systems, doi: 10.1109

Toprak F. ve ark. 2016, Kapalı Alanlarda Konum Tespiti Teknolojilerinin Değerlendirilmesi, 4. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir

Tsirmipas C. ve ark. 2015, An indoor navigation system for visually impaired and elderly people based on Radio Frequency Identification (RFID), doi: 10.1016

Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB), <http://gs1.tobb.org.tr/>, Erişim tarihi: 02.12.18

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı (UAB) 2014, Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi (2014-2023) ve Eki Eylem Planı (2014-2016)

Wang Y. ve ark. 2008, Study on RFID-Enabled Real-Time Vehicle Management System in Logistics, Automation and Logistics, doi: 10.1109

Xu H. ve ark. 2017, A novel algorithm L-NCD for redundant reader elimination in P2P-RFID network, doi: 10.1177

URL-1, <https://www.dy.com.tr/Destek/Bilgilendirme/akilli-kart-teknolojisi-hakkinda>, Erişim tarihi: 30.11.18