

## Test Olgunluk Modeli Entegrasyonu (TMMi) ile Yazılım Test Süreçlerinin İyileştirilmesi

Gökhan ŞİT<sup>1+</sup>, Mehmet Burak BİLGİN<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Teknoloji ve İnovasyon Anabilim Dalı/Fen Bilimleri Enstitüsü, Amasya Üniversitesi, Amasya, Türkiye

<sup>2</sup>Teknoloji Fakültesi, Amasya Üniversitesi, Amasya, Türkiye

\*Corresponding Author: mehmetburak.bilgin@amasya.edu.tr

<sup>+</sup>Speaker: gkhsit@gmail.com

Sunum/Bildiri Türü: Sözlü / Tam Metin

**Abstract** – Bu çalışmada test süreçlerinde iyileştirme anlayışına sahip yazılım sektöründe faaliyet gösteren firmalardan TMMi 2nci ve 3üncü Seviye değerlendirmelerini, denetlemeden önce kendi içlerinde yapabilmelerine yönelik geliştirilen olgunluk seviye belirleme ve değerlendirme yöntemi verilmiştir. Bu yöntem ile şirketlerin yüksek bütçe ayırarak yapacakları değerlendirmelere katılmadan önce kendi öz değerlendirmelerini yapabilmeleri ve olgunluk seviyesini artırarak test süreçlerinde iyileştirme yapabilmelerine yardımcı olmak amaçlanmıştır. Bu yöntemin geçerliliği uygulamalı olarak TMMi modelinin 2nci ve 3üncü seviyeleri değerlendirmelerinde sınanmıştır. Yazılım sektöründe faaliyet gösteren firmalar, yazılım test süreçlerini daha iyi şekilde anlayıp geliştirmelerine yardımcı olmak için bu tez kapsamında hazırlanan test olgunluk seviyesi belirleme yöntemini kullanarak isterlerse resmi bir TMMi denetimine hazırlık yapabilirler. İsterlerse sadece süreçlerini iyileştirerek daha kaliteli ve geçerli ürünler oluşturabilir veya eğer zaten böyle bir sertifikaya sahiplerse bunun devamlılığını sağlamak için istedikleri zaman kendilerini denetleyebilirler. Bu çalışmayla birlikte, yazılım test süreci ile ilgili TMMi modeli kullanımının gösterilmesi, test süreç olgunluk seviyesinin belirlenmesinde rehber olabilecek öneride bulunulması, literatürde az sayıda mevcut kaynak bulunan TMMi konularında ayrıntılı bir çalışma elde edilerek literatüre katkı sağlamak ve pratik uygulama içermesi nedeniyle firmaları rahatlatarak bir çalışma olması önemli katkılar olarak görülmektedir.

**Keywords** – Yazılım test süreçleri, test süreç olgunluk seviye belirleme, yazılım test süreçlerinin iyileştirilmesi, TMMi model yaklaşımı, yazılım geliştirme süreçlerinde test

### I. INTRODUCTION

Günümüzde test faaliyetleri için süreç iyileştirme çalışmaları yazılım sektöründe bulunan şirketler için bir zorunluluk haline gelmiştir. Hataları en aza indirgenmiş, beklentileri karşılayan, müşteri memnuniyetini sağlayan vb. özelliklere sahip yazılım ürünleri çıkarabilmek için test aktivitelerinin daha etkili, verimli ve sürdürülebilir olması şirketlerin hedefledikleri bir durum olmaya başlamıştır. Bu kapsamda test süreç iyileştirme çalışmaları adına birden fazla model danışmanlık şirketleri tarafından verilebilmektedir ve eğer istenirse sertifika alınarak uluslararası geçerlilik için imkan verebilmektedirler. Ancak bu süreç iyileştirme çalışmaları yazılım sektöründe bulunan firmaların çoğu için ek maliyet, ekstra efor ve zaman ile birlikte mevcutta devam eden işlerin aksatılması olarak görülebilmektedir. Ekstra maliyet olacak bu çalışmalara girmek istemeyen şirketler yazılım geliştirme süreçlerinde testin etkin kullanılmasından çok çalışanlarının inisiyatiflerine bırakarak yazılım ürünlerindeki çıkacak hatalara ve bu hatalardan doğacak maliyetlere katlanmak durumunda kalmaktadırlar. Bu bağlamda tez çalışmasında mevcut test olgunluk seviyesi belirleme ve TMMi 2nci ve 3üncü seviyelerde değerlendirme için yöntem verilmiş ve seviye yükseltmek için Test Olgunluk Model Entegrasyonu (TMMi) ayrıntılı olarak ele alınmış ve uygulama ile gösterilmiştir. İlk bölümde yazılım geliştirme süreçleri ile birlikte test süreçleri incelenmiştir. Sonraki bölümde test olgunluk modelleri verilmiş ve bunların içerisinde TMMi

modeli irdelenmiştir. Daha sonra TMMi 2nci ve 3üncü olgunluk seviye süreç alanlarını kapsayan yöntem sunulup bir proje üzerinde uygulanmış ve sonuçları verilmiştir.

### II. MATERIALS AND METHOD

Test olgunluk seviye belirleme ve TMMi 2nci ve 3üncü seviye değerlendirmeleri telekomünikasyon sektöründe bilişim hizmeti sunan bir firmaya ait web tabanlı geliştirilen Cihaz Kiralama Stok Yönetimi (CKSY) projesi üzerinde uygulanmıştır. Mevcut olgunluk seviyesi belirleme için tez kapsamında verilen yöntem uygulanmış ve ardından sırasıyla 2nci ve 3üncü seviyelere geçiş süreci TMMi modeli kullanılmıştır. Aşağıdaki bölümlerde yazılım geliştirme ve test süreçlerinde değinildikten sonra uygulama bölümüne geçilecektir.

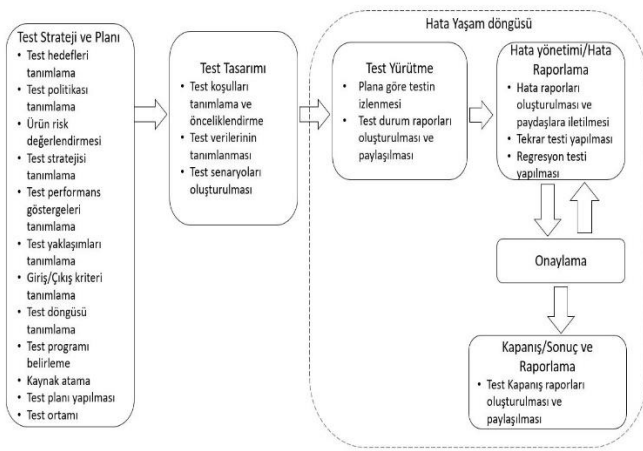
#### A. Yazılım Geliştirme ve Test Süreci

Yazılım geliştirme süreci bir yazılım ürününün geliştirilmesi ile ilgili bir grup eylemdir[1]. Yazılım geliştirme süreci tanımlama, ayrıntılandırma, gerçekleştirme, değerlendirme, yayma ve yönetim aşamalarından oluşmaktadır. Bu aşamaların her biri kendi içerisinde alt bölümlere ayrılmıştır.

- Planlama
- Analiz
- Tasarım
- Gerçekleştirme

- Bakım
  - Düzeltici bakım
  - Uyarlayıcı Bakım
  - İyileştirici/Yetkinleştirici Bakım
- Yönetim

Yazılım test süreci ise önce planlanan, sonra icra edilip sonuçları kayıt altına alınarak belgelendirilen bir dizi eylemden oluşur [1]. Şekil-1 de yazılım test süreci görülmektedir. Bu süreç geliştirilen yazılımdaki hataların varlığına odaklanır. Bir test süreci planlama, tasarım, koşuturma, hata raporlama, sonlandırma ve belgelendirme adımlarından oluşur. Yazılım testinin amacı yazılım ürünündeki hataları bularak, nihai hedef olan müşteri/kullanıcı memnuniyetini, kurumun prestijini ve ürün kalitesini değerlendirmek, hatalardan doğacak maliyetleri azaltmaktır.



Şekil 1. Yazılım test süreci

### B. Test Süreç İyileştirme ve Test Olgunluk Modelleri

Test süreci, hata tespiti ile ilgili aktiviteleri gerçekleştirmenin belirli bir yoludur. Bu tür birkaç faaliyet aşağıdaki gibidir:

- Test hedefleri belirleme
- Test planı hazırlama
- Farklı test seviyeleri tanımlama
- Test personeli atama
- Test senaryoları tasarlama
- Test ortamlarını kurulması
- Test araçları temini ve kullanılması
- Test durumlarının yürütülmesi vb.

Sistem düzeyinde basit bir test süreci için sistemin test edilecek özelliklerine sınıflandırma yapılır, bu kategoriler için test durumları oluşturulur, oluşturulan test durumları hataları tespit etmek için koşuturulur, hataların düzeltilmesi ile test sonlandırılır. Bu basit süreç için eksikliklere bakılırsa test araçları kullanılmaması, test durumlarının önceliklendirilmemesi göze çarpan eksikliklerdir. Bu nedenle, tanımlanmış bir modeli takip ederek test işlemlerini geliştirmek önemlidir. Test süreci iyileştirme için bir modeli takip ederek test süreçlerini geliştirme fikri ilk kez TİM Koomen ve Martin Pol tarafından incelenmiştir. Bir test sürecinin aşağıdaki üç sebepten dolayı iyileştirilmesi gerekir:

- Kalite: Daha iyi bir test süreci, test edilen sistemin kalite özellikleri hakkında daha fazla bilgi vermedir.
- Teslim Süresi: Daha iyi bir test süreci, test teslim takviminde gecikmelerin önüne geçer.

- Maliyet: İyi bir test sürecinin daha düşük bir maliyetle gerçekleştirilmesi beklenir.

Bir test süreci geliştirmek için sezgisel bir yaklaşım aşağıdaki gibidir:

Adım 1: İyileştirilecek alan belirlenir.

Adım 2: Test süreci mevcut durumu belirlenir.

Adım 3: Bir sonraki istenen durumu ve araçları tanımlanır.

Adım 4: İşlem için gerekli değişiklikler uygulanır.

Genel olarak test süreç iyileştirme için tanımlanan modeller aşağıdaki tabloda verilmiştir. Bunların içinden global anlamda tanımlanan modeller TPI ve TMMi modelleridir. TMMi modeli CMMI modelinin tamamlayıcı nitelikte olması ve her olgunluk seviyesi için aşamalı ve uyması gereken kriterleri açıkça tanımlamaktadır. Sonraki seviyeye geçilmesi için düşük seviyedeki süreç alanlarının karşılanması beklenir.

Tablo 1. Test süreç iyileştirme modelleri[2]

Kısaltma	Detay	Yazar/Organizasyon
BTM	Beizer's Testing Model	Authored by Beizer in 1990
TOM	Test Organization Maturity Model	Authored by Gerrad Consulting in the U.K in the late 1990s
TMAP	Test Management Approach	Authored by Martin Pol, Rudd Teunissen and Erik van Veenendaal in 1995 and now owned by Sogeti which is part of Capgemini
TSM	Testability Support Model	Authored by Dr. David Gelperin in 1996
TPI	Test Process Improvement Model	Authored by Tim Koomen and Martin Pol in 1996
TMM	Test Maturity Model	Authored by Dr. Ilene Burstein, at the Illinois Institute of Technology in 1996
TCMM	Technical Capability Maturity Model	Authored by Torry Harris in 2001
TIM	Test Improvement Model	Authored by Thomas Ericson in 2002
TCI	Test Capability Improvement	Authored by Atos Origin
TPA	Test Process Assesment	Authored by CTG
TMAP Next	Test Management Approach for Next Generation	Authored by Tim Koomen, Michiel Vroon, Leo van der Aalst & Bart Broekman in 2005
TMMi	Test Maturity Model Integrated	By TMMi Foundation in 2007. In 2010 level 4 and 5 framework was released.
TPCR	Test Process & Capability Rating	Authored by Baris Sarialioglu in 2011 and revised in 2013

### C. Test Olgunluk Seviyesi Belirlenmesi

Bu bölümde test süreçlerinde iyileştirme anlayışına sahip yazılım sektöründe faaliyet gösteren firmalardan TMMi 2nci ve 3üncü Seviye değerlendirmelerini, denetlemeden önce kendi içlerinde yapabilmelerine yönelik geliştirilen olgunluk seviye belirleme ve değerlendirme yöntemi verilmiştir.

### Yöntem

Yazılım test süreçlerinde iyileştirilmenin sağlanması, olgunluk seviyesinin artırılması uluslararası platformlarda da geçerliliğinin sağlanması için detaylı bir model olan TMMi modelinin bir firmada gerçekten uygulanabilmesi fazlasıyla emek ve zaman gerektiren ayrıca uygulama sonucunda istenilen hedefe ulaşım bunu sertifika ile belgelendirmek şirketler için ek bir maliyet olarak düşünülebilecek bir süreçtir. TMMi değerlendirmesi yaptırmak isteyen firmaların bir kısmı resmi bir sertifikasyon sahibi olmak için isterken bir kısmı da sadece organizasyondaki test süreçlerinde iyileştirme yapmak için isterler. TMMi sertifikası için TMMi vakfi tarafından lider değerlendiriciler ile başvuru yapan firmalarda geniş bir analiz yapılır, süreç iyileştirme çalışmaları bütün çalışanlara aktarılır, ikna edilir ve bu hazırlıklar tamamlandıktan sonra süreç iyileştirme çalışmalarına geçilir. Bu süre içerisinde mevcutta devam edecek işlerinde olması çalışanlarca ekstra efor ve zaman kaybı olarak görüleceğinden fazlasıyla emek gerektiren bir süreç halini alır. Bu durumlardan kaçınmak adına ve ek maliyetlere girmek istemeyen ve dolayısıyla yazılım ürünlerindeki hatalardan kaynaklanan maliyetlerden katlanmak durumunda kalan ve test süreçlerinde iyileştirme yapamayan firmalara yardımcı olmak adına bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntem yazılım sektöründe faaliyet gösteren ve test süreçlerinde iyileştirme yapmak isteyen telekomünikasyon alanında boy gösteren şirketin geliştirmekte olduğu bir proje üzerinde uygulanmıştır. Yöntem TMMi 2nci ve 3ncü olgunluk seviyeleri kapsamında Seviye 2 düzeyi için 10 ve Seviye 3 düzeyi için 10 ifadeden meydana gelmektedir. İfadeler aynı formatta hazırlanıp 5'li likert ölçeğine göre derecelendirilmiştir. Buna göre her cevabın sayısal karşılığı aşağıdaki gibidir:

- Kesinlikle Evet: 5
- Evet: 4
- Kararsızım: 3
- Hayır: 2
- Kesinlikle Hayır: 1

Seviye 2 ve Seviye 3 için oluşturulmuş yöntemde bulunan ifadeler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Hazırlanan bu yöntemdeki seviyelerde verilen ifadeler ISTQB standartları, yazılım test süreçleri ve TMMi model çerçevesi içerisinde verilen süreç alanları ve bu süreç alanları için verilen özel uygulamalar kapsayacak şekilde oluşturulmuştur. Bu yöntem hazırlanırken literatür taraması yapılarak daha önceki çalışmalardan da ilham alınmıştır. Test olgunluk seviyesi belirleme ve değerlendirme için TMMi modeli ikinci ve üçüncü olgunluk seviyesinde bulunan tüm konuları dikkate alınarak ifadeler hazırlanmıştır. Hazırlanan bu yöntemdeki seviyelerde verilen ifadelerin genel anlamda hangi konuları kapsadığı ve amacın ne olduğu aşağıda sırayla verilmiştir.

**Seviye 2 için verilmiş olan ifadeler:** Bu seviyede şirketlerde tanımlanmış bir test süreci olup olmadığını, testin yazılım geliştirme aşamasından bağımsız mı ilerlediğini, test izleme ve kontrolünün test planına göre mi yapıldığını sorgulayan ifadeler bulunmaktadır. Ayrıca risk yönetiminin gereksinimlere bağlı şekilde mi yapıldığını, test stratejisi, test planları, test durumlarının teste başlamadan mı hazırlandığını anlamak amacını sorgulayan ifadeler bulunmaktadır.

**Seviye 3 için verilmiş ifadeler:** Bu seviyede şirketlerde test, yazılım geliştirme süreçlerine entegre olup olmadığını, tanımlanmış bir test organizasyonu ve test eğitimlerinin olup

olmadığını, test süreci iyileştirme çalışmalarının şirketin hedefleri arasında olup olmadığını, şirket içerisinde testin meslek olarak algılanıp algılanmadığını, gereksinimlerin gözden geçirilmesinde test uzmanlarının bulunup bulunmadığını anlamak amacını sorgulayan ifadeler bulunmaktadır.

Tablo 2. Seviye 2 değerlendirme ölçümü

	K esi nli k Ev et	E v e t	Ka rar sızı m	H a yı r	Ke sin likl e Ha yır
1.Şirketinizde projeler ya da talepler için test politikası ve test stratejileri tanımlanıyor.					
2.Test performans göstergeleri (test efor ve maliyeti, test süresi, bulunan hata sayısı, hata tespit yüzdesi, test kapsamı vb.) tanımlanıyor.					
3.Test planlaması ve risk değerlendirmesi yapılıyor.					
4.Test yaklaşımları (test edilecek öğeler, giriş ve çıkış kriterleri, durdurma ve başlatma kriterleri vb.) tanımlanıyor.					
5.Plana dayalı test ilerleme süreci izleniyor ve raporlamalar yapılıyor.					
6.Her test seviyesi(Birim, Entegrasyon, Sistem, Kabul testleri) açık bir şekilde tanımlanarak test hedefleri oluşturuluyor.					
7.Test tasarım teknikleri(Kara kutu, Beyaz kutu, Deneyim temelli test teknikleri vb.) kullanılıyor.					
8.Test durumları tanımlanıyor ve öncelik belirleniyor.					
9.Hata yönetim süreci bulunuyor, test sırasında karşılaşılan hatalar raporlanıyor.					
10.Yönetilebilir ve kontrol edilebilir test ortamı bulunuyor.					

Tablo 3. Seviye 3 değerlendirme ölçümü

	Ke sin lik Ev et	E v e t	Kar ar sı zım	H a y ı r	Ke sin lik Ev e t
1.Tanımlanmış test organizasyonu, test rolleri ve sorumlulukları bulunuyor.					
2.Test süreç iyileştirme planlamaları bulunuyor.					
3.Yazılım test alanında eğitim imkânları sağlanıyor ve eğitim planları uzmanlık seviyelerine göre oluşturuluyor.					
4.Test seviyelerine hitap eden tanımlanmış test yaşam döngüleri bulunuyor.					
5.Tanımlanmış test süreç veri tabanı ve kütüphanesi bulunuyor.					
6.Şirketinizde yazılım geliştirme yaşam döngülerine entegre edilmiş test süreci bulunuyor.					
7.Fonksiyonel olmayan testler için resmi test yaklaşımları (test edilecek öğeler, giriş ve çıkış kriterleri vb.) bulunuyor.					
8.Fonksiyonel olmayan testler (Stres, Yük, Güvenlik, Performans, Kullanılabilirlik vb.) gerçekleştiriliyor.					
9.Kurulmuş bir gözden geçirme süreci yaklaşımı bulunuyor.					
10.Statik test teknikleri olarak gözden geçirme süreçleri işletiliyor ve statik test analizleri yapılıyor.					

**Seviye 2:** TMMi modeli Seviye 2 düzeyinde tanımlanan süreç alanlarını ve bu süreç alanlarında bulunan özel hedef ile özel uygulamaların bulunup bulunmadığını sorgulayan ifadeler bulunmaktadır. Seviye 2 düzeyinde bulunan ve uygulamaları bir sonraki bölümde gerçekleştirilen süreç alanları ve özel hedef ile özel uygulamalar aşağıdaki tablolarda verilmiştir [3].

Tablo 4. Test politikası süreç alanında gerçekleştirilen özel hedefler ve özel uygulamalar

Test Politikası ve Stratejisi Süreç Alanı Özel Hedefleri ve Özel Uygulamaları	
SG 1 Bir Test Politikası Belirleme	SP 1.1 Test hedeflerini tanımlama
	SP 1.2 Test politikasını tanımlama
	SP 1.3 Test politikasını ilgili kişilerle paylaşma
SG Test Stratejisi Oluşturma	SP 2.1 Genel bir ürün risk değerlendirmesi yapılması
	SP 2.2 Test stratejisi tanımlama
	SP 2.3 Test stratejisini ilgili kişilerle paylaşma
SG 3 Test Performans Göstergelerini Belirleme	SP 3.1 Test performans göstergelerini tanımlama

SP 3.2 Test performans göstergelerini uygulama

Tablo 5. Test planlaması süreç alanında gerçekleştirilen özel hedefler ve özel uygulamalar

Test Planlaması Süreç Alanı Özel Hedefleri ve Özel Uygulamaları	
SG 1 Ürün Risk Değerlendirmesi	SP 1.1 Ürün risk kategorileri ve parametreleri
	SP 1.2 Ürün riskleri
	SP 1.3 Ürün riskleri analizi
SG 2 Bir Test Yaklaşımının Kurulması	SP 2.1 Test edilecek öğeleri ve özellikleri tanımlama
	SP 2.2 Test yaklaşımını tanımlama
	SP 2.3 Giriş kriterlerini tanımlama
	SP 2.4 Çıkış kriterlerini tanımlama
	SP 2.5 Durdurma ve yeniden başlatma kriterlerini tanımlama
SG 3 Test Tahminlerini Oluşturma	SP 3.1 Üst düzey bir iş analizi yapısı kurma
	SP 3.2 Test döngüsü tanımlama
	SP 3.3 Test efor ve maliyet için tahminleri belirleme
SG 4 Test Planı Geliştirilmesi	SP 4.1 Test programını belirleme
	SP 4.2 Test personelini planlama
	SP 4.3 Paydaş katılımını planlama
	SP 4.4 Test projesi risklerini tanımlama
	SP 4.5 Test planının oluşturulması

Tablo 6. Test izleme ve kontrol süreç alanında gerçekleştirilen özel hedefler ve özel uygulamalar

Test İzleme ve Kontrol Süreç Alanı Özel Hedefleri ve Özel Uygulamaları	
SG 1 Plana dayalı Test İlerleme Sürecini İzleme	SP 1.1 Test planlama parametrelerini izleme
	SP 1.2 Sağlanan ve kullanılan test ortamı kaynaklarını izleme
	SP 1.3 Test projesi risklerini izleme
	SP 1.4 Test ilerlemesi gözden geçirmeleri
SG 2 Plan ve beklentilere göre Ürün Kalitesini İzleme	SP 2.1 Giriş kriterlerine göre kontrol
	SP 2.2 İzleme Hataları
	SP 2.3 Ürün risklerini izleme
	SP 2.4 Çıkış kriterlerini izleme
	SP 2.5 Durdurma ve tekrar başlama kriterlerini izleme
	SP 2.6 Ürün kalitesi gözden geçirmeleri
SG 3 Kapanışı Düzeltici Faaliyetleri Yönetin	SP 3.1 Analiz sorunları
	SP 3.2 Düzeltici eylemi gerçekleştirin
	SP 3.3 Düzeltici eylemi yönetin

Tablo 7. Test planlaması süreç alanında gerçekleştirilen özel hedefler ve özel uygulamalar

<b>Test Tasarımı ve Yürütülmesi Süreç Alanı Özel Hedefleri ve Özel Uygulamaları</b>	
SG 1 Test Tasarım Tekniklerini Kullanarak Test Analizi ve Tasarımı Yapılması	SP 1.1 Test koşullarının tanımlanması ve önceliklendirilmesi
	SP 1.2 Test durumlarının tanımlanması ve öncelik belirlenmesi
	SP 1.3 Spesifik test verilerinin tanımlanması
	SP 1.4 Gereksinimlerle yatay izlenebilirliğin korunması
SG 2 Test Uygulamasının Gerçekleştirilmesi	SP 2.1 Test prosedürlerinin geliştirilmesi ve önceliklendirilmesi
	SP 2.2 Özel test verilerinin oluşturulması
	SP 2.3 Giriş testi prosedürünün belirtilmesi
	SP 2.4 Test yürütme programının geliştirilmesi
SG 3 Test Yürütülmesinin Gerçekleştirilmesi	SP 3.1 Giriş testi yapılması
	SP 3.2 Test durumlarının yürütülmesi
	SP 3.3 Test Durum Raporları
	SP 3.4 Test loglarının Yazılması
SG 4 Test Durumları Kapanışının Yönetilmesi	SP 4.1 Yapılandırma kontrol panosunda test olaylarının düzenlenmesi
	SP 4.2 Test durumlarında karşılaşılan hataları düzeltmek için uygun eylemin gerçekleştirilmesi
	SP 4.3 Test hata durumunun izlenmesi

Tablo 8. Test ortamı süreç alanında gerçekleştirilen özel hedefler ve özel uygulamalar

<b>Test Ortamı Süreç Alanı Özel Hedefleri ve Özel Uygulamaları</b>	
SG 1 Test Ortamı Gereksinimlerinin Geliştirilmesi	SP 1.1 Test ortamı ihtiyacı oluşması
	SP 1.2 Test ortamı gereksinimlerinin geliştirilmesi
	SP 1.3 Test ortamı gereksinimlerinin analizi
SG 2 Test Ortamı Uygulamasının Gerçekleştirilmesi	SP 2.1 Test ortamının uygulanması
	SP 2.2 Genel test verileri oluşturulması
	SP 2.3 Test ortamı giriş testi prosedürünün belirtilmesi
	SP 2.4 Test ortamı giriş testinin gerçekleştirilmesi
SG 3 Test Ortamlarının Yönetilmesi ve Kontrol Edilmesi	SP 3.1 Sistem yönetiminin gerçekleştirilmesi
	SP 3.2 Test veri yönetiminin gerçekleştirilmesi
	SP 3.3 Test ortamlarının kullanılabilirliğinin ve kullanımının koordine edilmesi
	SP 3.4 Test ortamı olaylarının rapor edilmesi ve yönetilmesi

**Seviye 3:** TMMi modeli Seviye 3 düzeyinde tanımlanan süreç alanlarını ve bu süreç alanlarında bulunan özel hedef ile özel uygulamaların bulunup bulunmadığını sorgulayan ifadeler bulunmaktadır. Seviye 3 düzeyinde bulunan ve uygulamaları bir sonraki bölümde gerçekleştirilen süreç alanları ve özel hedef ile özel uygulamalar aşağıdaki tablolarda verilmiştir[3].

Tablo 9. Test organizasyonu süreç alanında gerçekleştirilen özel hedefler ve özel uygulamalar

<b>Test Organizasyonu Süreç Alanı Özel Hedefleri ve Özel Uygulamaları</b>	
SG 1 Test Organizasyonu Kurma	SP 1.1 Test organizasyonu tanımlama
SG 2 Test Uzmanları için Test Fonksiyonları Kurma	SP 2.1 Test fonksiyonlarını tanımla
	SP 2.2 İş tanımlarını geliştirme
	SP 2.3 Personeli test fonksiyonlarına atama
SG 3 Test Süreci İyileştirmelerini Belirleme, Planlama ve Uygulama	SP 3.1 Kuruluşun test sürecini değerlendirme
	SP 3.2 Kuruluşun test süreci iyileştirmelerini tanımlama
	SP 3.3 Test süreci iyileştirme planlaması
	SP 3.4 Test süreci iyileştirmelerini uygulama

Tablo 10. Test eğitim programı süreç alanında gerçekleştirilen özel hedefler ve özel uygulamalar

<b>Test Eğitim Programı Süreç Alanı Özel Hedefleri ve Özel Uygulamaları</b>	
SG 1 Örgütsel Test Eğitimi Yeteneği Kurlmak	SP 1.1 Stratejik test eğitimi ihtiyaçlarını belirleme
	SP 1.2 Organizasyon ve proje testi eğitim ihtiyaçlarını uyumlu hale getirme
	SP 1.3 Organizasyonel test eğitim planı oluşturulması
	SP 1.4 Test eğitim kabiliyetinin oluşturulması
SG 2 Test Eğitimi Sağlama	SP 2.1 Test eğitimi verilmesi
	SP 2.2 Test eğitim kayıtlarının oluşturulması

Tablo 11. Test yaşam döngüsü ve entegrasyonu süreç alanında gerçekleştirilen özel hedefler ve özel uygulamalar

<b>Test Yaşam Döngüsü ve Entegrasyonu Süreç Alanı Özel Hedefleri ve Özel Uygulamaları</b>	
SG 1 Örgütsel Test Süreci Varlıklarını Kurma	SP 1.1 Standart test süreçleri kurmak
	SP 1.2 Tüm test seviyelerine hitap eden test yaşam döngüsü model açıklamaları oluşturmak
	SP 1.3 Uygunluk kriterlerini ve kurallarını oluşturmak
	SP 1.4 Kuruluşun test süreci veritabanını kurma
	SP 1.5 Kuruluşun test süreci varlık kütüphanesini kurma
	SP 1.6 Çalışma ortamı standartlarını belirleme
SG 2 Test Yaşam Döngüsü Modellerini	SP 2.1 Entegre yaşam döngüsü modelleri oluşturulması

Geliştirme Modelleriyle Entegre Edilmesi	SP 2.2 Entegre yaşam döngüsü modellerini gözden geçirilmesi
--	---

Tablo 12. Fonksiyonel olmayan test süreç alanında gerçekleştirilen özel hedefler ve özel uygulamalar

Fonksiyonel Olmayan Test Süreç Alanı Özel Hedefleri ve Özel Uygulamaları	
SG 1 İşlevsel Olmayan Ürün Riski Değerlendirmesi Yapılması	SP 1.1 İşlevsel olmayan ürün risklerini tanımlama
	SP 1.2 İşlevsel olmayan ürün risklerini analiz edilmesi
SG 2 Fonksiyonel Olmayan Bir Test Yaklaşımının Kurulması	SP 2.1 Test edilecek özellikleri tanımlama
	SP 2.2 Fonksiyonel olmayan test yaklaşımını tanımlama
	SP 2.3 Fonksiyonel olmayan çıkış kriterlerini tanımlama
SG 3 Fonksiyonel Olmayan Test Analizi ve Tasarımı Yapılması	SP 3.1 Fonksiyonel olmayan test koşullarını tanımlanması ve önceliklendirilmesi
	SP 3.2 Fonksiyonel olmayan test durumlarını tanımlamak ve öncelik vermek
	SP 3.3 Gerekli spesifik test verilerini tanımlanması
SG 4 Fonksiyonel Olmayan Test Uygulaması Gerçekleştirilmesi	SP 4.1 Fonksiyonel olmayan test prosedürlerini geliştirmek ve önceliklendirmek
	SP 4.2 Özel test verileri oluşturulması
SG 5 Fonksiyonel Olmayan Test Uygulaması Gerçekleştirilmesi	SP 5.1 Fonksiyonel olmayan test senaryoları yürütme
	SP 5.2 Fonksiyonel olmayan test olaylarını rapor edilmesi

Tablo 13. Eş gözden geçirme süreç alanında gerçekleştirilen özel hedefler ve özel uygulamalar

Eş Gözden Geçirme Süreç Alanı Özel Hedefleri ve Özel Uygulamaları	
SG 1 Gözden geçirme Yaklaşımının Kurulması	SP 1.1 İncelenecek iş ürünlerini tanımlanması
	SP 1.2 Gözden geçirme kriterlerini tanımlanması
SG 2 Gözden geçirme Gerçekleştirilmesi	SP 2.1 Gözden geçirme yürütülmesi
	SP 2.2 Test uzmanlarının temel test dokümanlarını gözden geçirmesi
	SP 2.3 Gözden geçirme verilerini analiz edilmesi

### Değerlendirme Ölçüt Kriterleri

Mevcut test olgunluk seviyesini belirlemek ya da Seviye 2 ve Seviye 3 düzeyinde olan ya da olmak isteyen şirketlerin verilmiş olan yöntemi kullanırken dikkate alınması gereken kriterler aşağıda verilmiştir.

- Mevcut olgunluk seviyesi belirlemek için Seviye 2 de verilmiş tablo kullanılacaktır.
- Bu tablo şirketteki çalışanlar tarafından cevaplandırılabilir.

- Her soru için verilen cevapların ortalaması alınır.
- Ortalama olarak verilen cevapların toplamı alınarak maksimum puan olan 5 e bölünerek başarı yüzdesi belirlenir.
- Başarı yüzdesi %50'nin altında çıkan sonuçlar için Seviye 2 karşılanmamış yorumu yapılarak Seviye 1 düzeyinde olduğu sonucu çıkacaktır.
- Başarı yüzdesi %50'nin üstünde çıkan sonuçlar için Seviye 2 karşılandığının ve seviye 2 düzeyinde olduğu sonucu çıkacaktır.
- Seviye 2 düzeyinde olan şirketler Seviye 3 için verilen tabloyu kullanabileceklerdir.
- Seviye 3 için de ortalama olarak verilen cevapların toplamı alınarak maksimum puan olan 5 e bölünerek başarı yüzdesi belirlenir.
- Başarı yüzdesi %50'nin altında çıkan sonuçlar için Seviye 3 karşılanmamış yorumu yapılarak Seviye 2 düzeyinde olduğu sonucu çıkacaktır.
- Başarı yüzdesi %50'nin üstünde çıkan sonuçlar için seviye 3 düzeyi karşılanmış ve seviye 3 düzeyinde olduğu sonucu çıkacaktır.
- Bir sonraki seviye olan Seviye 4 için seviye yükseltme sürecine başlanabilir.

Tez kapsamında Seviye 4 ve Seviye 5 alınmadığı için bu seviyeler ile ilgili bilgi verilmemiştir.

### D. Test Maturity Model integration (TMMi)

Bu bölümde TMMi Vakıf tarafından yayınlanmış olan belge özetlenmiştir[3]. Çalışmanın esasını oluşturan Test Olgunluk Modeli Entegrasyonu (İngilizce "Test Maturity Model integration" ifadesinin kısaltması olan TMMi), Yetenek Olgunluk Modeli Entegrasyon (İngilizce "Capability Maturity Model Integration" ifadesinin kısaltması olan CMMI) modeline dayanarak TMMi vakfı tarafından geliştirilen bir modeldir. Test işlemlerinin olgunluğunu belirlemek amacıyla bir sistem oluşturan ve testin olgunluğunu geliştirmek için hedefler belirleyen bu modelde tanımlanan testler, tüm yazılım ürün kalite ile ilgili faaliyetleri kapsayacak şekilde en geniş anlamıyla uygulanmaktadır. Süreç değerlendirme ve iyileştirme için CMMI modelinde olduğu gibi olgunluk seviyesini kullanır. Ayrıca süreç alanları, süreç hedefleri ve süreç uygulamaları belirlenir. TMMi olgunluk seviyelerini uygulamak, test sürecini iyileştirecek ve ürün kalitesi, test mühendisliği verimliliğini ve zaman harcamasını olumlu yönde etkileyecektir. TMMi, test sürecini değerlendiren ve geliştiren kuruluşları desteklemek için geliştirilmiştir. TMMi ile birlikte testler, bir meslek haline gelir ve yazılım geliştirme yaşam döngüsüne tamamen entegre olan bir durumdur. Testin odak noktası hata tespitinden ziyade hata önleme değişiklikleri haline gelir. Gelperin ve Hetzel'in evrimsel test modeli TMMi 'de tarihsel düzeydeki farklılaşma için bir temel oluşturmuştur. TMMi, Illinois Institute of Technology tarafından geliştirilen TMM3 çerçevesini ve BT sektöründeki yaygın desteğe sahip bir süreç iyileştirme modeli olan Yetenek Olgunluk Model Entegrasyonu (CMMI) kaynak olarak oluşturulmuştur. TMMi modelinde kullanılan test terminolojisi, Uluslararası Yazılım Test Yeterlilik Belgesi (ISTQB) standart terimler sözlüğünden türetilmiştir.

TMMi, hem sistem mühendisliği hem de yazılım mühendisliği disiplinlerinde test faaliyetlerini ve test sürecini iyileştirmeyi desteklemeyi amaçlamaktadır. Sistem mühendisliği, yazılımı içerebilen veya içermeyen toplam sistemlerin geliştirilmesini

kapsar. Yazılım mühendisliği yazılım sistemlerinin geliştirilmesini kapsar.

Tablo 14. TMMi olgunluk seviyeleri ve süreç alanları

BAŞLANGIÇ	L2-YÖNETİLEN	L3-TANIMLI	L4-ÖLÇÜLEN	L5-OPTİMİZE
	Test Politikası ve Stratejisi	Test Organizasyonu	Test ölçümü	Hata Önleme
	Test Planlama	Test Eğitim Programı	Yazılım Kalite değerlendirme	Test Süreç Optimizasyonu
	Test İzleme ve Kontrol	Test Yaşam Döngüsü ve Entegrasyonu	Gelişmiş Eş Gözden Geçirmeler	Kalite Kontrol
	Test Tasarım ve Yürütme	Fonksiyonel olmayan testler		
	Test Ortamı	Eş Gözden Geçirmeler		

TMMi' de beş olgunluk seviyesi bulunmaktadır: geçici ve yönetilmeyen bir seviyeden başlayarak, iyileştirilen, sonra tanımlanan, ölçülen ve en iyi duruma getirilmiş olana kadar devam eder. Her bir TMMi olgunluk seviyesi için süreç alanları, Tablo 14 'de gösterilmiştir.

- **Seviye 1 - Başlangıç:** 1. seviye olarak kabul edilecek herhangi bir işlem alanı yoktur. Bu, herhangi bir test sürecinin 1. Seviye olarak kabul edilip edilmediğine bakılmaksızın herhangi bir organizasyonun, gerçek vade derecesi 2. Seviyeden itibaren başlar.
- **Seviye 2 - Yönetilen:** Bu seviyenin Test politikası ve Stratejisinden başlayan beş süreç alanı vardır. Buradaki süreç istikrarlı olarak kabul edilir ve proje düzeyinde görevleri tekrarlayabilir.
- **Seviye 3 - Tanımlanmış:** Seviye 3, organizasyon seviyesindeki işlemlerin standardizasyonu ve ayrıca beş işlem alanına sahiptir.
- **Seviye 4 - Ölçülen:** Bu seviye ölçüme, ürün kalitesine ve ileri düzey meslektaş incelemelerine odaklanarak niceliksel olarak yönetilir.
- **Seviye 5 - Optimize edilmiş:** Kuruluş, istatistiksel olarak kontrol edilen işlemlerin niceliksel bir anlayışına dayalı olarak süreçlerini sürekli olarak iyileştirme yeteneğine sahiptir. Test teknikleri ince ayar ve proses iyileştirmeye sürekli odaklanarak optimize edilmiştir.

Seviye 2'den 5. Seviyeye kadar olan spesifik ve genel uygulamaları içeren 16 süreç alanı, 77 hedef ve 345 uygulama bulunmaktadır.

#### E. TEST 2. ve 3. OLGUNLUK SEVİYE BELİRLEME ve DEĞERLENDİRME İÇİN BİR YÖNTEM ve UYGULAMA

Tez kapsamında önerilen yöntem ve test olgunluk modelleri arasından TMMi modeli ile seviye yükseltilmesi süreçleri bir telekomünikasyon sektöründe internet, sec vb. Hizmetleri sunan abone sayısı gittikçe artan şirketin geliştirmiş olduğu web tabanlı bir proje üzerinde uygulanmıştır. Aşağıdaki bölümde problem tanımı yapılarak uygulama sonuçları verilecektir.

#### Cihaz Kiralama Stok Yönetimi (CKSY) Tanımı

CKSY sisteminin temel kabiliyetleri cihaz kataloğunun yönetimi, depo yönetimi, bakım onarım yenileme sözleşme yönetimi ve yetki yönetiminden oluşmaktadır. CKSY sistemi içerisinde başlayan ve sonlanan süreçler olduğu gibi dış bir sistem tarafından tetiklenen ve CKSY sisteminde sonlanan süreçler de bulunmaktadır. CKSY sistemi bünyesinde yönetilen süreçler en üst seviyede süreçler üzerinden yönetilmektedir, bu süreçler entegre bir diğer sistemde yer alan iş emirleri ile kavramsal olarak benzeşmektedir. Hizmet satışlarının gerçekleştirildiği sistemde cihaz ile ilgili işlemlerde CKSY sistemi entegre olduğu için etkilenmektedir. Stok hareketleri cihazların özelliklerinin, durumunun, bulunduğu lokasyonun güncellenmesi gibi cihazları ilgilendiren işlemlerin gerçekleşmesini sağlar. CKSY sistemi mevcutta daha önceden yapılmış bir sistemdir.

#### Problem Tanımı

Projeyi geliştiren organizasyonda benimsenen, sürdürülebilir ve etkili bir test süreci bulunmamaktadır. Yeni geliştirmeler, değişiklikler ya da hata düzeltmeleri süreç yönetiminde kullanılan uygulama ya da mail üzerinden çalışanlar tarafından iletilemektedir. Test süreci bu bağlamda kişilerin yetkinlikleri ve inisiyatiflerine bağlı şekilde iletilemektedir. Yani mevcut durumda bulgular tekrar edilemez ve herhangi bir kalite standardı veya süreci bulunmamaktadır. Uygulanan test aktivitelerinin temel amacı ise sadece uygulamaların “çok büyük hatalar içermeden” çalışmasıdır. Kaliteli ve etkili test yaklaşımının bütün çalışanlar tarafından benimsenmesi ve bu yaklaşımın yazılım geliştirme sürecine uygulanması proje planında gecikmeleri önlemesi, hata sayılarında azalması ve benimsenmiş etkin bir test sürecinin kurulması şirket için önemlidir. Canlıdan gelen hataları azaltacak, tekrarlı eforların önüne geçilecek, yönetim baskısı giderilecek ve müşteri memnuniyeti sağlanmış olacaktır. Bu sebeple TMMi modeli bu organizasyonda kullanılmak üzere seçilmiştir. TMMi modelinin süreç alanları Seviye 2 ve sonrasında Seviye 3 düzeyine çıkması için projenin test sürecine uygulanmıştır. TMMi modeli uygulanmadan önce CKSY sistemi için yapılan projenin test olgunluk seviyesi belirlenmiştir. CKSY sistemi için proje kapsamında belirtilmiş olan kaynaklar bir proje yöneticisi, bir iş analisti, bir test uzmanı, bir konfigürasyon yöneticisi ve üç geliştirici tanımlanmıştır.

#### Mevcut Test Olgunluk Seviyesinin Belirlenmesi

CKSY projesi üzerinde verilen mevcut olgunluk seviye belirlemesi için verilmiş olan yöntem uygulanmıştır. CKSY projesinde bulunan ekip tarafından verilen yanıtlar 5 üzerinden puanlanmıştır. Verilen yanıtların bulunduğu değerlendirme Tablo 15' deki gibidir.

Tablo 15. Şirketin CKSY projesi üzerinde Seviye 2 bazında alınan ortalama puanları ve başarı yüzdesi

TMMi 2.Seviye	Verilen Puanların Ort.
1.Şirketinizde projeler ya da talepler için test politikası ve test stratejileri tanımlanıyor.	2,28
2.Test performans göstergeleri(test efor ve maliyeti, test süresi, bulunan hata sayısı, hata tespit yüzdesi, test kapsamı vb.) tanımlanıyor.	2,42
3.Test planlaması ve risk değerlendirmesi yapılıyor.	2,14

4.Test yaklaşımları (test edilecek öğeler, giriş ve çıkış kriterleri, durdurma ve başlatma kriterleri vb.) tanımlanıyor.	2,57
5.Plana dayalı test ilerleme süreci izleniyor ve raporlamalar yapılıyor.	2,71
6.Her test seviyesi(Birim, Entegrasyon, Sistem, Kabul testleri) açık bir şekilde tanımlanarak test hedefleri oluşturuluyor.	1,57
7.Test tasarım teknikleri(Kara kutu, Beyaz kutu, Deneyim temelli test teknikleri vb.) kullanılıyor.	1,28
8.Test durumları tanımlanıyor ve öncelik belirleniyor.	3,57
9.Hata yönetim süreci bulunuyor, test sırasında karşılaşılan hatalar raporlanıyor.	2,71
10.Yönetilebilir ve kontrol edilebilir test ortamı bulunuyor.	2,28
<b>ORTALAMA</b>	<b>2,353</b>
<b>BAŞARI</b>	<b>47,06</b>

Proje kapsamında çalışanlar tarafından sorulara verilen puanların ortalama değerleri ve Seviye 2 için başarı yüzdesi %47,06 olarak çıktığı görülmektedir. Bu sonuca göre CKSY projesi üzerinde test olgunluk seviyesi Seviye 1 olarak belirlenmiştir. Bundan sonraki bölümde Seviye 2 düzeyine geçiş ve seviye 2 değerlendirmesi için önerilen yöntemin uygulanışı ve sonrasında Seviye 3 düzeyine geçiş süreci verilecektir.

### **TMMi MODELİ İLE 2. ve 3. OLGUNLUK SEVİYELERİNE GEÇİŞ SÜRECİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA**

Olgunluk seviye belirleme yöntemi ile CKSY projesi mevcut olgunluk seviyesi belirlendikten sonra tez kapsamında olgunluk seviye 2 geçiş süreci ve sonrasında seviye 3 geçiş süreci bu bölümde anlatılacaktır. Olgunluk seviyesi olarak 2nci veya 3ncü düzeye çıkarmak isteyen firmalar için TMMi modeli seviye 2 ve seviye 3 konuları detaylı olarak verilmeye çalışılmıştır.

Telekomünikasyon alanında Türkiye çapında faaliyet gösteren ve bu sektörde gittikçe büyüyen ve abone sayısı artan şirketin geliştirmiş olduğu Cihaz Kiralama Stok Yönetimi (CKSY) projesinin test süreci olgunluk seviyesi önerilen model ile belirlenecek ve CKSY projesi üzerinde Test Olgunluk Model Entegrasyonu (TMMi) modeli uygulanacaktır. TMMi modeli uygulamak isteyen şirketlerin bazıları resmi bir TMMi sertifikasına sahip olmak için isterken, bir kısmı da sadece organizasyon süreçlerini kalite açısından görmek ve iyileştirmek için isterler. Bu uygulamada organizasyonun test süreçlerinde ki kalite düzeyini ölçmek ve iyileştirmek benimsenmiştir. Resmi sertifikasyon süreci konusuna girilmemiştir. Önceki bölümde önerilen yöntem uygulanmış ve CKSY projesi ekibi tarafından verilen cevaplar sonucunda mevcut sistemin olgunluk seviyesi Seviye 1 olarak belirlenmişti. Sonraki bölümlerde olgunluk seviyesi 2 ve seviyesi 3 düzeylerine geçişler verilmiştir.

#### **Seviye 1 den Seviye 2 ye Geçiş Süreci**

CKSY sistemi üzerinde test olgunluk seviyesi belirlendikten sonra test olgunluk seviyesi 2 düzeyine çıkabilmek için TMMi modelinde verilmiş seviye 2 ye ait süreç alanları ve bu süreç

alanlarına ait özel hedefler ve özel uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Seviye 2 süreç alanları şunlardır:

- Test Politikası ve Stratejisi
- Test Planlaması
- Test İzleme ve Kontrol
- Test Tasarımı ve Uygulaması
- Test Ortamı

Daha önceki bölümde sırasıyla tablolarda verilmiş olan süreç alanları için ayrı ayrı verilen özel hedefler ve özel uygulamalar seviye 2 düzeyinde uygulanmış ve seviye 2 düzeyi değerlendirme yöntemi bu aşamada kullanılmıştır.

#### **Seviye 2 düzeyinin değerlendirilmesi ve olgunluk seviyesinin belirlenmesi**

Mevcut süreç belirlenip TMMi modeli ile seviye 2 düzeyine geçiş süreci yukarıdaki özel hedefler için uygulanan özel uygulamalar sonucunda tamamlanarak seviye 2 değerlendirmesi yapılmıştır. Özel hedeflerde olması gereken iş ürünleri uygulama bölümlerinde verilmiştir. Seviye 2 düzeyine geçişin tamamlandığı ve seviye 2 hedefinin karşılanıp karşılanmadığı yine ekip tarafından önerilen yöntem kullanılarak sağlanması gerçekleştirildi. Seviye 2 değerlendirmesi için verilen yanıtlar Tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 16. TMMi 2. Seviye değerlendirme için verilen ortalama puanlar ve başarı puanı

TMMi 2.Seviye	Verilen Puanların Ort.
1.Şirketinizde projeler ya da talepler için test politikası ve test stratejileri tanımlanıyor.	4,71
2.Test performans göstergeleri(test efor ve maliyeti, test süresi, bulunan hata sayısı, hata tespit yüzdesi, test kapsamı vb.) tanımlanıyor.	4,28
3.Test planlaması ve risk değerlendirmesi yapılıyor.	4,28
4.Test yaklaşımları (test edilecek öğeler, giriş ve çıkış kriterleri, durdurma ve başlatma kriterleri vb.) tanımlanıyor.	4,14
5.Plana dayalı test ilerleme süreci izleniyor ve raporlamalar yapılıyor.	4,28
6.Her test seviyesi(Birim, Entegrasyon, Sistem, Kabul testleri) açık bir şekilde tanımlanarak test hedefleri oluşturuluyor.	4
7.Test tasarım teknikleri(Kara kutu, Beyaz kutu, Deneyim temelli test teknikleri vb.) kullanılıyor.	4
8.Test durumları tanımlanıyor ve öncelik belirleniyor.	4,57
9.Hata yönetim süreci bulunuyor, test sırasında karşılaşılan hatalar raporlanıyor.	4,28
10.Yönetilebilir ve kontrol edilebilir test ortamı bulunuyor.	4,42
<b>ORTALAMA</b>	<b>4,296</b>



<b>BAŞARI PUANI</b>	<b>85,9 2</b>
---------------------	-------------------

Proje kapsamında çalışanlar tarafından sorulara verilen puanların ortalama değerleri ve Seviye 2 için başarı yüzdesi %85,92 olarak çıktığı tabloda görülmektedir. Bu sonuca göre CKSY projesi üzerinde test olgunluk seviyesi Seviye 2 olarak belirlenmiştir. Bundan sonraki bölümde Seviye 3 düzeyine geçiş ve seviye 3 değerlendirmesi için önerilen yöntemin uygulanışı verilecektir. Ayrıca seviye 2 geçiş sürecinde yapılanlar ve elde edilenlerin özeti aşağıdaki gibidir:

- Bu seviyede test kontrollü bir süreç içerisinde ve kod kısmından bağımsız olarak sürdürülmesi sağlanmıştır.
- Süreç disiplini sağlanarak stres altında uygulamaların çalıştığından emin olunmuştur. Bununla birlikte testin, kodlamadan sonra yapılması gereken bir aşama olduğu paydaşlar tarafından anlaşılmıştır.
- Test sürecinin geliştirilmesi aşamasında tüm program stratejisi kabul edilmiştir. Test planları oluşturularak içinde test yaklaşımı tanımlanmış ve bu yaklaşım proje risk değerlendirmesine uygun olarak hazırlanmıştır.
- Risk yönetim teknikleri proje riskini belirlemek için gereksinimlere bakarak tanımlanmıştır.
- Test planı testte ne istendiğini, ne zaman ve nasıl istendiğine göre tanımlanarak paydaşlarla birlikte gözden geçirilerek yapılmıştır. Testi izleme, kontrol etme ve plana uygun hareket edilmesi sağlanmış ve sapma olma olasılığına karşı düzeltici eylemler gerçekleştirilmiştir.
- Ürünün ve teslim edilen test hizmeti yönetim tarafından görülebilecek hale gelmiştir. Test tasarım teknikleri belirlenerek test senaryoları oluşturuldu.
- Test, geliştirme sürecinden sonra tasarım esnasında ya da kodlama esnasında yapılabilir duruma geldi. Bu aşamada bileşen, bütünleştirme, sistem ve kabul testi seviyeleri tanımlandı.
- Tanımlanan her test seviyesi için belirlenen stratejiye göre özel test hedefleri tanımlanmış ve test ve kod uygulaması süreci ayrı işletilecek duruma gelmiştir.

### Seviye 2 den Seviye 3 e Geçiş Süreci

CKSY sistemi üzerinde test olgunluk seviyesi belirlendikten sonra test olgunluk seviyesi 3 düzeyine çıkabilmek için TMMi modelinde verilmiş seviye 3'e ait süreç alanları ve bu süreç alanlarına ait özel hedefler ve özel uygulamalar gerçekleştirilmiştir.

Seviye 3 süreç alanları şunlardır:

- Test Organizasyonu
- Test Eğitim Programı
- Test Yaşam Döngüsü ve Entegrasyonu
- Fonksiyonel Olmayan Test
- Eş Gözden Geçirme

Daha önceki bölümde sırasıyla tablolarda verilmiş olan süreç alanları için ayrı ayrı verilen özel hedefler ve özel uygulamalar seviye 3 düzeyinde uygulanmış ve seviye 3 düzeyi değerlendirme yöntemi bu aşamada kullanılmıştır.

### Seviye 3 düzeyinin değerlendirilmesi ve olgunluk seviyesinin belirlenmesi

Mevcut süreç belirlenip TMMi modeli ile seviye 3 düzeyine geçiş süreci yukarıdaki özel hedefler için uygulanan özel uygulamalar sonucunda tamamlanarak seviye 3

değerlendirmesi yapıldı. Özel hedeflerde olması gereken iş ürünleri uygulama bölümlerinde verildi. Gerçekleştirilen uygulamaların tamamı CKSY projesinde bulunan ekip ile paylaşıldığından dolayı ekibin benimseyeceği şekilde yürütülmüştür. Bu şekilde paydaşların da süreç iyileştirme çalışmalarında bulunması sağlanmıştır. Seviye 3 düzeyine geçişin tamamlandığı ve seviye 3 hedefinin karşılanıp karşılanmadığı yine ekip tarafından önerilen yöntem kullanılarak sağlanması gerçekleştirildi. Seviye 2 değerlendirmesi için verilen yanıtlar Tablo 17'de verilmiştir.

Tablo 17. TMMi 3. Seviye değerlendirme için verilen ortalama puanlar ve başarı puanı

<b>TMMi 3.Seviye</b>	<b>Verilen Puanların Ort.</b>
1.Tanımlanmış test organizasyonu, test rolleri ve sorumlulukları bulunuyor.	4,57
2.Test süreç iyileştirme planlamaları bulunuyor.	4,71
3.Yazılım test alanında eğitim imkânları sağlanıyor ve eğitim planları uzmanlık seviyelerine göre oluşturuluyor.	4,42
4.Test seviyelerine hitap eden tanımlanmış test yaşam döngüleri bulunuyor.	3,85
5.Tanımlanmış test süreç veritabanı ve kütüphanesi bulunuyor.	3,28
6.Şirketinizde yazılım geliştirme yaşam döngülerine entegre edilmiş test süreci bulunuyor.	4,14
7.Fonksiyonel olmayan testler için resmi test yaklaşımları (test edilecek öğeler, giriş ve çıkış kriterleri vb.) bulunuyor.	4,42
8.Fonksiyonel olmayan testler (Stres, Yük, Güvenlik, Performans, Kullanılabilirlik vb.) gerçekleştiriliyor.	4,42
9.Kurulmuş bir gözden geçirme süreci yaklaşımı bulunuyor.	4,28
10.Statik test teknikleri olarak gözden geçirme süreçleri işletiliyor ve statik test analizleri yapılıyor.	4,42
<b>ORTALAMA</b>	<b>4,251</b>
<b>BAŞARI PUANI</b>	<b>85,02</b>

Proje kapsamında çalışanlar tarafından sorulara verilen puanların ortalama değerleri ve Seviye 3 için başarı yüzdesi %85,02 olarak çıktığı tabloda görülmektedir. Bu sonuca göre CKSY projesi üzerinde test olgunluk seviyesi Seviye 3 olarak belirlenmiştir. Ayrıca seviye 3 geçiş sürecinde yapılanlar ve elde edilenlerin özeti aşağıdaki gibidir:

- TMMi Seviye 3 ile test artık kodlamayı takip eden bir faz olmaktan çıkarılmıştır. Geliştirme yaşam

döngüsüne ve ilgili dönüm noktalarına entegre edilmesi sağlanmıştır.

- Test planlaması erken bir proje aşamasında yapılmıştır. Örneğin, gereksinimler fazı sırasında ve bir ana test planında belgelendirilmiştir. Bir ana test planının geliştirilmesi, TMMi 2 seviyesinde elde edilen test planlama becerilerini ve taahhütlerini geliştirir. Kuruluşun, olgunluk seviyesi 3'ün temeli olan standart test süreçleri seti, zaman içinde kurulum ve geliştirilir.
- Bir test organizasyonu ve özel bir test eğitim programı bulunması sağlanmış ve test bir meslek olarak algılanmaya başlamıştır.
- Test süreci iyileştirme, test kuruluşunun kabul ettiği uygulamaların bir parçası olarak kurumsallaştırılmıştır.
- Gözden geçirmelerin gerçekleştirilmesi ve bu seviyede gereken önemi ile birlikte yaşam döngüsü boyunca gerçekleştirilmiştir.
- Test uzmanları, gereksinim özelliklerinin gözden geçirilmesinde yer almaya başlamıştır.
- TMMi 2 seviyesindeki test tasarımları temel olarak fonksiyon testlerine odaklanırken, test tasarımları ve test teknikleri, fonksiyonel olmayan testler de dâhil olmak üzere 3. seviyede genişletilmiştir. Böylece test kuruluş içerisinde ve uygulanan sistem de bulunan paydaşlar tarafından benimsenmiş ve test yazılım geliştirme yaşama döngüsüne entegre edilmesi sağlanmıştır.
- Mevcut durumda karşılaşılan problemlerde belirgin azalmaların olduğu gözlemlenmiştir. Canlıdan gelen hata sayılarında büyük ölçüde düşüş olduğu ve dolayısıyla üst yönetim baskısının giderildiği, müşteri memnuniyetinden geri bildirimlerin olumlu olmaya başladığı ve yazılım geliştirme süreçlerindeki etkili, sürdürülebilir ve verimli bir süreç işletilmeye başlatıldığı gözlemlenmiştir.

### III. RESULTS

Bu çalışmada yazılım test süreçlerinde iyileştirme kapsamında test süreçleri olgunluk seviye belirleme için bir yöntem verilmiştir. Bu yöntem ile CKSY projesi üzerinde test olgunluk seviye belirleme gerçekleştirilmiş ve mevcut durumun test olgunluk seviyesi Seviye 1 olduğu görülmüştür. Daha sonra olgunluk seviyesi yükseltmek için test süreci iyileştirme çalışması TMMi modeli ile gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak seviye 1'den seviye 2'ye geçiş süreci için TMMi modelinin Seviye 2 düzeyinde bulunan 5 adet süreç alanlarında belirtilen 17 adet özel hedeflere 63 adet özel uygulamalar sırasıyla gerçekleştirilerek sağlandı. Bu uygulamalar da kanıtlar ve dokümanlar oluşturuldu:

- Test strateji,
- Test plan,
- Test durum dokümanı,
- Gereksinim izlenebilirlik matrisi,
- Test kapanış raporları,
- Hata raporları

Sonuç olarak Seviye 2 deki süreç alanları bu uygulamalar ile sağlanarak proje ve kuruluşun Test olgunluk seviyesi Seviye 2'ye yani Yönetilen düzeye çıkarılmıştır. Olgunluk seviyesi tez kapsamında verilmiş yöntem ile değerlendirilmiş ve Seviye 2 düzeyinde olduğu görülmüştür.

Seviye 3 düzeyi, belirlenen 5 adet süreç alanlarında bulunan 14 adet özel hedeflere 39 özel uygulamalar gerçekleştirilerek sağlandı. Bu uygulamalar da kanıtlar ve dokümanlar oluşturuldu:

- Test organizasyonu şeması,
- Test rolleri ve sorumlulukları,
- Test süreç iyileştirme planı,
- Test eğitim programı,
- Standart test yaşam döngüleri,
- Fonksiyonel olmayan ürün riskleri,
- Fonksiyonel olmayan test durumları,
- Eş gözden geçirme kontrolleri formu

Sonuç olarak Seviye 3 ile test artık kodlamayı takip eden bir faz olmaktan çıkarılmış ve olgunluk seviyesi hedeflenen Seviye 3 düzeyine yani Tanımlı düzeye getirilmiştir. Olgunluk seviyesi tez kapsamında verilmiş yöntem ile değerlendirilmiş ve Seviye 3 düzeyinde olduğu görülmüştür.

### IV. DISCUSSION

Bu bölümde, süreç iyileştirme, olgunluk model metodolojileri, yazılım geliştirme ve test süreçleri ile ilgili daha önce yapılan çalışmalar ile bu tez kapsamında verilmiş olan çalışmanın farkları ve öneminden bahsedilmiştir.

Serdaroğlu tarafından 2015 yılında yapılan yazılım test süreci için kullanılan Test Olgunluk Model Entegrasyonu (TMMi) ve Pratik Risk Bazlı Test (PRISMA) tekniklerinin anlaşılmasını amaçladığı bu çalışmada web tabanlı yazılım projesi üzerinde TMMi modeli 2. seviyede belirli alanlar için uygulanmıştır ve TMMi modelinin test planlama aşamasında PRISMA yaklaşımı gösterilmiştir. Sonuç olarak risk odaklı test yaklaşımı ile test süreci ve geliştirme süreci paralel ilerlediği için riskli olan alanlarla ilgili hatalar önce tespit edilmiştir. Bu durum proje takviminin de fazla gecikmeye uğramasını önlemiştir [4]. Yaptığım çalışmada ise TMMi modeli kullanarak 2nci ve 3ncü olgunluk seviyelerindeki süreç alanları karşılanarak olgunluk seviyesi 3ncü seviyeye çıkarılması ve test süreçlerinin iyileştirilmesi sağlanmıştır.

2017 yılında Alparslan çalışmada CMMI 3. olgunluk seviyesinde yetkinliği ölçecek bir envanter sunmuş ve sektörde faaliyet gösteren firmalara uygulanarak geçerliliğini sınamıştır [5]. Yaptığım çalışmada ise TMMi 2nci ve 3ncü seviyelerde değerlendirme ve mevcut olgunluk seviyesi belirleme için bir yöntem sunulmuş ve bir proje üzerinde uygulanarak geçerliliği sınanmıştır. Yazılım sektöründe ülkemizde TMMi sertifikasına sahip olan firma olmaması nedeniyle geçerlilik sınaması yapılan uygulama ile sınırlı kalmıştır.

2006 yılında Gül tarafından yapılan çalışmada anket uygulaması yaparak yazılım geliştirme süreçlerinde iyileştirme yapan şirketlere ilişkin bulguları değerlendirmiş ve iyileştirilmesi gereken durumları saptamıştır. Türkiye'deki yazılım geliştiren organizasyonlardaki yazılım geliştirme sürecini, geliştirme süresince karşılaşılan problemleri, kullanılan teknik ve araçları, yönetim süreçlerini, yapılan iyileştirme çalışmalarını ve bu esnada karşılaşılan zorlukları ve yazılım projelerinin başarı kriterlerine göre durumlarını anket çalışması ile vermiştir [6].

Garousi ve Felderer 2017 yılında yaptıkları çalışmalarında, test olgunluk değerlendirmesi (TMA) ve test süreci iyileştirme (TPI) yaklaşımları ve çerçeveleri konusunda detaylı incelemeler yapmışlar ve önerilerde bulunmuşlardır. 58 farklı test olgunluk modeli ve bu konu hakkında çeşitli

derecelerde deneye dayalı kanıtlara sahip çok sayıda kaynağı tespit etmişlerdir. Test süreçlerinin olgunluğunu değerlendirmek ve geliştirme konusunda alanın en kapsamlı araştırma yaparak bir derleme yapmışlardır[7]. Yaptığım çalışmada ise bu öneri ve derlemelerden faydalanılarak yazılım şirketlerindeki çalışanlarına hitap edebilmesi ve benimseyebilecekleri, etkin ve kullanılabilir olması düşünülen kendi olgunluk seviyelerini belirleme ve değerlendirme için yöntem verilmiştir. Garousi, Felderer ve Hacaloğlu'nun farklı test olgunluk modellerinden TMMi detaylı şekilde verilmeye çalışılarak şirketlerin rahatlıkla kullanmalarına yardımcı olabileceği düşüncesiyle bir uygulama ile verilmiştir.

Suadarsanam 2013 yılındaki çalışmasında, her bir olgunluk seviyesi için TMMi modelinin süreç alanlarını derecelendirmek için bir metodoloji sunmuştur. Süreç özellik derecelendirme ölçeğinde bulunan dört ölçü ve TMMi düzeylerinin her biri için işlem uyumluluğunu ölçmek için niceliksel bir yöntem sunulmuştur [8]. Bu çalışmada verilen puanlamaların süreç mühendislik gruplarına hitap ettiği görülmektedir. Yaptığım çalışmada test süreç değerlendirme ve iyileştirme sürecine gelecek yazılım sektöründeki şirketlerde ki tüm çalışanların benimseyebileceği ve dolayısıyla süreç iyileştirme çalışmalarının gereksiz zaman ve efor kaybı düşüncesinin giderilmesinin sağlanacağı ve daha açık ifadelerin ve puanlamanın kullanılması şirketlerin daha rahat kullanmalarına yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Sarılioğlu ve Dülger tarafından 2011 yılında yaptıkları çalışmalarında, test süreçlerinin olgunluk seviyesi ölçümü için kullanılan modelleri vermişlerdir. Bu modeller içerisinde Test Süreç ve Yetenek Değerlendirmesi (TPCR)'in yapısı ve özelliklerine yer vermişlerdir. TPCR olgunluk modeli ile mevcutta sunulmuş olan modeller ile çözümlenememiş sorunların adreslenebilmesi ve test olgunluk seviyesinin en doğru şekilde belirlenmesini hedeflemişlerdir. [9]. Yaptığım çalışmada ise TMMi modeli detaylı olarak ele alınmış ve test süreç iyileştirme çalışmasında uygulamalı olarak kullanılmıştır.

Yücalar ve Borandağ tarafından 2019 tarihinde yapılan çalışmada yazılım geliştirme süreçlerinde kaliteli ürün çıkarmak ve test süreçlerini iyileştirmek isteyen firmaların TMMi hakkında bilgilendirilmesi amaçlanmış ve bu firmaların test süreçlerinin olgunluk seviyelerini yükseltme noktasında nelere dikkate edilmesi gerektiği konusunu çalışmalarında ele almışlardır. [10]. Yaptığım çalışmada da uygulamalı olarak TMMi modeli gösterilerek olgunluk seviyesi yükseltmek isteyen firmalara yol gösterici olması amaçlanmış ve olgunluk seviye belirleme için verilen yöntem ile şirketlere faydalı olması amaçlanmıştır.

Bose ve arkadaşları tarafından 2016 yılında yapılan çalışmada, TMMi sertifikası almak isteyen şirket içerisindeki organizasyonların dönüşümlerini ele alınmış ve mevcut test uygulamalarının ve istenen TMMi olgunluk seviyesine karşı ilk değerlendirmelerinin nasıl yapılacağı ile ilgili rehber oluşturmuşlardır. TMMi olgunluk seviyesinde istenen seviyeye ulaşmak için mevcut ve son durum farkını ele almak için örgütsel değişim yönetimine değinmişlerdir [11]. TMMi sertifikası almak isteyen ya da öncesinde kendi olgunluk seviyelerini değerlendirebilmelerine yönelik yaptığım çalışmada önerilen yöntemin şirketler açısından kolayca uygulanabileceği düşünülmektedir.

Araujo ve arkadaşları 2013 yılında yaptıkları çalışmada TMMi modelini referans alan küçük ve orta firmalar için yazılım olgunluk değerlendirmesi için bir çerçeve model önererek bu

model kapsamında TMMi alt uygulamalarını temel alan bir değerlendirme anketi sunmuşlardır [12]. Yaptığım çalışmada da küçük ya da orta ölçekte bulunan ve ek danışmanlık maliyetlere girmek istemeyen firmalara yönelik kendi öz değerlendirmelerini yapabilecekleri bir yöntem önerilmiştir.

## V. CONCLUSION

Bu çalışmada yazılım test süreçleri ile ilgili bilgiler derlenmiş, test süreç iyileştirme olgunluk modelleri verilmiş, test olgunluk seviyesi belirleme ve değerlendirme için bir yöntem sunulmuş ve olgunluk seviye yükseltilmesi için TMMi modeli Seviye 2 ve Seviye 3 düzeyinde detaylı olarak ele alınmıştır.

Sonuç olarak verilen olgunluk belirleme yöntemi ile şirketlerin kendi öz süreçlerini danışmanlık hizmeti almadan değerlendirmeleri ve belirlemelerine yardımcı olacak bu yöntemin geçerliliği bir uygulama ile sınanmıştır. Test süreçlerinin iyileştirildiğinin bir gösterildiği bu uygulama ile yeni geliştirmeler, değişiklikler ya da hata düzeltmelerinde test aktiviteleri kişilerin yetkinlikleri ve inisiyatiflerine bağlı şekilde ilerletilmesinin önüne geçilmiştir. Canlıdan gelecek hataları azaltılması, tekrarlı eforların önüne geçilmesi, yönetim baskısı giderilmesi ve müşteri memnuniyeti sağlanması bu çalışma sonucunda görülmüştür.

Yazılım sektöründe faaliyet gösteren firmalar, yazılım test süreçlerini daha iyi şekilde anlayıp geliştirmelerine yardımcı olmak için bu tez kapsamında hazırlanan test olgunluk seviyesi belirleme yöntemini kullanarak isterlerse resmi bir TMMi denetimine hazırlık yapabilir, isterlerse sadece süreçlerini iyileştirerek daha kaliteli ve geçerli ürünler oluşturabilir veya eğer zaten böyle bir sertifikaya sahiplerse bunun devamlılığını sağlamak için istedikleri zaman kendilerini denetleyebilirler.

Bu tez çalışmasında yazılım sektöründe faaliyet gösteren firmaların test süreç iyileştirmelerinin önemi ve bunu TMMi modeli ile sağlayabilecekleri ve firmaların yüksek bütçeler ayırarak yaptırabilecekleri değerlendirme ve iyileştirme çalışmalarına katılmadan önce kendi öz değerlendirmelerini yapabilecek olmaları yapılan çalışmanın en önemli katkılarıdır. Bu tez çalışması kullanılarak firmalar, test süreç iyileştirme ve süreç değerlendirme çalışmalarını yapabilirler. Tez çalışmasının devamı olarak; gelecekte yapılacak çalışmalar arasında bu yaklaşımın kullanılmasının şirketlere sağlayacağı yararın irdelenmesi, Seviye 4 ve Seviye 5 olgunluk düzeyine ulaşılması planlanmaktadır.

Farklı uygulamalar ile tez çalışmasının sonuçlarının gelecekte daha faydalı bir hale gelebileceğine inanılmaktadır.

## ACKNOWLEDGMENT

Bu çalışmada beni yönlendiren ve bana destek olan değerli danışmanım Doç.Dr. M.Burak Bilgin'e, CMMI danışmanlığı ve proje yöneticiliği yapan İsmail Serkan Bakırcı'ya ve bana bu çalışma için katkılarını esirgemeyen Proje Yöneticisi Tahir Emirhan'a teşekkür ederim.

## REFERENCES

- [1] Gürbüz, A.(2010). *Yazılım Test Mühendisliği* (Birinci Baskı). Türkiye: Papatya Yayıncılık Eğitim, 14-28, 39-58,63-72,74-78,81-88.
- [2] Garousi, V. and Felderer, M. (2017). Software test maturity assesment and test process improvement: A multivocal literature review. *Information and Software Technology*, 85(1), 2-18.
- [3] TMMi Foundation, TMMi Framework and Levels, 2009, [www.tmmifoundation.org](http://www.tmmifoundation.org)
- [4] Serdaroğlu, D. (2015). *Yazılım Test Süreci ve TMMi Modelinde Prisma Yaklaşımı Uygulaması* (Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 2015).

- [5] Alparslan, S.,A. (2017). *CMMI ile Yazılım Süreçlerinin İyileştirilmesi ve Yazılım Şirketlerinin CMMI 3 Seviyesine göre Değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 2017).
- [6] Gül, Z. (2006). *Yazılım Geliştirme Sürecinin İyileştirilmesi ve Türkiye Uygulamaları* (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 2006).
- [7] Garousi, V. and Felderer, M. (2017). Software test maturity assesment and test process improvement: A mutivocal literature review. *Information and Software Technology*, 85(1), 2-18.
- [8] Sudarsanam, S. K. (2013). Software Test Process Assesment Methodology. *Mühendislik, Bilgisayar ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 2(6), 52-56.
- [9] İnternet: Barış Sarıalioğlu, Berk Dülger. Test Olgunluk Seviyesi Modeli. URL: [http://ceur-ws.org/Vol-1483/9\\_Bildiri.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-1483/9_Bildiri.pdf), Son Erişim Tarihi: 08.04.2019.
- [10] Yücalar, F. ve Borandağ, E. (2019). Yazılım Projelerinde Kalitenin Arttırılması:TMMi. *AURUM Mühendislik Sistemleri ve Mimarlık Dergisi*, 2(3),77-81.
- [11] Bose, S.C. ve Bose,G. (2016). Transforming organizations to achieve TMMi certification. Thirty-Fourth Annual Pacific Northwest Software Quality Conference, Portland.Oregon,USA.
- [12] Araujo,A.F.,Rodrigues,C.L.,Vincenzi,A.M.R.,Camilo,C.G. and Silva, A.F. (2013). A Framework for Maturity Assessment in Software Testing for Small and Medium-Sized Enterprises. International Conference on Software Engineering Research and Practice.
- [13] Arkan, S. (2016). *Assessing The Maturity Of Software Testing Services: A Model and Its Industrial Evaluation* (Yüksek Lisans Tezi, Çankaya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 2016).
- [14] Hancı, A. K. (2017). *Yazılım Test Tasarım Tekniklerinin Matematiksel Model Yaklaşımı ile Analizi* (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 2017).
- [15] Kahveci, G. (2017). Bankacılık Alanında Kişisel Yazılım Test Eforunu Tahmin Etmek için Proxy Tabanlı bir Metot ve Vaka Çalışması (Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 2017).
- [16] Baran, A. , Akar, F. and Aslay, F. (2016, Temmuz). Çevik Yazılım Geliştirme Yöntemlerinde Etkili Test Araçları. ISTEC Uluslararası Bilim ve Teknoloji Konferansı, Avusturya.
- [17] İnternet: Yagup Macit, Eray Tüzün. Uygulama Yaşam Döngüsü Yönetimi Karşılaştırmalı Süreç İncelemesi. URL: [http://ceur-ws.org/Vol-1483/12\\_Bildiri.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-1483/12_Bildiri.pdf) , Son Erişim Tarihi: 09.04.2019.
- [18] TMMi Foundation, TMMi Assessment Method Application Requirements (TAMAR) Version 2, 2009, [www.tmmifoundation.org](http://www.tmmifoundation.org)
- [19] ISTQB Foundation Syllabus ,International Software Testing QualificationBoard,2011. <https://www.istqb.org/downloads/syllabi/foundation-level-syllabus.html>
- [20] KAN, S.H. (1995). *Metrics and Models in Software Quality Engineering* (İkinci Baskı). USA: Addison Wesley Publishing.
- [21] İnternet: Ayfer Başar. Test Süreçlerinin Olgunluk Seviyesi Modeli ile İyileştirilmesi: Scrum ile Yazılım Geliştiren Bir İşletmede Uygulama. URL: <https://docplayer.biz.tr/6111354-Test-sureclerinin-olgunluk-seviyesi-modeli-ile-iyilestirilmesi-scrum-ile-yazilim-gelistiren-bir-isletmede-uygulama.html>. Son Erişim Tarihi: 09.04.2019.