

Yazılım Testi Süreçlerinde Mobil Uygulamalar için Yeşil Bilişim Uyarılma Önerileri

Buğlem Gonca¹, Ediz Şaykol¹

¹ Beykent Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul

bgonca@akdeniz.edu.tr, ediz.saykol@beykent.edu.tr

Özet: Yeşil Bilişim enerji tüketimi en aza indirgenmiş ürünler üretmek ve uygulamalar geliştirmektir. Yalnızca üretimde değil ürünlerin kullanımında da çevreye duyarlı olunması ve enerji tüketiminin azaltılması yeşil bilişimin hedefleri arasındadır. Bu çalışmada öncelikle bilgi teknolojilerinin küresel ısınmaya olan etkileri incelenmiş, enerji tüketimine yol açan durumlar ve azaltılmasına yönelik çözümler ele alınmıştır. Günümüz bilgi teknolojilerinde vazgeçilmez bir ürün ve uygulama alanı olan mobil platform ve mobil uygulamalar düşünülerek, yeşil bilişim felsefesine uygun olarak uyulması gereken sistem ve yazılım gereksinimleri örnek tipik bir uygulama açısından sunulmuştur. Ayrıca, bu gereksinimlerin hayata geçirildiğinin anlaşılması için gereken test senaryoları da verilmiştir. Bu sayede uygulama geliştiriciler veya yazılım uzmanları, bu çalışmada bir yol haritası oluşturacak şekilde sunulan gereksinim ve test durumlarından yararlanarak çevre dostu bir uygulama geliştirebilir veya mevcut bir uygulama bu gereksinimlerle çevre dostu hale getirilebilir.

Anahtar Sözcükler: Yeşil Bilişim, Yazılım Testi, Gereksinim Analizi, Mobil Uygulamalar.

Abstract: Green Computing is developing applications and producing products which minimized energy consumption. Not only in production, but also in the use of products, to be sensitive to the environment and the reducing of energy consumption are among the goals of green computing. In this study, firstly the effects of information technology to global warming is examined, then conditions for energy consumption and solutions for reducing the energy consumption are analyzed. In today's information technology, by considering mobile platforms and mobile applications which are an indispensable product and application areas, complied with in accordance with the philosophy of green information technology, a typical application example for systems and software requirements is presented. In addition, required test cases are given for understanding implementation of these requirements. Thus, it will create a road map for developing environmentally friendly applications or existing applications which can be made environmentally friendly by the application developers or software experts.

1. Giriş

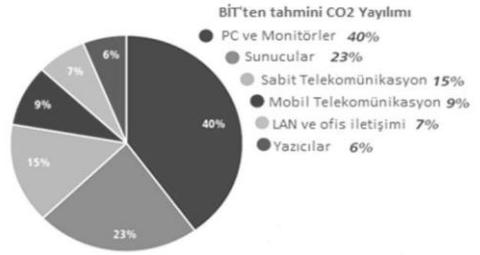
Son yıllarda küresel ısınmanın yer küremize verdiği tahribatların artması ve doğal kaynaklarının azalmasından dolayı durumun ciddiyetinin farkına daha fazla varılmıştır. Örneğin, 2014 yılındaki Birleşmiş Milletler İklim Zirvesi'nde (Climate Summit 2014) iklim değişikliğinin günümüzden çok uzak bir sorun olmadığı, günümüzde gerçekleşen ve insanların yaşamları üzerinde gerçek sorunlara yol açtığı, maliyetinin bize ve ulusal ekonomilerin gelişmesinde çok büyük engel teşkil ettiği vurgulanmaktadır. Ortaya çıkan bu kötü tablo insanları yeni çözüm arayışlarına yönlendirmiştir. Küresel ısınmanın verdiği zararlı etkileri en aza indirmek için önlemler alınmaktadır. Her ne kadar alınan önlemler artsa da yeterli gelmemektedir. Toplumlar küresel ısınmanın vereceği tahribatlar konusunda bilinçlendirilmeli ve alınacak önlemler için teşvik edilmelidir [4].

Küresel Isınmaya neden olan birçok faktör vardır. Bilgi ve iletişim teknolojileri de yapısı gereği enerji sarfiyatına yol açmakta ve yer küremize zarar vermektedir. Ama gelişen teknolojinin avantajları açısından Bilgi ve İletişim Teknoloji'lerinden (BİT) vazgeçilmesi ya da kullanımının kısıtlanması mümkün değildir. Bu nedenle bilişimin avantajlarından yararlanırken dezavantajlarının en aza indirilmesini amaçlayan çözümlere yönelmek mantıklı olacaktır [11]. Teknoloji dünyasının çevre dostu çözümleri Yeşil Bilişim adı altında toplanmıştır. Yeşil Bilişim enerji tüketimi en aza indirenmiş ürünler üretmek ve uygulamalar geliştirmektir. Yalnızca üretimde değil ürünlerin kullanımında da çevreye duyarlı olunması ve enerji tüketiminin azaltılması yeşil bilişimin hedefleri arasındadır.

Bilgi ve iletişim teknolojileri doğası nedeniyle enerji tüketiminden dolayı sera gazı salınımına neden olmaktadır. İstatistiklere göre toplam sera gazı salınımının

yaklaşık %2,5 kadarı BİT'ten kaynaklanmaktadır [5]. Şekil 1'de verildiği gibi, 2010 yılı verilerine göre BİT'ten tahmini CO₂ yayılımı genel olarak BİT'i oluşturan öğelerde

- %40 ile en fazla PC ve monitörlerde, ardından sırasıyla
- %23 ile sunucularda,
- %15 ile sabit telekomünikasyonda,
- %9 ile mobil telekomünikasyonda,
- %7 ile LAN ve ofis iletişimde ve
- %6 ile yazıcılarda gözlemlenmektedir.



Şekil 1. Bilgi ve iletişim teknolojilerinden kaynaklanan CO₂ yayılımının 2010 yılı verilerine göre yüzdelik dağılımı [5].

Bilgi çağında, bilgiye erişim ve etkin kullanım amaçlı olarak her yerde bilişim sloganıyla mobil platformlar hayatımızın bir parçası haline gelmişlerdir. Her ne kadar enerji tüketen teknolojik ürünler yaygınlaşsa da ve sayıları artsa da, bu ürünleri hayatımızdan çıkarmak olanaksızdır. Ancak, yazılım geliştiriciler olarak bu ürünlerin çevreye daha duyarlı uygulamaları çalıştırmalarını sağlamak adına yapabileceklerimiz bulunmaktadır [2, 9]. Bu amaca uygun olarak ayrıca GreenSoft projesi [7] örnek verilebilir.

Bir uygulamayı yeşil ilkelere uygun geliştirebilmek için sistem gereksinimlerinden başlayarak ilerlemelerinde yerinde olacaktır [1]. Bu çalışmamızda, genel yeşil bilişim ilkelerinin yanında, tipik bir mobil platform ve uygulama açısından yeşil bilişim

felsefesine uygun olarak uyulması gereken sistem ve yazılım gereksinimleri ile gereken test senaryoları da verilmiştir. Burada temel hedef, uygulama geliştiriciler veya yazılım uzmanları için çevre dostu bir uygulama geliştirme veya mevcut bir uygulamayı bu gereksinimlerle çevre dostu hale getirme için kısa bir yol haritası sunmaktır. Mevcut literatür taraması üzerine temel gereksinimlerin belirlenmesi ve mobil uygulamalar açısından yol haritasında bulunması gereken adımlar belirlenmiştir.

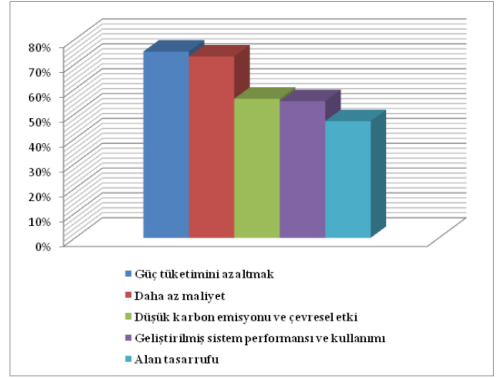
Kalan kısmın organizasyonu şu şekildedir. Bölüm 2 yeşil bilişim hedeflerini kısaca vermekte, Bölüm 3 yazılım test süreçlerinde yeşil bilişim hedeflerine uygun gereksinimlerin bir özetini sunmaktadır. Bölüm 4 ise son değerlendirmeler ile bildirinin sonuçlarını aktarmaktadır.

2. Yeşil Bilişim Hedefleri

Yeşil bilişim, küresel ısınmanın ulaştığı boyut sonucunda BİT'in küresel ısınmaya etkileri düşünülerek bilişim dünyasının alması gereken önlemler ihtiyacında doğmuştur. Yeşil bilişim daha az enerji tüketen ve çevreye daha az zarar veren ürünler üretmek ve bu ürünlerin kullanımında da çevreye duyarlı olmaktır. Ayrıca sadece donanım alanında değil yazılım alanında da yeşil bilişim çözümleri uygulanmaktadır. Küresel ısınma tehdidine karşı bilişim dünyasının destek hareketi olarak tanımlanan Yeşil Bilişim hareketi ile bilişim sektöründeki üreticilerin daha az enerji harcayan ve bu sayede daha az karbondioksit salınımı yapan donanımlar üretmeye başladıkları görülmektedir [8].

Yeşil bilişim sadece küresel ısınmada olumlu etkiye sahip değildir. Ayrıca yeşil bilişim hem üreticilerin hem de tüketicilerin yararlandığı bir oluşumdur. Çünkü yeşil teknolojiler sayesinde üreticiler ve tüketiciler daha az enerji tüketimiyle ekonomik ve sürdürülebilir bir tasarruf yapacaklardır. Bir

başka yararı ise yeşil bilişim sayesinde daha az enerji tüketen ürünler tüketiciler tarafından daha fazla rağbete uğrayacak ve bu durumda üreticiye hem saygınlık hem de daha fazla kazanç sağlayacaktır. Bilinçli tüketici sayısının artması da hem yeşil bilişim ürünlerinin artmasını sağlayacak hem de küresel ısınmaya karşı bir bilinç oluşturacaktır [8].



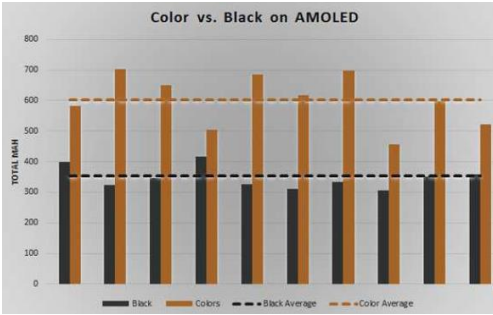
Şekil 2. Yeşil bilişim teknolojilerinden yararlanmak: ilkeler ve uygulamalar [8].

Yeşil bilişim kullanım nedenleri ve edinilen faydalar Şekil 2'de gösterildiği üzere;

- %75 oranında güç tüketimini azaltmak,
- %73 oranında daha az maliyet,
- %56 oranında düşük karbon emisyonu ve çevresel etki,
- %55 oranında geliştirilmiş sistem performansı ve kullanımı ve
- %47 oranında alan tasarrufudur.

Özellikle mobil platformlar ve uygulamalar açısından değerlendirildiğinde ekranlar en çok enerji kaybına sebep olan birimlerdendir. Enerji tüketimini etkileyen faktörler ekranın özelliğine göre değişir. Örneğin LCD ekranlarda parlaklık enerji tüketiminde etkili bir faktörken, AMOLED ekranlarda LCD ekranların aksine renklerde enerji tüketiminde etken faktörlerdendir. Bu farkı daha net anlayabilmek için renklerin AMOLED

ekranlardaki etkisini test eden bir çalışmada [10], uygulamalarda siyah ekran ile renkli ekran kullanımı arasındaki güç kullanım farkını anlayabilmek için bir test yapılmıştır. Şekil 3'te sonuçları verilen testi yapmak için öncelikle parlaklık %50 ye getirilmiş, bütün arka plan uygulamalarını kapatmış, uçak moduna getirmiş, timeout süresini 30 dakikaya getirmiştir. Her 60 saniyede bir 30 dakika boyunca ekran kapanana kadar ölçüm yapılmış ve sonuç olarak %41 daha az enerji tüketildiği görülmüştür. Bu sebeple yeşil bilişim açısından bakıldığında uygulamalarda siyah arka plan kullanımı kullanıma bağlı olarak en az %15-%20 avantaj sağlayacaktır.



Şekil 3. AMOLED ekranlarda Renk ve Siyah durumlarına göre enerji kullanımı [10].

Çevre üzerinde en aza indirgenmiş hatta hiç etkisi olmayan, verimli, sürdürülebilir bir şekilde bilişim ile ilgili donanım ürünlerinin kullanılması, üretilmesi, tasarlanması ve çalışması Yeşil Bilişim'im geleneksel tanımında yer almaktadır. Son yıllarda, donanım ürünlerinin yanı sıra yazılım ürünleri, yazılım geliştirme süreçleri ve bunların altında yatan yazılım süreç modellerinde yeşil ilkeleri uygulamak için girişimler bulunmaktadır [2]. Bu kapsamdaki projelere örnek olarak Yeşil Yazılım Mühendisliği [7] verilebilir. Buradan da anlaşılacağı üzere, yeşil bilişim hedefleri değerlendirilirken yazılım geliştirme süreçleri de mutlaka yeşil ilkelere uygun olarak uygulanmalıdır.

3. Yazılım Süreçlerinde Yeşil Bilişim

Bu bölümde, tipik bir mobil uygulamanın çevreye duyarlı bir uygulama olarak geliştirilmesi için gerekli sistem gereksinimleri değerlendirilecektir. Bu gereksinimlere uygun örnek test senaryolarıyla da uygulama geliştiricilere bir yol haritası niteliğinde yeşil bilişime uygun mobil uygulama oluşturma önerileri sunulacaktır.

Yazılım testinin en önemli avantajları arasında hataların erken tespit edilmesini sağladığı için zamandan tasarruf edilmesi ve yeniden çalıştırma, dokümantasyon masraflarını azaltması vardır. Bu avantajlar yeşil bilişimle doğrudan ilişkilidir. Bu avantajların yanı sıra yazılım testinin asıl amacı programın doğru ve eksiksiz yazılması için gerekli senaryoların oluşturulmasıdır.

Yazılım projelerinde vakit ve maliyet kaybına yol açan en büyük sorun değişen gereksinimlerdir. Geleneksel yöntemler, sonradan ortaya çıkabilecek gereksinimleri eksiksiz tahmin edebilmeyi amaçlar. Ama müşteriden gelecek yeni talepleri ya da değişebilecek istekleri tahmin etmek olanaksızdır. Bu nedenle bu gereksinimleri hızlı bir şekilde karşılayacak olan Çevik Süreçler ortaya çıkmıştır. Çevik süreçlerin hedefleri de yeşil bilişim ile doğrudan ilintilidir. Bu nedenle etkin ve yeşil bir uygulama geliştirme süreci için çevik yazılım daha uygun görünmektedir [3].

Örnek bir sistem olarak, kullanıcıların haber okuyabileceği, oyun oynayabileceği, resim ve video indirebileceği çok yönlü bir mobil platform hayal edilmiştir. Bu platformu diğerlerinden ayıran özellik uygulamanın az enerji harcamaya, çevreye daha az zarar vermeye yönelik özelliklere sahip olmasıdır. Sıradan bir mobil uygulamaya bazı özellikler eklenerek yeşil bir uygulamaya dönüşebileceği böylece küresel ısınmanın önüne geçebilmek için çevreye verilen

zararın en aza indirilebileceğini göstermek hedeflenmektedir. Bu örnek uygulamaya ait ekran görüntüleri Şekil 4 ve Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 4. Örnek mobil uygulamanın giriş ekranı. Genellikle bir login ekranı ile sisteme giriş yapılır ve rol tabanlı servis kullanımı başlatılır.

Burada değerlendirilen sistem gereksinim önerileri aşağıda listelenmiştir. Her bir öneri sistem gereksiniminin etkisi de hemen altında aktarılmıştır.

SGS-01: Kullanıcı 3 dakika işlem yapmadığı takdirde uygulama kapanacaktır.

Etki: Uygulama açıkken 3 dakika aktif olunmadığında uygulama kendiliğinden kapanacak şekilde programlanmış böylece gereksiz enerji kaybının önüne geçilmiştir.



Şekil 5. Örnek mobil uygulamanın kullanıcıya enerji sarfiyatını azaltmak için uyarı vermesi durumu.

SGS-02: Uygulamada çıkış butonu bulunacaktır ve bu butonla çıkış yapıldığında uygulama arka planda da kapanacaktır.

Etki: Uygulamaya eklenen çıkış butonuyla çıkıldığında uygulama arka planda da kapanmış olacaktır. Eğer bu buton eklenmeseydi uygulamadan telefonun geri tuşuyla çıkılacak ve uygulama arka planda çalışmaya devam edecek, böylece enerji kaybına yol açacaktı.

SGS-03: Veri indirilmek istediğinde veri sıkıştırılmış (.rar) şekilde inecektir.

Etki: Uygulamada resim, video indirilmek istendiğinde veri sıkıştırılmış şekilde iner. Bu

Testcase No:4					
Aktör:Kullanıcı					
Amaç:Kullanıcı uygulamada 30 dk dan fazla aktif olduğunda ekrana yeşil tavsiye verilecektir.					
GİRDİLER	BEKLENEN ÇIKTILAR	GERÇEKLEŞEN ÇIKTILAR	DURUM	HATA	HATA NO
Kullanıcı login olduktan sonra 30 dk uygulamada aktif durumdadır.	Uygulama ekranına sistemde kayıtlı bulunan yeşil tavsiyelerden biri uyarı olarak gösterilir.	Uygulama ekranına sistemde kayıtlı bulunan yeşil tavsiyelerden biri uyarı olarak gösterilir.	başarılı	yok	
Kullanıcı login olduktan sonra 30 dk uygulamada aktif durumdadır.	Uygulama ekranına sistemde kayıtlı bulunan yeşil tavsiyelerden biri uyarı olarak gösterilir.	Uygulama ekranında yeşil tavsiye görünmez.	başarısız	Kullanıcı 30 dk dir aktif durumda olduğu halde ekranda yeşil tavsiye görülmemiştir.	01
Kullanıcı 30 dk dan kısa bir süredir aktif durumdadır.	Yeşil tavsiye uyarı edilmez.	Uygulama ekranında yeşil bir tavsiye uyarı edilmiştir.	başarısız	Yeşil tavsiye 30 dk da aktif olma durumunda uyarı edilmesi gerekirken daha kısa bir sürede uyarı edilmiştir.	02

Şekil 6. Örnek uygulama için bir test senaryosu örneği (SGS-05 için).

şekilde hem kullanım alanı hem de birim iş için tüketilen enerji azalacaktır.

SGS-04: Renklerin Enerji tüketimi üzerindeki etkisi göz önüne alınarak, uygulama da Enerji Tasarrufu İçin Arka Planı Değiştir adında bir düğme bulunur. Kullanıcı bu düğmeye tıkladığında uygulamanın arka planı siyah olarak değişecektir.

Etki: Amoled ekranlarda renkli arka planlar enerji kaybını artırır. Bu sebeple uygulamaya arka planı siyah yapan bir buton eklenmiştir. Böylelikle kullanıcı enerji tasarruflu moda geçmek istediğinde arka plan siyah olacak ve enerji kaybı önlenecektir. Şekil 5'te görülebilir.

SGS-05: Uygulamada 30 dakikadan fazla aktif olduğunda ekrana bir yeşil tavsiye verilecektir.

Etki: Uygulama 30 dakika açık kaldığında ekrana bir yeşil tavsiye verilir. Örneğin, aktif ekran koruyucunuzu kaldırmak enerji tasarrufu sağlar. Böylece sürdürülebilir bir dünya için kullanıcıyı çevre dostu olmaya yöneltmiş olunur. Şekil 5'te görülebilir.

SGS-06: Uygulama geliştirme safhasında Çevik Süreç yöntemi uygulanacaktır.

Etki: Uygulamanın geliştirme aşamasında Çevik Süreç prensipleri benimsenmiştir. Eğer geleneksel yazılım geliştirme süreçleri uygulansaydı; hem daha fazla dokümantasyon ve prosedür olacaktı hem de uygulama geliştirme süreci uzayacaktı. Çevik

süreçler uygulanarak uygulamanın daha kısa sürede gelişmesi sağlanacak böylece enerjiden de tasarruf edilecektir.

SGS-07: Müşteri gereksinimleri odaklı bir süreç olduğu ve değişimlere kısa sürede ayak uydurma prensibine sahip olduğu için Extreme Programming (XP) kullanılacaktır.

Etki: Uygulama geliştirme aşamasında çevik süreç modellerinden XP tercih edilmiştir. Prensipleri açısından az yükte yola çıkmayı benimseyen XP modeli yapılan kısa toplantılarla da şeffaf bir geliştirme süreci sağlar ve sonuca yönelik hizmet ederek bizi daha verimli bir şekilde hedefe götürür.

SGS-08: XP pratiklerinden Sürekli Entegrasyon ile oluşabilecek hatalar erken teşhis edilerek zaman, maliyet dolayısıyla enerji kaybının önüne geçilecektir.

Etki: Xp prensiplerinden sürekli entegrasyon ile hatalar ve iyileştirilmesi gerekenler daha önceden tespit edilerek, enerji kaybını engeller. Eğer sürekli entegrasyon prensibiyle hareket edilmezse entegre aşamasına geldiğinde çıkacak hatalar ekibe zaman kaybı yaşatır.

SGS-09: Çevik süreç metodolojileriyle dokümantasyon minimuma indirilir.

Etki: Uygulamada gereksiz dokümantasyondan kaçınılarak çevre dostu bir yaklaşım sergilenir.

Örnek uygulama için SGS-05 gereksinimine uygun olarak yazılmış test senaryosu örneği Şekil 6'da verilmiştir. Diğer test senaryoları ve buradaki bilgiler ile ilgili detaylı anlatımlara [6]'dan erişilebilir.

4. Değerlendirme ve Sonuç

Bu çalışmada öncelikle küresel ısınmanın ulaştığı boyut irdelenerek farkındalığı artırmak amaçlanmıştır; bilgi ve iletişim

teknolojilerinin küresel ısınmaya etkileri düşünülerek alınabilecek önlemler ve çözümler kapsamında Yeşil Bilişim ve faydaları anlatılmıştır. Yeşil Bilişim yalnızca donanım ürünlerinde çevre dostu olmak değil aynı zamanda yazılım ürünlerinin ve yazılım geliştirme süreçlerinin de doğaya duyarlı olmasıdır.

Tipik bir mobil uygulamanın yazılacak gereksinimler ve test durumları ile çevre dostu bir uygulamaya dönüştürülebileceği gösterilmeye çalışılmıştır. Ayrıca gereksinimlerde yer alan maddeler kapsamında çevik süreçlerden bahsedilmiştir. Çevik süreçler oluşabilecek müşteri gereksinimlerini hızlı bir şekilde karşılayarak çalışan bir program elde etmeyi amaçlar. Bu sebeple çevik süreçler enerji verimliliği açısından doğa dostu bir projenin geliştirmesinde uygulaması kaçınılmazdır.

Ayrıca çevik süreçlerden Extreme Programming tercih edilmiştir. Bunun sebeplerinden biri XP nin prensipleri arasında yer alan sürekli entegrasyondur. Sürekli Entegrasyon ileride oluşabilecek sorunları önceden tespit etmemizi sağlayarak bize zaman kazandırır ve enerji kaybını önler. Ayrıca XP müşteri odaklı bir süreçtir. Müşteri istekleri plan ve prosedürden önce gelir bu da hem müşteri memnuniyeti sağlarken yine zaman kaybının önüne geçer. Çevik süreçlerden bahsedildikten sonra bu çalışmanın amacını oluşturan gereksinim ve test durumları yazılmıştır.

Sonuç olarak bu gereksinim ve test durumları kullanılarak çevre dostu bir uygulama yapılabilir, standart bir uygulama çevre dostu bir uygulamaya dönüştürülebilir. İyileştirme çalışmalarında, gereksinim dokümanında yer alan gereksinimler artırılarak enerji verimliliği artırılabilir.

Kaynaklar

- [1]. C. Atkinson, T. Schulze, and S. Klingert. Facilitating greener IT through green specifications. *IEEE Software*, 31(3):56-63, 2014.
- [2]. A. B. Bener, M. Morisio, and A. Miransky. Green software. *IEEE Software*, 31(3):36-39, 2014.
- [3]. M. Dick, J. Drangmeister, E. Kern, and S. Naumann. Green software engineering with agile methods. In *Proceedings of the 2nd International Workshop on Green and Sustainable Software*, pages 78-85. IEEE Press, 2013.
- [4]. Ö. L. Şen, D. Bozkurt, O. M. Göktürk, B. Dündar, and B. Altürk. Türkiye'de İklim değişikliği ve olası etkileri. Sabancı Üniversitesi, İstanbul Politikalar Merkezi, 2013.
- [5]. M. Güngör, N. Saygı, A. Bolat, A. D. Çaycı, and A. Tekin. Yeşil bilişim. Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Sektörel Araştırma ve Stratejiler Dairesi Başkanlığı, 2010.
- [6]. B. Gonca. Yeşil bilişim için yazılım gereksinim ve test durumları analizi: bir mobil uygulama örneği. Yüksek lisans tezi, Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 2016.
- [7]. GreenSoft. Green software engineering. <http://www.green-software-engineering.de/en/project.html>, 2014.
- [8]. S. Murugesan. Harnessing green IT: Principles and practices. In *IEEE IT Professional*, volume 10(1), pages 24-33, 2008.
- [9]. C. Sahin, F. Cayci, J. Clause, F. Kiamilev, L. Pollock, and K. Winbladh. Towards power reduction through improved software design. In *IEEE Energytech*, pages 1-6, 2012.
- [10]. R. Whitwam. How much power does a black interface really save on amoled displays? <http://www.greenbot.com/article/2834583/how-much-power-does-a-blackinterface-really-save-on-amoled-displays.html>, 2014.
- [11]. D. Yergin. Enerjinin Geleceği. Optimist Yayın, İstanbul, 2014.