

# Gelecek Nesil Gömülü Sistem Uygulamaları için Kullanıcı Etkileşimi Yaklaşımı Önerisi

Can Öz<sup>1</sup>, Yasemin Topaloğlu<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Ege Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 35100, Bornova, İzmir  
<sup>1</sup> can.oz.mail@gmail.com, <sup>2</sup> yasemin.topaloglu@ege.edu.tr

**Özet.** Gömülü sistem uygulamaları genel amaçlı bilgisayarlarda geliştirilen uygulamaların aksine kısıtlı bellek, kısıtlı işlemci gücü ve kısıtlı depolama alanı problemlerine sahip ortamlar için geliştirilmektedir. Ancak geliştirilen uygulamalardan beklenen performans hem işlevsel anlamda hem de kullanıcı etkileşimi açısından genel amaçlı bilgisayarlardan farksız olarak düşünülmelidir. Son yıllarda gelişen internet kullanımı gömülü sistemlerin de internet ortamına dahil edilme ihtiyacını doğurmaktadır. İnternet artık yeni bir ürün olmasa da taşınabilir ürünlerde uzaktan kontrol yetenekleri gün geçtikçe artmaktadır. Ayrıca internet üzerinden cihazlar arası etkileşimin yapılabildiği gelecek nesil akıllı ürünler geliştirilmektedir. Çalışma içerisinde bu ürünler için yazılım geliştiricilerin faydalanabileceği kullanıcı etkileşimine duyarlı tasarım modeli oluşturulması hedeflenmiştir. Gelecek nesil gömülü sistemleri kullanıcı etkileşimi fonksiyonlarına göre hem cihaz tarafında hem de sunucu tarafında seviyelendirecek ortak bir sınıflandırma önerisi yapılacaktır.

**Anahtar Kelimeler.** Gömülü Sistemler, Kullanılabilirlik, İnsan Bilgisayar Etkileşimi, Nesnelerin İnterneti, Sensörler.

## 1 Giriş

ISO 9241 standardı kullanılabilirliği; kullanıcıların ürünleri belirli hedeflere uygun olarak kullanabilmesi olarak tanımlar. Başlarda yazılım geliştiricilerin sadece kolay kullanım olarak algıladığı kavram gün geçtikçe üzerinde çalışılan sistemin bütün etmenleriyle olan etkileşim tasarımını ifade etmeye başlamıştır. Asıl tanımlama; kullanıcı gereksinimlerini anlama, kullanılabilirlik hedeflerini belirtme, kullanılabilirlik değerlendirmesi için izlenebilecek en iyi tekniğe karar verme olarak düşünülebilir [1]. Kullanılabilirlik için anahtar noktalar; verimlilik, tatmin ve geçerlilik kavramlarıdır.

Gömülü sistem uygulamaları genel amaçlı bilgisayarlarda geliştirilen uygulamaların aksine, kısıtlı bellek, kısıtlı işlemci gücü ve kısıtlı depolama alanı problemlerine sahip ortamlarda geliştirilmektedir. Ayrıca bu uygulamalar genellikle özel bir amaç için hazırlanarak sistem parçası olarak değerlendirilebileceği gibi aynı zamanda büyük

sistemin yönetimini de kapsayabilir. Ancak geliştirilen uygulamalardan beklenen performans hem işlevsel anlamda hem de kullanıcı etkileşimi açısından genel amaçlı bilgisayarlardan farksız olarak düşünülmelidir. Aynı zamanda son yıllarda artan internet kullanımı ile gömülü sistemlerin de internet ortamına dahil edilme ihtiyacını doğurmaktadır.

Değişen teknoloji ile beraber günlük yaşamda kullandığımız gömülü cihazların sayısı artmaktadır. Telefon, buzdolabı, *atm* gibi cihazlar her gün etkileşim içerisinde olduğumuz cihazlara birkaç örnektir. Artan etkileşim ortamı, gömülü sistemlerde de insan etkileşimi probleminin yeniden değerlendirilmesi ihtiyacını doğurmaktadır.

Kablosuz protokollerin verimli olarak tanımlanması, geliştirilmiş sensörler ve ucuzlayan işlemciler, gömülü sistem yazılım ürünleri için “Nesnelerin İnterneti” (IoT: Internet of Things) ana görüşündeki çalışmaları hızlandırmıştır [2]. Nesnelerin İnterneti kavramı ile internet üzerinden veri alış verişi yapabilen nesnelere ve internet ortamına bağlı olan diğer cihazlarla iletişim kuran nesnelere ekosistemi ifade edilmektedir. İnternet artık yeni bir ürün olmasa da, taşınabilir makinelerde uzaktan kontrol yetenekleri gün geçtikçe artmaktadır. Diğer bir deyişle, var olan IP protokolü ile gömülü cihazların internete bağlanabilmesidir. Aynı zamanda internet üzerinden cihazlar arası da etkileşimin başladığı yeni nesil akıllı ürünler oluşmaktadır. Terim ilk kez 1999 yılında Kevin Ashton tarafından RFID sistemleri ile ilgili bir sunumda kullanılmıştır. Günümüzde akıllı bileklikler, akıllı saatler, akıllı ev sistemleri ve akıllı arabalar gibi birçok farklı ürün için bu ifade kullanılmaktadır.

Bu çalışmada gelecek nesil gömülü sistemler için yazılım geliştiricilerinin faydalanabileceği kullanıcı etkileşimine duyarlı tasarım modeli oluşturulması hedeflenmiştir. Gelecek nesil gömülü sistemleri kullanıcı etkileşimi fonksiyonlarına göre hem cihaz tarafında hem de sunucu tarafında seviyelendirecek ortak bir sınıflandırma önerisi yapılacaktır.

Bildirinin içeriği şu şekilde hazırlanmıştır. Kullanılabilirlik ve insan bilgisayar etkileşimi hakkında açıklamalar ikinci bölümde yapılmıştır. Bildirinin üçüncü bölümünde gömülü sistemlerde cihaz yönetimine ait etkileşim problemleri tartışılmaktadır. Dördüncü bölümde gelecek nesil gömülü sistemler için etkileşim çerçevesine ait kavramlar tanımlanacaktır.

## **2 Kullanılabilirlik ve Etkileşim Kavramı**

### **2.1 Kullanılabilirlik**

Kullanılabilirlik etkileşimli sistemler için önemlidir. Kullanılabilirliğin sistem üzerinde değerlendirilmesi çeşitli faktörlere bağlıdır. Sistem tarafından sağlanan fonksiyonların niyetlenen görevleri yerine getirmesi, kullanıcı kapsamına göre sistem yeteneklerinin

belirlenmesi kullanıcılar tarafından anlaşılır ve sistem arayüzünden açıkça görülebilir olması, sistem girdileri ile çıktılarının anlaşılır olması ve sistem çevresi ile yönetilebilir olması bu faktörleri belirler[3].

Yazılım mimarisi içerisinde kullanıcı arayüzü ve sistem yeteneklerinin ayrılması *MVC* (Model View Controller) yaklaşımıyla başarılmıştır. Sistem verisi ve verinin görünümü ayrı katmanlar olarak değerlendirilir, böylece veriden bağımsız modüler ve yönetilebilir yazılımların gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Ancak analiz ve tasarım aşamalarında kullanılabilirlik özelliklerinin dikkate alınmaması son kullanıcı değerlendirilmesinde tasarım aşamasına ait yapılarda değişikliklerin ortaya çıkmasına sebep olduğu görülmektedir.

Kullanılabilirlik analizi sayesinde sistemin kullanılabilirliği ile etkileşimli sistemlerin yazılım mimarisi arasındaki ilişkinin belirlenmesi gerekmektedir. Yazılım mimarisi tasarımında ortak kullanılabilirlik senaryolarına göre sistem değerlendirilmesi gerekmektedir. Böylece kullanıcı değerlendirmesinden önce, geliştirilecek sistemin kullanılabilirlik ihtiyaçlarına göre yazılım mimarisi içerisinde düşünülmesi ve mimari tasarım anında kullanılabilirlik ihtiyaçlarının düşünülmesi sağlanacaktır.

Kullanılabilirlik; verimli kullanımı, verimli kullanım için harcanacak süreyi, sistem problemlerinin kullanım sırasında çözülebilmesini ve kullanıcı tatminini ön planda tutmaktadır.

Kullanılabilirlik destekli mimari deseni oluşturulması(*USAP: Usability-Supporting Architectural Pattern*) 3 aşamada değerlendirilir[4]. Bu aşamalar aşağıda belirtilmiştir:

- Durum: Deseni kullanılabilir yapmak için kullanıcı bakış açısından durumun özetinin tanımlanması.
- Duruma ait koşullar: Desenin kullanılabilir olması için durum içerisindeki kısıtlamaların tanımlanması.
- Olası kullanılabilirlik faydaları: Çözüm uygulandığı zaman kullanıcının sahip olacağı faydaların tanımlanması.

Bütün bu araştırmalar üst seviye mimari çözümlerine örnek oluşturmaktadır. *Carvajal vd.,2013* yazılım parçaları ile ilişkili olan kullanılabilirlik özelliklerini alt seviye yazılım alanlarında da uygulayabilmek için bir tasarım dili önermiştir[8]. Bu tasarım dilinin geliştirilmesindeki ihtiyaçlardan biri, yazılım tasarımına fonksiyonel kullanılabilirlik özelliklerinin dahil edilmesini kolaylaştırmaktır. Diğer bir ihtiyaç ise tasarımların kalitesinin artırılarak daha iyi bir yazılımın gerçekleştirilmesi olarak tanımlanmıştır.

## 2.2 Ulaşılabilir Bilgisayar Teknolojileri (Ubiquitous Computing)

Teknolojinin günlük yaşam aktivitelerine gömülmesiyle, farklı tiplerdeki araçların ve uygulamaların kullanım şekilleri de değişmeye başlamıştır. Kendi kendine iletişim halinde bulunan yüzlerce akıllı cihazın her içerikte ve her yerde, insan yaşamının günlük aktivitelerinde aktif rol alması olarak tanımlanan yeni bir paradigmadır[5].

*UBT*; genel amaçlı bilgisayarın yerine özelleşmiş dağıtık bilgisayarların günlük etkileşim içerisinde bulunduğu neselerin içerisine yerleştirilmesidir.

*UBT* paradigmasının esas amacı kullanıcıların teknolojiden çok görevlerine odaklanmasıdır. Son yıllarda birçok uygulama sensörlerden elde ettikleri kullanıcı içerikleriyle doğru zamanda doğru şeyi yapabilmektedir.

## 2.3 Nesnelerin İnterneti

*UBT* paradigmasının bir uygulaması olarak düşünebilir. *UBT* içerisinde nesnelerin akıllı tasarımı ile yüksek etkileşim hedeflenirken, nesnelerin interneti kavramında odak nokta otomatik olarak tanımlanabilen nesnelerin sanal olarak gösterilmesidir. Fiziksel nesnelerin ağ organizasyonu kapsamında değerlendirilmesini sağlayan uygulamalar olarak düşünebilir[6]. Cihazların birbirleri arasında iletişim kurması mantığına dayanarak kullanıcıların hayatlarını kolaylaştıran bir teknolojidir. Konseptin sıklıkla uygulandığı alanlar; giyilebilir teknolojiler, akıllı ev/şehir teknolojileri ve sensör temelli teknolojilerdir.

## 3 Gömülü Sistemlerde Cihaz Yönetimine Ait Etkileşim

### Problemleri

Terminaler bir ağa bağlanabilir olduktan sonra çevrelerindeki sensörler yardımıyla elde ettikleri bilgileri diğer sistemlere iletirler veya dış dünya isteklerini kurulu oldukları çevrede çalıştırabilirler. Bu terminaler ister kişisel kullanım için olsun ister yaşanan şehirde farklı sistemler için kurulmuş olsun, herbirinin hedefi gerçek dünya verilerini sayısal değerlere çevirerek kullanıcıların uygulamalarla olan etkileşimini yüksek seviyede tutmaktır. Bu bakış açısı gelecek nesil gömülü sistem uygulamalarını var olan bulut tabanlı sistemlerden ayırmaktadır. Çünkü sistemlerin içerisinde fazladan donanım, donanımın üzerinde çalışan işletim sistemi ve uygulamalar ve sunucular ile olan bağlantı konuları bulunmaktadır.

Gömülü sistemlerde tanımlanan terminaler merkezi bir sisteme bağlanabilir hale getirildiğinde cihaz yönetimine ait bazı problemleri içermektedir. Bu problemler:

- Yetkilendirme

- Konfigürasyon
- Durum Takibi
- Bakım ve Yazılım Güncelleme olarak tanımlanabilir.

### **3.1 Yetkilendirme**

Terminalin ana sisteme doğru bir şekilde tanımlanması sürecidir. Bu süreç içerisinde terminali tanımlayacak bir kimlik numarası gereksinimi vardır. Kimlik numarası sunucu tarafından doğrulanabilmelidir. Doğrulama sonrasında sunucu tarafından kurulum güncellemesi otomatik olarak sağlanabilecektir.

### **3.2 Konfigürasyon**

Birçok parametre terminal üretiminde yüklenmiş olsa da, uygulamalara özel bazı parametrelerin terminal kurulumu sırasında terminale tanımlanması sürecidir. Sistemler çalışmaya devam ettikçe de bazı parametrelerle oynama gereksinimi de ortaya çıkacaktır. Bu değişikliklerin de terminallere ulaştırılması bu süreç içerisinde değerlendirilecektir.

### **3.3 Durum Takibi**

Terminaller doğası gereği birçok sensörle donatılmıştır. Bu sensörlerden gelen veriler çalışma parametrelerine göre bazı kritik değerlere ulaşabilir. Bu kritik değerlerin takibi bu süreç içerisinde yer almaktadır. Böylece sistemin çalışması uzaktan izlenebilecektir.

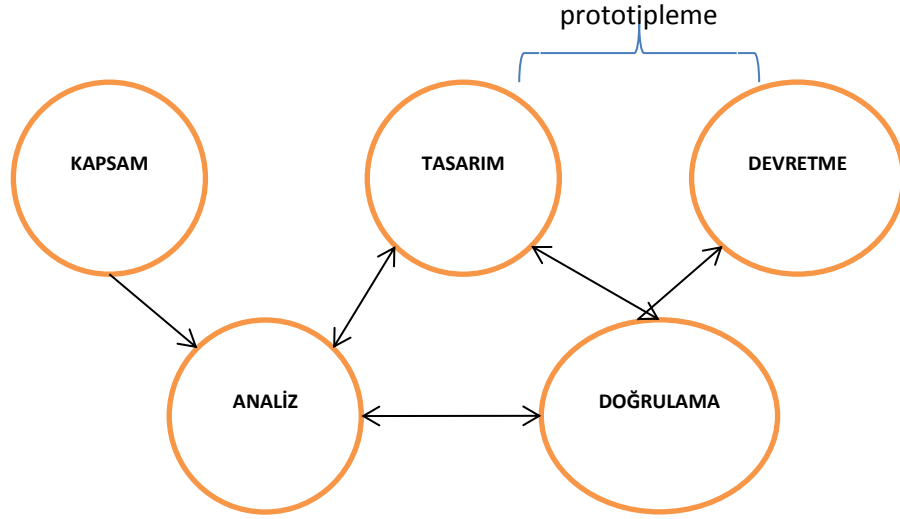
### **3.4 Bakım**

Terminaller üzerinde koşan uygulamaların güncellenmesi sürecidir. Durum takibi sonucunda sistem iyileştirme çalışmaları yapılabilecektir.

## **4 Gelecek Nesil Gömülü Sistemlerde Etkileşim Çerçevesinin**

### **Tanımlanması**

Etkileşim problemini yazılım süreçleri ile ilişkilendirebilmek için, insan bilgisayar etkileşimi yaklaşımı ile kullanıcı merkezli tasarım aktivitelerinden faydalanılmıştır [9]. Bu aktiviteler Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1 Kullanıcı Merkezli Tasarım Aktiviteleri [Wallach ve Scholz (2012)]

#### 4.1 Etkileşim Çerçevesinin Tanımlanması

Kullanıcıyı temel alan geliştirme yöntemi, aynı çevik süreçler gibi döngüsel geliştirme yaklaşımına sahiptir. Temel olan aşamalar şu şekilde sıralanabilir [7]:

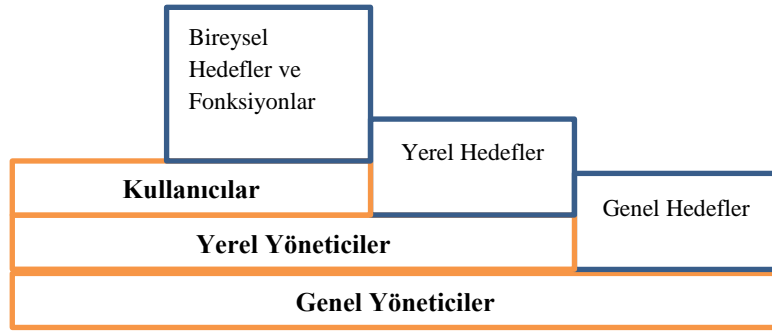
- Kullanım Kapsamının Özellikleri
  - Kullanıcıyı bilme
  - Gereksinim analizi yapma
  - Görev modeli oluşturma
  - Fonksiyonel kullanıcı analizi yapma
- Kullanılabilirlik Özellikleri
  - Hedef ayarları oluşturma
  - Gereksinimleri tanımlama
  - Organizasyonun ve kullanıcıların özelliklerini oluşturma
- Ürün Kapsamının Geliştirilmesi
  - Formel tasarım tanımlama
  - Kavramsal tasarım tanımlama
- Prototip
  - Tasarım çözümleri üretme
- Etkileşim Tasarımı
  - Döngüsel olarak tasarımı iyileştirme

- Arayüz içeriğinin modelini oluşturma
- Kullanılabilirlik Değerlendirilmesi
  - Arayüzü değerlendirme
  - Kullanılabilirlik hedeflerinin testini oluşturma

#### 4.2 Gelecek Nesil Gömülü Sistemler için Kullanıcı Etkileşimi Tasarımı

Analiz aşamasının ilk aktivitesi sistem paydaşlarının ve sistem kullanıcılarının tanımlanmasıdır. Bu kişiler veya organizasyonlar sistemi yöneten, idare eden veya özelliklerini kullanan kişiler olabilir. Sistemin aktörleri olarak tanımlanan bu kişiler üç ana sınıf içerisinde tanımlanabilir.

- Genel Yöneticiler:  
Bütün sistemin veya altyapının sahipleridir. Sistem ile alakalı genel politaklara karar vereceklerdir.
- Yerel Yöneticiler:  
Sistemin sağladığı özellikleri kısıtlı yetkiyle değiştirebilen kişilerdir.
- Kullanıcılar:  
Sistemin sağladığı özellikleri kısıtlı biçimde kullanabilen kişilerdir. Sistem paydaşlarının birbirleriyle olan ilişkileri Şekil 2 içerisinde gösterilmiştir.



Şekil 2 Sistem Paydaşları ve İlişkileri

Sistemin nesnelere hem aktörlerle hem de kendi aralarında bağlı olacaklardır. Bu ilişkinin tanımlanması için aşağıda sınıfların oluşturulması gerekmektedir.

- Kimliklendirme:  
Terminalerin özgün bir kimlik numarasına ihtiyacı vardır. Bu numara ile ağ içerisinde adresleme yapılabilecektir.

- Sınıflandırma:  
Terminallerin kendi kullanım amaçlarına özgü bazı davranışları ve servisleri olacaktır. Bu davranışların uzaktan takip edilebilmesi ve gerektiği zaman terminaller üzerinde doğru aksiyonun alınmasını sağlayabilmek için terminal tiplerinin tanımlanması gerekmektedir.
- Servisler:  
Terminal yeteneklerini belirten servislerin tanımlamaları yapılmalıdır. Böylece kaynakların yönetilmesi sağlanabilir.
- Hedefler:  
Terminalin görevleridir ve terminal kullanılarak ulaşması gereken durumları ifade eder. Önceki koşullar ve sonraki koşullar tanımlanmalıdır.
- Durum Takibi:  
Her terminalin kendi özelliğine göre kontrol etmesi gereken sensörleri olacaktır. Bu sensörlerdeki durum değişiklikleri tanımlanmalı ve uzaktan kontrol edilmelidir.

### 4.3 Örnek Uygulama Alanı

Çerçevede tanımlanan basamaklar şehir içi ulaşım araçlarında araç içerisini yöneten bir sistemde kullanılarak örneklendirilecektir. Bu sistemin yöneticisi ulaşım ağını yöneten otoriteler olarak tanımlanabilir. Hedeflerine göre sisteme ait etkileşim ihtiyaçları şu şekilde tanımlanır:

- Aracın takip edilmesi
- Araç içerisindeki sensörlerin izlenmesi
- Araç içerisindeki verilerin sunuculara gönderilmesi
- Aracın uzaktan izlenebilmesi
- Gerektiği zamanlarda aracın parametrelerinde değişikliğin yapılabilmesi

Bu hedeflere ulaşabilmek için öncelikle terminalin sunucu üzerinde araç ile eşleştirilmesi için bir kimlik numarasına ihtiyacı vardır. Bu kimlik numarası ile sunucu üzerinde araç içinde bulunan bütün sensörler takip edilebilecektir.

Etkileşim çerçevesinde terminalin tanımlanmasıyla beraber üzerine yüklendiği aracın da tanımlanması yapılacaktır. Böylece terminalin izlenmesi sırasında biriktirilen veriler ile sürücü kullanım istatistiği, hat yoğunluğu, araç çalışma istatistiği gibi birçok faydalı bilgileri açığa çıkarma şansı doğacaktır.

Bu yetkilendirme aşamasında kimliklendirme, cep telefonundan aşına olduğumuz dokunmatik ekranlarla bilgi girmenin yanında güvenlik problemlerini de aşmak için güvenli modüllere sahip bazı okuyucular ile NFC, BLE gibi kablosuz veri taşımalarını sağlayan teknolojilerden de faydalanılabilir.



Terminaleri takip edebilmek ve elde edilen verileri doğrulayabilmek için sistemi bir canlı gibi izlemek gerekir. Bunun için sunucu ile iletişimin olduğunu gösteren işaretler sistem yazılımında kullanıcıların fark edebileceği şekilde yerleştirilmelidir.

Sunucu tarafında terminale ait bütün sensörlerin çalışır durumda olduğunu gösterebilmek için yüklü olan yazılım versiyonları ve önemli olarak belirtilen durum bilgileri terminal tarafından sunucuya gönderilmelidir.

Terminaler motor sistemine bağlandığı zaman kilometre bilgileri, sürücü kullanımına göre yakıt harcaması, kapıların durum değişimleri gibi birçok veri elde edilmektedir. Çalışma içeriği bu verilerin anlamlandırılmasına ait uygulamalar düşünülmemektedir. Ancak sistemin yeteneği verilerin oluşmasını, durum değişikliklerinin izlenmesini ve gerektiği anda parametrelerin terminallere özel olarak ayarlanabilmesini sağlamalıdır.

## 5 Değerlendirme

Gelecek nesil gömülü sistemler bulut tabanlı çalışan sistemlere göre daha fazla boyuta sahiptir. Donanım, donanımın üzerinde çalışan uygulamalar ve sunucu uygulaması ile olan haberleşme teknikleri bu farklılığı göstermektedir. Bu sistemler üzerinde çalışan servisler her seviyede farklı kullanıcı etkileşimi özelliğine ihtiyaç duymaktadır.

Etkileşim çerçevesi, uygulama içeriğinden bağımsız olarak sistem kapsamının tanımlanmasını, sistem içerisindeki hedeflerin belirlenmesini, sistem kullanıcılarının hedeflerini ve yetkinliklerinin tanımlanmasını açıklamaktadır.

Gelecek nesil gömülü sistem uygulamalarının hem kendi içerisinde hem de sunucu ile bağlantı durumunda olması bütün sistemin bir canlı gibi takip edilebilirliğini gerektirmektedir. Sistemin kurulum aşamasından çalışır hale gelmesine kadar kullanıcı etkileşimine duyarlı geliştirilmiş olması, sistem takibini ve kullanılabilirliğini arttıracaktır.

Önerilen yaklaşım ile uygulama içeriği bağımsız olarak yazılım geliştirme sırasında dikkat edilmesi gereken noktalara değinilmiştir. Gereksinimler belirlendikten sonra gelecek nesil gömülü sistem uygulamaları için içerikten bağımsız olarak terminalerin otomatik tanımlanması, sunucu tarafında terminal sınıflandırılmasının yapılması ve sunucu iletişimi ile yaşayan sistemin takibinin yapılması için var olan sensörlerin hangi özelliklerinin tanımlanması gerektiği belirtilmiştir.

## Kaynakça

1. Quesenbery, W., 2001 “What Does Usability Mean: Looking Beyond ‘Ease of Use’”, <http://www.wqusability.com/articles/more-than-ease-of-use.html> (Eriřim tarihi: 5 Aralık 2014)
2. Koreshoff, T.L., Robertson, T., and Leong, T.W. Internet of Things: A Review of Literature and Products. Proceedings of the 25th Australian Computer-Human Interaction Conference: Augmentation, Application, Innovation, Collaboration, ACM (2013), 335–344.
3. Bass, L., & John, B. E. (2008). Architectural Patterns for Usability.
4. Alexander, C., Ishikawa, S., and Silverstein, M. A Pattern Language, Oxford University Press, New York, 1997
5. Weiser, M. (1991). The computer for the 21st century. Scientific american, 265(3), 94-104.
6. Sarma, S., Brock, D. L., & Ashton, K. (2000). The networked physical world. Auto-ID Center White Paper MIT-AUTOID-WH-001.
7. Ferre, X., Juristo, N., & Moreno, A. M. (2003). Improving software engineering practice with HCI aspects. In Software Engineering Research and Applications (pp. 349-363). Springer Berlin Heidelberg.
8. Carvajal, L, Moreno, A.M., Sanchez-Segura, M.I., Seffah, A., 2013. Usability through software design. IEEE Trans. Softw. Eng. 39 (11), 1582–1596.
9. Wallach, D., & Scholz, S. C. (2012). User-centered design: why and how to put users first in software development. In Software for people (pp. 11-38). Springer Berlin Heidelberg.