T.C.
KARA HARP OKULU
SAVUNMA BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKNOLOJİ YÖNETİMİ ANA BİLİM DALI

ASKERİ UYGULAMALARDA KULLANILAN YAZILIM GELİŞTİRME STANDARTLARININ DEĞİŞİMİ, GELİŞİMİ ve GELECEK ile İLGİLİ TAHMİNLER

DOKTORA TEZİ

Hazırlayan
Kemal Burak CODUR

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Ali H. DOĞRU

ANKARA – 2009

TEZ TANITIM FORMU

TEZİN TARİHİ : 30.03.2009

TEZİN TİPİ : Doktora Tezi

TEZİN BAŞLIĞI : Askeri Uygulamalarda Kullanılan Yazılım Geliştirme Standartlarının Değişimi, Gelişimi Ve Gelecek İle İlgili Tahminler

TEZİN YAPILDIĞI BİRİM : Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü Teknoloji Yönetimi Ana Bilim Dalı

SPONSOR KURULUŞ : -

DAĞITIM LİSTESİ : Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü Tez Hazırlama, Onay, Dağıtım ve Muhafaza Esasları Kılavuzunda Belirtilen Yerlere

TEZİN ÖZETİ : Yazılım Geliştirme Standartları, yazılımın nasıl geliştirileceğini ortaya koyan ve bu sebeple yazılım geliştirme teknolojilerine yön veren belgelerdir. Bu araştırmada askeri amaçlarla kullanılan yazılım geliştirme standartlarının tarihsel gelişimi ve değişimi incelenmiş ve bu incelemeden hareketle askeri alanda kullanılan yazılım geliştirme teknolojilerinin gelişimi ortaya konmuştur. Bu amaçla standartların belgeleri üzerinden belge incelemesi yapılmış, uygulama tabanlı veri toplamak için de bir deney gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ve yapılan çözümlemeler, dünyada çeşitli ülkelerin yazılım teknolojileri konusunda ortaya koydukları Ar-Ge hedefleri ile birlikte incelenerek askeri amaçlara yönelik kullanılacak yazılım geliştirme teknolojilerinin geleceği ile ilgili bir teknoloji tahmini yapılmıştır. Sonuç olarak; askeri amaçlarla kullanılan yazılım geliştirme standartlarının evrimsel bir gelişim sergilediği, bu gelişimin planlama safhasında yapılan kestirimlerde artışa yol açtığı, tanımlanan gereksinim sayısını arttırdığı tespit edilmiş, askeri ihtiyaçlar genel ihtiyaçlardan

farklılaşmadıkça askeri girişimle yeni bir yazılım geliştirme standardının tanımlanmasına ihtiyaç duyulmayacağı anlaşılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER : Yazılım Geliştirme Standardı, MIL-STD-1679, DOD-STD-2167, MIL-STD-498, IEEE/EIA 12207, Yazılım Geliştirme Deneyi

SAYFA SAYISI : 144

GİZLİLİK DERECESİ : Tasnif Dışı

KARA HARP OKULU

SAVUNMA BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Kemal Burak CODUR'un, Askeri Uygulamalarda Kullanılan Yazılım Geliştirme Standartlarının Değişimi, Gelişimi ve Gelecek İle İlgili Tahminler konulu tez çalışması, jürimiz tarafından TEKNOLOJİ YÖNETİMİ Ana Bilim Dalında DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan ----------
Prof. Dr. Serpil EROL

Üye ----------
Prof. Dr. A. Kadir VAROĞLU

Üye ----------
Prof.Dr.Y. Müh. Alb. Taner ALTUNOK

Üye ----------
Doç. Dr. Serhat ÇAKIR

Üye ----------
Doç. Dr. Ali H. DOĞRU
(Danışman)

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

... / ... / 2009

Taner ALTUNOK
Prof.Dr.Y.Müh.Alb.
Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Ahmet Ayhan,
Özlem Karameşe ve
Evrim Yançeken
anısına

VARI

Kazandıklarım bitti, yitirdiklerim kaldı.
Söylediklerim yitti, dinlediklerim kaldı.
Bir bilmek ülkesinin düşün-ili'ne vardım;
Öğrettiklerim gitti, öğrendiklerim kaldı.

Özdemir Asaf

TEŞEKKÜR

Beni seçkin okullarda okutan Türk Milleti'ne en derin şükranlarımı sunmak isterim.

Tez danışmanım Doç. Dr. Ali H. Doğru'ya bana gösterdiği sabır ve destek için çok teşekkür ederim. O'nun kilit noktalarda beni yapıcı bir şekilde yönlendirmesi olmasaydı bu tez çalışmasını bitiremezdim. ODTÜ Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde 2007-2008 Bahar Dönemi'nde verilen SE 548 dersini alan öğrencilere ve dersin asistanı Selma Süloğlu'na tez çalışmalarıma katkıları nedeni ile teşekkür etmek isterim. Yüksek Lisans tez danışmanım Prof. Dr. Ayşe Kiper'in ismini de burada saygıyla anmak isterim.

Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü Müdürü Prof. Dr. Yük. Müh. Alb. Taner Altunok, Teknoloji Yönetimi Ana Bilim Dalı Başkanları Yük. Müh. Alb. Bekir Kazandır ve Dr. Yük. Müh. Alb. Altan Özkil'e ve tüm Enstitü çalışanlarına, değerli öğretmenlerimiz Prof. Dr. Serpil Erol, Prof. Dr. A. Kadir Varoğlu, Doç. Dr. Erol Sayın, Doç. Dr. Serhat Çakır ve Yrd. Doç. Dr. Haluk Korkmazyürek'e sağladıkları mükemmel akademik ortam için teşekkür ederim.

Doktora çalışmalarım sırasında bana her türlü kolaylığı gösteren işverenim TÜBİTAK'a, amirlerim Olay Salcan, N. Nur Tümok ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Doğduğum andan itibaren bana destek olan babam Kadir Codur, annem Ayşe Codur, ablam Müge Burcu Codur ve anneannem Ganime Sever'e şükranlarımı sunarım.

T.C.
KARA HARP OKULU
SAVUNMA BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKNOLOJİ YÖNETİMİ ANA BİLİM DALI
ANKARA 2009

ASKERİ UYGULAMALARDA KULLANILAN YAZILIM GELİŞTİRME STANDARTLARININ DEĞİŞİMİ, GELİŞİMİ ve GELECEK ile İLGİLİ TAHMİNLER

DOKTORA TEZİ

Kemal Burak CODUR

ÖZET

Yazılım Geliştirme Standartları, yazılımın nasıl geliştirileceğini ortaya koyan ve bu sebeple yazılım geliştirme teknolojilerine yön veren belgelerdir. Bu araştırmada askeri amaçlarla kullanılan yazılım geliştirme standartlarının tarihsel gelişimi ve değişimi incelenmiş ve bu incelemeden hareketle askeri alanda kullanılan yazılım geliştirme teknolojilerinin gelişimi ortaya konmuştur. Bu amaçla standartların belgeleri üzerinden belge incelemesi yapılmış, uygulama tabanlı veri toplamak için de bir deney gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ve yapılan çözümlemeler, dünyada çeşitli ülkelerin yazılım teknolojileri konusunda ortaya koydukları Ar-Ge hedefleri ile birlikte incelenerek askeri amaçlara yönelik kullanılacak yazılım geliştirme teknolojilerinin geleceği ile ilgili bir teknoloji tahmini yapılmıştır. Sonuç olarak; askeri amaçlarla kullanılan yazılım geliştirme standartlarının evrimsel bir gelişim sergilediği, bu gelişimin planlama safhasında yapılan kestirimlerde artışa yol açtığı, tanımlanan gereksinim sayısını arttırdığı tespit edilmiş, askeri ihtiyaçlar genel ihtiyaçlardan farklılaşmadıkça askeri girişimle yeni bir

yazılım geliştirme standardının tanımlanmasına ihtiyaç duyulmayacağı anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Yazılım Geliştirme Standardı, MIL-STD-1679, DOD-STD-2167, MIL-STD-498, IEEE/EIA 12207, Yazılım Geliştirme Deneyi
Tez Yöneticisi : Doç. Dr. Ali H. DOĞRU
Sayfa Sayısı : 144

T.C.
TURKISH MILITARY ACADEMY
DEFENSE SCIENCE INSTITUTE
DEPARTMENT OF TECHNOLOGY MANAGEMENT
ANKARA 2009

EVOLUTION AND DEVELOPMENT OF SOFTWARE DEVELOPMENT STANDARDS IN MILITARY DOMAIN AND A FORECAST FOR THE FUTURE

Ph.D. THESİS

Kemal Burak CODUR

ABSTRACT

Software Development Standards are documents that determine how software is developed, thus they establish the technology for software development. This research investigates historical development and transformation of software development standards in the military domain and demonstrates progress of software development technology. During this investigation, document inspection and a software development experiment is performed for collection of empirical data. The collected results and performed analysis are evaluated with software R&D needs of some countries and a technology forecast is presented for the future of software development technologies in military domain. The concluded results are; the military development standards developed in an evolutionary manner, the estimation of planning parameters and the number of requirements has increased as standards evolved and a military initiated new standard is needed only if civilian standards do not serve military needs.

Key Words : Software Development Standard, MIL-STD-1679, DOD-STD-2167, MIL-STD-498, IEEE/EIA 12207, Software Development Experiment

Advisor : Assoc. Prof. Dr. Ali H. DOĞRU

Number of Pages : 144

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER vi
TABLOLAR LİSTESİ ix
ŞEKİLLER LİSTESİ xi
KISALTMALAR LİSTESİ xv
GİRİŞ 1

BİRİNCİ BÖLÜM
MOTİVASYON

1. MOTİVASYON 3

İKİNCİ BÖLÜM
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

1. ASKERİ STANDARTLARLA İLGİLİ ÇALIŞMALAR 9
2. KONU ALINAN STANDARTLARLA İLGİLİ ÇALIŞMALAR 10
3. TARİHSEL BOYUT 12
4. İNCELENEN ÇALIŞMALARLA İLGİLİ VARILAN SONUÇLAR 14

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
BELGE İNCELEMESİ ve SONUÇLARI

1. ONTOLOJİ 19
a. Standartların Özellikleri ile İlgili Çalışmalar 20
b. Standartlar İçin Bir Ontoloji 24
2. BELGE İNCELEMESİ 28
3. BELGE İNCELEMESİNİN SONUÇLARI 33
a. Standartların İş Süreç Modelleri 33
b. Programlama ve Kodlama 39
c. Hata ve Sorun 41

ç. Gereksinim Türleri 43
d. Referanslar 44
e. Test Kapsamı 45
f. Sistem Mühendisliği 46
g. Risk Yönetimi 48
ğ. Ticari Yazılım 49
h. Yazılım Mühendisliği Anlayışı 50
ı. Kaynak Yönetimi 52
i. Kavramsal Farklılıklar 53
j. Genel Değerlendirme 53

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

DENEY ve SONUÇLARI

1. DENEY ve GERÇEKLEŞTİRİMİ 59
2. DENEYİN TASARIMI 63
3. DENEY SONUÇLARI 66
a. Projeler Genelinde ve Proje Türlerine Göre Değerlendirmeler 67
(1) Süre Kestirimi 69
(2) İşgücü Kestirimi 73
(3) Gereksinim Çözümlemesi 76
(4) Kod Büyüklüğü Kestirimi 80
b. Proje Verilerine Göre Değerlendirmeler 83
c. Gruplara Göre Değerlendirmeler 86
(1) Grupların Çalışmalarının Standartlara Göre Değişimi 86
(2) Grupların Genel Eğilimleri 92
ç. Yazılım Geliştirme Modelleri 99
d. Harcanan İşgücü 100
e. Anket Sonuçları ve Deneyin Öğretim Yönünün Değerlendirilmesi 103
4. DENEY SONUÇLARININ GENEL DEĞERLENDİRMESİ 110
a. Deneyin Geçerliliğinin Değerlendirilmesi 111
(1) Standartların Deneyde Tek ve Etken Bağımsız Değişken Olmaması 111
(2) Öğrencilerin Yetkinliği 115

(3) Yapılan Çalışmanın Öğrenciler Tarafından Ne Kadar Anlaşıldığı ve Öğrencilerin Ne Kadar Zaman Ayırdığı 116
(4) Deney Tekrarı 116
(5) Deneyin Geçerliliği ile İlgili Sonuç 117
b. Deney Sonuçlarının Teknik Değerlendirmesi 117
(1) Süre Kestirimi ile İlgili Sonuçlar 118
(2) İşgücü Kestirimi ile İlgili Sonuçlar 119
(3) Tanımlanan Gereksinim Sayısı ile İlgili Sonuçlar 120
(4) Kod Satır Sayısı Kestirimi ile İlgili Sonuçlar 120
(5) Genel Değerlendirme 121

BEŞİNCİ BÖLÜM

ELDE EDİLEN SONUÇLARIN BÜTÜNLEŞTİRİLMESİ VE STANDARTLARIN GELECEĞİNE İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

1. ELDE EDİLEN SONUÇLARIN BÜTÜNLEŞTİRİLMESİ 123
a. Belge İncelemesi ile Deneyin Farklılıkları 123
b. Elde Edilen Sonuçların Bütünleştirilmesi 124
2. ASKERİ UYGULAMALARA YÖNELİK YAZILIM GELİŞTİRME AMACI İLE KULLANILAN STANDARTLARIN GELECEĞİ 125
a. Yeni Bir Standarda Hangi Şartlarda İhtiyaç Duyulabilir? 126
b. Yeni Bir Standarda İhtiyaç Duyulmakta Mıdır? 127
c. Yeni Bir Standardın Ortaya Çıkışı İle İlgili Değerlendirmeler 131

ALTINCI BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

1. SONUÇLAR 135
2. ÖNERİLER 137

KAYNAKÇA 139
EKLER 144

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo-1: Standartların öğeleri (seçimli olmayan öğeler koyu arka plan ile gösterilmiştir) 24

Tablo-2: Sınıflar ve özellikleri 26

Tablo-3: Özelliklerin nitelikleri 27

Tablo-4: Standartların özellikleri ve hangilerinin belge incelemesinde kullanıldıkları 30

Tablo-5: Gereksinimlerle ilgili hazırlanan tablonun Microsoft Office Excel programında görünüşü 31

Tablo-6: Tanımlarla ilgili hazırlanan tablonun Microsoft Office Excel programında görünüşü 32

Tablo-7: Standartların tanımladıkları kontrol noktası ve belge sayıları 34

Tablo-8: Standartların hazırlanmasını bekledikleri belgeler (belge türüne göre gruplandırılmış) 35

Tablo-9: Çeşitli kavramların standartlara dâhil olup olmadıkları (X işareti dâhil değil, ≈ işareti tam dâhil değil, √ işareti dâhil anlamındadır) 54

Tablo-10: Standartların karşılaştırılmaları ile ilgili senaryolar 56

Tablo-11: YGSDD döngüleri, projeler ve grupların dağılımı 60

Tablo-12: Etik kurallar ve YGSDD 65

Tablo-13: Deneyde toplanan veri örneği 68

Tablo-14: Projelerde yapılan süre kestirimleri 69

Tablo-15: Projelerde yapılan işgücü kestirimleri 74

Tablo- 16: Projelerde tanımlanan gereksinim sayısı 77

Tablo-17: Projelerde yapılan kod büyüklüğü kestirimi (satır sayısı) 80

Sayfa

Tablo-18: Elenen projeler sonucunda kalan projelerde yapılan işgücü kestirimleri 84

Tablo-19: Elenen projeler sonucunda kalan projelerde kod büyüklüğü kestirimleri 85

Tablo-20: Grupların yaptıkları işgücü kestirimlerinin standartlara göre dağılımı 87

Tablo-21: Grupların yaptıkları süre kestirimlerinin standartlara göre dağılımı 88

Tablo-22: Grupların tanımladıkları gereksinimlerin standartlara göre dağılımı 89

Tablo-23: Grupların yaptıkları kod satır sayısı kestirimlerinin standartlara göre dağılımı 90

Tablo- 24: Grup 1'in projelerle ilgili çalışmaları 93

Tablo-25: Grup 2'nin projelerle ilgili çalışmaları 94

Tablo-26: Grup 3'ün projelerle ilgili çalışmaları 94

Tablo-27: Grup 4'ün projelerle ilgili çalışmaları 97

Tablo-28: Grup 5'in projelerle ilgili çalışmaları 97

Tablo-29: Grup 6'nın projelerle ilgili çalışmaları 97

Tablo-30: Grupların kullanacaklarını beyan ettikleri yazılım geliştirme modelleri 100

Tablo-31: Toplam harcanan işgücü 101

Tablo-32: Standartların geçerliliği ile ilgili sorulara verilen cevaplar 109

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil-1: Askeri uygulamalar yönelik yazılım geliştirmek için kullanılan standartların zaman içindeki değişimi 5

Şekil-2: NATO ülkeleri tarafından kullanılan jet savaş uçaklarının envanterde kalma süreleri (uçaklar envantere alınma yıllarına göre sıralanmışlardır, açık renkli çizgiye sahip uçaklar halen envanterde yer almaktadır). 8

Şekil-3: Tanımlanan ontoloji 25

Şekil-4: Standartlarda tanımlanan belgelerde ve kontrol adımlarındaki değişim 34

Şekil-9: MIL-STD-1679 İSMG Modeli 36

Şekil-10: DOD-STD-2167 İSMG Modeli 37

Şekil-11: MIL-STD-498 İSMG Modeli 1. Bölüm 38

Şekil-8: MIL-STD-498 İSMG Modeli Bölüm 2 39

Şekil-9: Projelerde yapılan süre kestirimi 70

Şekil-10: Bilişim projeleri için süre kestirimi 71

Şekil-11: Gömülü ve gerçek zamanlı sistemler için süre kestirimi 72

Şekil-12: Bilişim, gömülü ve gerçek zamanlı sistemler için süre kestirimi ... 72

Şekil- 13: Projelerde yapılan işgücü kestirimleri 74

Şekil-14: Bilişim projeleri için işgücü kestirimi 75

Şekil-15: Gömülü ve gerçek zamanlı projeler projeleri için işgücü kestirimi 75

Şekil-16: Bilişim ve gömülü ve gerçek zamanlı sistem projeleri için işgücü kestirimi 76

Şekil- 17: Projelerde tanımlanan gereksinim sayısı 77

Sayfa

Şekil-18: Bilişim projeleri için tanımlanan gereksinim sayısı 78

Şekil-19: Gömülü ve gerçek zamanlı sistem projeleri için tanımlanan gereksinim sayısı 79

Şekil-20: Bilişim ve gömülü ve gerçek zamanlı sistem projeleri için tanımlanan gereksinim sayısı 79

Şekil-21: Projelerde yapılan kod büyüklüğü kestirimi (satır sayısı) 81

Şekil-22: Bilişim projeleri için kod satır sayısı kestirimi 82

Şekil-23: Gömülü ve gerçek zamanlı sistem projeleri için kod satır sayısı kestirimi 82

Şekil-24: Bilişim ve gömülü ve gerçek zamanlı sistem projeleri için kod satır sayısı kestirimi 83

Şekil-25: Elenen projeler sonucunda kalan projelerde yapılan işgücü kestirimleri 84

Şekil-26: Elenen projeler sonucunda kalan projelerde kod büyüklüğü kestirimleri 85

Şekil-27: Grupların yaptıkları işgücü kestirimlerinin standartlara göre dağılımı 87

Şekil-28: Grupların yaptıkları işgücü kestirimlerinin zamana (standartların tanımlanma sırasına) göre değişimi (değerler normalleştirilmiştir) 87

Şekil-29: Grupların yaptıkları süre kestirimlerinin standartlara göre dağılımı 88

Şekil-30: Grupların yaptıkları süre kestirimlerinin zamana (standartların tanımlanma sırasına) göre değişimi (değerler normalleştirilmiştir) 89

Şekil-31: Grupların tanımladıkları gereksinimlerin standartlara göre dağılımı 90

Sayfa

Şekil-32: Grupların yaptıkları kod satır sayısı kestirimlerinin standartlara göre dağılımı (Grup 4'ün değerleri, grafiğin ölçeğinin dışında olduğu için kaldırılmıştır) 91

Şekil-33: Proje 1, 2 ve 3 için yapılan işgücü kestirimleri 94

Şekil-34: Proje 1, 2 ve 3 için yapılan süre kestirimleri 95

Şekil-35: Proje 1, 2 ve 3 için tanımlanan gereksinim sayıları 95

Şekil-36: Proje 1, 2 ve 3 için yapılan kod satır sayısı kestirimleri 96

Şekil-37: Proje 4, 5 ve 6 için yapılan işgücü kestirimleri 98

Şekil-38: Proje 4, 5 ve 6 için yapılan süre kestirimleri 98

Şekil-39: Proje 4, 5 ve 6 için tanımlanan gereksinim sayıları 99

Şekil-40: Proje 4, 5 ve 6 için yapılan kod satır sayısı kestirimleri 99

Şekil-41: Planlama aşamasında harcanan işgücü 101

Şekil-42: Gereksinim analizi aşamasında harcanan işgücü 101

Şekil-43: Ön tasarım aşamasında harcanan işgücü 102

Şekil-44: Toplam harcanan işgücü 102

Şekil-45: Ankete katılan öğrencilerin işyerlerinin çalışma alanları 104

Şekil-46: Ankete katılan öğrencilerin iş yerlerinin proje türleri 105

Şekil-47: Ankete katılan öğrencilerin iş tecrübeleri 105

Şekil-48: Ankete katılan öğrencilerin çalışma hayatlarında gerçekleştirdikleri faaliyetler 106

Şekil-49: Ankete katılan öğrencilerin projelere yeterli zamanı ayırıp ayıramadıkları ile ilgili görüşleri 107

Şekil-50: Ankete katılan öğrencilerin projeleri anlayıp anlayamadıkları ile ilgili görüşleri 107

Sayfa

Şekil-51: Ankete katılan öğrencilerin standartları anlayıp anlayamadıkları ile ilgili görüşleri 108

Şekil-52: Ankete katılan öğrencilerin projeleri akademik ve iş çalışmaları ile ilgili olarak yararlı görüp görmedikleri ile ilgili görüşleri 108

KISALTMALAR LİSTESİ

BYKB	: Bilgisayar Yazılımı Konfigürasyon Birimi
DARPA	: Gelişmiş Savunma Araştırma Projeleri Ajansı (Defense Advanced Research Projects Agency)
DOD-STD	: ABD Savunma Bakanlığı Standardı (Department of Defense Standard)
EIA	: Elektronik Endüstri Birliği (Electronic Industries Alliance)
IEC	: Uluslar Arası Elektro-Teknik Komisyonu (International Electrotechnical Commission)
IEEE	: Uluslar Arası Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (Institute of Electrical and Electonics Engineers)
İSMG	: İş Süreçleri Modelleme Gösterimi
ISO	: Uluslararası Standart Örgütü (International Organization for Standardization)
MIL-STD	: Askeri Standart (Military Standard)
PTÖ	: Proje Tabanlı Öğrenme
RAHAT	: Rafta Hazır Ticari
RTCA	: Havacılık İçin Radyo Teknik Komisyonu (Radio Technical Commission for Aeronautics)
YGSDD	: Yazılım Geliştirme Standartlarının Değerlendirilmesi Deneyi

GİRİŞ

Kavram ve olguların değişiminin; onları anlayabilmek, hedeflerimiz doğrultusuna yönlendirebilmek ve bazı tedbirleri zamanlıca alabilmek amaçları ile yönetilmesi gerekmektedir. Teknoloji de böyle bir kavramdır, bu sebeple yazılım geliştirme teknolojileri de yönetilmesi gereken olgular arasındadır.

Yazılım teknolojilerinin genel ya da belirli bir sektör özelinde yönetimi, diğer kavram ve olgulardan farklı bir şekilde gerçekleşebilmektedir. Yazılımın seri üretilen bir ürün ortaya çıkarmaması, tasarımının hiçbir kayda değer maliyet olmaksızın çoğaltılarak doğrudan ürün olarak kullanılması nedeni ile satın alınan yazılımın teknik içeriği değil dış ara yüzleri denetlenmekte ve bunlar kabule esas olmaktadır. Örneğin bir tabak satın alınacaksa onun seramik, metal ya da plastikten yapılmış olmasın belirlenmesi anlamlı bir satın alım ölçütü iken, yazılım tedariğinde yazılımın C, C++, Java ya da ADA dili ile yazılmış olmasını şart koşmak, özellikle sivil sektörde kullanılmayan bir ölçüttür. Yazılım alımlarında yazılımın yetenekleri ve dış ara yüzleri üzerinde durulmaktadır.

Yazılım teknolojileri ile ilgili düzenleme, yazılım geliştirme standartları ile gerçekleştirilmektedir. Diğer bir deyişle yazılım teknolojilerini yönetim araçlarından birisi yazılım geliştirme standartlarıdır. Askeri uygulamalara yönelik olarak geliştirilen yazılımlar için de uymaları gereken geliştirme standartları 1978 yılından beri tanımlanmaktadır.

Bu araştırmada askeri sistemlere yönelik yazılım geliştirme teknolojilerinin geçmişten bugüne standartlar aracılığı ile nasıl yönetildiği incelenerek gelecekle ilgili tahminler yapılacaktır. Ortaya konan bu amaç, araştırmanın iki ana çıktısını tarif etmektedir: birincisi geçmişten bugüne askeri sistemlere yönelik yazılım geliştirme teknolojilerinde yaşanan değişim ve gelişimin ortaya konması, ikincisi gelecekle ilgili tahminlerin yapılmasıdır.

Geçmişte kullanılan standartların incelenmesi, tarihsel çalışmalarda geçerli olan anlayışın bu çalışmada da kullanılmasını gerektirmektedir. Bu standartlar, metinleri üzerinden belge incelemesi ile incelenmiş ve birbiri ile karşılaştırılmıştır. Teorik bu incelemenin yanı sıra uygulama tabanlı veriler üzerinden de bir değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Uygulama tabanlı hazır verilere ulaşılamadığı için bu araştırma kapsamında gerçekleştirilen bir deney ile ihtiyaç duyulan veriler elde edilmiştir.

"Yazılım" ve "teknoloji yönetimi" kavramları Türkiye'nin başından beri dâhil olamadığı süreçlerde ortaya çıkmıştır. Bu konularla ilgili yön verici çalışmalar halen yabancı kaynaklıdır. İncelenen kavramların Türkçe karşılıkları olmakla birlikte, herhangi bir yanlış anlamaya yol açmamak için kavramların İngilizce karşılıkları da metin genelinde parantez içinde, yana yatık yazı biçimi ile verilmiştir.

Birinci bölümde bu araştırmanın yapılması ile ilgili motivasyon ortaya konulacak, ikinci bölümde araştırma konusu ile ilişkili alanlarda yapılan önceki çalışmalardan bahsedilecektir. Yazılım geliştirme standartlarının değişimini ve gelişimini anlamak için araştırma kapsamında uygulanan iki ana yöntemden belge incelemesi dördüncü bölümde, deney gerçekleştirimi beşinci bölümde anlatılacaktır. Altıncı bölümde belge incelemesi ve deney sonucunda ulaşılan genel sonuçlar irdelenecektir. Yedinci bölümde elde edilen sonuçlar da kullanılarak gelecekle ilgili tahminler yapılacaktır. Sekizinci bölümde bu araştırmanın sonuçları anlatılacaktır.

BİRİNCİ BÖLÜM

MOTİVASYON

1. MOTİVASYON

Yazılım Mühendisliği terimi ilk olarak 1968 yılında yapılan NATO Konferansında kullanılmıştır (Naur, 1969). Kırk yılı aşan bir geçmişi olan Yazılım Mühendisliği'nin kavramsal olarak henüz her yönü ile anlaşılmamış olduğu yaygın bir düşüncedir. Bu düşünce, yazılım kaynaklı sorunlar yaşandıkça ve zaman geçtikçe oluşmaktadır. Mahoney, yazılımın ortaya çıkışı ile ilgili önemli bir tespit yaparak hesaplama ihtiyacı dışında aslında hiçbir kişinin ve kurumun bilgisayar kullanımı konusunda bir talebinin olmadığının altını çizmektedir (2008). Bu sebeple hesaplama amacı dışındaki bilgisayar kullanımının aslında klasik yöntemlerle yürümekte olan süreçlerin yazılım ile bilgisayara geçirilmesi şeklinde gerçekleştiğini belirtmektedir. Bu görüşe göre, Yazılım Mühendisliği ile ilgili yaşandığı düşünülen pek çok sorun sadece Yazılım Mühendisliği ile ilişkili değil, uygulandığı çalışma alanındaki konularla da ilgilidir.

Yazılım kavramı ve Yazılım Mühendisliği disiplini ile ilgili bu durum, yaşanan sorunlarla ilgili çözüm üretmeden önce kavramların ve olguların anlaşılması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Doğrudan projelerin ve işleyen sistemlerin idamesinin içinde olan kişiler için işe yarayan çözümlerin üretilmesi her şeyden daha önemlidir. Diğer yandan zaman zaman akademik çalışmaların bu tür odaklardan bağımsız ve genel bir bakış açısı ile bütünü görmeye çalışması, kavramları ve olguları anlamaya çalışması ve elde ettiklerini ilgili topluluklara yayması görevi bulunmaktadır.

Bu araştırma böyle bir görevi üstlenerek gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın amacı, askeri sistemlere yönelik yazılım geliştirme teknolojisinin

geçmişte nasıl yönetildiğinin anlaşılması ve gelecekle ilgili tahminlerin yapılması olarak ortaya konmuştur.

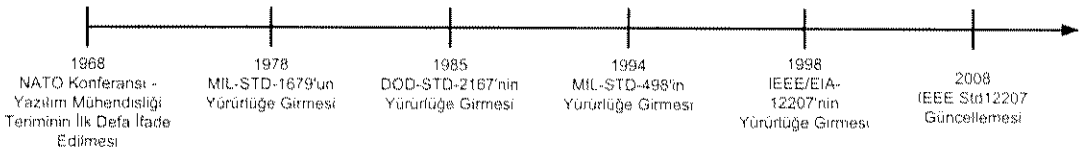
Yazılım geliştirme standartları teknoloji tanımlayan belgelerdir. Teknoloji, Türk Dil Kurumu Sözlüğü'nde "Bir sanayi dalı ile ilgili yapım yöntemlerini, kullanılan araç, gereç ve aletleri kapsayan bilgi" olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım uyarınca, yazılımın nasıl geliştirildiğine ilişkin bilgi teknolojidir. Yazılım geliştirme standartları, yazılımın nasıl geliştirileceği ile ilgili uyulması gereken kuralları tanımlayan, bunların yanı sıra tavsiye niteliğinde ifadeleri de içeren belgelerdir. Dolayısı ile uygulandıkları projeler için kullanılabilecek yazılım teknolojilerinin çerçevesini çizen belgelerdir. Sonuç olarak yazılım geliştirme standartlarının değişimi ve gelişimi, yazılım geliştirme teknolojilerinin nasıl yönetildiğini ortaya koymaktadır.

Askeri sistemlere yönelik yazılım geliştirme standartları 1978 yılından beri kullanılmaktadır (Şekil-1). 1978 yılında MIL-STD-1679 (MIL-STD-1679, 1978), 1985 yılında DOD-STD-2167 (DOD-STD-2167, 1985), 1994 yılında MIL-STD-498 (MIL-STD-498, 1994) ve 1998 yılında IEEE/EIA 12207 (IEEE, 1996) askeri yazılım geliştirme standardı olarak kullanıma alınmıştır. IEEE/EIA 12207 standardının özel durumu, sivil kurumlar tarafından tanımlanmış olmasıdır. Halen IEEE/EIA 12207 geçerli standart olmakla birlikte, bu standart 2008 yılında güncellenmiştir (IEEE 2008), fakat bu güncelleme henüz askeri kullanıma alınmamıştır.

Belirleyici rollerinin yanı sıra askeri disiplin içinde uygulanmaları nedeni ile bu standartlar, askeri sistemlerde koşan yazılımların nasıl geliştirildiğini kuşkuya yer bırakmayacak şekilde belirlemiş belgelerdir.

Askeri sistemler olarak tanımlanmış, sınırları belirli bir alanda, 1978 yılından günümüze kadar uzanan belirli bir zaman diliminde, yazılım geliştirme teknolojilerini tek başına belirlemiş belgeler olan standartların incelenmesi, özel bir durum çalışmasıdır (*case study*). Bu durum çalışması,

çerçevesi çizilen özel alanda yazılım teknolojilerinin nasıl değiştirildiğini ve geliştiğini, diğer bir deyişle nasıl yönetildiğini ortaya koyacaktır.



Şekil-1: Askeri uygulamalar yönelik yazılım geliştirmek için kullanılan standartların zaman içindeki değişimi

Askeri sistemlere yönelik yazılım geliştirme standartlarının yürürlülük süreleri içinde bu standartları tek tek ele alan akademik çalışmaların yapılmıştır. Fakat bu çalışmalar, çalışma konuları ile eş zamanlı olarak, aynı bağlamın çerçevesinde ortaya çıkmıştır. Bu araştırmanın geçmişle ilgili kısmı ise "geçmişe bakış" (*hindsight*) olarak değerlendirilmelidir. Kuşkusuz farklı bir bağlamdan ve çok daha genel bir bakış açısı ile geçmişin incelenmesi önemli yararlar sağlayacaktır.

Geçmişe bakış, geçmişle ilgili bilgilerin kullanılması ile gerçekleştirilebilir. Fakat yazılım ile ilgili tarihsel kayıtlar büyük çoğunlukla büyük firmaların ve başarılı firmaların hikâyelerinden oluşmaktadır. Diğerler ile ilgili kayıtlar ya hiç tutulmamış, ya da tutulanlar günümüze dek ulaşamamış ve büyük oranda kaybedilmiştir (Campbell-Kelly, 2003). Bu sebeple geçmişe bakış, sadece var olan bilgilerin okunup görüş oluşturulması ile yapılabilecek bir faaliyet değildir. Geçmiş ile ilgili bilgilerin çeşitli yöntemler kullanılarak oluşturulması gerekmektedir. Geçmişe bakışın böyle bir araştırma kapsamında ele alınma sebeplerinden birisi de bu durumdur. Bu araştırma kapsamında geçmişle belge incelemesi yapılarak ve bir deney gerçekleştirilerek geçmişle ilgili bilgilerin bir kısmı oluşturulacaktır.

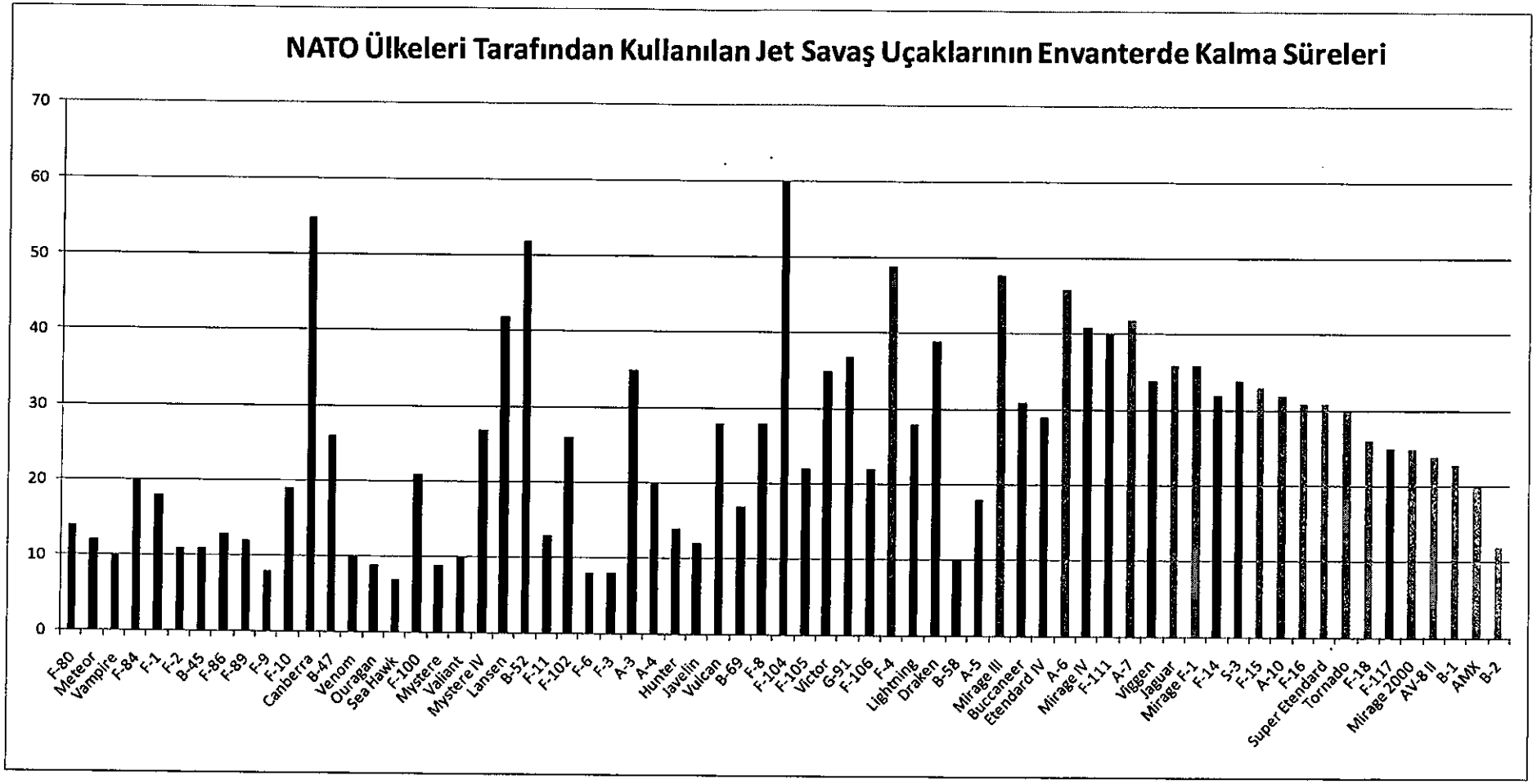
Bu araştırmanın ikinci amacı olan gelecekle ilgili tahminlerin yapılmasının teorik temeli, teknolojinin geleceği ile ilgili çalışmalardır. Teknolojinin gelişimi ve değişiminin geleceği ile ilgili yapılabilecek iki ana

faaliyet bulunmaktadır: teknoloji tahmini (*technology forecasting*) ve teknoloji öngörüsü (*technology foresight*). Teknoloji tahmini mevcut verileri kullanarak olabildiğince doğru, tek bir gelecek üzerine çalışır (TÜBİTAK, 2001). Teknoloji tahmini edilgen bir yöntem olarak görülür. Teknoloji öngörüsü, beklentileri dikkate alarak geleceği şekillendirmeyi amaçlayan bir çalışmadır (TÜBİTAK, 2001). Bu niteliği ile teknoloji öngörüsü etken bir yöntemdir.

Bu araştırmanın teknolojinin geleceği ile ilgili kısmı teknoloji tahmini olarak sınıflandırılabilecek çalışmalardır. Geçmişte uygulanan standartlarla ilgili derlenen bilgiler, araştırmanın yapıldığı zaman dilimindeki güncel bilgilerle birleştirilerek gelecek ile ilgili tahminler oluşturulacaktır.

Elde edilmesi beklenen sonuçların anlamını değerlendirmek ve etkilerini anlayabilmek için, askeri sistemler arasında değişik bir konumda olan hava sistemlerinden bir örnek verilecektir. İçerdikleri bilgisayar sistemleri diğer askeri sistemlerde olduğu gibi ileri teknoloji ürünü ve etkin olması gereken hava sistemleri, aynı zamanda hava araçlarının güvenilirlik ihtiyaçları nedeni ile (bir sorun anında güvenli bir şekilde yere inebilme ihtimalinin düşüklüğü) yazılım geliştirme teknolojilerinin üst seviyede uygulandıkları sistemlerdir. Şekil-2'de NATO ülkelerince kullanılan jet savaş uçaklarının envanterde kalış süreleri görülmektedir. Zamanla envanterde kalış süresinin ortalama 30 sene değerine ulaştığı, birçok örnekte de 30 senelik sürenin aşıldığı görülmektedir. Bu bulguların anlamı, bir jet savaş uçağı için geliştirilen yazılımın yaşam döngüsünün en az 30 sene olabileceği göz önüne alınarak çalışmaların yapılması gerekliliğidir. 30 sene uzun bir zaman dilimidir ve bu süre zarfında kuşkusuz yazılım geliştirme teknolojileri gelişim ve değişim sergileyecektir. Askeri sistemlere yönelik yazılım geliştirme teknolojilerini belirleyen yazılım geliştirme standartlarından hareketle askeri sistemlere yönelik yazılım geliştirme teknolojisinin nasıl değişeceğini ve gelişeceğini tahmin edebilmek mümkündür. Bu araştırma böyle bir amaca hizmet edebilecek temel bir altyapıyı oluşturmaktadır.

Araştırma ile elde edilecek sonuçlar, örneğin 30 yaşını aşmış bir tasarım olan F-16'nın yazılımını geliştiren yazılım mühendislerinde "bu araştırma o zaman elimizde olsaydı şu konuyu şöyle farklı bir açıdan yaklaşırdık" düşüncesini oluşturabilirse anlamlı olacaktır.



Şekil-2: NATO ülkeleri tarafından kullanılan jet savaş uçaklarının envanterde kalma süreleri (uçaklar envantere alınma yıllarına göre sıralanmışlardır, açık renkli çizgiye sahip uçaklar halen envanterde yer almaktadır).

İKİNCİ BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde araştırma konusu ile ilgili önceki çalışmalar özetlenecektir. Bölüm sonunda incelenen çalışmalarla ilgili genel değerlendirmeler yapılacaktır.

1. ASKERİ STANDARTLARLA İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Askeri alanda standardizasyon yüksek seviyede olmakla birlikte, standartların askeri inisiyatifle tanımlanması ve idame ettirilmesi konusunda bazı sorunlar da yaşanmaktadır. Bu konuda yayınlanmış kapsamlı bir rapor bulunmaktadır (DoD, 1994). Rapor şu ana noktaların altını çizmektedir:

1. Raporla ilgili çalışmanın yapıldığı dönemde yaklaşık 31.000 adet askeri şartname ve standart bulunmaktadır. Bu sayıda belgenin istenilen seviyede yönetimi mümkün olamamaktadır.

2. Standartlar, içerikleri ile ilgili teknolojilerin gelişimine ayak uyduramamaktadır.

3. Savunma sanayi her dönemde endüstriyi istenilen seviyede besleyememektedir. Öte yandan savunma sanayine özel standartlar, bunlara uymak zorunda olan firmaların sivil alanda çalışabilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Çünkü bu firmalar savunma sanayinde rekabetçi olabilmek için örgütlenmelerini ve süreçlerini askeri standartlara göre düzenlemektedir. Sivil standartların askeri ihtiyaçlar için kullanılabilmesi ile çift amaçlı bir endüstri yaratmak mümkün olabilecektir.

4. Askeri standartlar, özellikle süreçlerle ilişkin olanları, konuları ile ilgili çalışmaların nasıl yapılacağına dair gereğinden fazla ayrıntı gereksinim içermektedir. Bu gereksinimler, yüklenicilerin sorunlara daha değişik ve özgün çözümler bulabilmesini engellemektedir. Silahlı kuvvetler, işin nasıl yapılacağı ile değil, istenilen performansın belirlenmesi ve bu performans hedeflerine ulaşılıp ulaşılmadığının ölçülmesi ile ilgilenmelidir.

Rapor, yukarıda sıralanan ana bulgular ışığında süreçlerle ilgili askeri standartların kullanımdan kaldırılması gerektiği sonucuna ulaşmaktadır. Nitekim bu sonuç ile ilgili gerek yerine getirilerek, askeri inisiyatifle tanımlanan süreç tabanlı standartların kullanımdan kaldırılması kararı alınmış, yazılım geliştirme alanında bu karar 1998 yılından itibaren uygulamaya geçmiştir (MIL-STD-498 yerine IEEE/EIA 12207 standardının kullanıma alınması).

Sivil standartların askeri uygulamalarda kullanımı, yukarıda bahsedilen rapor öncesinde de tartışılan bir konu olmuştur. Örneğin, askeri ihtiyaçların ticari standartlara dâhil edilmesi ile ilgili çalışmalar yapılmıştır (George, 1991).

2. KONU ALINAN STANDARTLARLA İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Bu çalışmanın konusu olan üç askeri yazılım geliştirme standardı ile ilgili, yürürlükte oldukları süre içerisinde çeşitli akademik yayınlar yapılmıştır.

MIL-STD-1679 ile ilgili olarak erişilebilen ilk yayın 1981 yılında yapılmıştır (Cooper, 1981). Bu makalede, standardın yürürlüğe girmesinin ve kullanılmasının olumlu yönleri öne çıkartılmış ve standardın uygulanmasının çok yararlı olduğu belirtilmiştir. Standardın yürürlükten kalkmasından sonra yapılan bir konferans bildirisinde, standart yürürlüğe girmeden önce (1978'den önce) başlatılan bir yazılım geliştirme süreci, standartla ortak yanları belirtilerek anlatılmıştır (Fritz, 1988). Bu bildiride de standartla ilgili olumlu görüşler dile getirilmiştir.

Yaklaşık on sene yürürlükte kalmış olan DOD-STD-2167 ile ilgili çok sayıda yayın yapıldığı gözlenmiştir. Bu yayınlar çoğunlukla standardın uygulaması ile ilgilidir: standardın genel uygulaması (McCord, 1990; O'Day, 1990), ADA programlama dili ile birlikte kullanımı (Grau 1987), yazılım bakımına etkileri (Kempton, 1988), yinelemeli (*iterative*) yöntemlere etkisi (Overmayer, 1990) ve yazılım tasarım belgesinin hazırlanması (Meyer, 1990). Yapılan değerlendirmelerin bir bölümü standardın uygulaması ile ilgili olumlu, bir bölümü olumsuz ifadeler içermektedir. Olumsuz görüşlere örnek olarak, ADA programlama dilinin standart ile birlikte kullanımı konusunda yaşanan sorunlar dile getirilmektedir (O'Day 1990; Grau 1987).

MIL-STD-498, resmi olarak dört sene yürürlükte kalmıştır. Bu standarda değinen yayınlar çoğunlukla askeri standartların geneli ile ilgili yayınlardır. Sadece bu standardı konu alan yayınlar, bir konferans bildirisi (Szulewski, 1995) ve savunma alanında yazılım mühendisliği ile ilgili olarak 1994 yılından beri yayın yapan "CrossTalk" dergisinde çıkan yazılardır.

Askeri amaçlarla tanımlanmış yazılım geliştirme standartlarının geneli ile ilgili yapılan çalışmalar da bulunmaktadır. Firesmith DOD-STD-2167'nin yürürlükte olduğu bir zamanda "Savunma Bakanlığı uyulması zorunlu yazılım geliştirme standartları tanımlamalı mı?" sorusuna hayır cevabını vererek şu tespitleri yapmıştır (1987):

1. Askeri standartlar teknolojik gelişmelere ayak uyduramamaktadır.
2. Askeri standartlar yeniliği öldürmekte, başka yöntemlerin kullanımının önüne geçmektedir.
3. Gereksinim çözümlemesi ile ürün olarak yazılımın ortaya çıkması arasında büyük bir zaman farkı bulunmaktadır. Askeri yazılım geliştirme standartları ön prototiplerin ortaya çıkartılması konusunda yeterli desteği içermemektedir.

Literatürde yapılan değerlendirmeler incelendiğinde, çoğunluklar kişisel görüş ve tecrübelere dayanan değerlendirmeler yapıldığı, standartlar ve uygulamaları ile ilgili hem olumlu, hem de olumsuz görüşlerin yer aldığı görülmektedir. Bu görüşlerin bazıları tam olarak birbirinin karşıtı görüşlerdir. Örneğin askeri standartların yazılım geliştirme alanında önemli katkıları olduğuna ilişkin çalışmalar da (Cooper, 1981), bu görüşün tersini savunan çalışmalar da bulunmaktadır (Firesmith, 1987).

Yazılım geliştirme standartları ile ilgili güncel eğilimler de konu alınan standartlarla ilişkilidir. Askeri sistemlere yönelik yazılım geliştirmek için kullanılan IEEE/EIA 12207 standardı aslen ISO tarafından tanımlanan ISO/IEC 12207 standardından türetilmektedir. ISO'nun bu standart ile ilgili planları, sistem mühendisliği ile ilgili bir ISO standardı olan ISO/IEC 15288 ile birleştirmektir. Her iki standardın gelişimi de bu amaç doğrultusunda sürmektedir.

3. TARİHSEL BOYUT

Bu çalışmanın temel konusunu 1978 ile 2008 yılları arasında kullanılmış olan standartlar oluşturmaktadır. Bu sebeple çalışmanın tarihsel bir boyutu bulunmaktadır. Doğrudan böyle bir çalışmayı desteklemek üzere referans alınabilecek bir kitap ya da makaleye rastlanmamıştır. Bununla birlikte, tarih yazımı hakkındaki literatürün bu çalışmaya uyarlanabileceği düşünülerek bir tarama yapılmıştır. Bu bölümde yapılan tarama ve tarama sonucunda elde edilerek bu çalışmanın tarihsel boyutunun teorik altyapısını oluşturan bilgilerden bahsedilecektir.

Tarih yazımı yüzyıllar içinde değişim göstermiştir. Olayları anlatmak üzerine kurulan ve büyük tarihi kişiliklerle (hükümdarlar, komutanlar gibi) ilgilenen tarih yazımında, 19. Yüzyıl ile birlikte olaylara yol açan yapıyı açıklamaya çalışan ve sıradan kişilerin de tarihe katkılarını araştıran akımlar ortaya çıkmıştır. Günümüzde hem olaylar üzerinden yapılan tarih yazımı, hem de olaylara yol açan yapının incelenmesi ile yapılan tarih yazımının bir

arada kullanılmasının en uygun yöntem olacağı değerlendirilmekte, tarih yazımı olayları yöneten ya da olayların içinde yer alan tüm kişilerle ilgilenmektedir (Burke, 2001; Carr, 2002).

Tarihte meydana gelen gelişmelerle ilgili pek çok kritik bilgi, önemli görülmediği için kaydedilmemekte ya da kaydedilen pek çok bilgi zamanla kaybedilmektedir. Bu sebeple tarihte meydana gelen birçok olgunun izleri ortadan kalkmaktadır. Tarih yazımında elde bilgisi bulunan tüm olguların kullanılması durumunda dahi elde olmayan önemli ölçüde bilgi bulunmaktadır. Bu durumla ilişkili olarak, tarihsel bir gelişme anlatılırken bu gelişmenin meydana geldiği bağlamı ve çevreyi kurgulamak da tarihçiye kalmaktadır (Carr, 2002; Iggers, 2000). Yazılım endüstrisinde de tarihsel değer taşıyan birçok bilginin kaydedilmediği bilinmektedir (Campbell-Kelly, 2003). Tarihsel olguların ve bu olgularla ilgili bağlamın aslında tam olarak bilinememesi, tarih yazımında tam anlamı ile nesnel olmanın imkânsızlığının da göstergesidir (Carr, 2002).

Modern tarih anlayışında her konunun bir tarihçesi olduğu ve o konuya ilişkin tarihin yazılabileceği savunulur. Duyguların tarihi, insan vücudunun tarihi gibi konular bu görüşe verilebilecek örnekler arasında yer almaktadır (Burke, 2001).

"Tabandan Gelen Tarih", modern tarih anlayışında yer bulan önemli kavramlardan birisidir. Bu anlayışa göre, klasik tarihçiler için önem taşımayan kişiler üzerinden anlatılan tarih de tarihsel olguları anlamak için kullanılabilir. Örneğin klasik tarih bir savaşın generalleri üzerinden o savaşı anlatırken, Tabandan Gelen Tarih savaşa katılmış sıradan bir askerin eşine yazdığı mektuplardan hareketle savaşın tarihine katkıda bulunabilir. Tabandan Gelen Tarih, tarihi tabandan tavana oluşturma akımı olarak görülmemeli, tarihsel olguları anlatmak için ek bir yöntem olarak düşünülmelidir (Burke, 2001).

Mikro-Tarih, modern tarih anlayışında yer bulan diğer önemli kavramdır. Mikro-Tarih, yerel tarih ile karıştırılmamalıdır. Tarihsel bir olgu

içinde mikro boyutta gözüken olaylar ya da yapılarla ilgilenir. Örneğin yüzyıl süren bir süreçte, o sıralarda yaşayan bir ailenin hayatının konu alınması Mikro-Tarih'e bir örnektir (Burke, 2001).

Bu araştırmanın konusunun tarih yazımı ile ilgili kavramlarla uyumluluğu, yukarıdaki bilgiler ışığında değerlendirilebilir. Modern tarih anlayışında her kavramın ve olgunun bir tarihi olabileceğine göre, yazılımın tarihinden bahsetmek mümkündür. Bölüm 2.2'de incelenen çalışmalar "tabandan gelen tarih" ve "mikro-tarih" kavramları ile özdeşleştirilebilir ve bu çalışmalar yazılım tarihi ile ilgili araştırmalarda kullanılabilir. Sonuç olarak, yazılım kavramının tarihinde özel bir alanda, belirli bir zaman diliminde kullanılan standartlardan hareketle bir araştırma yapılması, modern tarih anlayışına uygunluk göstermektedir.

Yazılım tarihi hakkındaki çalışmalar da bu araştırma ile ilgilidir. Kitap yazımı şeklinde yapılan çalışmalar büyük oranda bilgisayar tarihi ile ilgili çalışmalardır ve yazılım ile donanım öğelerini bir arada incelemektedir. Sadece yazılımın tarihi ile ilgili yazılmış olan tek kitap Campbell-Kelly'nin kitabıdır (Campbell-Kelly, 2003). Konu ile ilgili periyodik yayın olarak 1979 yılından beri yayınlanan "IEEE Annals of History of Computing" bulunmaktadır. Fakat bu yayında, incelenen standartları konu alan bir çalışma, araştırmanın yapıldığı zamana kadar yayınlanmamıştır.

4. İNCELENEN ÇALIŞMALARLA İLGİLİ VARILAN SONUÇLAR

Bölüm 2.3'de incelenen standartlarla ilgili çalışmalar özetlenmiştir. Söz konusu çalışmalar, standartların yürürlülük sürelerinde yapılmış çalışmalardır. Bu araştırma ise standartların yürürlülük sürelerinden sonra gerçekleştirilmektedir ve Bölüm 1'de belirtiliği gibi geçmişe bir bakış niteliğindedir.

Bölüm 2.2'de anlatılan çalışmaların önemli bir bölümü yazarlarının kişisel tecrübelerini ve görüşlerini yansıtmaktadır. Kuşkusuz bu çalışmalar

önemli çalışmalardır ve doğrudan teknik içerik olarak değerlendirilmesi şüpheli görünse bile Bölüm 2.3'de belirtildiği gibi tabandan gelen tarih ve mikro-tarih bakış açıları ile değerlendirilebilecek kaynaklardır.

Ulaşılan kaynaklardan; incelenen standartlarla ilgili olarak standartların tamamını kapsayan, toplu bir bakış açısı ile inceleme yapan, kişisel tecrübelerden ve görüşlerden arınmış, bilimsel yöntemlerle yürütülmüş, nesnel bir çalışmanın yapılmadığı anlaşılmaktadır.

Önceki çalışmalar irdelendiğinde ortaya çıkan ve bu araştırma kapsamında yapılan çalışmada dikkat edilmesi gereken bir nokta, elde edilebilecek sonuçların kesinliği ve nesnelliği konularında dikkatli olunması gerekliliğidir. Tarih yazımı ile ilgili yapılan inceleme, geçmişten bahsedilirken eksik birçok bilginin olacağı ve bunların kurgulanmasının gerekebileceği ortaya koymuştu. Benzer şekilde, bu araştırma kapsamında elde edilecek bazı sonuçların da kesinlikleri eksik bilgilere bağlı olacaktır. Örneğin 1980 yılında geçerli olan standart, bir yazılım mühendisliği kavramını içermiyorsa fakat o kavram aslında 1973 yılından beri biliniyorsa, 1980 yılında geliştirilen yazılımlar için o kavramın kullanılmadığı sonucuna mı varılmalıdır, yoksa kullanıldığı iddia edilebilir mi? Her iki durum da çeşitli açılardan savunulabilir. Kullanılmadığını savunanlar, standardın içeriğinde olmadığını öne sürebilir, kullanıldığını ileri sürenler kavramın ders kitaplarına girdiğini delil olarak kullanabilir. Bu araştırmanın bilimsel niteliği itibari ile örnekte verilene benzer durumlarda kesin hükümlerde bulunulmaması gerekmektedir. Diğer yandan, kesin hükümlerde bulunulamasa bile, gerçekleştirilen araştırmadan hareketle yapılan tespitlerin yansıtılması kayda değer yararlar sağlayabilir. Tüm bu etmenler göz önüne alınarak bu araştırmada kesin ve nesnel olarak ortaya konabilen sonuçlar "bulgu", konulamayan sonuçlar "gözlem" olarak sınıflandırılacaktır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BELGE İNCELEMESİ ve SONUÇLARI

Üzerinde çalışılan bir konuda ulaşılabilen belgelerin incelenmesi, bir araştırma yöntemi olarak kullanılmaktadır. Bu araştırmada aynı alanda ve konuda, birbirini izleyerek yürürlüğe girmiş standartların belge incelemesi ile karşılaştırması yapılacaktır. Belge incelemesi ile ulaşılması hedeflenen amaç Bölüm 2.5'de yapılan değerlendirmeler ışığında, standartların açıkça ortaya konulabilecek farklılıklarını "bulgu" olarak, bağlı olduğu diğer etmenler nedeni ile kesin olarak ifade edilemeyecek noktaları ise "gözlem" olarak ortaya koymaktır. Ortaya konan bulgu ve gözlemler, standartlarla ilgili yapılacak daha genel değerlendirmelerde kullanılacaktır.

Belge incelemesinin zayıf yönleri şöyle sıralanabilir: "olası yanlılık", "seçilmişlik", "eksiklik", "ulaşılabilirlik", "örneklem yanlılığı", "sınırlı sözel olmayan davranış", "standart format yokluğu" ve "kodlama zorluğu" (Yıldırım, 2006). Sıralanan zayıf yönlerin bu araştırma için geçerlilikleri aşağıda irdelenmiştir:

- Olası Yanlılık: İncelenen standartlar özel bir uygulama alanında, ilgili alana yön veren kuruluşlar tarafından tanımlanmıştır ve tartışmasız olarak uygulanmıştır. Bu şartlar altında standartların içeriğinde yanlılık olsa bile, standartların alternatifsizliği nedeni ile yanlılıktan kaynaklanan bir olumsuzluk yaşanmayacağı değerlendirilmektedir.

- Seçilmişlik: Standartlar, bir ekip tarafından konuların tartışılması ve sağlanan uzlaşmaların içeriğe dâhil edilmesi itibari ile seçilmiş içerik taşımaktadır. Fakat "Olası Yanlılık" maddesinde belirtildiği gibi, standartların kullanımında bir alternatif yoktur. Dolayısı ile askeri

amaçlarla yazılım geliştirme konusunda incelenen içerikten farklı bir metinin var olma olasılığı bulunmamaktadır.

- Eksiklik: Askeri standartların kullanım dönemleri ve standartlar belirli olduğu için doküman seti olarak bir eksiklik bulunmamaktadır. Fakat uygulamada bu standartların nasıl kullanıldığı, örneğin içeriğinin tümü ile uygulanması konusunda askeri makamların ne kadar ısrarcı olduğu bilinmemektedir. Uygulama bilgisi konusunda bir eksiklik bulunmaktadır.

- Ulaşılabilirlik: İncelenecek dokümanlarda eksik ya da kayıp bölüm bulunmamaktadır.

- Örneklem Yanlılığı: Bu araştırmada örneklem alınması söz konusu değildir. Geçerli standartların tümü bilinmektedir ve içeriklerine erişim mümkündür.

- Sınırlı Sözel Olmayan Davranış: Kişi tabanlı araştırmalarda söz konusu olan bu zayıf yön bu araştırma için geçerli değildir.

- Standart Format Yokluğu: Belgelerin karşılaştırılmasında sakınca yaratabilecek bu konunun, incelenecek belgé sayısının azlığı nedeni ile bir sorun yaratmadığı görülmüştür.

- Kodlama Zorluğu: Belgelerin içeriğinin sayısal hale getirilmesine yönelik olan bu zayıf yön, yapılan araştırma kapsamında sayısallaştırma olmadığı için geçerli değildir.

Yukarıda yapılan değerlendirme sonucunda, belge incelemesinin zayıf yönleri arasında yer alan "eksiklik" konusunda bu araştırmada da sorun yaşanabileceği anlaşılmaktadır. Sorunun kaynağı, standartların nasıl uygulandığı ile ilgili bilgi olmamasıdır. Standartların içeriğinin tamı tamına

uygulanmaması, belge incelemesi sonucunda yapılacak değerlendirmeleri etkileyebilecek bir noktadır.

Gerek "eksiklik" konusunda yaşanabilecek sorunlar, gerekse belge incelemesi sonucunda standartlar arasında ortaya çıkacak farklılıkların değerlendirilmesi, Bölüm 2.4'de tarihsel boyuta dair verilen bilgiler ile ilişkilidir ve bunların aracılığı ile açıklığa kavuşturulabilir. Bölüm 2.4'de anlatılan tarih yazımında da görüldüğü gibi, geçmişle ilgili birçok bilgi tarihsel kayıtlara girememektedir. Standartların kapsamında yer almayan ya da kapsamından çıkartılan herhangi bir kavram, sanılanın (standartların metinlerinde yazılanın) aksine var olmuş ya da varlığını devam ettiriyor, fakat bu yöndeki kayıtlar bilinmiyor olabilir. Dolayısı ile standartların birbiri ile karşılaştırılması sonucunda ortaya çıkartılan farklılıkların gerçek hayattaki etkileri ile ilgili olarak kesin değerlendirmeler yapılmamalı, bu farklılıkların gerçekten var olduğu ve olmadığı durumlar göz önüne alınmalıdır.

Yukarıda anlatılan yaklaşım ile belge incelemesinin zayıf yönlerinden "eksiklik" ile ilgili sakıncalar da ortadan kaldıracaktır. Bu yaklaşım ile eksikliğe yol açan bilgiler elde edilemese de, standartların farklılıkları irdelenirken bu eksik bilgilerin olası etkileri de değerlendirmeye katılacaktır.

Belge incelemesi, belirli bir düzene göre yapılmalıdır. Öncelikle incelenecek alanlar ve toplanacak veriler belirlenmelidir. İncelenmesi gereken alanlara karar vermek için bu araştırmada öncelikle standartlar için geçerli olacak bir ontoloji tanımlanmıştır. Ontoloji, standartların temel özelliklerini ve ilişkilerini ortaya koyarak, standartların belge incelemesinin neye göre yapılacağını ve standartların hangi esaslara göre karşılaştırılacağını ortaya koymuştur. Daha sonra standart belgeleri bu ontoloji doğrultusunda incelenmiştir ve bu incelemenin sonuçları derlenmiştir.

Bu bölümde önce ontolojinin oluşturulması, daha sonra belge incelemesinin nasıl gerçekleştirildiği anlatılacaktır ve elde edilen sonuçlar irdelenecektir.

1. ONTOLOJİ

Bu araştırma kapsamında ontoloji, bilgisayar biliminde anlamsal (*semantic*) uygulamalardaki kullanımı ile ele alınmaktadır. Bu kullanımı ile ontoloji, kavramları ve aralarındaki ilişkiyi belirten bir yapıdır. Anlamsal uygulamalar ontoloji yardımı ile varlıklara ilişkin muhakeme (*reasoning*) gerçekleştirebilir ve bir varlığın ne olduğuna karar verebilir. Bu araştırma konusu üzerinden bir örnek verilecek olursa, tanımlanan bir ontoloji yardımı ile bir grup belge arasından hangilerinin standart olduklarına ontolojiyi kullanan yazılım tarafından karar verilebilir. Bu örnekte kullanılan ontoloji her belge türü için, onu diğer tür belgelerden ayıran özellikleri ve ilişkileri barındıracaktır.

Ontolojinin işlevini görebilmesi için içerdiği kavramların (sınıfların) esas ve zorunlu (*essential and necessary*) özelliklerinin tanımlı olması gerekir. Bunların tanımlı olmaması durumunda bir varlığın hangi kavrama ait olduğu anlaşılamayabilir. Yukarıda verilen örneğe devam edilecek olursa, bir ontolojide hem "şartname", hem de "standart" için aynı özellikler tanımlanırsa (hükümler içermesi, resmi olması gibi), bu özelliklere uyan bir belge tespit edildiğinde bunun şartname mi, standart mı olduğu anlaşılamaz.

Bu bölümde standartların için geliştirilmiş bir ontoloji anlatılacaktır. Amaç, standartların ana niteliklerinin ve ilişkilerinin ortaya konularak standartlarla ilgili doküman incelemesinin bu nitelikler ve ilişkiler doğrultusunda gerçekleştirilmesidir. Ontolojinin buradaki kullanımı, asıl kullanım alanından farklı olarak kavramların anlatımı ve gösterimi amacını taşımaktadır. Aynı amaca taksonomi gibi diğer sınıflandırma yöntemleri ile de erişmek mümkündür, fakat bu yöntemler ontoloji kadar anlatım gücüne sahip değildir. Örneğin diğer sınıflandırma yöntemleri ontolojide tanımlanabilen ilişkilerle ilgili işlevsellik içermemektedir. Diğer yandan, ontolojinin sınıf hiyerarşisi aynı zamanda bir sınıflandırmadır, dolayısı ile her ontoloji aslında bir sınıflandırma içermektedir.

Bu araştırmada yalnızca standartların özelliklerini ve ilişkilerini ortaya koyan bir ontoloji tanımlanmaktadır. Söz konusu ontolojinin tam ve doğru olduğunun en önemli kanıtı, tüm belge türlerini içeren bir ontoloji olarak tanımlanması olurdu. Böylece, ontolojide tanımlanan standart varlığının diğer varlıkların (belge türlerinin) hiçbiri ile karıştırılamayacak netlikte tanımlandığından emin olunabilirdi. Tüm belge türlerini içerecek bir ontolojinin tanımlanması işinin büyüklüğü bu araştırma kapsamına dâhil edilmesine engel olmuştur. Araştırmanın amacına yönelik olarak yalnızca "standart" belge türünü içeren bir ontoloji tanımlanmıştır.

İlerleyen alt bölümlerde öncelikle standartların özellikleri ile ilgili mevcut çalışmalar özetlenerek bunların kullanımı açıklanacak, daha sonra bunlardan yaralanılarak tasarlanan ontoloji anlatılacaktır.

a. Standartların Özellikleri ile İlgili Çalışmalar

Günümüzde dünya üzerinde standartlar üzerinde ulusal ya da uluslar arası ölçekte çalışan, kamu ya da özel sektör tabanlı çok sayıda organizasyon bulunmaktadır. Kuşkusuz bu organizasyonlar standardizasyon faaliyetlerini belli şablonlara ve yordamlara göre yürütmektedir. Bu şablon ve yordamların bir bölümü resmi belgeler olarak söz konusu organizasyonların dışından da erişilebilir durumdadır.

Bu araştırmada standartların özelliklerini belirlemek için BS 0-1 standardı (BS 0-1, 2005), ISO direktifleri (ISO/IEC Directives Part 2, 2004) ve ABD Savunma Bakanlığı'nın kendi standartları için tanımladığı bir standart (MIL-STD-962D, 2003) kullanılmıştır. Standartların özelliklerinin tam ve en geniş kapsamda ortaya çıkartılması bu araştırmanın amaçlarından birisi değildir. Dolayısı ile seçilen referansların incelenen konu hakkında ne kadar kapsayıcı olduğu ile ilgili ayrıntılı bir tartışma yapılmayacaktır. Bu referansların en büyük uluslar arası standardizasyon kuruluşunu ve en büyük askeri yapılanmayı kapsaması, yapılan çalışmanın geçerliliğini kuvvetlendiren etmenler olarak görülmektedir.

BS 0-1, "British Standards Institution" adlı kurum tarafından yayınlanan, standartların oluşturulmasına yönelik bir standarttır. BS 0-1 standartlarda yer alan öğeleri gruplandırır ve bu grupları "hüküm" (*provision*), "hüküm ifade eden" (*normative*), "bilgi veren", "gerekli" ve "şart ifade eden" terimleri ile ifade eder. Ayrıca seçimli olan "ek" öğe grubu da vardır. Standartlarda yer alan ifadeler, talimatlar, tavsiyeler ve gereksinimler "hüküm" grubunun altında toplanır. BS 0-1 tarafından tanımlanan gruplardan hüküm ifade eden öğelerle bilgi veren öğeler, diğerlerinin genellemesidir ve bu araştırmada bu öğe grupları dikkate alınacaktır.

Bu gruplandırmanın yanı sıra BS 0-1 her standardın bir başlığının, bir önsözünün, kapsamını ifade eden bir bölümünün ve hükümleri içeren ana metninin olması gerektiğini belirtir.

ISO direktiflerine göre standartların yapısı şöyle listelenmektedir:

- Bilgi Veren Öğeler
  - Başlık Sayfası
  - İçindekiler
  - Önsöz
  - Giriş
- Genel Hüküm İçeren Öğeler
  - Kapsam
  - Referanslar
- Teknik Hüküm İçeren Öğeler
  - Terimler ve Tanımlar
  - Semboller ve Kısaltmalar
  - Gereksinimler
  - Örnekleme
  - Test Yöntemleri
  - Sınıflama, Tanımlama ve Kodlama
  - İşaretleme, Etiketleme ve Paketleme
  - Hüküm İçeren Ekler

- Ek Bilgi Veren Öğeler
    - Bilgi Veren Ekler
    - Bibliyografya
    - Dizinler
- Diğer Bilgi Veren Öğeler
    - Notlar
    - Dipnotlar

MIL-STD-962D, standartlarda bulunan öğeleri şöyle sıralandırır:

- Kapak
- Önsöz
- İçindekiler
- Kapsam
- Uygulanabilir Belgeler
- Tanımlar
- Genel Gereksinimler
- Ayrıntılı Gereksinimler
- Notlar
- Ekler (Seçimli)
- Dizin
- Sonuçlandırma Öğeleri (Seçimli)

Standartların yapısı ve öğeleri ile ilgili incelenen üç kaynağın ikisinde, standart elemanlarının "hüküm içeren" ve "bilgi veren" olarak iki gruba ayrıldığı görülmektedir. Buna göre hüküm içeren öğeler standartların uygulanacak kısımlarını oluştururken diğer öğeler hüküm içeren öğelere destek olmaktadır. İncelenen kaynaklarda bahsedilen öğeler bu iki ana grup çerçevesinde toplanarak incelenebilir.

Standartların uygulanacak kısımlarını oluşturan hüküm içeren öğeler ISO direktiflerinde ayrıntılı olarak listelenmiştir. Fakat kavramsal olarak BS 0-

1'de yapılan hüküm tanımı ve bunun alt öğeleri; ifadeler, talimatlar, tavsiyeler ve gereksinimler, standartların uygulamaya yönelik içeriğini ayrıntıya girmeden kapsamaktadır.

Bu değerlendirmeler doğrultusunda, incelenen üç kaynaktaki öğelerin birleştirilerek ortaya çıkartılan "standartların öğeleri" Tablo-1'de listelenmiştir. Derlenen bu bilgiye göre, bir belgenin "standart" olarak sınıflandırılabilmesi için bir başlık sayfasının, içindekiler bölümünün, kapsamının anlatıldığı bir bölümün, referanslarının, tanımlarının ve hükümlerinin bulunması gerekmektedir. Standartlar hakkında tasarlanacak ontoloji, bu esaslar üzerine kurulacaktır.

Standartların özelliklerinin ortaya çıkartılması için incelenen kaynaklarda açıkça bahsedilmeyen, ya da bu kaynakların amaçları doğrultusunda içermedikleri, fakat standartların özellikleri olarak değinilmesi gereken başka konular da mevcuttur. İncelenen üç kaynak da bir örgüt tarafından tanımlanmıştır ve belirli bir geçerlilik sahasında (BS 0-1 için Birleşik Krallık, ISO direktifleri için ISO üyesi ülkeler, MIL-STD-952D için ABD) kullanılabilmektedir. İncelenen kaynakların bu özellikleri standartların doğal nitelikleri arasındadır. Tablo-1'de sıralanan öğelere ek olarak şu öğelerin de standartların özellikleri arasında sayılmaları, araştırmacılar tarafından önerilmektedir:

- Standardı tanımlayan örgüt ya da ülke
- Standardın geçerlilik alanı
- Standardın uygulama alanı
- Standardın sürümü
- Standarda uyumun zorunlu ya da gönüllü olması
- Standardın yerine geçtiği standart ya da standartlar

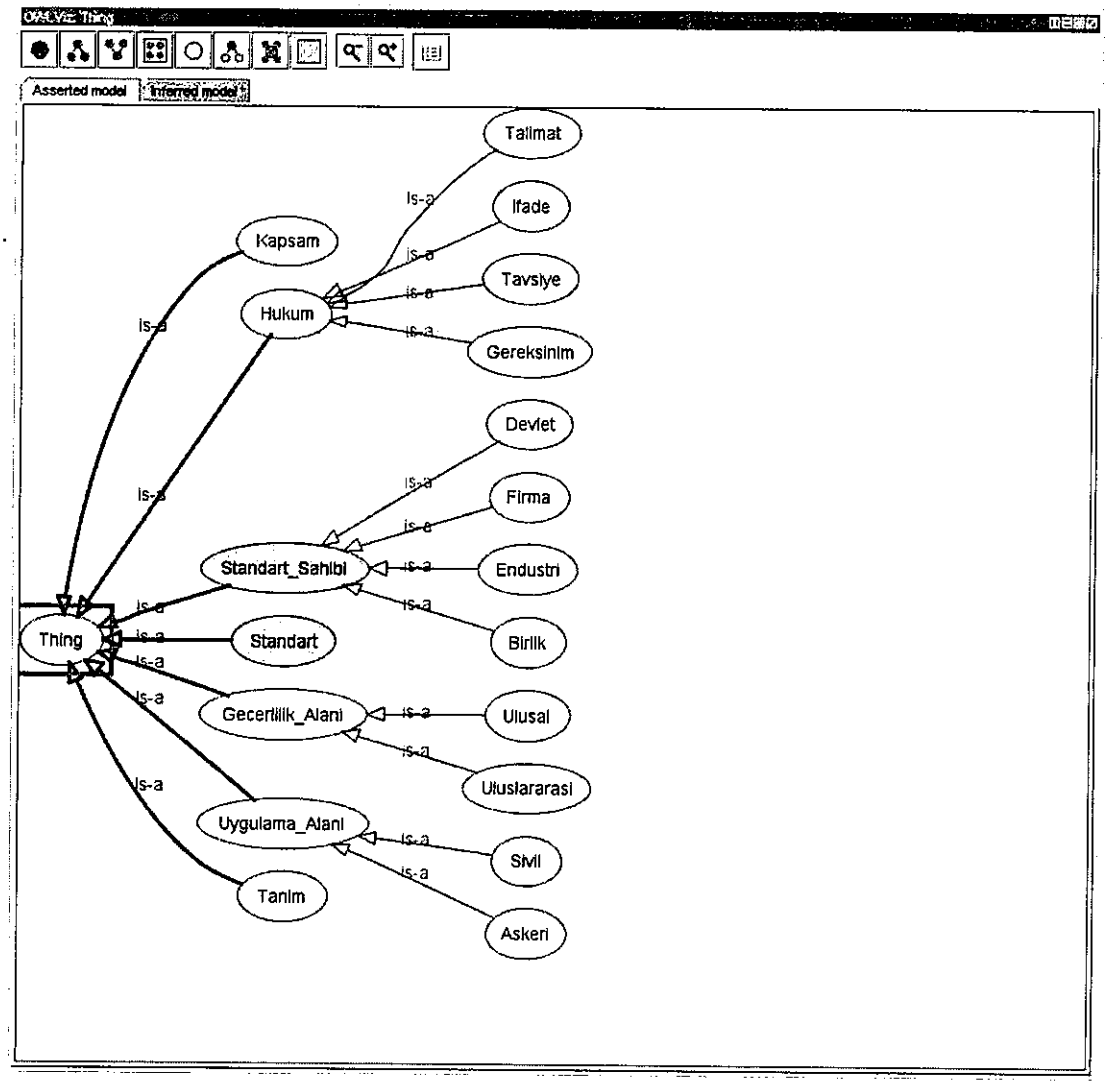
Tablo-1: Standartların öğeleri (seçimli olmayan öğeler koyu arka plan ile gösterilmiştir)

Öğe Türü	Öğe İsmi	Seçimli Olup Olmadığı
Bilgi Veren	Başlık Sayfası	Seçimli Değil
	İçindekiler	Seçimli Değil
	Önsöz	Seçimli
	Giriş	Seçimli
	Bilgi Veren Ekler	Seçimli
	Bibliyografya	Seçimli
	Dizin	Seçimli
	Notlar / Dipnotlar	Seçimli
Hüküm İçeren	Kapsam	Seçimli Değil
	Referanslar	Seçimli Değil
	Hüküm İçeren Ekler	Seçimli
	Tanımlar	Seçimli Değil
	Sözlük	Seçimli
	Hükümler (ifadeler, talimatlar, tavsiyeler ve gereksinimler)	Seçimli Değil

Yukarıda standartların özellikleri konusunda verilen bilgiler ışığında, zorunlu öğeler dikkate alınarak bir standardın sahip olması gereken özellikler; başlığı, içindekiler bölümü, kapsamı, referansları, tanımları, hükümleri, tanımlayan ülke ya da örgüt, geçerlilik alanı, uygulama alanı, sürümü ve uyum zorunluluğudur.

b. Standartlar İçin Bir Ontoloji

Bir önceki bölümde standartlarla ilgili ortaya konan özellikler doğrultusunda, Protege adlı yazılımın (http://protege.stanford.edu/) 4.0 sürümü kullanılarak standartlar için OWL (Web Ontology Language – Ağ Ontoloji Dili) uyumlu bir ontoloji tanımlanmıştır. Şekil-3 tanımlanan ontolojinin çizimini, Tablo-2 sınıfları ve özelliklerini, Tablo-3 özelliklerin niteliklerini vermektedir. Sürüm, standarda uyma zorunluluğu, başlık ve içindekiler bölümü veri özelliği olarak tanımlanmıştır.



Şekil-3: Tanımlanan ontoloji

Class Existential Matrix: Tanim

Class	Behseder ...	Gecerlilik_Alani_Var ...	Hukumu_Var...	Kapsami_Var...	Sahibi ...	Tanimi_Var ...	Tarafindan_Bahsedilir ...	Tarafindan_Sahiplenir...	Tarafindan_Yerine_Gecildi...	Uygulama_Alani_Var ...	Yerine_Gecer ...
Thing											
Gecerlilik_Alani											
Ulusal											
Uluslararasi											
Hukum											
Gereksinim											
Ifade											
Talimat											
Tavsiye											
Kapsam											
Standart	Standart	Gecerlilik_Alani	Hukum	Kapsam		Tanim	Standart	Standart_Sahibi	Standart	Uygulama_Alani	Standart
Standart_Sahibi					Standart						
Birlik					Standart						
Devlet					Standart						
Endustri					Standart						
Firma					Standart						
Tanim											
Uygulama_Alani											
Askeri											
Sivil											

Tablo-2: Sınıflar ve özellikleri

Object Property Features Matrix

Object Property	Fun	InvF	Tra	Anti-Sym	Domain	Range	Inverse
Bahseder	☐	☐	☑	☑	Standart	Standart	Tarafindan_Bahsedilir
Gecerlilik_Alani_Var	☑	☐	☐	☑	Standart	Gecerlilik_Alani	
Hukumu_Var	☐	☐	☐	☐	Standart	Hukum	
Kapsami_Var	☐	☐	☐	☐	Standart	Kapsam	
Sahibi	☐	☑	☐	☑	Standart_Sahibi	Standart	Tarafindan_Sahiplenir
Tanimi_Var	☐	☐	☐	☐	Standart	Tanim	
Tarafindan_Bahsedilir	☐	☐	☑	☑	Standart	Standart	Bahseder
Tarafindan_Sahiplenir	☑	☐	☐	☑	Standart	Standart_Sahibi	Sahibi
Tarafindan_Yerine_Gecildi	☐	☐	☑	☑	Standart	Standart	Yerine_Gecer
Uygulama_Alani_Var	☐	☐	☐	☑	Standart	Uygulama_Alani	
Yerine_Gecer	☐	☐	☑	☑	Standart	Standart	Tarafindan_Yerine_Gecildi

Tablo-3: Özelliklerin nitelikleri

2. BELGE İNCELEMESİ

Bir önceki bölümde tanımlanan ontoloji, standartların temel özelliklerini ve ilişkilerini ortaya koymuştur. Bu özellik ve ilişkilerden hangilerinin belge incelemesinde kullanıldıkları ve bu kararın verilme nedenleri Tablo-4'de özetlenmiştir. Tablo-4'den anlaşılacağı gibi, standartların belge incelemesi tanımlar, referanslar ve gereksinimler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Ayrıca İş Süreçleri Modelleme Gösterimi (İSMG, Business Process Modeling Notation) kullanılarak standartların süreçleri modellenmiştir.

Belge incelemesi, askeri amaçla kullanılmış ve kullanılmakta olan tüm standartları içermekte (MIL-STD-1679, DOD-STD-2167, MIL-STD-498 ve IEEE/EIA 12207), ayrıca bu araştırmanın yapıldığı sırada çıkan fakat henüz askeri kullanım için onaylanmamış IEEE/EIA 12207 güncellemesi olan IEEE Std 12207-2008'i de kapsamaktadır.

Belge incelemesinin süreç modelleme dışındaki altyapısı, standartların içeriğinde yer alan tanımların, gereksinimlerin ve referansların tespit edilerek Microsoft Office Excel bilgisayar programında yaratılan tablolara aktarılması ile oluşturulmuştur. Bu programın seçilmesinin nedeni tablolarda filtreleme yapma özelliğinin bulunmasıdır.

Gereksinimlerle ilgili hazırlanan tablo toplam 1562 satırdan oluşmuştur. Tabloda şu sütunlar bulunmaktadır: Standart, Yer, Metin, Notlar ve Gereksinim Sayısı (Tablo-5). Standart, Yer ve Metin sütunları gereksinimin hangi standartta tanımlandığını ve metnini içermektedir. Notlar sütunu araştırmacıların gereksinimlerle ilgili aldıkları notları içermektedir. Bu notlara aynı zamanda filtreleme için de kullanılmaktadır. Örneğin yazılım kalitesi ile ilgili olan gereksinimlerin not kısımlarına "yazılım kalitesi" yazıldığında, daha sonra "yazılım kalitesi" ifadesi için filtreleme yapılarak her standartta bu konuda tanımlanmış gereksinimler arka arkaya

listelenebilmekte ve bir arada incelenebilmektedir. Filtreleme, standartların birbiri ile karşılaştırılması işlemini kolaylaştırmaktadır.

Gereksinim Sayısı sütunu, her gereksinim maddesinin içerdiği gereksinim sayısını takip etmek için konulmuştur. Tabloda her satıra, standartlarda yer alan bir cümle yazılmıştır. Fakat çağdaş gereksinim çözümlemesi yöntemlerinin (Alexander, 2002) aksine incelenen standartlarda aynı cümle için, bağlaçlarla birbirine bağlı birden fazla gereksinim tanımlandığı görülmüştür. Bu yüzden tablodaki her satır için içerdiği gereksinim sayısı tespit edilmiş ve tabloya bilgi olarak eklenmiştir.

Tanımlarla ilgili hazırlanan tablo toplam 184 satırdan oluşmuştur. Tabloda şu sütunlar bulunmaktadır: Standart, Terim, Tanım, Grup, Karşılık (Tablo-6). Standart, Terim ve Tanım sütunları hangi terimin hangi standartta nasıl tanımlandığını içermektedir. Grup sütunu araştırmacıların tanımlamaları gruplandırması amacıyla yer almaktadır. Tanımlar bu gruplandırmalara göre filtrelenerek standartlar karşılaştırılmıştır. Karşılık sütunları, her tanımın diğer standartlarda – varsa - karşılığını içermektedir.

Belge incelemesinin alt yapısı olan tablolar hazırlandıktan sonra standartların içerikleri araştırmacılar tarafından incelenmiş ve bu tablolar üzerinden standartlar karşılaştırılmıştır. Bu süreçte gereksinimlerle ilgili tabloda yer alan Notlar ve Gereksinim Sayısı sütunları ile tanımlarla ilgili tabloda yer alan Grup ve Karşılık sütunları da doldurulmuştur.

Tablo-4: Standartların özellikleri ve hangilerinin belge incelemesinde kullanıldıkları

Özellik / İlişki	**Kullanım ya da kullanılmama nedeni**
Başlık	Standartların başlıkları karşılaştırılabilecek bilgi içermemektedir. Bu yüzden belge incelemesi kapsamında değildir.
İçindekiler Bölümü	Standartların içindekiler bölümü karşılaştırılabilecek bilgi içermemektedir. Bu yüzden belge incelemesi kapsamında değildir.
Kapsam	İncelenen standartların kapsamları askeri uygulamalardır ve birbirinden farklı değildir. Bu yüzden belge incelemesi kapsamında değildir.
Referanslar	Referanslar verilen her belge kendi içeriğini standarda eklemektedir. Bu nedenle referanslar belge incelemesine dâhil edilmiştir.
Tanımlar	Tanımlar, standartların kavramları nasıl ele aldığını ortaya koymaktadır. Bu nedenle tanımlar belge incelemesine dâhil edilmiştir.
Hükümler	Hükümler, standartlarda yer alan ifadeleri, talimatları, tavsiyeleri ve gereksinimler içermektedir. İncelenen standartlar uygulanması zorunlu standartlar olduklarından, hüküm olarak ağırlıkla gereksinimler içermektedir. Bu nedenle standartların gereksinimleri belge incelemesine dâhil edilmiştir.
Tanımlayan ülke ya da örgüt	İncelenen standartlar aynı ülke (ABD) tarafından tanımlanmıştır. Bu yüzden belge incelemesi kapsamında değildir.
Geçerlilik alanı	İncelenen standartlar aynı geçerlilik alanına sahiptir. Bu yüzden belge incelemesi kapsamında değildir.
Uygulama alanı	İncelenen standartlar aynı uygulama alanına sahiptir. Bu yüzden belge incelemesi kapsamında değildir.
Sürümü	Standartların sürümleri karşılaştırılabilecek bilgi içermemektedir. Bu yüzden belge incelemesi kapsamında değildir.
Uyum zorunluluğudur	İncelenen standartların hepsi uyulması zorunlu standartlardır. Bu yüzden belge incelemesi kapsamında değildir.

	A	B	D	E	F
1	Standard	Place	Text	Notes	Number of Requiremer
4	MIL-STD-1679	4.1.	The contractor's organization shall be structured to provide positive control over development processes and resources utilized.		1
5	MIL-STD-1679	4.2.	The contractor shall determine the software design, as tasked by the contracting activity.		1
6	MIL-STD-1679	4.2.	The design shall completely satisfiy all requirements but shall not exceed the requirements without contracting activity approval.	software enginnering	2
7	MIL-STD-1679	4.2.	Design complexity and the interdependencies of subprograms, modules and units shall be minimized.		2
8	MIL-STD-1679	4.3.	All software shall be coded in a high order programming language (HOL) approved for use by the Department of Defense unless a specific waiver has been previously granted by the contracting activity.	programming and coding	1
9	MIL-STD-1679	4.3.	The software shall be capable of being generated by government owned support software and the contractually delivered support software.	life-cycle	1
10	MIL-STD-1679	4.4.	The contractor shall plan, develop and implement procedures and practies to ensure that all requirements of the contract, including this standard, are complied with fully.	References	3

Tablo-5: Gereksinimlerle ilgili hazırlanan tablonun Microsoft Office Excel programında görünüşü

	A	B	C	D	E	F
1	Standar(	Term	Definition		1679 /2167	2167/498
3	MIL-STD-1679	Contracting activity	The contracting activity refers to that Government office, with contract and project directive admisnitrative authority, which has prime responsibility for and authority over the software development effort.	Contract		
4	MIL-STD-1679	Contractor	Contractor refers to any organization under contract or tasking agreement with the contracting activity to perform any part of the software development effort.	Contract		
5	MIL-STD-1679	Design walk-through	A step-by-step detailed examination of the design of the software by a small group of qualified personnel.	MIL-STD-1679	Does not mention.	Section "5.15.5 Independence in software product evaluation" mentions "walk-through" method
6	MIL-STD-1679	Development, software	The engineering process and effort that results in software, encompassing the span of time from initiation of the contracted effort through delivery to and acceptance by the contracting activity.	Development		
7	MIL-STD-1679	Developmental baseline	The initial set of specifications and other documents formally approved by the contracting activity which define the requirements on the software being developed under contract. This baseline evolves throughout the software development cycle under the contractor's internal software configuration management and represents the definition of the software at any stage of its development. Once an element of the Developmental Baseline is formally approved or accepted by the contracting activity, that element remains a member of the Developmental Baseline but its change control comes under the purview of the contracting activity. Upon delivery to and final acceptance by the contracting activity, the Developmental Baseline becomes the Product Baseline under control of the contracting activity.	Baseline		
8	MIL-STD-1679	Documentation (or computer program documentation)	The comprehensive written description of computer software in various formats and levels of detail that clearly define its content, composition, design, performance, testing, and use.	Documentation		
9	MIL-STD-1679	Error, documentation	An occurrence in the documentation which fails to reflect the operational requirements or accurately describe or support the software.	MIL-STD-1679	5.6.5 Software acceptance, clause c, Number and severity of errors	SOM and SUM - Performance characteristics

Tablo-6: Tanımlarla ilgili hazırlanan tablonun Microsoft Office Excel programında görünüşü

3. BELGE İNCELEMESİNİN SONUÇLARI

Standartların karşılaştırılması amacı ile gerçekleştirilmiş olan belge incelemesinin sonuçları araştırmacılar tarafından izleyen alt başlıklarda gruplandırılmıştır. Her alt başlıkta, incelenen konu grubu ile ilgili bir açıklama verilmekte ve standartların o konu ile ilgili içerikleri özetlenmektedir. Bu bilgilerden hareketle varılan bulgular ve gözlemler da numaralandırılarak bu bölümlerde sıralanmaktadır.

a. Standartların İş Süreç Modelleri

İSMG, süreç modelleme ve otomasyonu konusunda kullanılan güncel bir gösterimdir. Standartların bu gösterim ile modellenmesi, modellerin daha rahat anlaşılabilmesini sağlamaktadır. İSMG modellerinin dönüştürülerek işletilebilen modeller haline getirilmesi mümkündür, fakat bu araştırmada böyle bir çalışma yapılmamıştır.

İSMG modellerinin ayrıntısı modelin yaratıcısına bağımlıdır. Bu sebeple modellerdeki süreç sayısı ve benzeri özelliklerin standartlar arasında karşılaştırılması anlamlı olmayacaktır. Fakat modellerde - standartlardaki isimleri ile - İdare / Tedarikçi ve Yüklenici / Geliştirici arasında akış değişimi sayısının süreçteki kontrol adımı sayısı olarak algılanıp karşılaştırılması anlamlı olacaktır.

Standartların süreçlerinin ortaya çıkartılan belgeleri de içermesi nedeni ile standartların tanımladıkları belgelere de bu bölümde değinilecektir.

Tablo-7 standartların tanımladıkları kontrol noktalarının ve belgelerin sayılarını, Tablo-8 standartların hazırlanmasını bekledikleri belgeleri, Şekil-5 MIL-STD-1679, Şekil-6 DOD-STD-2167, Şekil-7 ve Şekil-8 MIL-STD-498 ile ilgili İSMG modellerini göstermektedir. Bu tablo ve şekillerden hareketle standartlarda tanımlanan belgelerin ve kontrol adımlarının değişimi Şekil-4'de gösterilmektedir. Tanımlanan kontrol adımlarının sayısının arttığı, belge

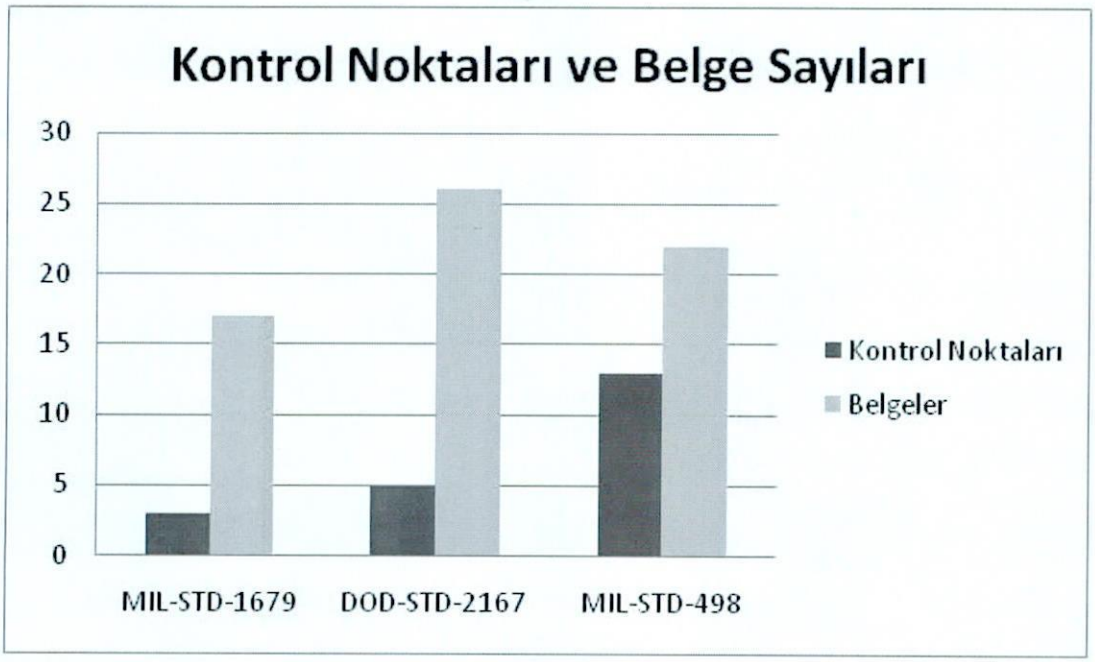
sayısının ise önce arttığı, sonra biraz azaldığı görülmektedir. Belge sayısındaki azalma, talep edilen bilgide azalma anlamına gelmemektedir, çünkü özellikle MIL-STD-498 belge şablonlarında, diğer standartlarda ayrı belgelerde talep edilen bilgilerin tek bir belgede talep edildiği görülmektedir.

Tablo-7: Standartların tanımladıkları kontrol noktası ve belge sayıları

	MIL-STD-1679	DOD-STD-2167	MIL-STD-498
Kontrol Noktaları	3	5	13
Tanımlanan Belge Sayısı	17	26	22

Kontrol noktalarının sayısındaki artış, Bölüm 2.1 ve 2.2'de bahsedilen çalışmaların standartları eleştirdikleri bazı noktaları haklı çıkarmaktadır. Bu artış, yapılan kontrollerin amacı ve anlamına dikkat edilmediğinde geliştiricinin kontrol noktalarına odaklanmasına neden olabilmektedir. Bu odak değişimi sonucunda beklenen kaliteden uzak yazılımın ortaya çıkma ihtimali artmaktadır.

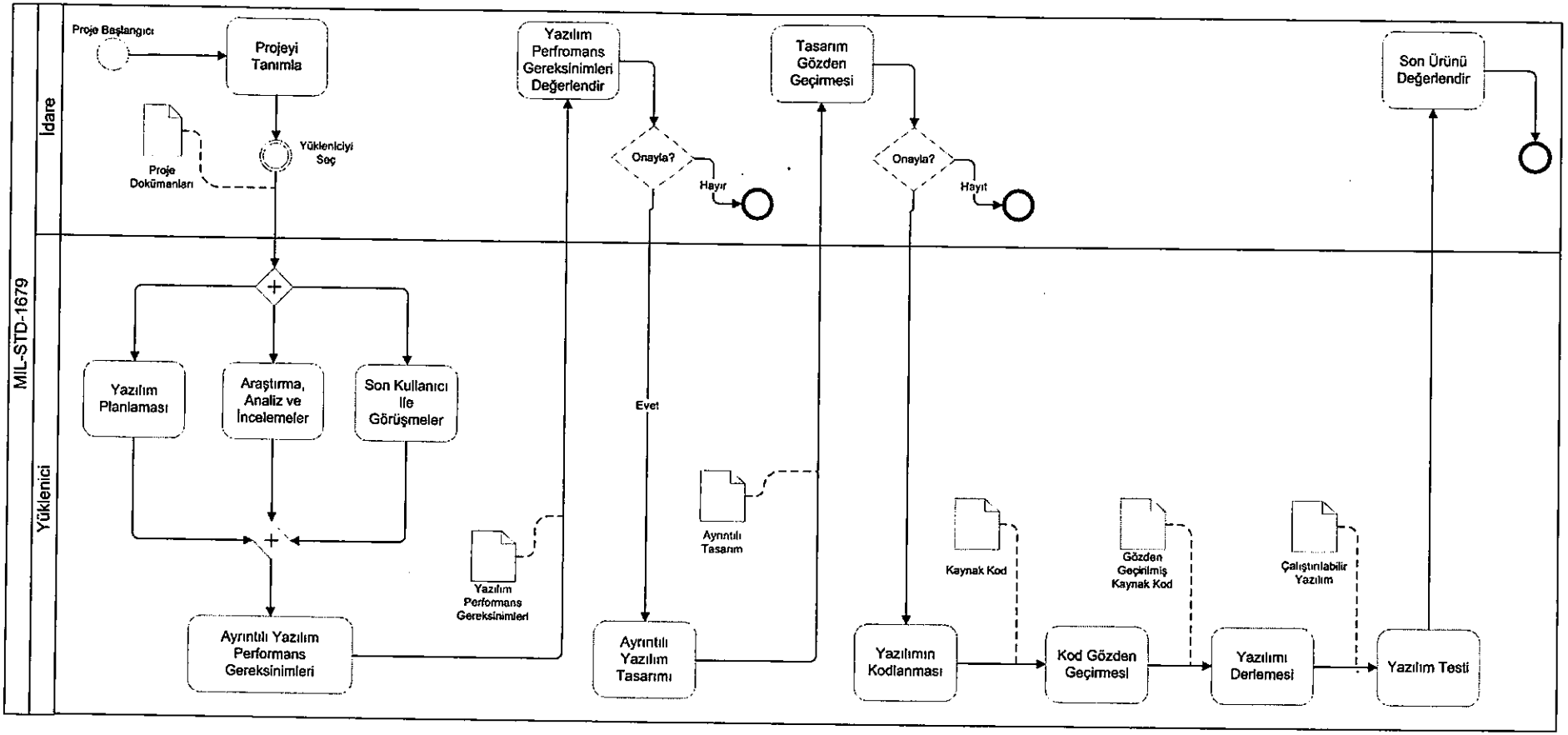
Bulgu 1. Standartların içerdiği kontrol noktalarının sayısı zamanla artmıştır.



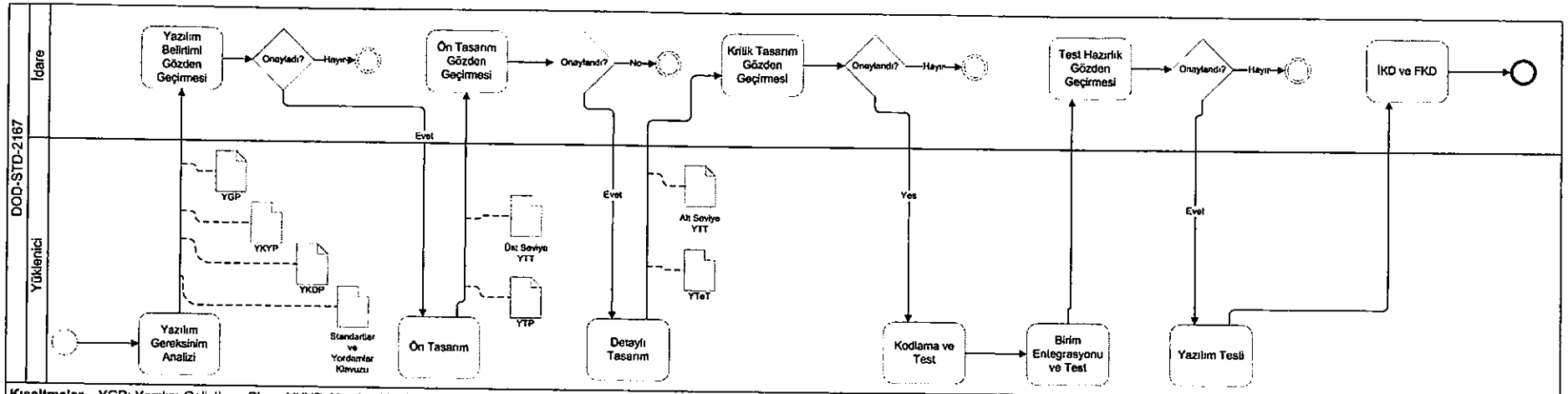
Şekil-4: Standartlarda tanımlanan belgelerde ve kontrol adımlarındaki değişim

Tablo-8: Standartların hazırlanmasını bekledikleri belgeler (belge türüne göre gruplandırılmış)

Belge Türü	MIL-STD-1679	DOD-STD-2167	MIL-STD-498
Sistem Mühendisliği Belgeleri		Operasyonel Konsept Tanımı	Operasyonel Konsept Tanımı
		Sistem/Altsistem Belirtimi	Sistem/Altsistem Belirtimi
			Sistem/Altsistem Tasarım Tanımı
Plan Belgeleri	Yazılım Geliştirme Planı	Yazılım Geliştirme Planı	Yazılım Geliştirme Planı
	Bilgisayar Programı Test Planı	Yazılım Test Planı	Yazılım Test Planı
	Yazılım Konfigürasyon Yönetim Planı	Yazılım Konfigürasyon Yönetim Planı	
	Yazılım Kalite Güvence Planı	Yazılım Kalite Değerlendirme Planı	
			Yazılım Kurulum Planı
			Yazılım Devir Planı
Gereksinim Belirtimi		Arayüz Gereksinim Belirtimi	Arayüz Gereksinim Belirtimi
	Program Performans Belirtimi	Yazılım Gereksinim Belirtimi	Yazılım Gereksinim Belirtimi
Tasarım Belirtimleri	Program Tasarım Belirtimi	Yazılım Üst Seviye Tasarım Belgesi, Yazılım Alt Seviye Tasarım Belgesi	Yazılım Tasarım Tanımı
	Arayüz Tasarım Belirtimi	Arayüz Tasarım Belgesi	Arayüz Tasarım Tanımı
	Veri Tabanı Tasarım Belgesi	Veri Tabanı Tasarım Belgesi	Veri Tabanı Tasarım Tanımı
Test Belirtimi ve Rapor Belgeleri	Bilgisayar Programı Test Belirtimi, Bilgisayar Programı Test Yordamları	Yazılım Test Tanımı, Yazılım Test Yordamları	Yazılım Test Tanımı
	Bilgisayar Programı Test Raporu	Yazılım Test Raporu	Yazılım Test Raporu
Yazılım Ürün Belgeleri	Program Tanımı Belgesi, Program Paketi Belgesi	Yazılım Standartları ve Yordamları Talimatnamesi, Yazılım Programcısı Talimatnamesi	Bilgisayar Programlama Talimatnamesi
		Yazılım Ürün Belirtimi	Yazılım Ürün Belirtimi
		Sürüm Tanım Belgesi	Yazılım Sürüm Tanımı
Operatör Talimatnameleri	Sistem Operatör Talimatnamesi	Bilgisayar Sistemi Operatör Talimatnamesi	Bilgisayar Operatör Talimatnamesi
	Operatör Talimatnamesi	Yazılım Kullanıcı Talimatnamesi	Yazılım Kullanıcı Talimatnamesi
		Bilgisayar Sistem Teşhis Talimatnamesi	
		Yerleşik Yazılım Destek Talimatnamesi	Yerleşik Yazılım Destek Talimatnamesi
			Yazılım Girdi/Çıktı Talimatnamesi
		Bilgisayar Kaynakları Tümleşik Destek Belgesi	
			Yazılım Merkezi Operatör Talimatnamesi
Sorun Raporu ve Değişiklik Belgeleri	Bilgisayar Yazılım Sorun Raporu		
	Yazılım Değişiklik Teklifi	Mühendislik Değişiklik Teklifi	
		Belirtim Değişiklik Duyurusu	

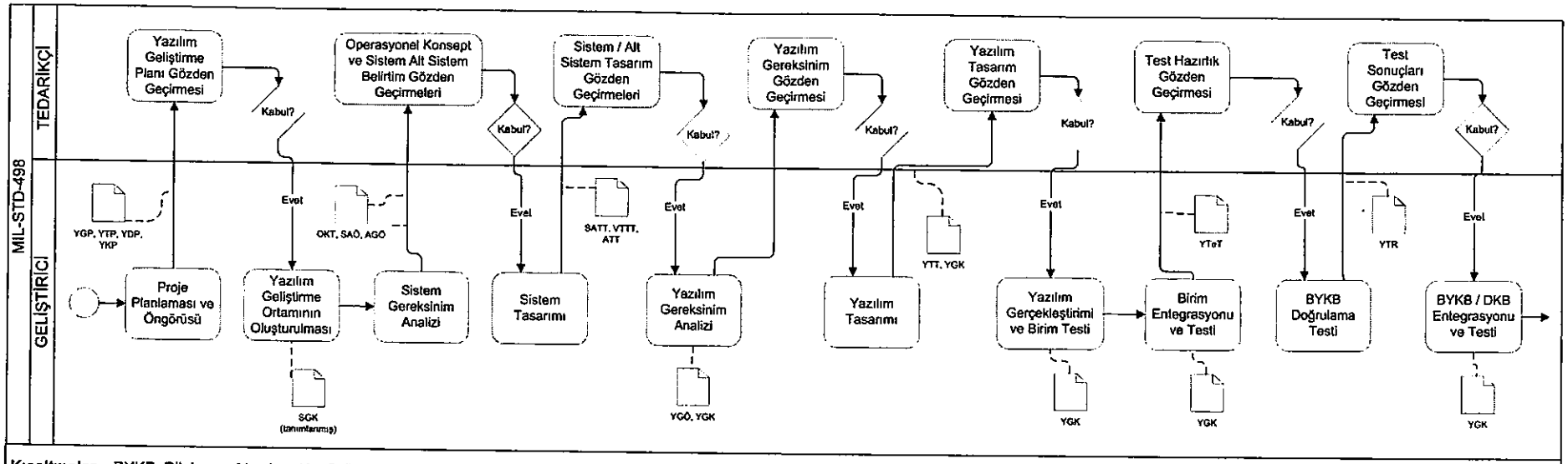


Şekil-5: MIL-STD-1679 İSMG Modeli



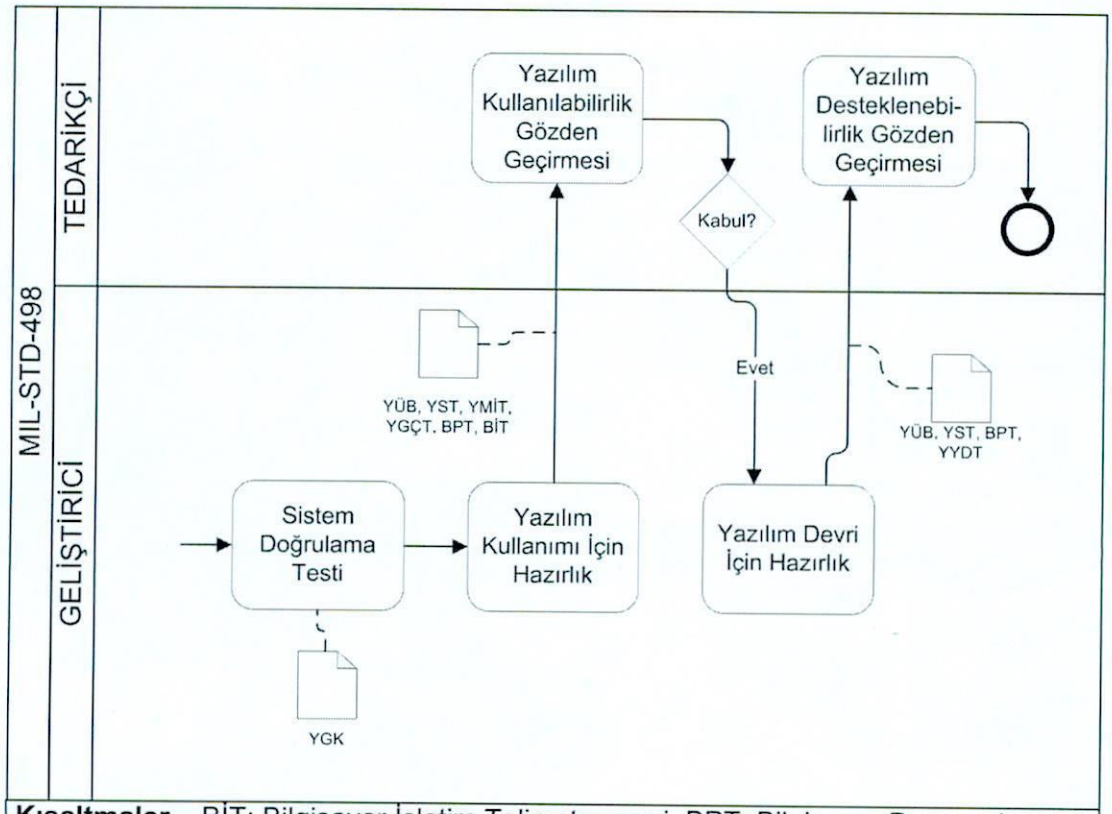
Kısaltmalar – YGP: Yazılım Geliştirme Planı, YKYP: Yazılım Konfigürasyon Yönetim Planı, YKDP: Yazılım Kalite Değerlendirme Planı, YTP: Yazılım Test Planı, YTT: Yazılım Tasarım Tanımı, YTeT: Yazılım Test Tanımı, İKD: İşlevsel Konfigürasyon Denetimi, FKD: Fiziksel Konfigürasyon Denetimi

Şekil-6: DOD-STD-2167 İSMG Modeli



Kısaltmalar – BYKB: Bilgisayar Yazılımı Konfigürasyon Birimi, VTTT: Veri Tabanı Tasarım Tanımı, DKB: Donanım Konfigürasyon Birimi, ATT: Arayüz Tasarım Tanımı, AGÖ: Arayüz Gereksinim Özellikleri, OKT: Operasyonel Konsept Tanımı, YTT: Yazılım Tasarım Tanımı, YGK: Yazılım Geliştirme Kütüphanesi, YGP: Yazılım Geliştirme Planı, YKP: Yazılım Kurulum Planı, SATT: Sistem/Altsistem Tasarım Tanımı, YGÖ: Yazılım Gereksinim Özellikleri, SAÖ: Sistem/Altsistem Özellikleri, YTeT: Yazılım Test Tanımı, YTP: Yazılım Test Planı, YDP: Yazılım Devir Planı, YTR: Yazılım Test Raporu

Şekil-7: MIL-STD-498 İSMG Modeli 1. Bölüm



Kısaltmalar – BİT: Bilgisayar İşletim Talimatnamesi, BPT: Bilgisayar Programlama Talimatnamesi, YYDT: Yerleşik Yazılım Destek Talimatnamesi, YMİT: Yazılım Merkezi İşletmen Talimatnamesi, YGÇT: Yazılım Girdi Çıktı Talimatnamesi, YÜB: Yazılım Ürün Belirtimi, YST: Yazılım Sürüm Tanımı, YGK: Yazılım Geliştirme Kütüphanesi

Şekil-8: MIL-STD-498 İSMG Modeli Bölüm 2

b. Programlama ve Kodlama

Bu bölümde, standartlarda programlama ve kodlama ile ilgili yer alan gereksinimler ve bunlarda gözlenen değişim irdelenecektir.

Standartlarda yer alan gereksinimlerin hedef alınan programcıları tarif ettiği varsayıldığında, MIL-STD-1679'un temel konularda hata yapabilme ihtimali bulunan programcılara yönelik olduğu söylenebilir. İsimlendirme, sembolik değişkenler, parantez kullanımı ve yorum satırları konularındaki gereksinimlerin standardın metninde yer alması (MIL-STD-1679 Bölüm 5.4), hem bu gereksinimlere dikkati çekmekte, hem de bunlara uyulduğunun kontrol edilmesi zorunluluğunu getirmektedir. MIL-STD-1679 aynı zamanda

programlama dilleri tarafından sunulan programlama mekanizmalarının kullanımına dair gereksinimler de içermektedir. Örneğin kod parçaları tek giriş ve tek çıkış noktasına sahip olmalıdır ve sadece standartta tanımlanan 5 kontrol yapısı kullanılabilir (MIL-STD-1679 Bölüm 5.3). MIL-STD-1679 yüksek seviye programlama dillerinin kullanımını da bir zorunluluk olarak tanımlamaktadır. Tüm bu gereksinimler, standardın içinde tümleşik olarak yer almaktadır ve herhangi birinin uygulamasından ancak tedarikçinin bir feragat izni ile vazgeçilebilmektedir.

DOD-STD-2167 de MIL-STD-1679'a benzer özelliklerde bir programcı tanımı yapmaktadır. Bununla beraber DOD-STD-2167 geliştiricinin kendi programlama ve kodlama standardını tanımlamasına izin vermektedir. Eğer böyle bir standart geliştirici tarafından tanımlanmazsa, DOD-STD-2167'nin eki olan kodlama standardının kullanılması gerekmektedir.

MIL-STD-498, programlama ve kodlama ile ilgili herhangi özel bir gereksinim ya da standart içermemektedir. Bu konularda tanımlanmış gereksinim olarak, kullanılacak programlama dillerinin sözleşmede belirtilmesi ve geliştirici tarafından bir kodlama standardının tanımlanması gereklilikleri bulunmaktadır.

IEEE/EIA 12207 programlama ve kodlama ile ilgili herhangi özel bir gereksinim ya da standart içermemektedir.

Standartların yukarıda özetlenen içerikleri doğrultusunda aşağıdaki tespitler yapılmıştır:

Gözlem 1. MIL-STD-1679'un geçerli olduğu dönemde tedarikçiler geliştiricilerin programlama ve kodlama yetkinliklerine güvenmiyorlardı, ya da geliştiricilerin programlama ve kodlama yetkinlikleri gerçekten zayıftı.

Gözlem 2. MIL-STD-498'in geçerlilik kazandığı dönemde geliştiricilerin programlama ve kodlama yetkinliği, üzerinde herhangi bir şüphe

duyulmayacak seviyeye ulaştı ve standartlarda bu konulara değinme ihtiyacı ortadan kalktı.

Bulgu 2. Programlama ve kodlama, standartların ana odak noktalarından birisini oluştururken bu konu ile ilgili gereksinimler zamanla standartların içeriğinden çıktı.

c. Hata ve Sorun

Standartlarda, yazılımın gereksinimlere uygun olarak çalışmadığı durumlar "hata" (*error*) ve "sorun" (*trouble*) terimleri ile tanımlanmaktadır. Bu bölümde standartlarda hata ve sorunlarla ilgili gereksinimler irdelenecektir.

MIL-STD-1679 üç tür hata tanımlamaktadır: Belgeleme hatası, süreksiz hata (aynı şartlar sağlandığında her zaman oluşmayan sistem hataları, *intermittent error*) ve yazılım hatası (MIL-STD-1679 Bölüm 3,9, 2.10 ve 3.11). Hatalar sonucu oluşan sorunlar ise yazılım sorunu, belge sorunu ve tasarım sorunu olarak sınıflandırılmaktadır (MIL-STD-1679 Bölüm 5.8.4.1). Yazılım sorunu, yazılımın ilgili belgelerle uyumlu olarak çalışmadığı ve belgelerin doğru olduğu durumdur. Belge sorunu, yazılım doğru çalışmasına rağmen ilgili belgelerin eksik ya da yanlış bilgiler içermesi halinde yaşanır. Tasarım sorunu ise, yazılımın tasarlandığı gibi çalıştığı ve ilgili belgelerle de uyumlu olduğu, fakat gereksinimlere uygun çalışmadığı (tasarımın hatalı olduğu) durumlarda ortaya çıkar.

MIL-STD-1679, oluşabilecek hatalarla ilgili 5 adet öncelik seviyesi tanımlamaktadır (MIL-STD-1679 Bölüm 5.8.4.2). Bu seviyelerle bağlantılı olarak, yazılımda izin verilen hata sayıları belirlenmiştir (MIL-STD-1679 Bölüm 5.10.3). Örneğin 3. seviyede hataların 70 bin kod satırı başına 1 adet olmasına izin verilmektedir. Ayrıca standartta "yama" tanımı da yapılmakta ve bu hataların giderilmesi için yamalar kullanılabileceği belirtilmektedir (MIL-STD-1679 Bölüm 5.5.4). Yamaların kullanım sıklığı ile ilgili sınırlar tanımlanmıştır (MIL-STD-1679 Bölüm 5.10.4). Yamalarda yer alan kod

miktarı, tüm yazılım kodunun 0.005'ini (binde beşini) aşmamalıdır. Yapılan yama miktarı ile testlerin tekrarı arasında da bağlantı kurulmuştur (MIL-STD-1679 Bölüm 5.10.2.10 ve 5.10.2.11).

DOD-STD-2167, Bilgisayar Yazılımı Konfigürasyon Birimi'ni (BYKB) tanımlayan özellikler arasında bilinen hataları saymaktadır (DOD-STD-2167 Bölüm 5.6.1.5). Yazılımın bilinen hatalarla kabul edilebileceği standartta yer almaktadır (DOD-STD-2167 Bölüm 5.6.5). Yazılımdaki hatalarla ilgili eğilimlerin tespit edilmesi gereksinimler arasında yer almaktadır (DOD-STD-2167 Bölüm 5.8.1.9 ve 5.8.1.10). Ayrıca yazılım ve belgeleme hatalarının belirlenmesinin ve düzeltilmesinin maliyeti ile ilgili analiz yapılması ve konunun belgelenmesi de gereksinim olarak standartta bulunmaktadır (DOD-STD-2167 Bölüm 5.8.1.11).

MIL-STD-498, hata ve sorun tanımı içermemektedir. Konuya, düzeltici faaliyetler (MIL-STD-498 Bölüm 5.17) kapsamında değinmektedir ve hatalarla ilgili eğilimlerin analiz edilmesi istenmektedir. MIL-STD-498 Ek C'de sorun bildiriminde kullanılması amacı ile hataların tanımına ve önceliklerine yer verilmektedir.

IEEE/EIA 12207'de hata ve sorun kavramları ile ilişkili içerik, MIL-STD-498 standardının içeriği ile benzerlik taşımaktadır.

Standartların yukarıda özetlenen içerikleri doğrultusunda aşağıdaki tespitler yapılmıştır:

Bulgu 3. MIL-STD-1679'un hata ve sorunlara yaklaşımı, onların varlığını kabul edilebilir olarak göstermektedir. Yazılımda olmasına izin verilen hata sayıları ile ilgili rakamlar verilmektedir. Diğer standartlar yazılımda hatalar olabileceğini kabul etmekle birlikte bunların kabul edilebilir olduğunu ifade etmemektedir. Standartların hata ve sorunlara yaklaşımının, onların varlığına izin vermekten varlıklarını kabul etmeye yönelen bir değişim gösterdiği görülmektedir.

Gözlem 3. MIL-STD-1679 ve DOD-STD-2167'de belgeleme hataları ile ilgili yapılan vurgunun MIL-STD-498'de yer almadığı görülmektedir. Belgeleme hatalarının yapılma oranının zaman içerisinde azalmış olamayacağı kabul edildiğinde, bu önemli konunun standartların gelişimi ile ortadan kaybolduğu görülmektedir.

ç. Gereksinim Türleri

Bu bölümde standartlarda tanımlanan gereksinim türleri irdelenecektir.

MIL-STD-1679, standart genelinde gereksinimlerden "performans gereksinimleri" olarak bahsetmektedir. Bu genel ifadenin yanı sıra, kontrol gereksinimleri (MIL-STD-1679 Bölüm 5.2.2.3), teknik, işletimsel ve test gereksinimleri (MIL-STD-1679 Bölüm 5.8), yönetim gereksinimleri (MIL-STD-1679 Bölüm 5.9.2) ve sistem rezerv gereksinimleri (MIL-STD-1679 Bölüm 5.10) değinilen diğer gereksinim türleridir.

DOD-STD-2167 işlevsel, performans, ara yüz ve yeterlilik gereksinimlerine değinmektedir (DOD-STD-2167 Bölüm 5.1).

MIL-STD-498 kritik gereksinimleri emniyet (zararsızlık), güvenlik ve gizlilik olarak Bölüm 4.2.4'de tanımlamaktadır. Standardın genelinde sistem ve yazılım gereksinimlerinden bahsedilmektedir.

IEEE/EIA 12207 çeşitli gereksinim türleri tanımlamakla birlikte (IEEE/EIA 12207 1996, Bölüm 5.3.4.1; IEEE Std 12207 2008, Bölüm 7.1.2.3.1.1) özel olarak herhangi bir gereksinim türüne vurgu yapmamaktadır.

Standartların yukarıda özetlenen içerikleri doğrultusunda aşağıdaki tespit yapılmıştır:

Gözlem 4. MIL-STD-1679 ve MIL-STD-498 özel olarak bazı gereksinim türlerine vurgu yaparken, DOD-STD-2167 ve IEEE/EIA 12207 benzer özel vurgular içermemektedir. Özel vurgunun, söz konusu konularda yaşanan eksikliklerden ya da bu konulara daha çok önem verilmesinden kaynaklanması beklenebilir. Bu iddiadan hareketle, MIL-STD-1679 için performansın, MIL-STD-498 için emniyet, güvenlik ve gizlilik konularının kritik olduğu söylenebilir.

d. Referanslar

Bu bölümde standartların referans olarak kullandığı diğer belgeler üzerinden bir değerlendirme yapılacaktır. DoD'da belirtildiği gibi, referanslar standartlara gizli ek gereksinimler getirmektedir (1994). Çünkü referans verilen belgelerdeki gereksinimler de tedarikçi tarafından uyumu istenebilecek gereksimler haline gelmektedir. Referans verilen belgelerin yanı sıra sözleşmeler de içerdikleri gereksinim ve diğer hükümlerle referanslar ile aynı etkiyi yaratmaktadır.

MIL-STD-1679 herhangi bir belgeyi referans olarak göstermemektedir. Bu durumun MIL-STD-1679'un yazılım geliştirme konusundaki ilk askeri standart olmasından kaynaklandığı düşünülebilir. İmzalanan sözleşmede belirtilen diğer standartlara uyumluluk (MIL-STD-1679 Bölüm 4.4) ve uygulanabilir diğer standartlara uyumluluk (MIL-STD-1679 Bölüm 4.7, 5.2., 5.2.1 ve 5.9.6) konuları standart metni içinde geçmektedir.

DOD-STD-2167 7 adet askeri standardı referans olarak göstermektedir. Sözleşmede belirtilen standartlara (DOD-STD-2167 Bölüm 1.3) ve diğer uygulanabilir standartlara uyum (DOD-STD-2167 Bölüm 5.8.1.2.2) konularına da değinilmektedir.

MIL-STD-498 herhangi bir belgeyi referans olarak göstermemektedir. Bölüm 6'da birlikte uygulanabileceği diğer standartları listelemektedir. Sözleşmede yer alan diğer standartlara (MIL-STD-498 Bölüm 4.1 ve 5.1.1)

ve geliştirici tarafından tanımlanan standartlara (MIL-STD-498 Bölüm 4.2.2) değinilmektedir.

IEEE/EIA 12207 1996'da, Bölüm 2'de referans verilen belgeler sıralanmıştır. Bölüm 1.3'de sözleşmelerin gereksinim kaynağı olabileceği açıkça belirtilmektedir. IEEE Std 12207 2008 ise herhangi bir referans içermemektedir.

Standartların yukarıda özetlenen içerikleri doğrultusunda aşağıdaki tespit yapılmıştır:

Bulgu 4. Standartların kendi içlerinde başka belgeleri referans vermeleri konusunda değişken bir gelişim izlenmiş olmakla birlikte askeri ve sivil standartların gelişimi olumlu yönde gerçekleşmiştir ve hiçbir standarda referans verilmemeye başlanmıştır. Bununla beraber, referanslarla benzer etkiyi yaratma potansiyeline sahip bir konu, sözleşme maddelerinin gereksinim olarak ele alınması konusu tüm standartlarda yer almaktadır.

e. Test Kapsamı

Bu bölümde test kapsamı terimi, test edilecek varlıkların ve test yöntemlerinin kapsamı olarak ele alınmaktadır. Standartların test kapsamı ile ilgili gereksinimleri sıralanacak ve bunlarla ilgili değerlendirmelere yer verilecektir.

MIL-STD-1679, teslim edilen çalıştırılır dosyalardaki her komutun birim testleri sırasında işletilmesini gerektirmektedir (MIL-STD-1679 Bölüm 5.5.3). Bu gereksinim yazılım mühendisliğinde komut kapsamı olarak nitelendirilen kavramla aynı anlama gelmektedir.

DOD-STD-2167, gereksinimlere yönelik yeterli bir test kapsamı (DOD-STD-2167 Bölüm 5.8.1.2.4) ve tasarım ve test belgeleri arasında izlenebilirlik (DOD-STD-2167 Bölüm 5.8.1.2.5) gereksinimlerini

tanımlamaktadır. Uygulanabilir bir yöntem olarak örneklemeden bahsetmektedir (DOD-STD-2167 Bölüm 5.8).

MIL-STD-498 test senaryolarının yazılım ile ilgili tüm yönleri içermesi (MIL-STD-498 Bölüm 5.7.2, 5.8.1 ve 5.10.1) hakkında gereksinimler tanımlamaktadır. Gereksinimlerle test senaryoları arasında izlenebilirlik olması zorunluluğu da tanımlanmıştır (MIL-STD-498 Bölüm 5.9.3 ve 5.11.3).

IEEE/EIA 12207'de test kapsamı terim olarak tanımlanmakta ve standardın içinde bahsedilmektedir. Yapılan tanıma göre, test kapsamı gereksinimlerle test tanımları arasındaki izlenebilirliği tarif etmektedir.

Standartların yukarıda özetlenen içerikleri doğrultusunda aşağıdaki tespit yapılmıştır:

Bulgu 5. DOD-STD-2167, MIL-STD-498 ve IEEE/EIA 12207'de tanımlanan kapsam gereksinimleri belgeler üzerinden yapılan işlemleri içermektedir. MIL-STD-1679'da istenen kapsam ise işletilebilir kod üzerindedir ve RTCA DO-178 gibi güvenilir yazılımlara yönelik çağdaş standartlarla uyumludur. Standartların içerikleri itibari ile test kapsamı konusunda olumsuz yönde bir gelişim yaşandığı gözlenmektedir.

f. Sistem Mühendisliği

Bu bölümde standartların sistem mühendisliği ile ilişkili içerikleri ortaya konacak ve bu içerikten hareketle konu irdelenecektir.

MIL-STD-1679 sistem mühendisliği ile doğrudan ilgili herhangi bir gereksinim tanımlamamaktadır. Standardın içeriğindeki bazı gereksinimler, çağdaş bir bakış açısı ile incelendiğinde sistem mühendisliği gereksinimleri olarak görülebilir. Bunlar; geliştiricinin sistemin performans gereksinimleri ile ilgili tüm konuları incelemesi ve analiz etmesi gereksinimi (MIL-STD-1679 Bölüm 5.1.2), sistemde yazılımı etkileyen birleşenler arasındaki ilişkiyi analiz

etme gereksinimi (MIL-STD-1679 Bölüm 5.1.4.2), yazılımın diğer sistem birleşenleri ile nasıl ara yüz oluşturduğunu belirlemesi gereksinimi (MIL-STD-1679 Bölüm 5.1.4.2) ve donanımın gereksinimlerini, ayarlarını ve ilişkili yordamları belirleme gereksinimidir (MIL-STD-1679 Bölüm 5.7.1).

DOD-STD-2167, yazılım mühendisliği çalışmalarından önce gerçekleştirilmesi gereken sistem mühendisliği çalışmalarından açıkça bahsetmektedir. Sistem mühendisliği belgeleri referans olarak gösterilmektedir. Geliştirici bu belgeleri gözden geçirme ve gerekirse güncellemekle görevlendirilmiştir (DOD-STD-2167 Bölüm 5.1.3 ve 5.8.1.2.3). Eğer bu belgeler hazırlanmadıysa, geliştirici tarafından hazırlanmalıdır (DOD-STD-2167 Bölüm 5.1.2.2 ve 5.1.3). Bunların yanında, geliştiriciye yönelik gereksinimler arasında sistem mühendisliğinin görev alanına giren gereksinimler de yer almaktadır: Geliştirici sistemin görevini, işletimsel ve destek çevre koşullarını, bilgisayar sisteminin sistem genelindeki işlevini (DOD-STD-2167 Bölüm 5.1.1.4) ve bilgisayar sisteminin işletimi ile ilgili yordamları tanımlamalıdır (Bölüm 5.2.1.7).

MIL-STD-498 sistem gereksinimleri analizi, sistem tasarımı ve sistem yeterlilik testlerini sürecin birer aşaması olarak tanımlamakta ve bu aşamalarda geliştiricinin sistem mühendislerine yardımcı olarak ya da eğer sistem salt yazılım ve ilişkili bilgisayarlardan oluşuyorsa sistem mühendisleri olarak çalışmasını gerektirmektedir. Standart, çeşitli sistem mühendisliği belgelerinden bahsetmektedir. Standardın kritik gereksinimler olarak tanımladığı emniyet, güvenlik ve gizlilik gereksinimleri ile ilgili içerik sistem mühendisliğinin çalışma alanına da girmektedir.

IEEE/EIA 12207 alıcı, tedarikçi ve geliştirici rollerini tanımlamakta ve sistem mühendisliği ile ilgili işleri alıcı ve tedarikçiye tahsis etmektedir. Standartta sistem mühendisliği ile ilgili gereksinimler olmakla birlikte bunlar askeri standartlarda olduğu gibi geliştiriciye atanmamaktadır.

Standartların yukarıda özetlenen içerikleri doğrultusunda aşağıdaki tespitler yapılmıştır:

Bulgu 6. Sistem mühendisliği kavramı standartlarla zamanla bütünleşmiş ve bu konuda olumlu bir gelişim yaşanmıştır.

Gözlem 5. Sistem mühendisliği standartlarla bütünleşmiş olmasına rağmen, standartlarda aslında doğrudan sistem mühendislerinin görevi olarak algılanabilecek gereksinimler bulunmaya devam etmiştir. Bu konuda standartların içeriğinin ve kapsamının geliştirilmesi gerekmektedir.

g. Risk Yönetimi

Bu bölümde risk yönetimi ile ilgili gereksinimler irdelenecektir.

MIL-STD-1679 risk terimini doğrudan kullanmamaktadır. Bununla beraber, Bölüm 4.1'de geliştirici süreçle ilgili gelişimin ve sorunların izlenebilmesi için gerekli yordamların planlanması ve gerçekleştirimi konularında görevli kılınmaktadır.

MIL-STD-1679, yazılım gereksinim analizi aşamasında ileride değişmesi muhtemel gereksinimlerin belirlenmesi zorunluluğunu tanımlamaktadır. Gereksinim değişimleri yazılım geliştirme projelerinde yaşanan başarısızlıkların nedenleri arasında önde gelen bir konuma sahiptir. Bu nedenle bu gereksinimin risk yönetimi kapsamında ele alınabileceği değerlendirilmiştir.

DOD-STD-2167, yazılım geliştirme takviminin yüksek riskli bölümlerinin tanımlanmasını (Bölüm 5.1.1.1), risk yönetimi yordamlarının tanımlanmasını ve gerçekleştirimini (Bölüm 5.9.1.5) ve risk yönetiminin değerlendirmesini (Bölüm 5.8.1.2.2) zorunlu kılmaktadır.

MIL-STD-498 risk yönetiminin yapılmasını gerektirmektedir (Bölüm 5.19.1).

IEEE/EIA 12207 tedarikçiyi risk yönetimi ile görevlendirmekte, ayrıca 2008 sürümünde risk yönetimi ile ilgili bağımsız bir süreç tanımlamaktadır.

Standartların yukarıda özetlenen içerikleri doğrultusunda aşağıdaki tespitler yapılmıştır:

Bulgu 7. Risk yönetimi kavramı zamanla standartlar içinde açıkça bahsedilen bir konu haline gelmiştir ve bu konuda olumlu bir gelişim yaşanmıştır.

Gözlem 6. Gerek yazılım, gerekse sistem projelerinde başarısızlığa yol açan önde gelen etmenler arasında gereksinimlerin değişimi görülmektedir. MIL-STD-1679'da yer alan, değişme potansiyeline sahip gereksinimlerin belirlenmesi maddesinin ilerleyen standartlardan kaldırılmış olması önemli bir kayıp olarak nitelendirilebilir.

ğ. Ticari Yazılım

Bu bölümde standartların, geliştirme sürecinde ya da teslim edilecek üründe ticari yazılım kullanımına ilişkin içerdiği gereksinimler irdelenecektir.

MIL-STD-1679 ticari ürünlerin maliyet ekinliğinin incelenmesini ve bu ürünlerin uygun olması durumunda kullanımını gereksinimler arasında sıralamaktadır (MIL-STD-1679 Bölüm 5.12.2).

DOD-STD-2167, ticari yazılımların kullanımın karar verilmeden önce şu eylemlerin gerçekleştirilmesini gerektirmektedir (DOD-STD-2167 Bölüm 4.4 ve 4.5): Veri hakları ve belgeleme konularının açıklığa kavuşturulması, ticari yazılımın belgelendiği gibi çalıştığının kontrol edilmesi, ticari yazılımın

sertifikasyonunun tanımlanması ve ticari yazılım konusunda tedarikçinin onayının alınması. Yazılım geliştirme planlamasının; ticari yazılımın alımı, değerlendirmesi ve sertifikasyonu ile ilgili planları içermesi gerekmektedir (DOD-STD-2167 Bölüm 5.1.1.1). Yapılandırma yönetimi ve kalite değerlendirmelerinde de ticari yazılımlarla ilgili konular kapsanmaktadır.

MIL-STD-498 ticari yazılım terimini kullanmamaktadır, fakat "yeniden kullanılabilir yazılım ürünleri" tanımı ticari yazılımları içermektedir. Standart, kullanılabilecek ticari yazılımın aranması ve değerlendirilmesi ile ilgili planlamanın yazılım geliştirme planında belgelendirilmesini gerektirmektedir. Ticari yazılımlarla ilgili veri hakları konusuna da değinilmektedir.

IEEE/EIA 12207, ticari yazılımın tedariğinden önce gereksinimleri karşıladığının, belgelemesinin erişilebilir olduğunun, kullanım haklarının adreslendiğinin ve gelecekte o yazılım ile ilgili destek alımının planlandığının gösterilmesini gerektirmektedir.

"Rafta Hazır Ticari" (RAHAT, *commercial off the shelf*) tanımı MIL-STD-498 ve IEEE/EIA 12207 tarafından içerilmektedir.

Standartların yukarıda özetlenen içerikleri doğrultusunda aşağıdaki tespit yapılmıştır:

Gözlem 7. Ticari yazılım konusuna tüm standartlarda değinilmiştir fakat bu tür yazılım için güvenilirlik konuları (sertifikasyon) zamanla standartların kapsamı dışına çıkmıştır. Dolayısı ile bu konuda olumsuz yönde bir gelişim yaşanmıştır.

h. Yazılım Mühendisliği Anlayışı

Bu bölümde standartların yazılım mühendisliğine bakışlarını ortaya koyan noktalara değinilecektir.

MIL-STD-1679 yazılım mühendisliğinde biçimsel yöntemlerin kullanımını öngörmektedir. Gereksinimler için mantıksal ve matematiksel açıklamalar gerektirmekte (MIL-STD-1679 Bölüm 5.1.2.6) ve kaynak kullanımı için biçimsel analizler yapılmasını zorunlu kılmaktadır (MIL-STD-1679 Bölüm 5.5.2). Tüm yazılım süreçlerinde yukarıdan aşağıya bir yaklaşım kullanılmasını gerektirmektedir (MIL-STD-1679 Bölüm 5.2, 5.5 ve 5.8). Standart ayrıca yazılım geliştirme sürecinde ortaya konulan gereksinimlerin dışına çıkılmasına (ek işlevlerin gerçekleştirimine) izin vermemektedir (MIL-STD-1679 Bölüm 4.2).

DOD-STD-2167, "program tasarım dili" ve "yapısal gereksinim analiz aracı" gibi biçimsel araçlara değinmektedir (DOD-STD-2167 Bölüm 5.2.1.4, 5.3.1.5 ve 5.1.1.7). Yukarıdan aşağıya yaklaşımın kullanımı zorunlu tutulmaktadır (DOD-STD-2167 Bölüm 4.2, 4.8, 5.3.1.3, 5.4.1.2 ve 5.5.1.2). Ödünleşme analizlerinden bahsedilmektedir (DOD-STD-2167 Bölüm 5.3.2.3).

MIL-STD-498 biçimsel araçlara ve yöntemlere ve yukarıdan aşağıya yaklaşıma değinmemektedir. Ödünleşme analizine, mühendislik çalışmalarının önemli bir yönü olarak yer vermektedir (MIL-STD-498 Bölüm 4.2.6).

IEEE/EIA 12207 geliştiricileri uygulayacakları yazılım geliştirme yöntemleri ve yaşam döngüsü modelleri konusunda serbest bırakmaktadır. Bununla beraber standartta yer alan bazı ifadeler (örneğin 1996 sürümünde Bölüm 5.3.5.1 ve 5.3.6.1) tarif ettikleri gereksinimler itibari ile yukarıdan aşağıya çalışma yöntemini anlatıyor olarak yorumlanabilir.

Standartların yukarıda özetlenen içerikleri doğrultusunda aşağıdaki tespitler yapılmıştır:

Bulgu 8. Yazılım mühendisliği anlayışı zamanla değişmiş, biçimsel yöntemler ve yukarıdan aşağıya yazılım mühendisliği anlayışı ile ilgili zorunluluklar

ortadan kalkmış ve yazılım geliştirme yöntemleri ile ilgili tüm sınırlamalar kaldırılmıştır.

Bulgu 9. Geliştirilen yazılımda tanımlı gereksinimlerin dışında işlevler olmamasına dair gereksinim, RTCA DO-178 gibi yüksek güvenilirlikli yazılımlara yönelik güncel standartlarda da belirtilen önemli bir kuraldır. Bunun askeri yazılım geliştirmeye yönelik standartlarda zamanla ortadan kaybolduğu görülmüştür.

ı. Kaynak Yönetimi

MIL-STD-1679, geliştiricinin tüm kaynak gereksinimlerini tanımlamasını ve yönetmesini zorunlu kılmaktadır (MIL-STD-1679 Bölüm 5.1.3, 5.2.2.4, 5.2.3 ve 5.5.2). Tasarımın öngörülen kaynak kullanımını sağladığı (aşmadığı) gösterilmelidir ve bu gösterim çözümleme ve modelleme ile yapılmalıdır (MIL-STD-1679 Bölüm 5.2 ve 5.5.2). Kaynak kullanımı takip edilmelidir (MIL-STD-1679 Bölüm 5.5.2). Standart, tüm kaynaklarda %20 rezerv kapasite kalmasını gerekli kılmaktadır (MIL-STD-1679 Bölüm 5.5.2 ve 5.10.1).

DOD-STD-2167, üst seviye tasarım sırasında kaynak kullanım ihtiyacının belirlenmesini ve bu ihtiyacın izlenmesini gerektirmektedir (DOD-STD-2167 Bölüm 5.2.1.2, 5.3.1.7, 5.5.1.4 ve 5.9.1.1).

MIL-STD-498, kaynakların BYKB'leri arasında paylaşımını ve kaynak kullanımının izlenmesini gerektirmektedir (MIL-STD-498 Bölüm 4.2.5 ve 5.13.4).

IEEE/EIA 12207, standart genelinde çeşitli faaliyetler için gerekli kaynakların ayrılması ile ilgili gereksinimler içermektedir.

Standartların yukarıda özetlenen içerikleri doğrultusunda aşağıdaki tespit yapılmıştır:

Bulgu 10. Standartların gelişimi ile kaynak kullanımına ilişkin gereksinimler daha az ayrıntılı ve daha az talepkâr hale gelmiştir.

i. Kavramsal Farklılıklar

Belge incelemesi ayrıntılı olarak standartların içerikleri üzerinden yapılmıştır. Birbirini izleyen standartların tanımlanması ile ortaya çıkan doğal bir sonuç, çeşitli kavramların zamana bağlı olarak standartlara dâhil edilmiş olmalarıdır. Bu kavramlar Tablo-9'da verilmektedir.

j. Genel Değerlendirme

Belge incelemesi ile ilgili olarak önceki bölümlerde ortaya konan gözlem ve bulgular doğrultusunda şu sonuçlara ulaşmak mümkündür (referans verilen ve önceki bölümlerde metin içerisinde dağınık olarak yer alan bulgu ve gözlemler, EK-B'de toplu olarak listelenmiştir.):

1. Standartların tanımladıkları süreçler zamanla daha ayrıntılı hale gelmiştir (Bulgu 1).

2. Standartların odaklandığı çeşitli ve farklı konular bulunmaktadır (Bulgu 2, Gözlem 4). Bu konular standartların önemli özellikleri ve farklılaşma nedenleri arasında değerlendirilebilir.

3. Zamanla standartların içerikleri ve kapsamları genişlemiştir. Tablo-9'da da görüldüğü gibi, çeşitli yazılım mühendisliği kavramları zamanla standartların kapsamına girmiş, az sayıda kavram kapsam dışına çıkmıştır. Bununla beraber söz konusu kapsam genişlemesi, özellikle DOD-STD-2167 sonrasında zamanla gerçekleşmiş, standartlar arasında derin farklılıklar yaratmamıştır.

4. Standartların zamanla iyileştiği ya da olağan seyir izlediği noktalar (Gözlem 1, Gözlem 2, Gözlem 3, Bulgu 3, Bulgu 4, Bulgu 6, Bulgu 7, Bulgu 10) olduğu gibi, güncel bir bakış açısı ile bakıldığında standartların değişimi sürecinde olumsuz yönde gelişen noktalar (Bulgu 5, Bulgu 8, Bulgu 9, Gözlem 6, Gözlem 7) da bulunmaktadır.

Tablo-9: Çeşitli kavramların standartlara dâhil olup olmadıkları (X işareti dâhil değil, ≈ işareti tam dâhil değil, √ işareti dâhil anlamındadır)

Terim / Konu	**MIL-STD-1679**	**DOD-STD-2167**	**MIL-STD-498**	**IEEE/EIA 12207**
Teslim edilmeyen yazılım	X	√	√	√
Artırımsal ve evrimsel yazılım geliştirme	X	√	√	√
Uyarlama (*Tailoring*)	X	√	√	√
Yeniden kullanım	X	√	√	√
Testlerde bağımsızlık (*Independence*)	X	√	√	√
İzlenebilirlik (*Traceability*)	X	√	√	√
Yazılım ürünlerine sürüm atanması	X	√	√	√
Yazılımın devri	≈	≈	√	√
Test Edilebilirlik (*Testability*)	X	≈	√	√
Doğrulama (*Validation*)	X	X	X	√
Servis kavramı	X	X	√	√
Stres testleri	√	X	X	√
Kullanıcı eğitimleri	X	≈	√	√
Belge şablonları	√	√	√	X

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

DENEY ve SONUÇLARI

Bu araştırma kapsamında incelenen standartların birbiri ile karşılaştırılmasının belge incelemesi dışında bir diğer yolu uygulama tabanlı verilerle karşılaştırmadır. Uygulama tabanlı veriler standartların uygulayıcıları tarafından nasıl anlaşıldığı konusunda diğer yöntemlerle anlaşılamayacak bulguları ortaya koyabilir. Ayrıca, diğer yöntemlerle yapılan karşılaştırmaların doğrulaması olarak uygulama tabanlı veriler kullanılabilir.

Uygulama tabanlı veriler kuşkusuz uygulamanın yapıldığı çevreye bağımlı olacaktır. Söz konusu çevre; uygulamayı yapan ekip, kullandıkları yazılım geliştirme yöntemleri ve araçları, kullandıkları programlama dili, kullandıkları bilgisayar donanımı ve işletim sistemi ve benzeri etmenlerden oluşur. Bu tablo içinde uygulanan standart, pek çok etmenden yalnızca bir tanesi olarak ortaya çıkar ve bu etmenin tek başına etkisinin anlaşılmasının yolu diğer tüm etmenleri etkisiz hale getirmek ya da kontrol altına almak olabilir. Bu bağlamda, uygulama tabanlı verilerde standartların etkisinin tam olarak ölçülebilmesi için hayali, deneysel ve gerçek verilere dayanan olmak üzere üç senaryodan bahsedilebilir (Tablo-10).

Hayali Senaryo'da aynı proje her standartla, aynı koşullar altında geliştirilir. Senaryonun hayali olması, aynı kalması kolaylıkla sağlanabilecek yazılım geliştirme araçları, programlama dili, bilgisayar donanımı ve işletim sistemi gibi koşullarla değil, yazılım geliştirme ekibinin aynı kalması ile ilgilidir. Hayali Senaryo'da her proje gerçekleştirimi sonrasında yazılım geliştirme ekibinin geliştirdikleri proje ile ilgili her türlü bilgi ve hatırası silinerek proje öncesi durumlarına döndürülür. Böylece standartlar, projelerin farklı gerçekleştirimlerinde değişen tek etmen haline gelir. Fakat kişilerin

belleklerinin silinmesi mümkün olmadığından bu senaryonun gerçekleşmesi de mümkün olamayacaktır.

Tablo-10: Standartların karşılaştırılmaları ile ilgili senaryolar

	Hayali	**Deneysel**	**Gerçek Verilere Dayanan**
Proje Tanımı	Aynı proje tanımı	Aynı proje tanımı	Aynı proje konusu, fakat farklı çevre koşulları ve gereksinimler
Yazılım Geliştirme Ekibi	Aynı kişiler	Farklı kişiler	Farklı kişiler
Diğer Çevre Koşulları	Aynı geliştirme ortamı	Aynı geliştirme ortamı ya da kişilerin seçebileceği geliştirme ortamı	Projenin yapıldığı zamandaki geliştirme ortamı

Deneysel Senaryo'da standartların değişimini anlamak isteyen kişiler ya da kurumlar deneysel bir ortam hazırlarlar ve bu deneysel ortamda aynı projeyi her standart için farklı ekiplerle gerçekleştirirler. Bu farklı gerçekleştirimlerde yazılım geliştirme ortamı aynı kalabilir ya da değişmesine izin verilebilir. Bu senaryonun zaafı, gözlenen değişimlerin ne kadarının standardın değişimine, ne kadarının yazılım geliştirme ekibinin değişimine bağlı olduğunun anlaşılmasının güçlüğü, ya da bazı durumlarda imkânsızlığıdır.

Gerçek Verilere Dayanan Senaryo'da özel bir çalışma yapmadan standartların değişiminin anlaşılmasına çalışılmaktadır. Buna göre aynı alanda ve aynı konuda yürütülen projelerden (örneğin hava kuvvetleri için komuta kontrol sistemi geliştirilmesine yönelik 1975, 1983, 1992 ve 2005 yıllarında yürütülmüş projeler) veri toplayarak bunların işlenmesi ile uygulanan standartların etkileri hakkında bilgi edinilebileceği öngörülmektedir. Bu senaryo, standartların etkilerinin anlaşılması konusunda

en kötü senaryo olmakla birlikte, gerçek uygulamalara dayanan tek senaryodur.

Doğrudan karşılaştırılabilecek veri üretememesinin yanı sıra Gerçek Verilere Dayanan Senaryo'nun uygulanması ile ilgili iki güçlük daha bulunmaktadır. Birinci güçlük askeri projelere ilişkin verilerin gizlilik nedeni ile araştırmacılara verilmesinin çoğunlukla mümkün olmamasıdır. Türkiye'de yazılımı da içeren özgün savunma sanayi ürünlerinin 1990'lı yıllarla ortaya çıkmaya başladığı göz önüne alındığında, Türkiye'den edinilecek kaynaklarla araştırmanın yapılamayacağı sonucuna varılmaktadır. Gizlilikle ilgili kısıtlamalar ise diğer ülkelerdeki askeri yazılım bilgilerinin Türkiye'deki bir araştırmacıya verilmesini imkânsız kılmaktadır.

İkinci güçlük, Campbell-Kelly'nin de belirttiği gibi yazılım ile ilgili bilgilerin zamanla kaybedilmesidir (2003). Özellikle yazılımı geliştiren kurum ya da kuruluş varlığını sürdürememişse, o yazılım ile ilgili önemli bilgiler kaybedilmektedir.

Sonuç olarak; gerek standartları karşılaştırma amacına yönelik olarak en kullanılabilir senaryo olması itibari ile, gerekse alternatifi olan Gerçek Verilere Dayanan Senaryo'nun bu araştırmanın şartları içerisinde uygulanmasının imkân dâhilinde olmaması nedeni ile Deneysel Senaryo'nun uygulanmasına karar verilmiştir.

Deneyin yapılacağı ortamın bir işyeri ya da akademik bir ortam olabileceği değerlendirilmiştir. Konu alınan standartlardan MIL-STD-1679 ve DOD-STD-2167'nin araştırmanın yapıldığı zaman diliminde geçerli olmadığı ve kullanılmadığı göz önüne alındığında, deneysel çalışmanın süregelen gerçek projelerle bağdaştırılamayacağı anlaşılmaktadır. Deneysel çalışmanın tarihsel boyutu araştırma açısından ilgi çekmekle birlikte, yazılım alanında faaliyet gösteren ve günlük ya da geleceğe dönük çalışan kurum ve kuruluşlar için ilgi çekici olmamaktadır. Bu yüzden uygulama tabanlı veri

oluşturmaya yönelik çalışmanın yazılım sektöründe faaliyet gösteren kurum ve kuruluşların desteği ile yapılma ihtimalinin zayıf olduğu değerlendirilmiştir.

Yukarıda sıralanan nedenlerle deneysel çalışmanın akademik bir ders kapsamında, dersi alan öğrencilerin katılımı ile gerçekleştirilmesine karar verilmiştir. Yapılan deney, konu alınan standartları karşılaştırmak amacıyla gerçekleştirilen ve literatürde yer alacak ilk çalışma olma özelliğini taşımaktadır.

Deney, ileriki bölümlerde anlatılan ve gerçekleştirildiği ortamdan kaynaklanan zaman kısıtı nedeni ile sadece askeri kurumlar tarafından tanımlanan standartları içermekte, belge incelemesinde olduğu gibi IEEE 12207 standartlarını kapsamamaktadır.

Deneyin amacının uygulama tabanlı veri toplamak olması itibari ile deneye başlamadan bir beklenti ortaya konamamaktadır. Toplanan verilerin değerlendirmesi ile deney sonuçları yorumlanacaktır. Fakat toplanacak verilerin nitelikleri ile ilgili beklenti ortaya koymak mümkündür. Standartlara ilişkin toplanacak uygulama tabanlı verilerde - önceki bölümde anlatılan belge incelemesinin de ortaya koyduğu gibi - düzenli değişimlerin olması beklenmektedir. Örneğin aynı projenin değişik standartlarla gerçekleştirimi sonucunda tanımlanacak gereksinim sayılarının farklı olacağı, muhtemelen standartların gelişimine bağlı olarak artacağı tahmin edilmektedir. Çünkü standartlar zamanla daha kapsamlı hale gelmiştir.

Bu bölüm ve alt başlıklarında bu deneyin tasarımı ve gerçekleştirimi anlatılacak ve elde edilen sonuçlar tartışılacaktır. Belge incelemesinde olduğu gibi deneyde de - Bölüm 2.5'de yapılan değerlendirmeler ışığında - açıkça ortaya konulabilecek noktalar "bulgu" olarak, bağlı olduğu diğer etmenler nedeni ile kesin olarak ifade edilemeyecek noktalar ise "gözlem" olarak ortaya konacaktır.

Deney, önce tasarlanmış sonra gerçekleştirilmiş olmakla birlikte, deney tasarımının anlatımını bu konuda yapılan bir literatür taraması şeklinden çıkartmak için öncelikle deneyin gerçekleştirimi anlatılacak, daha sonra deneyin tasarımı ile ilgili alınan kararlar nedenleri ile birlikte açıklanacaktır.

Gerçekleştirilen deney, Yazılım Geliştirme Standartlarının Değerlendirilmesi Deneyi (YGSDD) olarak adlandırılmıştır ve metinin geri kalanında bu kısaltma ile bahsedilecektir.

1. DENEY ve GERÇEKLEŞTİRİMİ

Standartların farklılıklarının anlaşılması için yapılan YGSDD, ODTÜ Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde, 2007-2008 ders yılının Bahar Dönemi'nde, Yazılım Mühendisliği Yüksek Lisans Programı'nda verilen SE 548 "Process Modeling" (Süreç Modelleme) dersinde gerçekleştirilmiştir.

Dersi 22 öğrenci seçmiştir. Bunlardan 21 öğrenci projelerin gerçekleştirim safhasına katılmıştır (bir öğrenci katılmamayı tercih ederek farklı bir dönem projesi hazırlamıştır).

YGSDD kapsamında, öğrencilerden gruplara ayrılmaları talep edilmiştir. Dersi alan öğrenci sayısı doğrultusunda üç tanesi üç kişilik, üç tanesi de dört kişilik 6 grup oluşturulmuştur. YGSDD üç döngüde gerçekleştirilmiş, her döngüde bir standarda göre gerçekleştirilme yapılmıştır. YGSDD döngüleri, projeler ve grupların dağılımları Tablo-11'de verilmiştir. Bu dağılım, her grubun her üç standartla da çalışmış olması ve üzerinde çalıştığı bir proje ile bir daha çalışmaması esaslarına göre yapılmıştır. Böylece hem tüm öğrencilerin tüm standartlarla çalışması sağlanmış (böylece dersin öğretim hedefine ulaşılmıştır), hem de tüm grupların her projeyi ilk defa ele alması ile proje gerçekleştirimlerinin aynı gerçekçilikte olması sağlanmıştır.

Tablo-11: YGSDD döngüleri, projeler ve grupların dağılımı

		Proje					
Döngü	**Standart**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1	MIL-STD-1679	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Grup 6
2	DOD-STD-2167	Grup 3	Grup 1	Grup 2	Grup 6	Grup 4	Grup 5
3	MIL-STD-498	Grup 2	Grup 3	Grup 1	Grup 5	Grup 6	Grup 4

Tablo-11'de özetlenen düzenleme altı adet proje tanımlanmasını gerektirmiştir. Tanımlanan projelerin konuları şöyle belirlenmiştir:

- Komuta Kontrol Sistemi: Askeri birliklerin konum bildirimlerin toplayan ve bunları istendiği zaman gösteren bir sistem.

- Kendini Korumu Sistemi: Hava araçlarını onlara yönelen füze tehditlerinden korumak amacını taşıyan, radar ikaz alıcısı ve füze ikaz alıcısından oluşan bir elektronik harp kendini koruma sistemi.

- Yazılım Tabanlı Telsiz: Dalga şekli ve diğer özelliklerin yazılım ile değiştirilebildiği bir telsiz.

- İnsansız Hava Aracı Simülatörü: İnsansız hava araçları için, yer kontrol istasyonu merkezinde tasarlanan bir simülatör.

- Görev Planlama Sistemi: Rota noktaları, yakıt planlama gibi temel görev planlama işlevlerini içeren bir sistem.

- Mesaj Yönetim Sistemi: Kriptolu mesaj alış verişine olanak sağlayan sistem.

YGSDD'nin her döngüsünde gruplar ele aldıkları proje ile ilgili üç aşamalı bir çalışma gerçekleştirmiştir:

1. Planlama: Bu aşamada gruplar ele aldıkları projenin yazılım geliştirme faaliyetleri ile ilgili planlamayı gerçekleştirmiş ve uygulanan standardın ortaya koyduğu şablona göre bir yazılım geliştirme planı belgesi oluşturmuşlardır. Planlama aşamasında projenin yazılım geliştirme faaliyetlerinin gerçekleştirimi için yapılan süre (ay) ve işgücü (adam x ay) kestirimleri, deney parametreleri olarak toplanmıştır.

2. Gereksinim Çözümlemesi: Bu aşamada gruplar üzerinde çalıştıkları projede yazılım gereksinim çözümlemesi gerçekleştirerek uygulanan standardın ortaya koyduğu şablona göre bir yazılım gereksinim belirtim belgesi oluşturmuşlardır. Gereksinim çözümlemesi aşamasında tanımlanan gereksinim sayısı deney parametresi olarak toplanmıştır.

3. Ön Tasarım: Bu aşamada gruplar üzerinde çalıştıkları projelerde geliştirilecek yazılım ile ilgili ön tasarım çalışması gerçekleştirerek uygulanan standardın ortaya koyduğu şablona göre bir yazılım tasarım belgesi oluşturmuşlardır. Ön tasarım aşamasında yazılım için yapılan kaynak kod satırı kestirimi deney parametresi olarak toplanmıştır.

YGSDD'nin aşamaları ile ilgili toplandığı yukarıda belirtilen parametrelerin yanı sıra, her aşama için grupların harcadıkları işgücü de adam x saat cinsinden toplanmıştır.

Gruplar projelerle ev ödevi olarak ilgilenmiş, ders saatlerinde olağan ders anlatımı devam etmiştir. Projelerle ilgili çalışmanın genelinde alınan notlar final notu olarak sayılmış, dönem içerisinde derste anlatılan konularla ilgili bir de ara sınav yapılmıştır.

2007-2008 ders yılının Bahar Dönemi 15 hafta ders yapılmasına imkân tanımıştır, fakat ders günlerinden birisinin resmi tatile denk gelmesi nedeni ile 14 hafta ders yapılabilmiştir. YGSDD, dönemin 3. haftasında başlamış, final sınavları için ayrılan iki haftayı da kullanmış, böylece 15 haftalık bir çalışma olarak sonlanmıştır. YGSDD'nin ilk döngüsü 5, ikinci döngüsü 4, son döngüsü 6 hafta sürmüştür. Bu süreleri belirleyen etmenler, grupların teslim ettiği belgelerin içeriğinin tamlığı ve öğrencilerin iş ve okuldaki yoğunlukları olmuştur. Örneğin ilk döngüde yazılım geliştirme planları ile ilgili bir güncelleme talep edilmiş, son döngüde de final döneminin yoğunluğu ile teslimat zamanları uzatılmıştır.

Deney öncesinde gruplara, şu bilgilerin yer aldığı CD'ler dağıtılmıştır:

- Standartların metinleri,
- Her proje için
  - İşlemsel Kavram Belgesi (*Operational Concept Document*)
  - Sistem Gereksinim Belgesi (*System Subsystem Specification*)
  - Sistem ve Alt Sistem Tasarım Belgesi (*System Subsystem Design Description*)
- Hazırlanacak belgelerin şablonları

CD'de her proje için yer alan belgeler sistem mühendisliği belgeleri olup projenin amacını, sistem gereksinimlerini ve sistem tasarımını içermektedir. Bu belgelerde yazılıma atanmış sistem işlevleri ve sistem gereksinimleri açıkça belirtilmiştir. Söz konusu CD, literatürde de bahsedilen, deneyle ilgili tüm bilgilerin yer aldığı bir laboratuar paketi oluşturmaktadır (Carver, 2003; Shull, 2002).

Grupların projeler üzerinde çalışırken tamamı ile projelere yoğunlaşabilmesi için, "Askeri Yazılım Geliştirme Şirketi" adlı hayali bir şirket tanımı yapılarak her grubun bu şirket için çalıştığı belirtilmiştir. Şirketin kurulu bir yazılım geliştirme altyapısına ve yeterli çalışana sahip olduğu; yazılım

test, kalite güvencesi ve diğer destek ekiplerinin mevcut olduğu ve bunların çalışması ile ilgili şirket içi yordamların da tanımlı olduğu belirtilmiştir. Böylece grupların projeler dışında herhangi bir konuda planlama yapmasına gerek olmayacağı vurgulanmıştır.

Grupların YGSDD ile ilgili sorularını sorabilmeleri için araştırmacıların bağlantı bilgileri gruplara verilmiştir. Ayrıca her Cumartesi, saat 14:00-17:00 arasında araştırmacılardan birisi bölümde bulunarak grupların sorularını cevaplamaya hazır olarak beklemiştir. Bu imkânı dönem boyunca 2 grup birer kere kullanmıştır. E-posta ile toplam 7 soru sorulmuştur.

Dersin bitiminde öğrencilerin özelliklerini ve ders hakkındaki görüşlerini öğrenmek için bir anket düzenlenmiştir. Gerçekleştirilen deneyin de değerlendirmede kullanıldığı SE 548 dersinde, tüm öğrenciler geçer not almış ve deney sonlanmıştır.

2. DENEYİN TASARIMI

Akademik bir ders kapsamında gerçekleştirilen deneylerin hem öğretimle ilgili, hem de araştırma ile ilgili yönleri bulunmalıdır. Öğretim yönü, dersin ortaya koyduğu hedeflere ulaşmada deneyin rolü ve katkısı ile ilgilidir. Araştırma yönü, deneyin araştırmaya ihtiyaç duyduğu veri ve bilgileri sağlaması hakkındadır. YGSDD tasarımı da bu iki yönü dikkate alarak yapılmıştır.

Akademik derslerin kurgusunda klasik öğretime (ders anlatımı) seçenek oluşturabilecek yöntemlerden birisi Proje Tabanlı Öğrenme'dir (PTÖ). Doğru olarak uygulandığında PTÖ ile gerçek hayatta görülen sorunların benzetim yolu ile tekrarlanabileceği, uygulamalı bir öğretim sağlanabilmektedir (Grimson, 2002; Gibson, 2003; Hsu, 2005). YGSDD bir PTÖ örneği şeklinde tasarlanmıştır.

PTÖ öğrenci için çeşitli kazançlar ve maliyetler getirmektedir (Carver, 2003). Projelerin uygulamalı olarak tecrübe kazandırması ve gerçek hayatla ilişkili olması, dolayısı ile öğrencinin mezuniyetinden sonra karşılaşacağı durumlara benzemesi, öğrencilerin PTÖ'den edinebilecekleri kazançlar arasında yer alır. YGSDD özelinde, seçilen projelerin gerçek hayattaki örneklerden esinlenerek tasarlanmış olması ve deneye konu olan standartlardan MIL-STD-498'in halen referans verilen bir standart olması, öğrencilerin kazançları olarak sıralanabilir.

PTÖ'nün öğrencilere getirdiği maliyetler arasında kayıp öğretim zamanı ve geçerli olmayan konularla ya da yöntemlerle çalışma sıralanabilir. YGSDD özelinde, deneyin ev ödevi olarak gerçekleşmesi nedeni ile kayıp öğretim zamanı söz konusu değildir. Geçerli olmayan konularda çalışma durumu, deneyin yaklaşık 2/3'lük kısmını oluşturan ve artık yürürlükte olmayan ilk iki standart için iddia edilebilir. Fakat konunun tümüne bakıldığında, deneyin amacı (yazılım geliştirme standartlarının değişimini anlamak) aynı zamanda dersi alan öğrencilerin yüksek lisans yapmak istedikleri alanın tarihçesinin bir bölümünü ortaya koymaktır. Dolayısı ile deneyin kendisinin öğrencilerin ilgisini çekmesi, beklenen bir durumdur.

PTÖ uygulamaları YGSDD örneğindeki gibi bir deney ile bütünleştirildiğinde, uyulması gereken etik kurallar da bulunmaktadır (Carver, 2003). Bu kurallar ve YGSDD'nin durumu Tablo-12'de özetlenmiştir.

YGSDD'nin öğretim hedefleri ve öğrencilere ilişkin etik kurallarının yanı sıra bilimsel özellikleri de, özellikle araştırmacılar açısından önem taşımaktadır. Bilimsel açıdan bakıldığında YGSDD kontrollü bir deneydir.

Geçmişte gerçekleştirilen kontrollü deneyler hakkında yapılan literatür taraması sonucunda ortaya çıkartılan sonuçlara göre, yazılım ile ilgili deneylerde gerçekleştirilen faaliyetler şöyle gruplandırılmaktadır (Sjøberg, 2005):

- Planlama: Proje planlaması, gereksinim çözümlemesi ve kestirim
- Oluşturma: Tasarım ve kodlama
- Değiştirme: Tasarım ya da kodun değişmesi
- Çözümleme: Denetim, test ve belge karşılaştırması

Bu gruplandırmaya göre YGSDD planlama grubunda yer alan faaliyetleri kapsamaktadır.

Tablo-12: Etik kurallar ve YGSDD

Etik Kurallarla İlgili Sorular	**YGSDD Uygulaması**
Araştırmacının yararı için öğrencileri kullanmak doğru mudur? Öğretmenin daha verimli bir yolu var mıydı?	SE 548 kapsamında PTÖ daha iyi bir öğretim yöntemi olduğu düşünüldüğü için seçilmiştir. YGSDD'nin önceliği düşünülmüş olsaydı, dersin işleyişi deney ağırlıklı olabilirdi ve örneğin öğrencilerin deneye daha fazla zaman ayırmasını sağlamak için ders saatlerinde de deney ile ilgilenilmesi zorunlu kılınabilirdi.
Bir öğrenci hakkında nihai değerlendirmeyi, deneysel bir çalışmaya (ve bu çalışmaya katılımına göre) göre yapmak doğru mudur?	YGSDD'ye katılım zorunlu tutulmamış, bir öğrenci de katılmamayı seçmiştir. Dönem sonunda öğrencilerin notları verilirken deney kapsamında yapılan çalışmalar final notu olarak sayılmış, deneyden tamamen bağımsız, derste anlatılan konular üzerinden yapılan ara sınav notu ayrıca geçme notunun hesaplanması sürecine katılmıştır.
Öğrencileri deneysel bir çalışmaya katılım konusunda teşvik etmek ne kadar doğrudur?	YGSDD'ye katılım zorunlu tutulmamış, bir öğrenci de katılmamayı seçmiştir.
Öğrencilerden bir deney yapıldığına dair bilginin saklanması doğru mudur?	Öğrencilere bir denemenin yapıldığı bildirilmiştir.

Kontrollü deney örneği olan YGSDD'de bağımlı değişkenler deneyde toplanan parametreler, bağımsız değişken kullanılan standartlar, kontrol değişkenleri gruplar ve proje tanımları olarak görülebilir. Deneye katılan öğrencilerin özellikleri rastgele değişkenler olarak etki etmektedir (Basili, 1981).

YGSDD örneğinde PTÖ'nün ideale yakın bir uygulamasının gerçekleşebilmesi için; öğrencilerin yararlarını ve araştırmacıların amaçlarını gözeten, etik kurallara uyan bir dengenin gözetildiği bir deney tasarımı yapılmıştır.

3. DENEY SONUÇLARI

Bu bölümde deneyde elde edilen sonuçlar; projelerin geneli, proje türleri, proje verileri ve öğrenci gruplarının çalışmaları açıları ile incelenecek ve değerlendirilecektir. Projeler genelinde yapılan değerlendirmede, deneyde toplanan parametreler ham veri olarak tablo ve grafiklerde verilecek ve bunlar üzerinden değerlendirmeler yapılacaktır. Proje türlerine göre yapılacak değerlendirmede projeler uygulama alanlarına göre gruplandırılacak ve deneyde toplanan parametrelerin bu alt proje gruplarındaki değişimi irdelenecektir. Proje verilerine göre yapılacak değerlendirmelerde, deneyin rastgele değişkenlerinin büyük oranda etki ettiği düşünülen sonuçların çıkartılması ile kalan sonuçların değerlendirmesi yapılacaktır. Öğrenci gruplarının çalışmaları açısından yapılan incelemede standartlar özelinde gruplardan toplanan veriler üzerinde çalışılacaktır. Ek olarak her grubun çalışmaları diğer gruplarla karşılaştırılacak ve diğerlerinden farklı olarak tüm çalışmaları yüksek ya da düşük değerlerle sonuçlanan gruplar ortaya çıkartılacaktır.

Yukarıda değinilen, projelerde toplanan parametreler üzerinden yapılan değerlendirmelerin yanı sıra; projelerde kullanılan yazılım geliştirme modelleri, öğrencilerin projeleri gerçekleştirmek için harcadıkları işgücü ve deney sonunda yapılan anket de ayrı alt başlıklarda değerlendirilecektir.

Belge incelemesi ile ilgili İSMG modelleri, standartların içerikleri üzerinden yapılan genel bir karşılaştırma ve işlenmemiş deney sonuçları disiplinler ötesi (*transdisciplinary*) çalışmaları konu alan bir konferansta sunulmuştur (Codur, 2008). Bu konferansta alınan yorumlar da yapılan incelemenin şekillenmesinde rol oynamıştır.

a. Projeler Genelinde ve Proje Türlerine Göre Değerlendirmeler

Bu bölümde projelerin genelinde ve proje türlerine göre deney sonuçları değerlendirilecektir. Öncelikle bu değerlendirmelerin nasıl yapıldığı ile ilgili ana hatlar ortaya konulacak, daha sonra ayrı alt başlıklarda deneyde toplanan her parametre için değerlendirmeler yapılacaktır.

Projelerin geneli ele alındığında, deneyde toplanan veriler proje ve standart bazında değerlendirilebilmektedir. Proje bazında değerlendirme yapıldığında, aynı proje için değişik grupların değişik standartlarla yaptıkları çalışmalar sonucunda elde edilen değerler karşılaştırılmaktadır (Örneğin Tablo-13'de Proje 3 için elde edilen Ç, H ve M değerleri). Burada söz konusu değerlerin birbiri ile farkları anlam taşımaktadır. Aynı proje için, standardın ve projeyi gerçekleştiren grubun değişimi elde edilen sonuçlar üzerinde etkili ise standart sapma değerlerinin büyük çıkması beklenir. Fakat bu durumda ortaya çıkan büyük değerlerin standardın değişiminden mi, projeyi gerçekleştiren grubun değişiminden mi kaynaklandığı tam olarak anlaşılamayacaktır. Bu önemli eksiklik standart sapma değerleri ile yapılan değerlendirmelerde göz önünde bulundurulacaktır.

Standart bazında yapılacak değerlendirmede, aynı standart için değişik grupların değişik projelerle yaptıkları çalışmalar sonucunda elde edilen değerler karşılaştırılmaktadır (Örneğin Tablo-13'de DOD-STD-2167 için elde edilen F, G, Ğ, H, I ve İ değerleri). Burada söz konusu değerlerin toplamları anlam taşımaktadır. Her standart için elde edilen toplam değer, içinde her proje ve her gruptan bir katkı barındırdığından bu katkıların herhangi birisinin ağırlıklı etkisinde olmayan, ortalama bir değer olarak ele

alınabilir. Fakat tüm projeler aynı büyüklükte olmadığından, örneğin projelerde yüksek kestirimler yapan bir grubun her standardın toplam değerine etkisi aynı oranda gerçekleşmeyecektir. Bu sebeple standartlar için alınan toplam değerler de tek başına bir değerlendirme yapmak için kullanılmayacaktır.

Tablo-13: Deneyde toplanan veri örneği

	Proje 1	Proje 2	Proje 3	Proje 4	Proje 5	Proje 6
MIL-STD-1679	A	B	C	Ç	D	E
DOD-STD-2167	F	G	Ğ	H	I	İ
MIL-STD-498	J	K	L	M	N	O

Projelerin uygulama alanlarının farklılıklarının deneyde toplanan verilere etkisinin incelenmesi de bu bölümde gerçekleştirilecektir.

Deney kapsamında gerçekleştirilen projeler, farklı uygulama alanlarına sahiptir. Bu farklılık, projelerle ilgili parametreleri de etkileyebilmektedir. Örneğin gömülü ve gerçek zamanlı uygulamalarda belirli programlama dilleri ve yazılım geliştirme araçları kullanılmaktadır. Ayrıca, bu tür projelerde anlayış olarak zaman kritikliğe önem veren, sade tasarımlar içeren ve az kaynak kullanan yazılımlar geliştirilmektedir.

Projelerini uygulama alanlarına ayrılması şu şekilde gerçekleştirilmiştir:

- Bilişim Projeleri (Proje 1, 5 ve 6): Kişisel bilgisayar, sunucu bilgisayar ya da ana bilgisayar (mainframe) gibi ortamlarda çalışacak uygulamaları içeren projeler.

- Gerçek Zamanlı ve Gömülü Sistem Projeleri (Proje 2 ve 3): Gömülü bilgisayarlarda çalışacak, gerçek zamanlılık ihtiyacı da bulunan uygulamaları içeren projeler.

- Bilişim ve Gerçek Zamanlı ve Gömülü Sistem Projeleri (Proje 4): Hem kişisel bilgisayar, sunucu bilgisayar ya da ana bilgisayarda çalışacak, hem de gömülü sistemlerde çalışacak birleşenlere içeren projeler.

Toplanan her ana veri grubu için elde edilen sonuçlar aşağıda ayrı başlıklar altında özetlenmiştir ve bu sonuçlar doğrultusunda yapılan gözlemler listelenmiştir.

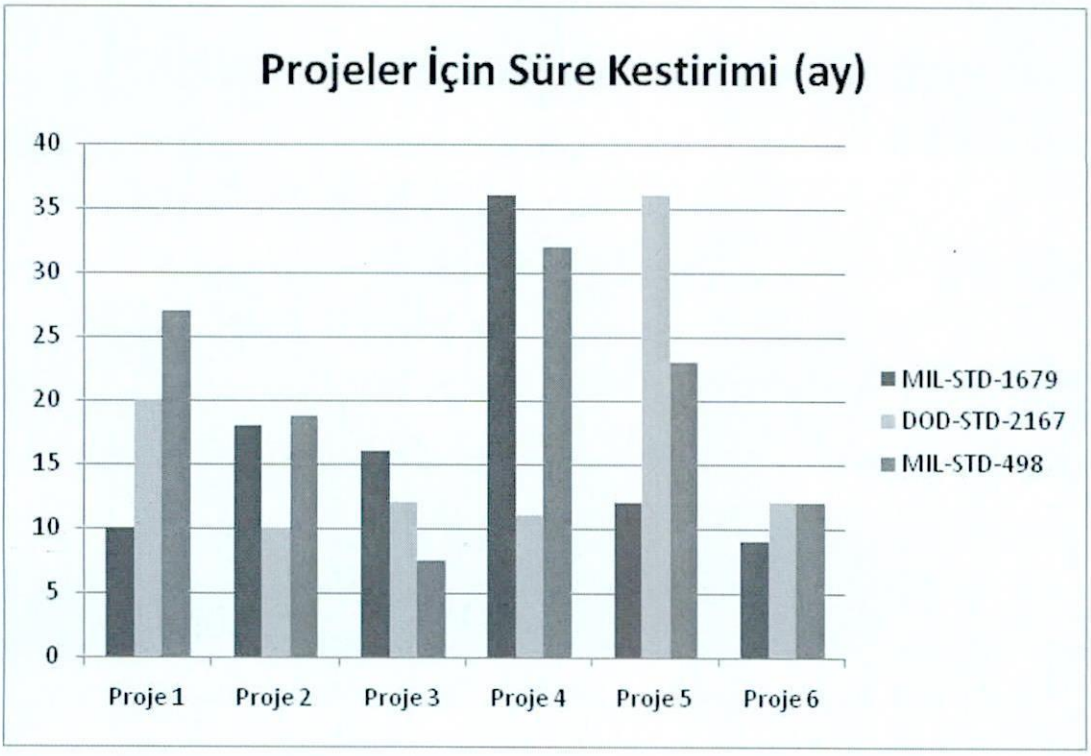
(1) Süre Kestirimi

Süre kestirimi ile ilgili projeler genelinde elde edilen veriler Tablo-14 ve Şekil-9'da görülmektedir. Bu verilere göre, yapılan süre kestirimleri herhangi bir standartta diğerlerine göre her zaman az ya da çok gerçekleşmemiştir. Standartlardaki değişimin süre kestirimine genel bir azaltıcı ya da arttırıcı bir etkisi olmadığı gözlenmiştir.

Her proje için yapılan kestirimlerin standart sapmalarına bakıldığında; 4üncü ve 5inci projelerde yaklaşık 12 aylık, yüksek sayılabilecek sapmalar olduğu görülmektedir. 1inci projede yaklaşık sekiz aylık bir sapma bulunmaktadır. 2inci ve 3üncü projelerde dörder ay, 6ıncı projede bir aylık sapmalar görülmüştür.

Tablo-14: Projelerde yapılan süre kestirimleri

	Proje 1	Proje 2	Proje 3	Proje 4	Proje 5	Proje 6	Toplam
MIL-STD-1679	10	18	16	36	12	9	101
DOD-STD-2167	20	10	12	11	36	12	101
MIL-STD-498	27	18,8	7,5	32	23	12	120,3
Standart Sapma	8,544004	4,86621	4,25245	13,42882	12,01388	1,732051	



Şekil-9: Projelerde yapılan süre kestirimi

Standartların uygulanması ile ortaya çıkan toplam süre kestirimine bakıldığında; projelerin MIL-STD-1679 gerçekleştirimi toplam 101 ay, DOD-STD-2167 gerçekleştirimi toplam 101 ay ve MIL-STD-498 gerçekleştirimi toplam 120 adam miktarında süre kestirimi ile sonuçlanmıştır.

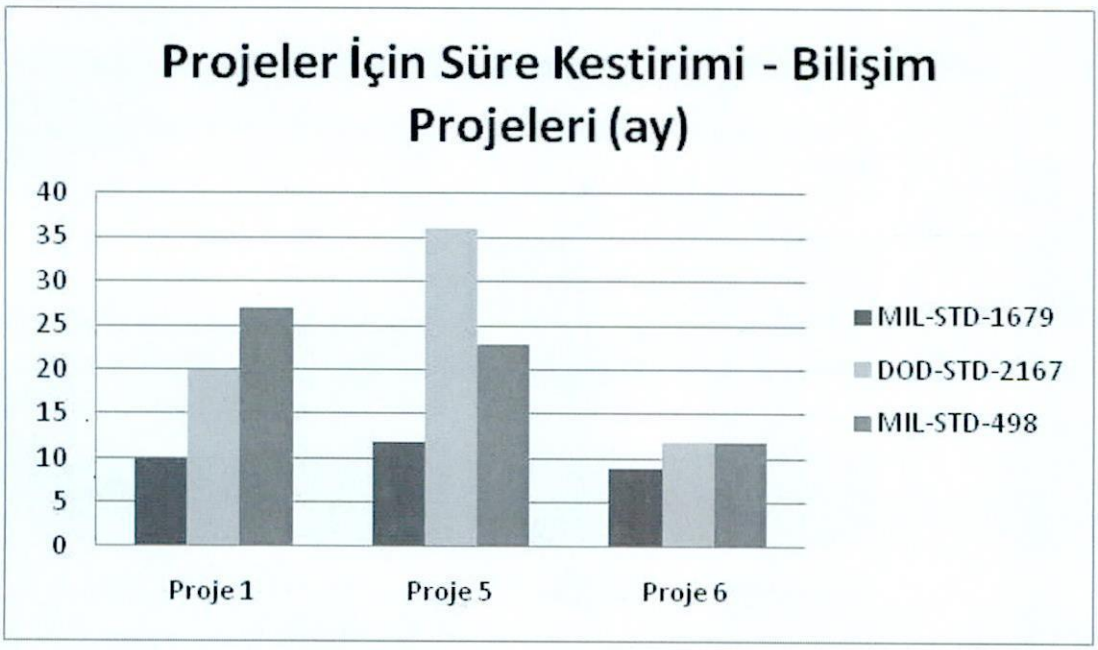
Proje bazındaki standart sapma değerleri, yapılan kestirimlerde yüksek olmamakla birlikte değişim yaşandığını göstermektedir. Standart bazındaki toplam kestirim rakamları ise ortalama değerler göz önüne alındığında standartlar arasında derin bir fark olmadığını göstermektedir.

Gözlem 8. Projeler genelinde hiçbir standardın uygulaması, diğerlerine göre daha yüksek ya da daha düşük bir süre kestirimi ile sonuçlanmamaktadır.

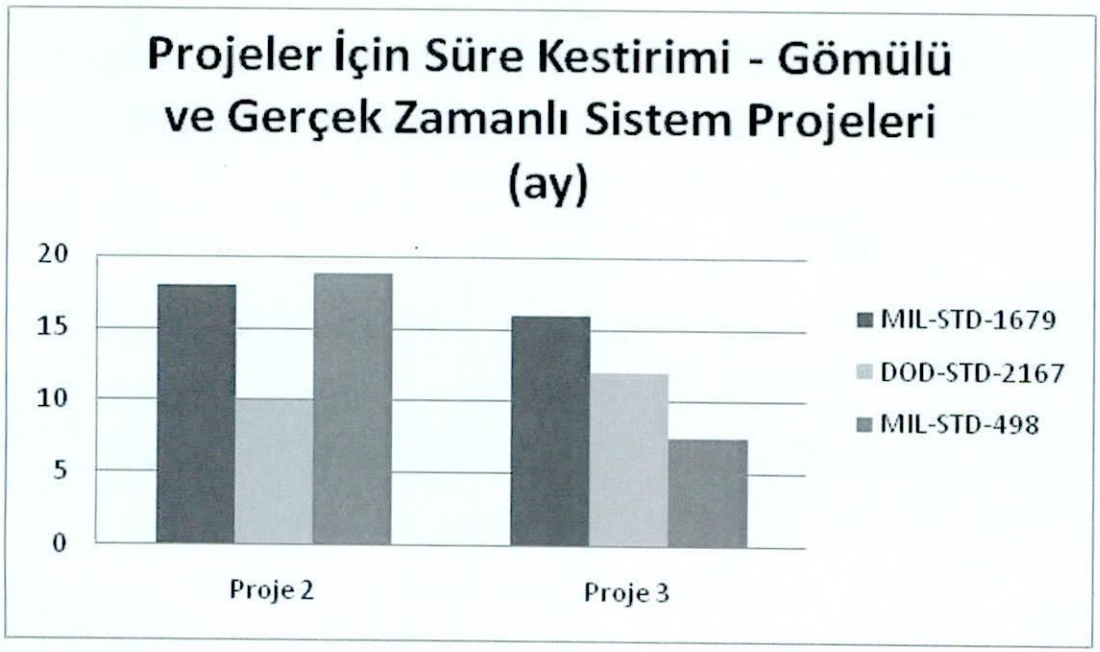
Gözlem 9. Projelerde farklı standartların uygulanması ile farklı süre kestirimi değerleri elde edilmektedir, bununla beraber söz konusu farklar belirli bir desene oturmamaktadır.

Süre kestirimlerinin proje türlerine göre gösterildiği grafiklere bakıldığında (Şekil-10, Şekil-11, Şekil-12), bilişim sistemleri projelerinde MIL-STD-1679'un tüm projelerde en düşük süre kestirimi yapılmasına neden olduğu görülmektedir. Diğer standartlar için proje türüne bağlı kesin ifadelere ulaşma imkânı bulunmamaktadır.

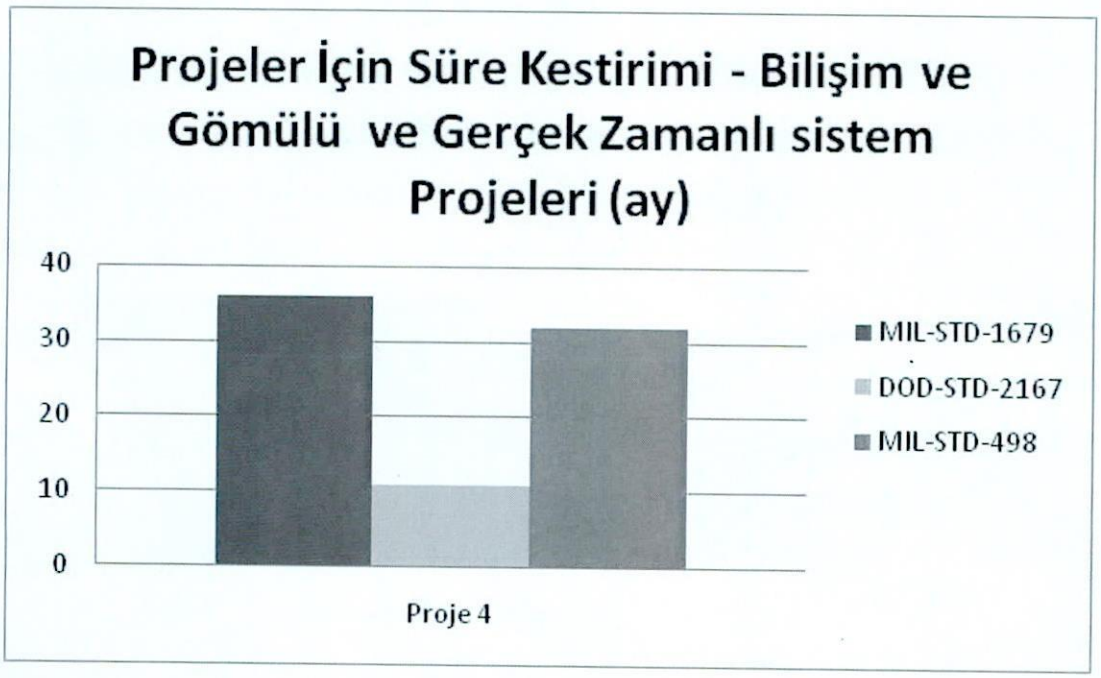
Gözlem 10. Bilişim projelerinde MIL-STD-1679 düşük süre kestirimi yapılmasına neden olmaktadır.



Şekil-10: Bilişim projeleri için süre kestirimi



Şekil-11: Gömülü ve gerçek zamanlı sistemler için süre kestirimi



Şekil-12: Bilişim, gömülü ve gerçek zamanlı sistemler için süre kestirimi

(2) İşgücü Kestirimi

İşgücü kestirimi ile ilgili projeler genelinde elde edilen veriler Tablo-15 ve Şekil- 13'de görülmektedir. Bu veriler incelendiğinde, yapılan işgücü kestirimlerinin herhangi bir standartta diğerlerine göre her zaman daha düşük ya da daha yüksek miktarda gerçekleşmediği görülmektedir. Standart özelinde bazı sonuçlar ise görülebilmektedir. DOD-STD-2167 ile yapılan herhangi bir işgücü kestirimi, hiçbir zaman o proje için yapılan en yüksek kestirim olmamıştır. Altı projeden üç tanesi için MIL-STD-1679, diğer üç tanesi için MIL-STD-498 ile en yüksek iş gücü kestirimi yapılmıştır.

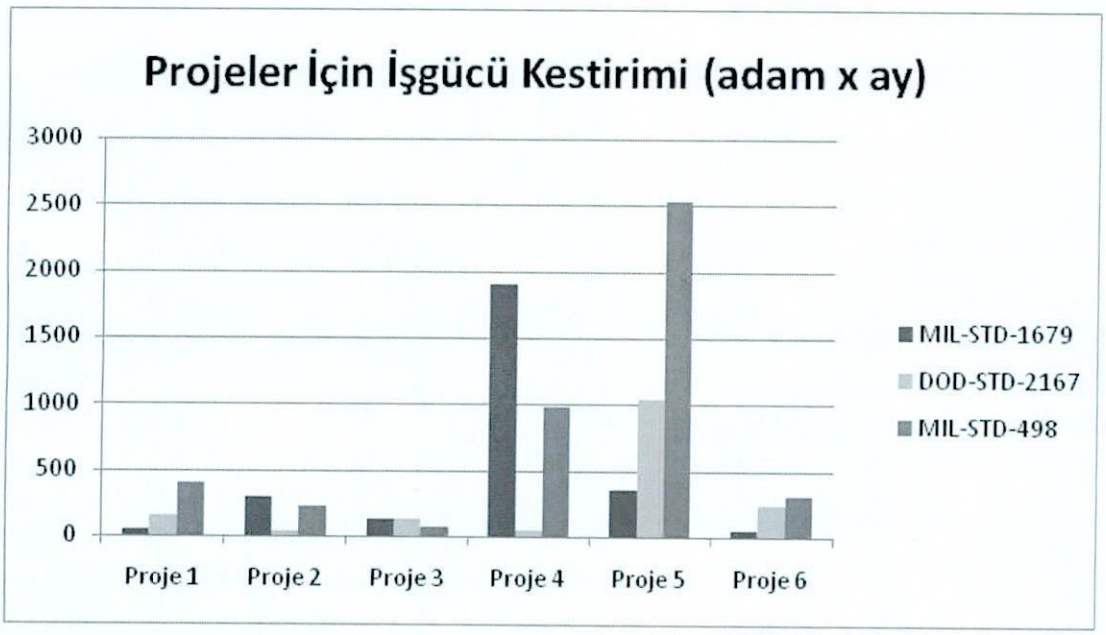
Elde edilen verilere projeler açısından bakıldığında, yapılan işgücü kestirimleri ile ilgili standart sapma değerleri (adam x ay cinsinden) şöyledir: 186, 133, 29, 927, 1114 ve 139. Proje 4 ve Proje 5 için çok yüksek standart sapma değerleri kaydedildiği görülmektedir. Proje 5 için standartlar güncelleştikçe işgücü kestirimi değerinin arttığı göz önüne alındığında, bu durum anlamlı görülebilir ve standart sapma değerinin yüksekliği kabul edilebilir.

Proje 4'de ise DOD-STD-2167 gerçekleştiriminin beklenmeyen ölçüde düşük gerçekleştiği görülmektedir ve bu durum projelerin gerçekleştiriminin diğer etmenleri, özellikle gruplarla ilgili konuları gündeme getirmektedir. Projenin DOD-STD-2167 gerçekleştiriminde proje tam olarak anlaşılamamış olma ihtimali bulunmaktadır. Teslim edilen Yazılım Geliştirme Planı ve Yazılım Gereksinim Analizi belgeleri, bunları değerlendiren araştırmacılar tarafından kabul edilebilir bulunmuştur, fakat bu belgeler projenin teknik yönünün ne ölçüde anlaşılabildiğini tam olarak yansıtmamakta, standardın belirlediği faaliyetlerin yapıldığını göstermektedir.

Standartlar açısından bakıldığında, toplamda MIL-STD-1679 2779,5 adam x ay, DOD-STD-2167 1654 adam x ay ve MIL-STD-498 4539 adam x ay işgücü kestirimi yapılmasına neden olmuştur.

Tablo-15: Projelerde yapılan işgücü kestirimleri

	Proje 1	Proje 2	Proje 3	Proje 4	Proje 5	Proje 6	Toplam
MIL-STD-1679	42	300	127,5	1908	360	42	2779,5
DOD-STD-2167	152	40	125	53	1044	240	1654
MIL-STD-498	405	224	75	984	2539	312	4539
Standart Sapma	186,1353	133,6862	29,61559	927,5022	1114,37	139,8142	



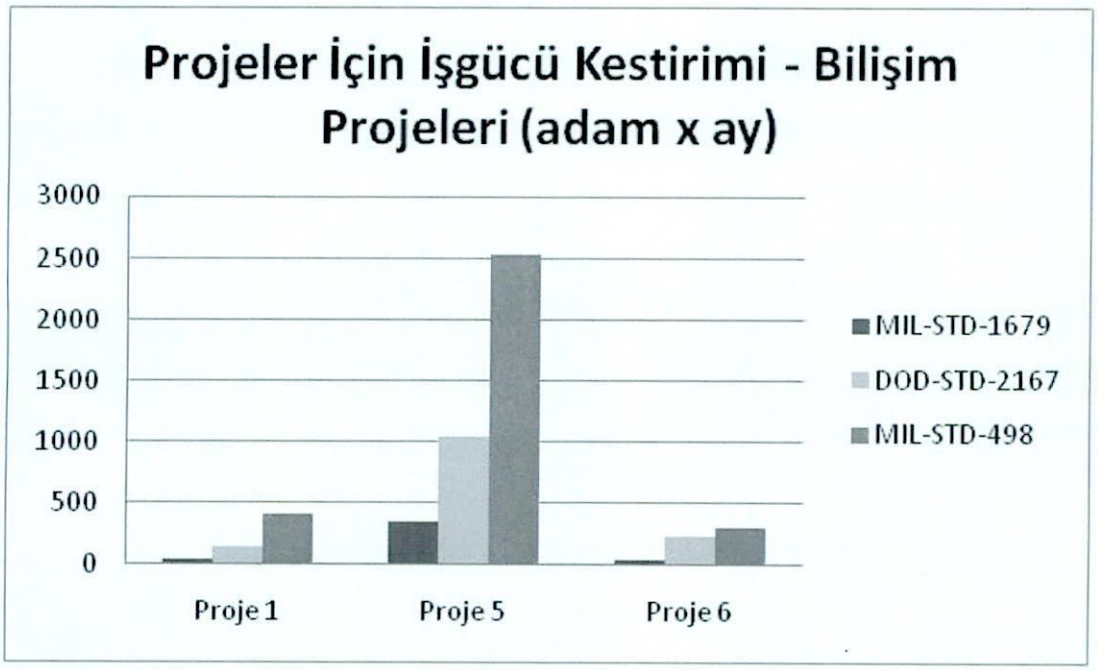
Şekil- 13: Projelerde yapılan işgücü kestirimleri

Yukarıdaki bilgiler ışığında, işgücü kestiriminin uygulanan standartlardan önemli ölçüde etkilendiği, bu etkinin MIL-STD-1679 ve MIL-STD-498 ile daha yüksek kestirimlerin yapılmasına neden olduğu anlaşılmaktadır.

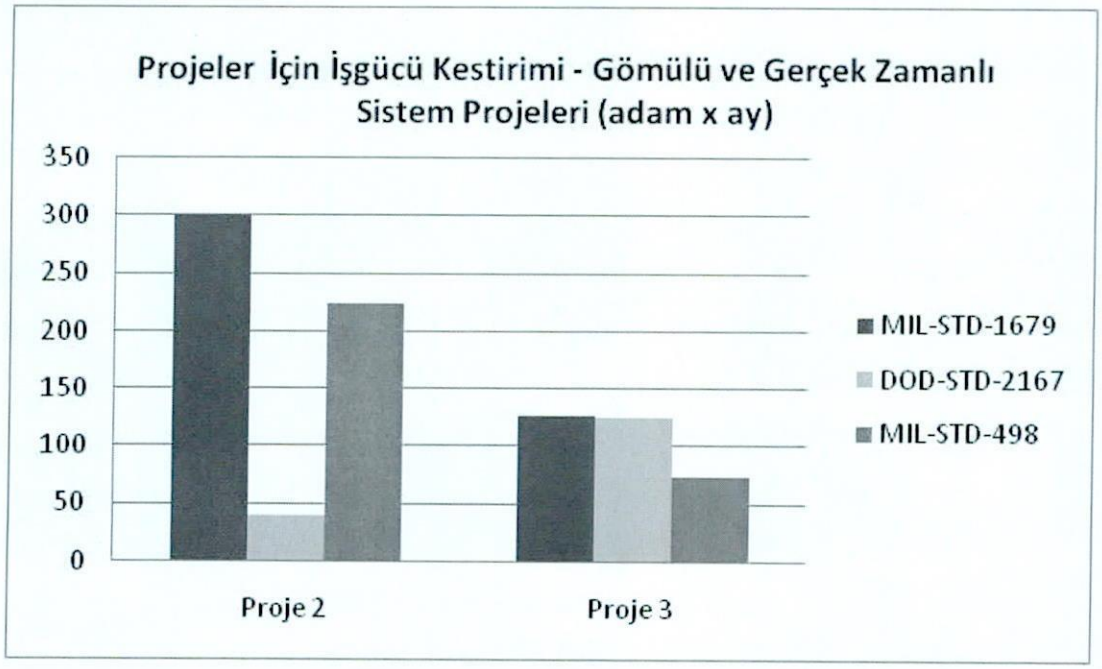
Gözlem 11. Projeler genelinde hiçbir standardın uygulaması, diğerlerine göre daha yüksek ya da daha düşük işgücü kestirimi ile sonuçlanmamaktadır.

Gözlem 12. Projelerde farklı standartların uygulanması ile farklı işgücü kestirimi değerleri elde edilmektedir. MIL-STD-1679 ve MIL-STD-498'in uygulanması daha yüksek işgücü kestirimi yapılmasına neden olmaktadır. Bununla beraber standartlar arasında işgücü kestiriminin değişimine dair belirli bir desen bulunmamaktadır.

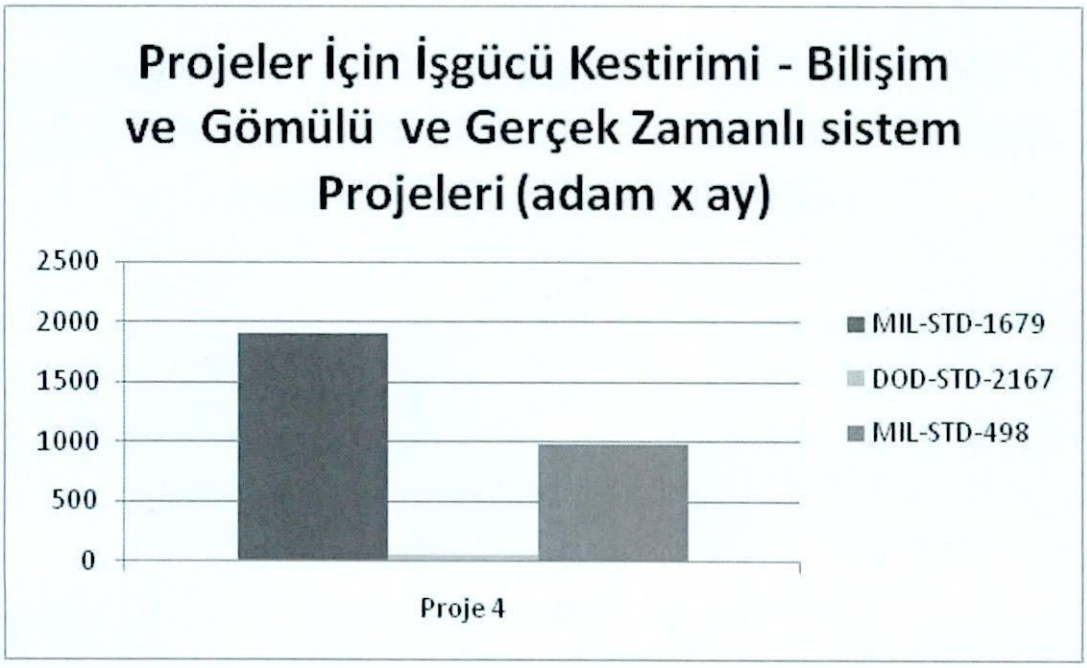
Proje türlerine göre işgücü kestirimlerine (Şekil 18, Şekil 19 ve Şekil 20) bakıldığında, bilişim projelerinde standartlar güncelleştikçe işgücü kestiriminin arttığı görülmektedir. Gerçek zamanlı ve gömülü sistemler için MIL-STD-1679 her örnekte en büyük kestirim ile sonuçlanmaktadır.



Şekil-14: Bilişim projeleri için işgücü kestirimi



Şekil-15: Gömülü ve gerçek zamanlı projeler projeleri için işgücü kestirimi



Şekil-16: Bilişim ve gömülü ve gerçek zamanlı sistem projeleri için işgücü kestirimi

Gözlem 13. Bilişim projeleri için standartlar güncelleştikçe yapılan işgücü kestirimleri artmaktadır.

Gözlem 14. Gömülü ve gerçek zamanlı uygulamalar için kullanıldığında MIL-STD-1679 daha yüksek işgücü kestirimi yapılmasına neden olmaktadır.

(3) Gereksinim Çözümlemesi

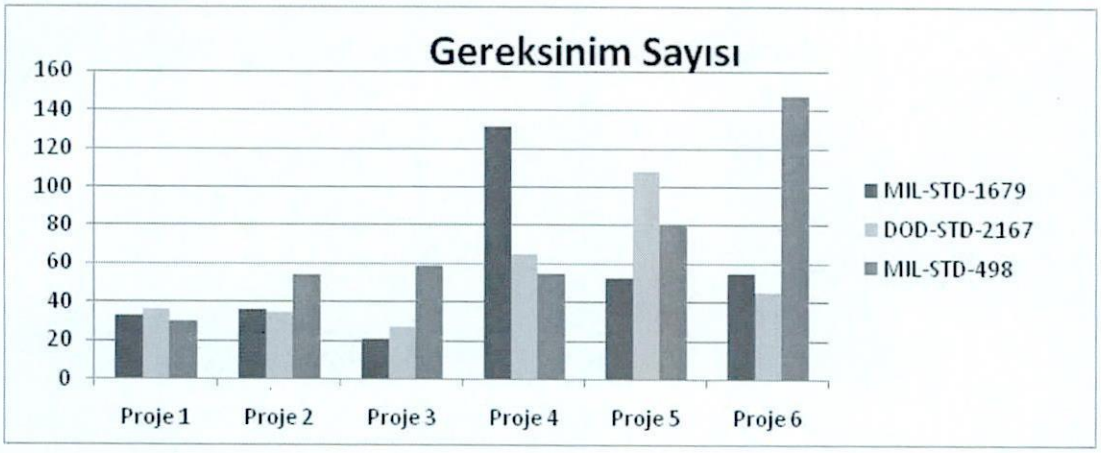
Gereksinim sayısı ile ilgili olarak projeler genelinde elde edilen veriler Tablo- 16 ve Şekil- 17'de verilmiştir. Bu veriler incelendiğinde, gereksinim analizi sonucunda ortaya çıkan gereksinim sayılarının herhangi bir standartta diğerlerine göre her zaman daha az ya da daha çok gerçekleşmediği görülmektedir.

Grupların gereksinim tanımlaması konusunda elde edilen sonuçları etkileyecek derecede farklı yaklaşımlar sergiledikleri durumlar yaşanmıştır. 4üncü, 5inci ve 6ıncı projeleri yapan üç grup arasından bir tanesi, kullanıcı ara yüzü gereksinimlerini ayrıntılı olarak tanımlamış ve böylece her

projesinde diğer gruplara ve projelere göre çok daha fazla sayıda gereksinim ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bazı grupların ise kendilerine verilen sistem gereksinimlerini kullandıkları ve yazılıma yönelik özel gereksinimler tanımlamadıkları görülmüştür.

Tablo- 16: Projelerde tanımlanan gereksinim sayısı

	Proje 1	Proje 2	Proje 3	Proje 4	Proje 5	Proje 6	Toplam
MIL-STD-1679	33	36	21	131	53	55	329
DOD-STD-2167	36	35	27	65	108	45	316
MIL-STD-498	30	54	59	55	80	147	425
Standart Sapma	3	10,69268	20,42874	41,29568	27,50152	56,22574	



Şekil- 17: Projelerde tanımlanan gereksinim sayısı

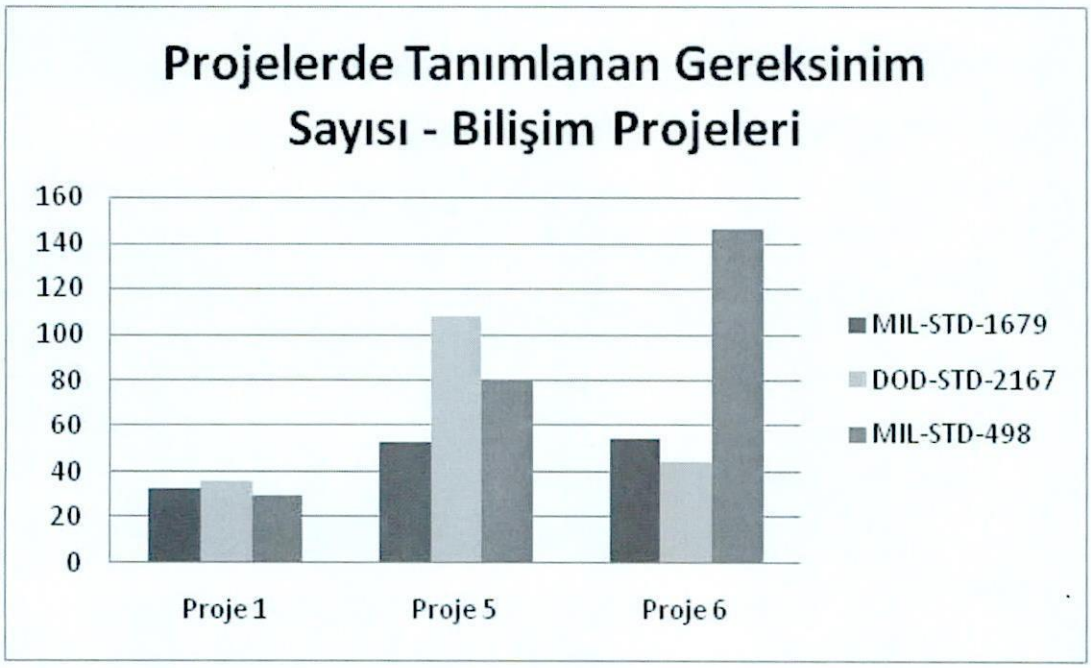
Elde edilen verilere projeler açısından bakıldığında, tanımlanan gereksinim sayıları ile ilgili standart sapma değerleri şöyledir: 3, 10, 20, 41, 27 ve 56. Standartlar açısından bakıldığında, toplamda MIL-STD-1679 329, DOD-STD-2167 316 ve MIL-STD-498 425 adet gereksinim tanımlanmasına neden olmuştur.

MIL-STD-498 daha ayrıntılı bir Yazılım Gereksinim Analizi Belgesi şablonu içermektedir ve bu nedenle daha yüksek sayıda gereksinim tanımlanmasına neden olması beklenmektedir. İlk üç projeye bakıldığında bu durum çoğunlukla gözlenmektedir. Son üç proje için, gruplardan bir tanesinin ayrıntılı kullanıcı ara yüzü gereksinimleri tanımlaması nedeni ile karşılaştırılabilecek veri alımında güçlük yaşanmıştır. Bu güçlüğün bir ölçüde

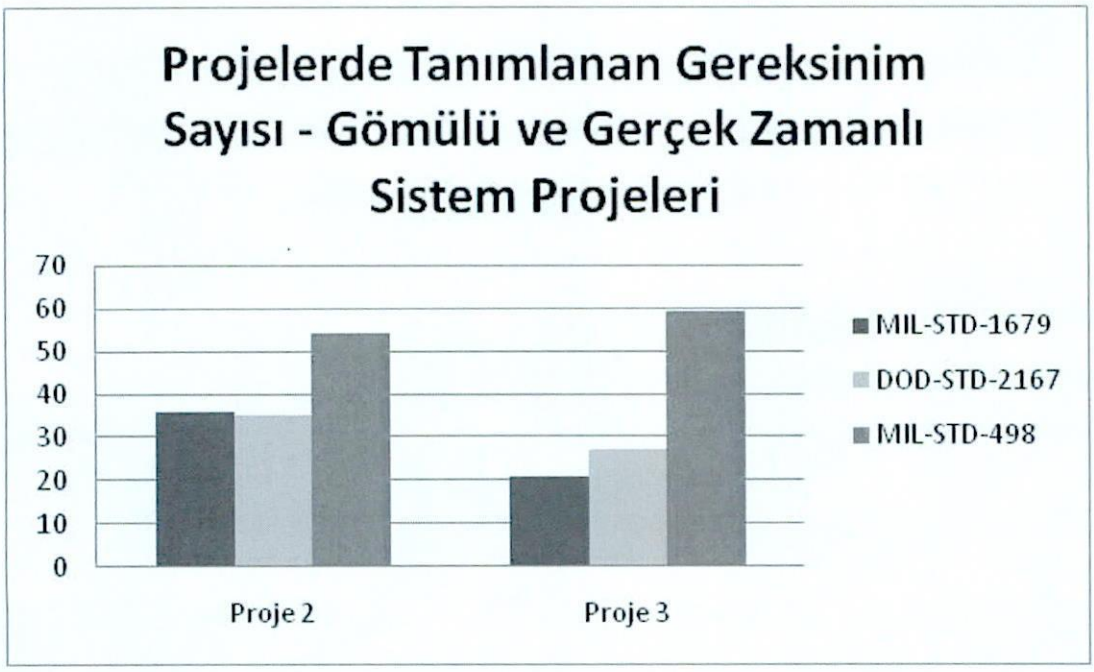
giderildiği, standart bazındaki toplam gereksinim sayısı verilerine göre de MIL-STD-498'ün uygulanması daha fazla gereksinim tanımlanması ile sonuçlanmaktadır.

Gözlem 15. MIL-STD-498'in uygulanması daha yüksek sayıda gereksinim tanımlanması ile sonuçlanmaktadır.

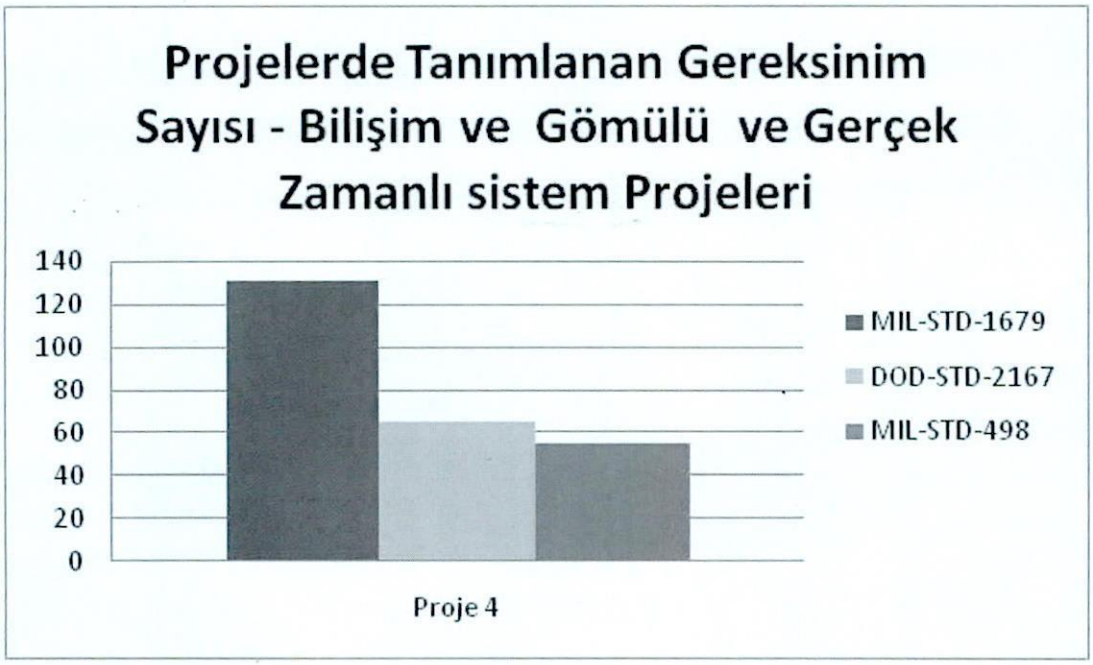
Proje türlerine göre inceleme yapıldığında (Şekil-18, Şekil-19, Şekil-20) gömülü ve gerçek zamanlı sistemlerde MIL-STD-498'in daha fazla gereksinim tanımlanması ile sonuçlandığı görülmektedir.



Şekil-18: Bilişim projeleri için tanımlanan gereksinim sayısı



Şekil-19: Gömülü ve gerçek zamanlı sistem projeleri için tanımlanan gereksinim sayısı



Şekil-20: Bilişim ve gömülü ve gerçek zamanlı sistem projeleri için tanımlanan gereksinim sayısı

(4) Kod Büyüklüğü Kestirimi

Kod büyüklüğü kestirimi için projeler genelinde toplanan veriler Tablo-17 ve Şekil-21'de verilmiştir. Bu veriler incelendiğinde ön tasarım sonucunda ortaya çıkan kod satır sayısı kestirimlerinin herhangi bir standartta diğerlerine göre her zaman daha az ya da daha çok gerçekleşmediği görülmektedir. 4üncü ve 6ıncı projelerde, bu projelerin diğer gerçekleştirimlerine ve deney geneline göre çok yüksek birer kestirim yapıldığı görülmektedir. Bu iki kestirimden gerek proje açısından yapılan değerlendirme (standart sapma değerleri), gerekse standartlar açısından yapılan değerlendirme (toplam değerler) etkilenmiştir.

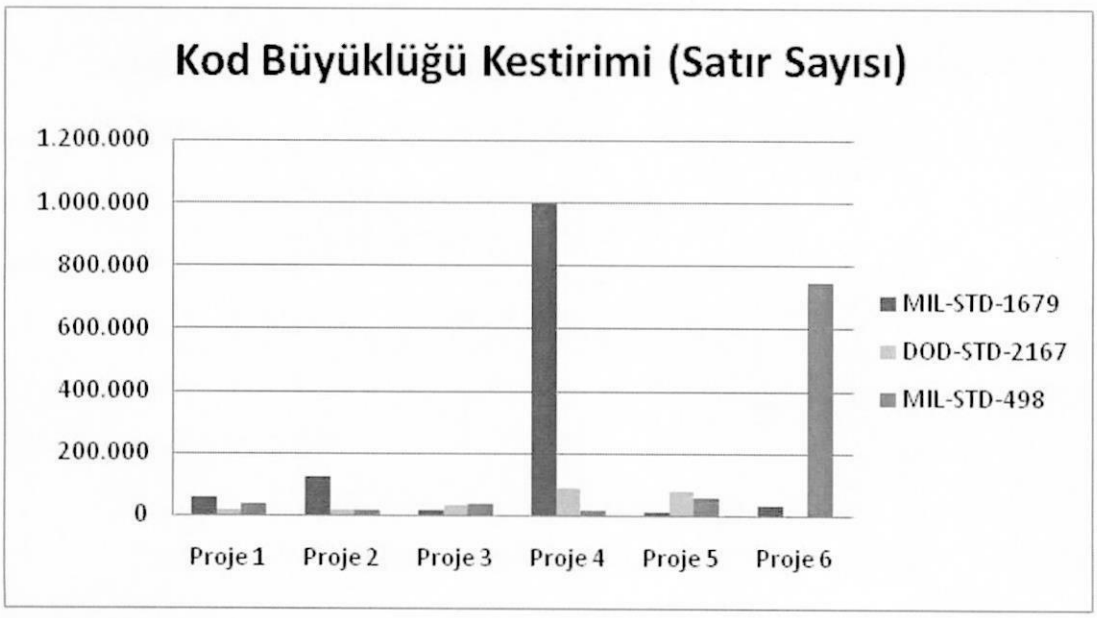
Elde edilen verilere projeler açısından bakıldığında, yapılan kod satırı kestirimleri ile ilgili standart sapma değerleri şöyledir: 19.564, 60.829, 11.894, 546.265, 32.547 ve 421.682.

Standartlar açısından bakıldığında, toplamda MIL-STD-1679 1.256.908, DOD-STD-2167 258.022 ve MIL-STD-498 932.885 satır kod yazılacağının tahmin edilmesine neden olmuştur.

Standart sapmanın çok yüksek olduğu Proje 4 ve Proje 6 hesaplamalardan çıkartıldığında, toplamda MIL-STD-1679 223.208, DOD-STD-2167 157.402 ve MIL-STD-498 164.885 satır kod yazılacağının tahmin edilmesi ile sonuçlanacaktır.

Tablo-17: Projelerde yapılan kod büyüklüğü kestirimi (satır sayısı)

	Proje 1	Proje 2	Proje 3	Proje 4	Proje 5	Proje 6	Toplam
MIL-STD-1679	60.000	127.500	19.008	1.000.000	16.700	33.700	1.256.908
DOD-STD-2167	20.902	22.500	34.000	94.300	80.000	6.320	258.022
MIL-STD-498	39.100	21.785	42.500	18.000	61.500	750.000	932.885
Standard Sapma	19.565	60.829	11.895	546.266	32.548	421.682	



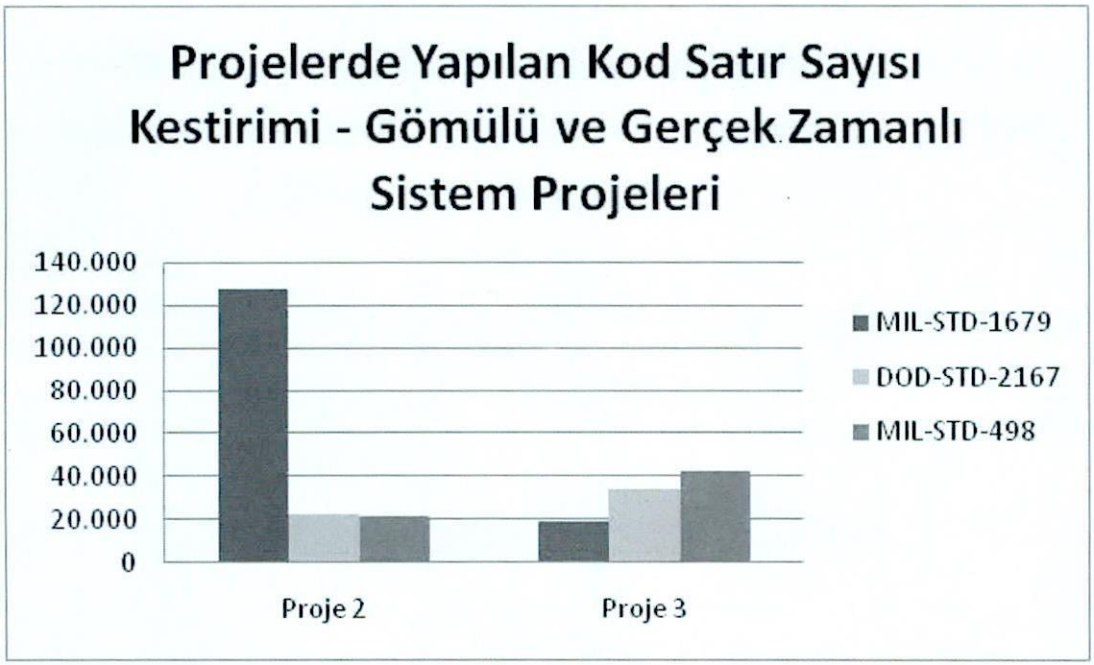
Şekil-21: Projelerde yapılan kod büyüklüğü kestirimi (satır sayısı)

Proje türlerine göre inceleme yapıldığında (Şekil-22, Şekil-23, Şekil-24), standartlar ile proje türleri arasında açık bir bağlantı olmadığı görülmektedir. Buna göre, hiçbir standart, herhangi bir uygulama türünde diğerlerine göre daha çok ya da daha az kod satırı kestirimine yol açmamaktadır.

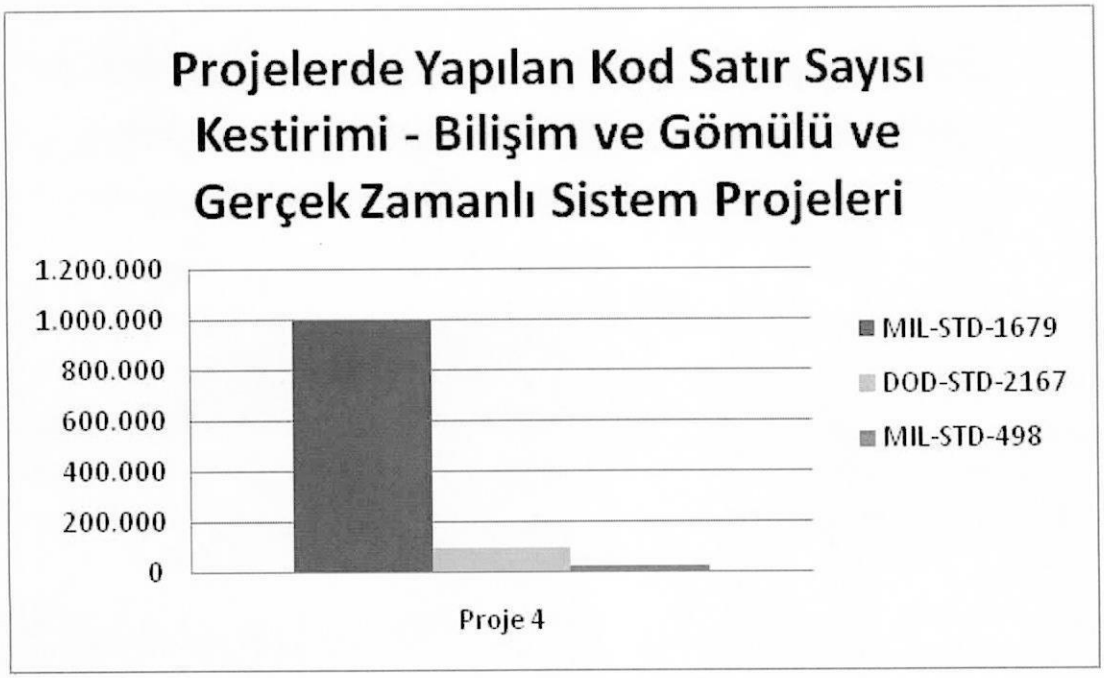
Elde edilen değerlerin çizdiği tablo itibari ile kod kestirimlerinin deneyin rastgele değişkenleri kapsamında incelenmesi gerektiği değerlendirilmiştir.

Gözlem 16. Kod satır sayısı kestirimi konusunda uygulanan standartlar ya da standartların uygulandığı proje türleri anlamlı bir etki yaratmamaktadır.

Şekil-22: Bilişim projeleri için kod satır sayısı kestirimi



Şekil-23: Gömülü ve gerçek zamanlı sistem projeleri için kod satır sayısı kestirimi



Şekil-24: Bilişim ve gömülü ve gerçek zamanlı sistem projeleri için kod satır sayısı kestirimi

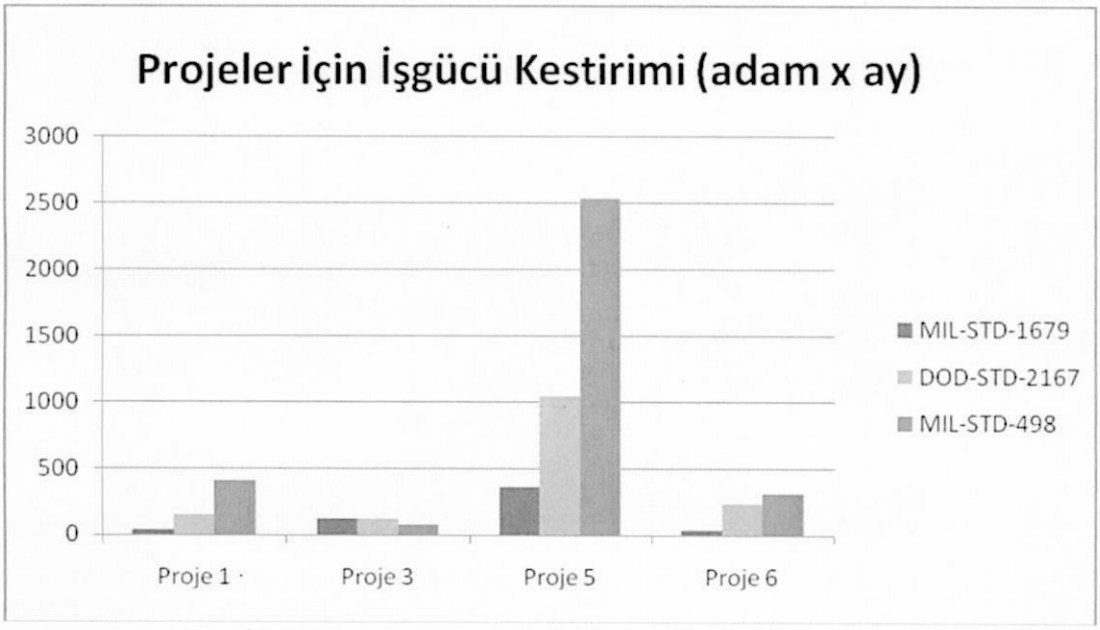
b. Proje Verilerine Göre Değerlendirmeler

YGSDD'de toplanan verilerin bir bölümünün, aynı sınıftaki diğer değerlere göre çok farklı oldukları ve standart sapma değerlerini etkiledikleri önceki bölümlerde görülmüştür. Bu bölümde, standart sapma değerlerini yükselten veriler kullanılmadan çözümleme yapıldığında elde edilen sonuçlar irdelenecektir.

Tablo-15'de projelerle ilgili işgücü kestirimleri verilmiştir. Bunlardan Proje 2 ve Proje 4 için yapılan kestirimler, standartlardaki değişimlerle açıklanamayacak ve diğer projelerle karşılaştırıldığında çok yüksek olan standart sapmalara sahiptir ve bu sebeplerle bu bölümde işgücü kestirimi ile ilgili yapılacak değerlendirmeden çıkartılmıştır. Proje 5 için de standart sapma değeri yüksek olmakla birlikte, standartların gelişimle ile uyumlu bir değişim gözlenmektedir. Bu durumda değerlendirmeye katılan veriler Tablo-18'de ve Şekil-25'de verilmiştir. Elenen projeler çıktığında kalan dört projenin üçünde standartların gelişimi ile uyumlu olarak süre kestiriminin standartlar güncelleştikçe arttığı görülmektedir.

Tablo-18: Elenen projeler sonucunda kalan projelerde yapılan işgücü kestirimleri

	Proje 1	Proje 3	Proje 5	Proje 6	Toplam
MIL-STD-1679	42	127,5	360	42	571,5
DOD-STD-2167	152	125	1044	240	1561
MIL-STD-498	405	75	2539	312	3331
Standart Sapma	186,1353	29,61559	1114,37	139,8142	



Şekil-25: Elenen projeler sonucunda kalan projelerde yapılan işgücü kestirimleri

Projelerde yapılan işgücü kestirimi doğrudan planlanan işin boyutu ile ilgilidir. Diğer yandan süre kestirimi diğer etmenlerle birlikte proje ekibinin büyüklüğüne de bağlıdır. Örneğin proje ekibinin az sayıda kişiden oluşması nedeni ile yüksek bir değerde yapılan süre kestiriminin, standart sapmayı arttırdığı için elenmesi uygun olmayacaktır. Bu sebeple süre kestirimi ile ilgili bir eleme ve inceleme gerçekleştirilmemiştir.

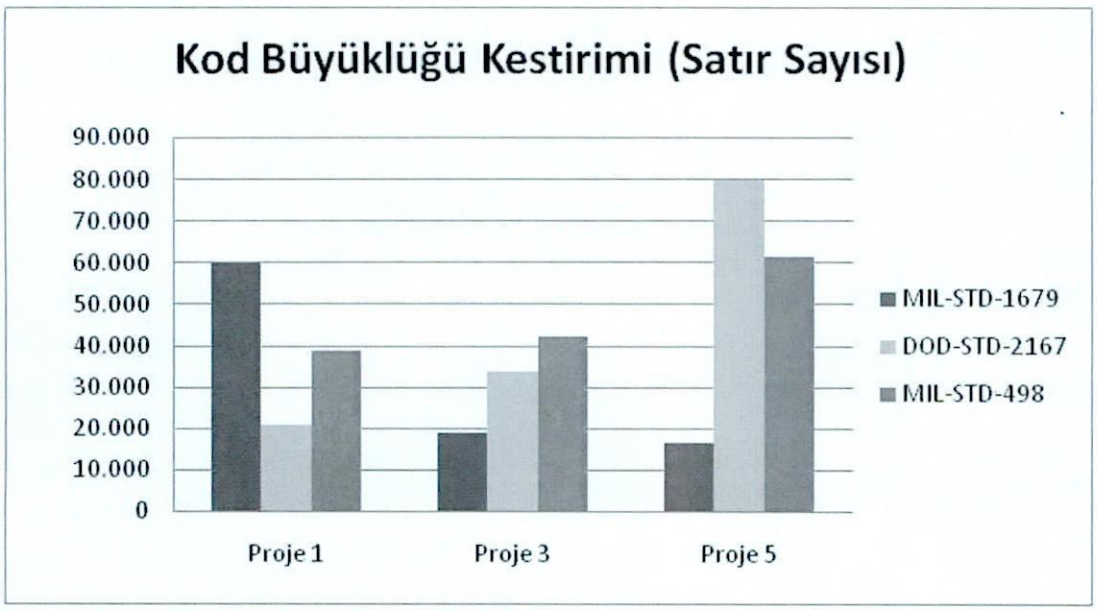
Projelerde yapılan gereksinim çözümlemesinde projelerin elenmesi ile ilgili konular bulunmaktadır. Bunlardan birincisi Proje 1 ve 3'ün gerçekleştirimi sırasında gruplardan birisinin gereksinim olarak sistem gereksinimlerini birebir kullanmış olmasıdır. Diğer konu, Proje 4, 5 ve 6 için gruplardan birinin ayrıntılı kullanıcı arayüzü gereksinimlerini dâhil ederek yüksek sayıda gereksinim tanımlamış olmasıdır. Burada belirtilen sorunlar,

beş tane projenin elenmesi ile sonuçlanacaktır, dolayısı ile gereksinim çözümlemesi ile ilgili inceleme bu bölüme dâhil edilmemiştir.

Tablo-17'de projelerde yapılan kod satır sayısı kestirimleri verilmiştir. Bunlardan Proje 2, Proje 4 ve Proje 6 için yapılan kestirimler, standartlardaki değişimlerle açıklanamayacak ve diğer projelerle karşılaştırıldığında çok yüksek standart sapmalara sahiptir ve bu sebeplerle bu bölümde kod satır sayısı kestirimi ile ilgili yapılacak değerlendirmeden çıkartılacaktır. Bu durumda değerlendirmeye katılan veriler Tablo-19'da ve Şekil-26'da verilmektedir. Sonuçları anlamlı olarak açıklanamayan projeler elendikten sonra da kod satır sayısı kestirimleri ile standartlardaki değişim ve gelişim arasında bir bağlantı bulunmadığı görülmektedir.

Tablo-19: Elenen projeler sonucunda kalan projelerde kod büyüklüğü kestirimleri

	Proje 1	Proje 3	Proje 5	Toplam
MIL-STD-1679	60.000	19.008	16.700	95.708
DOD-STD-2167	20.902	34.000	80.000	134.902
MIL-STD-498	39.100	42.500	61.500	143.100
Standard Sapma	19.565	11.895	32.548	



Şekil-26: Elenen projeler sonucunda kalan projelerde kod büyüklüğü kestirimleri

c. Gruplara Göre Değerlendirmeler

Bu bölümde öğrenci gruplarından hareketle iki tür değerlendirme yapılacaktır. Öncelikle, grupların çalışmalarının standartlara göre değişimi ele alınacaktır. Bu çalışma bir önceki bölümde proje tabanlı yapılan çalışmanın grup tabanlı bir tekrarıdır.

İkinci tür değerlendirmede grupların projeleri yaparken iki ayrılmalarından; Grup 1, Grup 2 ve Grup 3'ün Proje 1, Proje 2 ve Proje 3, Grup 4, Grup 5 ve Grup 6'nın Proje 4, Proje 5 ve Proje 6 üzerinde çalışmış olmasından hareketle bir inceleme yapılacaktır. Böylece grupların projeleri yapış tarzları ile ilgili bazı ipuçları elde edilmesi ve insan faktörünün deneye etkisinin anlaşılması hedeflenmektedir.

(1) Grupların Çalışmalarının Standartlara Göre Değişimi

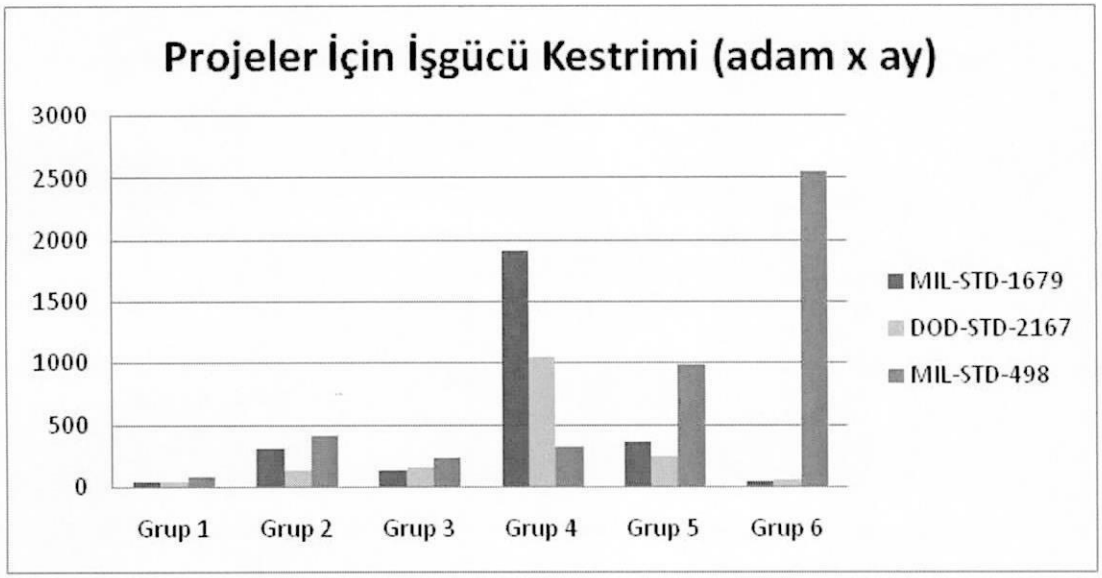
Önceki bölümlerde projeler özelinde deney parametrelerinin standartlar ile değişimi üzerinden değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde aynı veriler kullanılacak, fakat projelerle gruplar yer değiştirecektir.

Gruplar deneyin her döngüsünde farklı bir standartla farklı bir proje gerçekleştirmiştir. Dolayısı ile herhangi bir grup için farklı standartlarda elde edilen değerler doğrudan karşılaştırılabilir değildir. Diğer yandan gruplar arasında değerlerin genel değişimini anlamak amaçlı yapılacak bir karşılaştırma özellikle kestirim yapılan parametreler için anlamlı olacaktır.

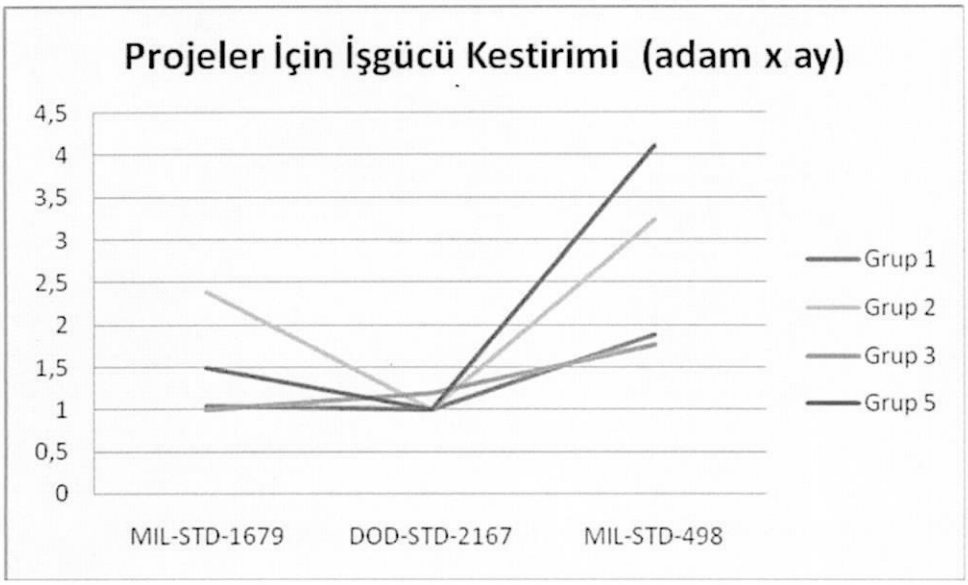
Grupların yaptıkları işgücü kestirimlerinin standartlara göre değişimi Tablo-20'de ve Şekil-27'de verilmiştir. Bu değerler incelendiğinde altı gruptan beşinin en yüksek kestirimleri MIL-STD-498 için yaptığı görülmektedir. Standartların güncelleşmesi ile - diğer bir deyişle zamanla - işgücü kestiriminin artması, Tablo-20'de standart sapmanın büyük olduğu Grup 4 ve Grup 6'nın değerlerinin atılması ve her satırın o satırdaki en küçük değere göre normalleştirilmesi ile elde edilen grafikte de görülmektedir (Şekil-28).

Tablo-20: Grupların yaptıkları işgücü kestirimlerinin standartlara göre dağılımı

	MIL-STD-1679	DOD-STD-2167	MIL-STD-498
Grup 1	42	40	75
Grup 2	300	125	405
Grup 3	127,5	152	224
Grup 4	1908	1044	312
Grup 5	360	240	984
Grup 6	42	53	2539



Şekil-27: Grupların yaptıkları işgücü kestirimlerinin standartlara göre dağılımı

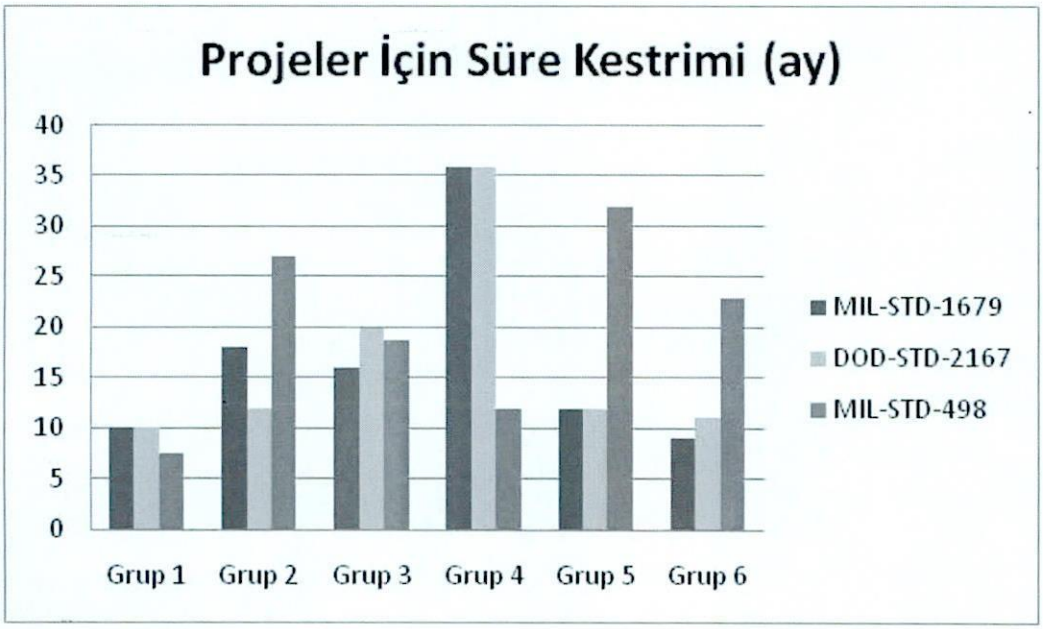


Şekil-28: Grupların yaptıkları işgücü kestirimlerinin zamana (standartların tanımlanma sırasına) göre değişimi (değerler normalleştirilmiştir).

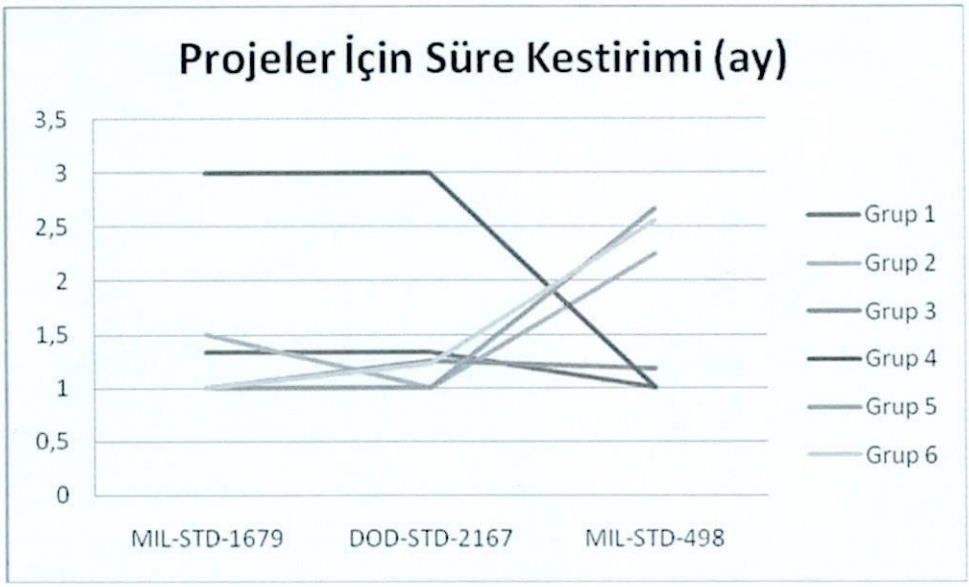
Grupların yaptıkları süre kestirimlerinin standartlara göre değişimi Tablo-21'de ve Şekil-29'da verilmiştir. Bu değerler incelendiğinde altı gruptan dördünün MIL-STD-1679'un en düşük süre kestirimine neden olduğu görülmektedir. Standartların güncelleşmesi ile - diğer bir deyişle zamanla - süre kestiriminin artması, Tablo-21'de her satırın o satırdaki en küçük değere göre normalleştirilmesi ile elde edilen grafikte de görülmektedir (Şekil-30).

Tablo-21: Grupların yaptıkları süre kestirimlerinin standartlara göre dağılımı

	MIL-STD-1679	DOD-STD-2167	MIL-STD-498
Grup 1	10	10	7,5
Grup 2	18	12	27
Grup 3	16	20	18,8
Grup 4	36	36	12
Grup 5	12	12	32
Grup 6	9	11	23



Şekil-29: Grupların yaptıkları süre kestirimlerinin standartlara göre dağılımı

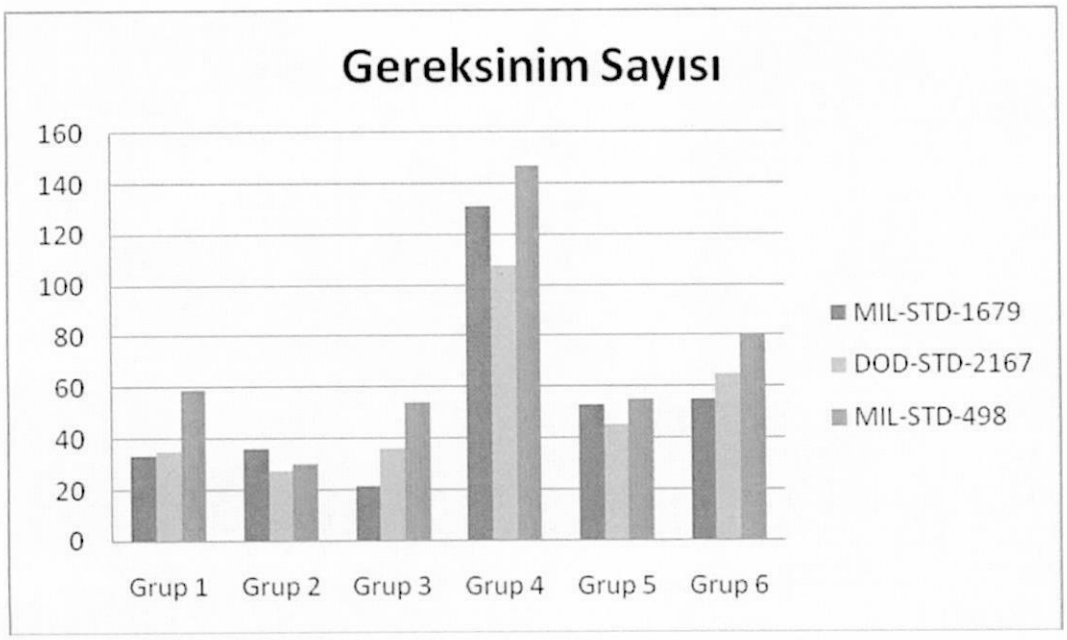


Şekil-30: Grupların yaptıkları süre kestirimlerinin zamana (standartların tanımlanma sırasına) göre değişimi (değerler normalleştirilmiştir).

Grupların tanımladıkları gereksinim sayılarının standartlara göre değişimi Tablo-22'de ve Şekil-31'de verilmiştir. Bu değerler incelendiğinde altı gruptan beşinin en yüksek sayıda gereksinimi MIL-STD-498 ile yaptığı görülmektedir. Bu bulgu, proje tabanlı incelemede elde edilen sonuçla uyumludur (Gözlem 15).

Tablo-22: Grupların tanımladıkları gereksinimlerin standartlara göre dağılımı

	MIL-STD-1679	DOD-STD-2167	MIL-STD-498
Grup 1	33	35	59
Grup 2	36	27	30
Grup 3	21	36	54
Grup 4	131	108	147
Grup 5	53	45	55
Grup 6	55	65	80

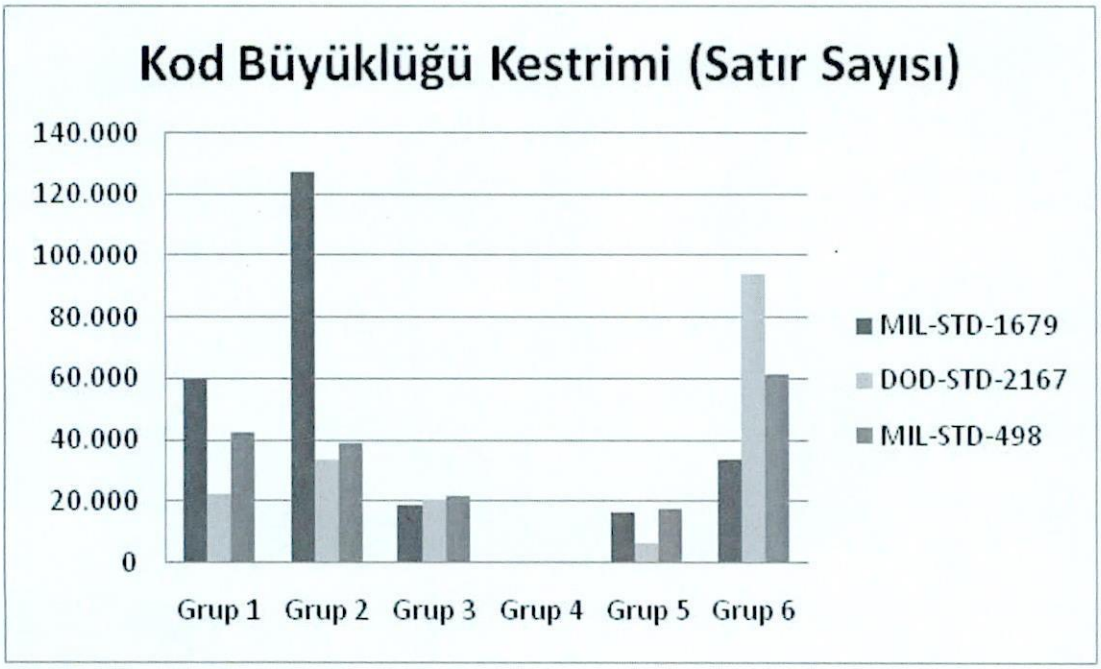


Şekil-31: Grupların tanımladıkları gereksinimlerin standartlara göre dağılımı

Grupların yaptıkları kod satır sayısı kestirimlerinin standartlara göre değişimi Tablo-23'de ve Şekil-32'de verilmiştir. Standartların değişiminin kod satır sayısı kestirimine belirli bir desende etkisi olmadığı görülmektedir.

Tablo-23: Grupların yaptıkları kod satır sayısı kestirimlerinin standartlara göre dağılımı

	MIL-STD-1679	DOD-STD-2167	MIL-STD-498
Grup 1	60.000	22.500	42.500
Grup 2	127.500	34.000	39.100
Grup 3	19.008	20.902	21.785
Grup 4	1.000.000	80.000	750.000
Grup 5	16.700	6.320	18.000
Grup 6	33.700	94.300	61.500



Şekil-32: Grupların yaptıkları kod satır sayısı kestirimlerinin standartlara göre dağılımı (Grup 4'ün değerleri, grafiğin ölçeğinin dışında olduğu için kaldırılmıştır)

Grup tabanlı yapılan incelemede elde edilen sonuçlar özetlenecek olursa:

- İşgücü kestiriminin standartlar geliştikçe arttığı ve MIL-STD-498'in uygulanmasının en yüksek kestirimlerle sonuçlandığı,
- Süre kestiriminin MIL-STD-1679'un uygulanmasında en düşük değerlerle sonuçlandığı ve
- Tanımlanan gereksinim sayısının proje tabanlı incelemede olduğu gibi MIL-STD-498'in uygulanmasında en yüksek sayıda olduğu görülmektedir.

Diğer yandan yukarıdaki sonuçlardan gereksinim sayısı ile ilgili olan dışındakiler proje tabanlı incelemede doğrudan erişilememiş sonuçlardır (İşgücü kestirimi ile ilgili sonuç standart sapmayı arttıran değerlerin atılması ile elde edilmiştir). Grup tabanlı değerlendirmede daha açıklayıcı sonuçlara ulaşılmıştır. Örneğin süre kestirimi ile ilgili olarak grup tabanlı elde edilen sonuç belge incelemesinin sonuçları ile açıklanabilecek, beklenen bir

durumdur. Çünkü standartların İSMG modellerinin de gösterdiği gibi süreci en sade ve en az adımdan oluşan standart MIL-STD-1679'dur ve bu nedenle MIL-STD-1679 ile gerçekleştirilen projelerin daha kısa sürmesi beklenir.

Bu farkın nedeni; proje tabanlı karşılaştırmanın kontrol değişkeni olarak grupların etkisinin örtük olarak sonuçlarda yer alması, grup tabanlı karşılaştırmada ise kontrol değişkeni olarak proje tanımlarının etkisinin örtük olarak sonuçlarda yer alması olarak değerlendirilmektedir. Gruplar - ilerleyen bölümlerde değinileceği gibi - insan faktörü nedeni ile rastgele değişken etkisi de göstermektedir. Grup tabanlı inceleme bu etkiyi inceleme yapılan birime indirgeyerek bir ölçüde yok etmektedir. Örneğin Grup 1 ile ilgili süre kestirimi verilerinin üçünde de bu grubun etkisi bulunmaktadır, diğer yandan Proje 1 ile ilgili süre kestirimi verilerinin her birinde ayrı bir grubun etkisi vardır.

Bu inceleme sonucunda elde edilen sonuçlar şöyle sıralanabilir:

Gözlem 17. MIL-STD-1679'un uygulanması proje gruplarının düşük süre kestirimi yapmasına neden olmaktadır. Diğer bir deyişle standartların gelişmesi ile süre kestirimleri artmıştır.

Gözlem 18. MIL-STD-498'in uygulanması proje gruplarının yüksek işgücü kestirimi yapması ile sonuçlanmaktadır. Standartların gelişimi işgücü kestirimlerini arttırmıştır.

(2) Grupların Genel Eğilimleri

Bir grubun diğerlerine göre daha yüksek ya da düşük kestirimler yapması beklenen bir durumdur. Bunun gerçekleşip gerçekleşmediği bu bölümde yapılan incelemelerle ortaya çıkartılacaktır. Ayrıca grupların hangi yazılım geliştirme modellerini ve programlama dillerini kullandıkları da incelenecektir. Elde edilen sonuçlar deneyde insan etmeninin ne ölçüde etkin olduğu konusunda ilerleyen bölümlerde yararlanılacak fikirler sağlayacaktır.

Gruplar üçerli kümeler halinde çalışmışlardır. Her grup kümesi kendi proje kümesini gerçekleştirmiştir, bu nedenle değerlendirmeler de bu kümeler üzerinden yapılacaktır.

Tablo- 24, Tablo-25 ve Tablo-26'da Grup 1, Grup 2 ve Grup 3'ün projelerde yaptıkları çalışmalar sonucunda toplanan parametreler verilmiştir. Bu parametrelere ilişkin grafikler Şekil-33, Şekil-34, Şekil-35 ve Şekil-36'da yer almaktadır.

Bu veriler arasından şu noktalar öne çıkmaktadır:

- Şekil-33 ve Şekil-34'de görüldüğü gibi Grup 1 diğer gruplara göre daha düşük kestirimler yapmıştır.

- Şekil-36'da görüldüğü gibi Grup 3 diğer gruplara göre daha düşük kestirimler yapmıştır.

- Proje 1'de her grup değişik programlama dili kullanmıştır. Bu farklılığın toplanan parametrelere etkisi olacaktır.

- Grup 1 her projede farklı bir yazılım geliştirme modeli kullanmıştır. Proje 2 ve 3'de Grup 2 ve 3 aynı yazılım geliştirme modelini ve benzer programlama dillerini kullanmıştır. Buna rağmen Proje 2'deki kod kestirimleri büyük fark içermektedir.

Tablo- 24: Grup 1'in projelerle ilgili çalışmaları

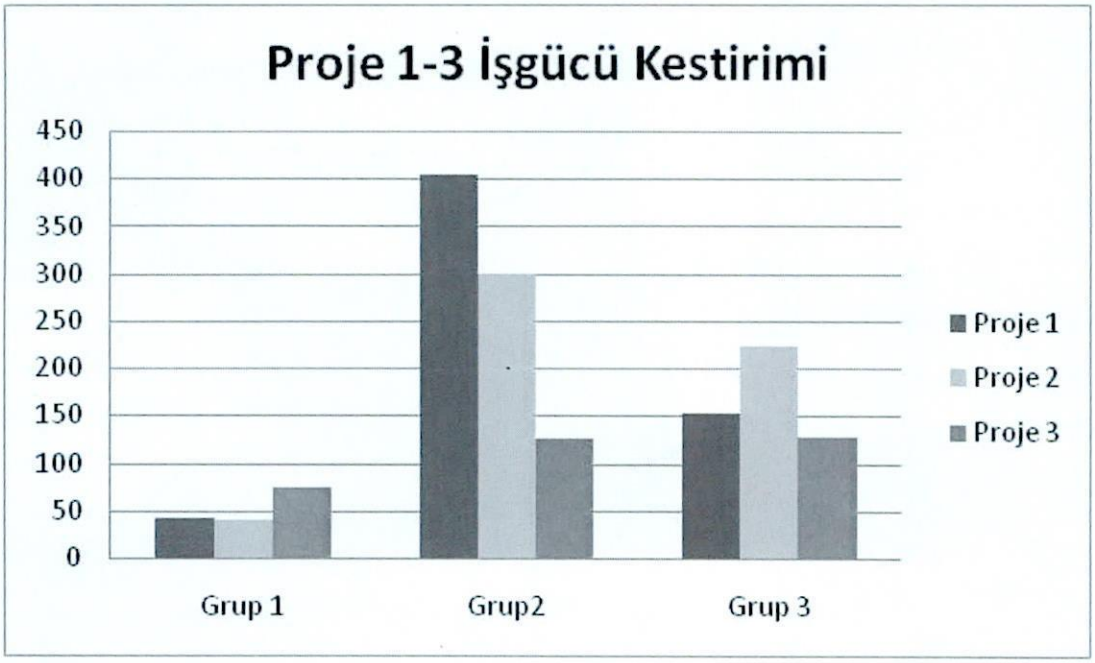
	Proje 1	**Proje 2**	**Proje 3**
İşgücü	42	40	75
Süre	10	10	7,5
Gereksinim Sayısı	33	35	59
Kod Satır Sayısı / 1000	60	23	43
Metodoloji	Şelale	İteratif	Arttırımsal
Programlama Dili	Java	C	C

Tablo-25: Grup 2'nin projelerle ilgili çalışmaları

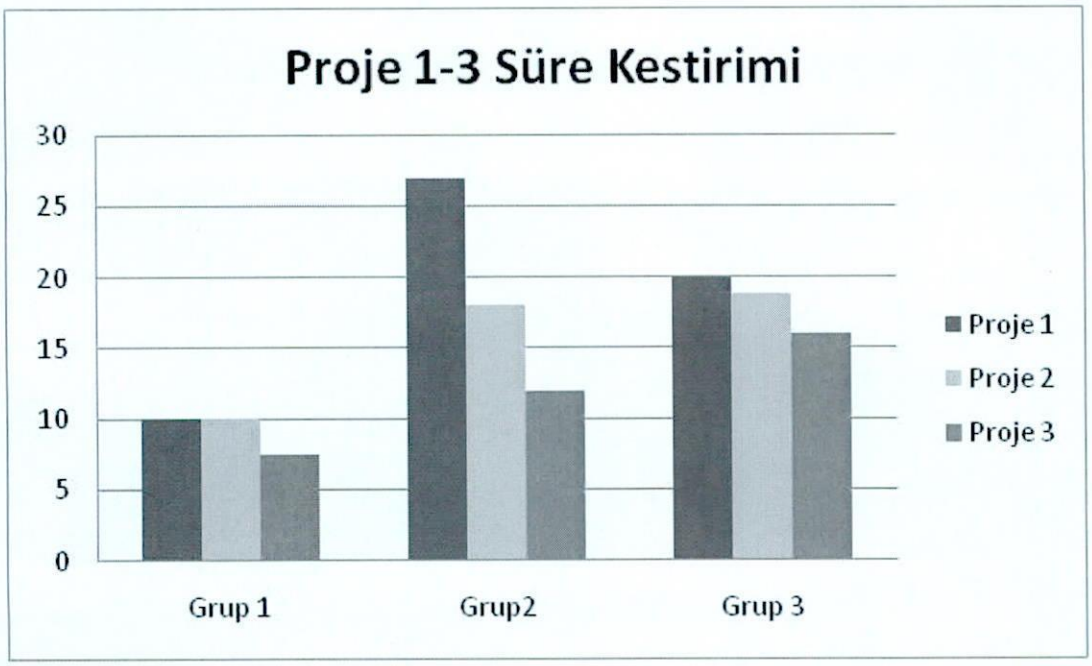
	Proje 1	Proje 2	Proje 3
İşgücü	405	300	125
Süre	27	18	12
Gereksinim Sayısı	30	36	27
Kod Satır Sayısı / 1000	39	128	34
Metodoloji	Spiral	Şelale	Şelale
Programlama Dili	C++	C++	C & C++

Tablo-26: Grup 3'ün projelerle ilgili çalışmaları

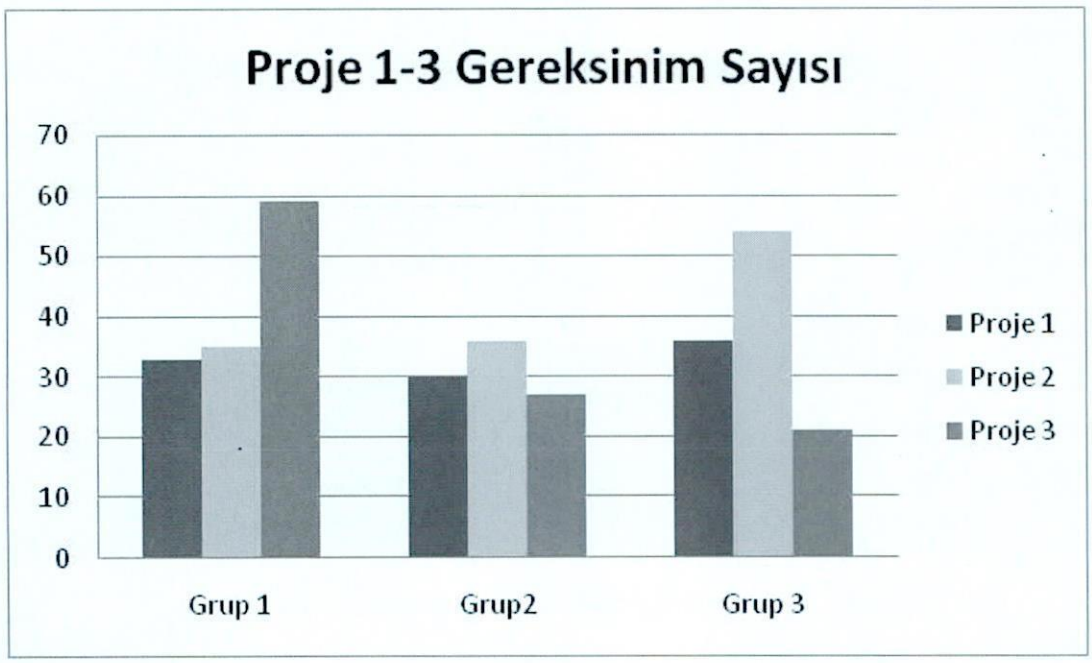
	Proje 1	Proje 2	Proje 3
İşgücü	152	224	127,5
Süre	20	18,8	16
Gereksinim Sayısı	36	54	21
Kod Satır Sayısı / 1000	21	22	19
Metodoloji	Şelale	Şelale	Şelale
Programlama Dili	C	C++	C



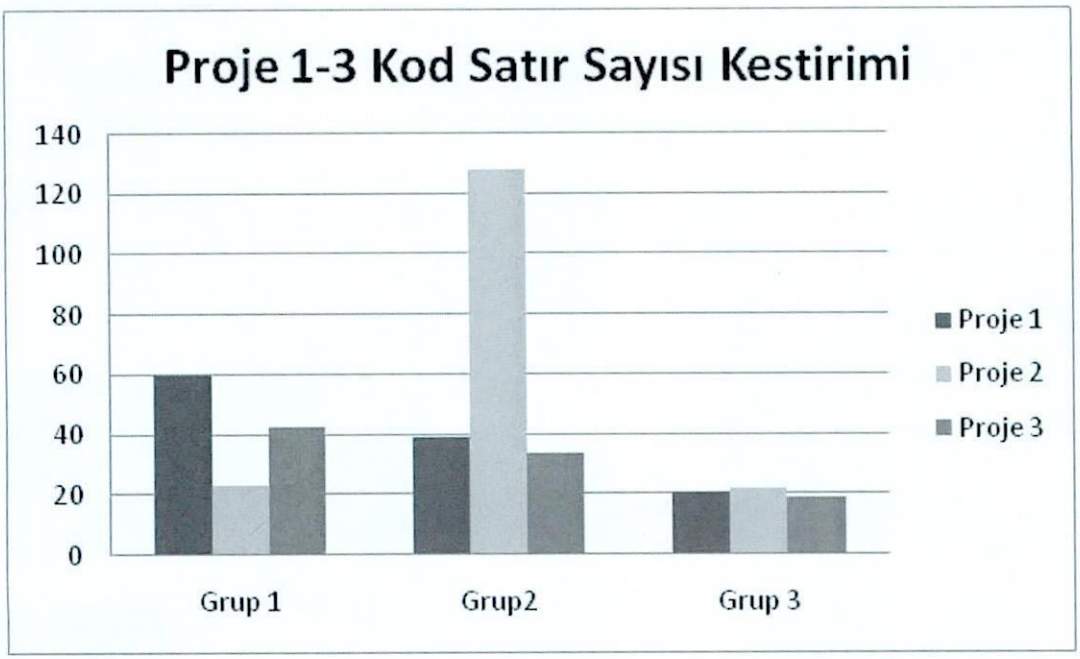
Şekil-33: Proje 1, 2 ve 3 için yapılan işgücü kestirimleri



Şekil-34: Proje 1, 2 ve 3 için yapılan süre kestirimleri



Şekil-35: Proje 1, 2 ve 3 için tanımlanan gereksinim sayıları



Şekil-36: Proje 1, 2 ve 3 için yapılan kod satır sayısı kestirimleri

Tablo-27, Tablo-28 ve Tablo-29'da Grup 4, Grup 5 ve Grup 6'nın projelerde yaptıkları çalışmalar sonucunda toplanan parametreler verilmiştir. Bu parametrelere ilişkin grafikler Şekil-37, Şekil-38, Şekil-39 ve Şekil-40'da verilmiştir.

Bu veriler arasından şu noktalar öne çıkmaktadır:

- Şekil-39'da görüldüğü gibi Grup 4 diğer gruplara göre daha yüksek sayıda gereksinim tanımlamıştır.

- Proje 4'de her grup değişik programlama dili kullanmıştır. Bu farklılığın toplanan parametrelere etkisi olacaktır.

- Gruplar biri proje gerçekleştirimi dışında her seferinde Şelale modelini kullanmıştır.

Tablo-27: Grup 4'ün projelerle ilgili çalışmaları

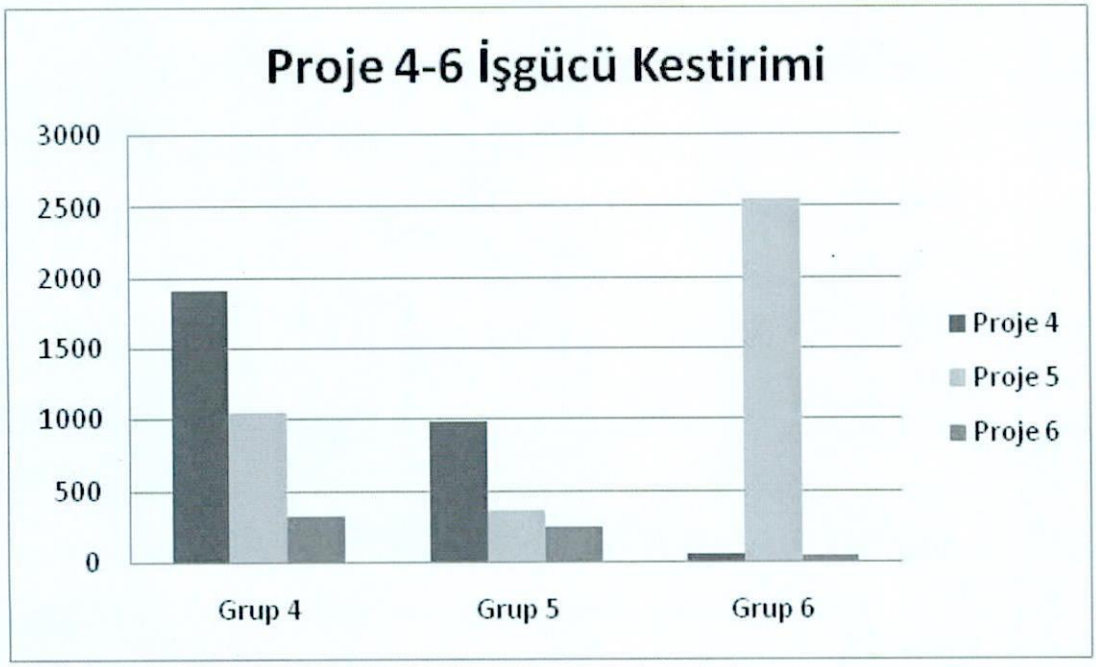
	Proje 4	Proje 5	Proje 6
İşgücü	1908	1044	312
Süre	36	36	12
Gereksinim Sayısı	131	108	147
Kod Satır Sayısı / 1000	1000	80	750
Metodoloji	Şelale	Şelale	Şelale
Programlama Dili	Java & C++	C++	Java

Tablo-28: Grup 5'in projelerle ilgili çalışmaları

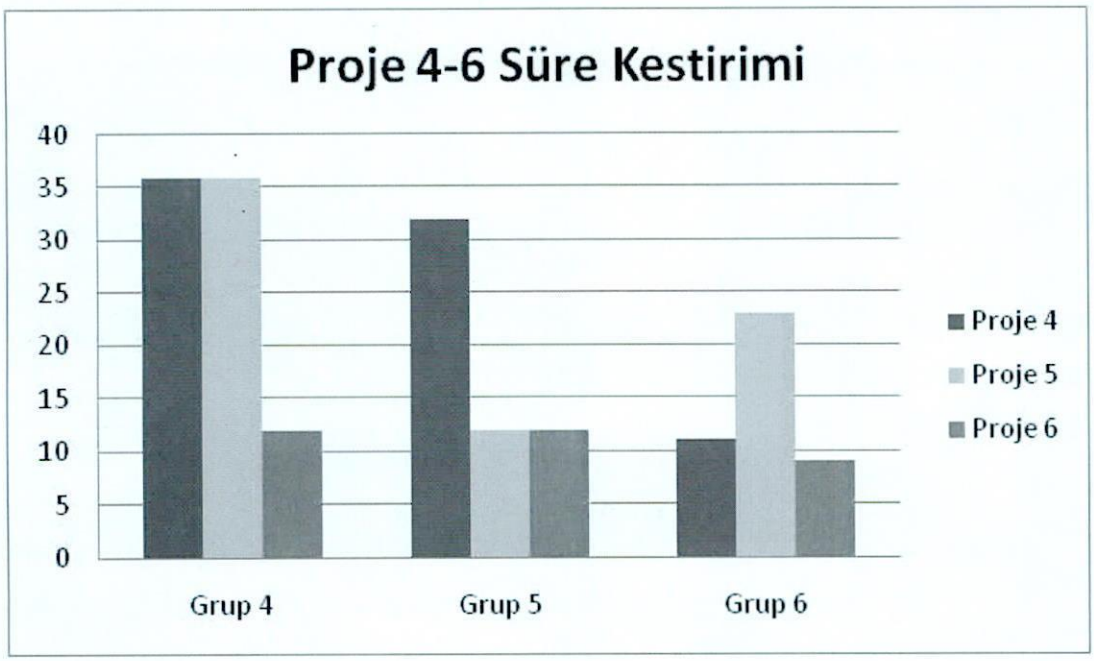
	Proje 4	Proje 5	Proje 6
İşgücü	984	360	240
Süre	32	12	12
Gereksinim Sayısı	55	53	45
Kod Satır Sayısı / 1000	18	17	6
Metodoloji	Şelale	Şelale	Şelale
Programlama Dili	C	C++	C++

Tablo-29: Grup 6'nın projelerle ilgili çalışmaları

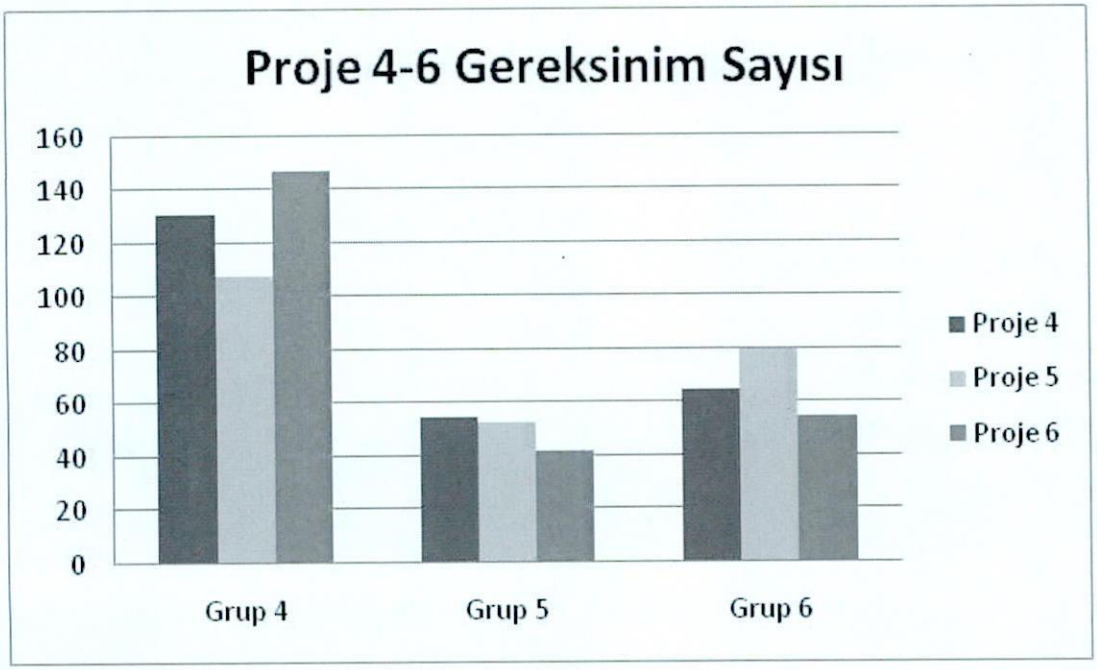
	Proje 4	Proje 5	Proje 6
İşgücü	53	2539	42
Süre	11	23	9
Gereksinim Sayısı	65	80	55
Kod Satır Sayısı / 1000	94	62	34
Metodoloji	Şelale	Spiral	Şelale
Programlama Dili	C & C++	C++	C++



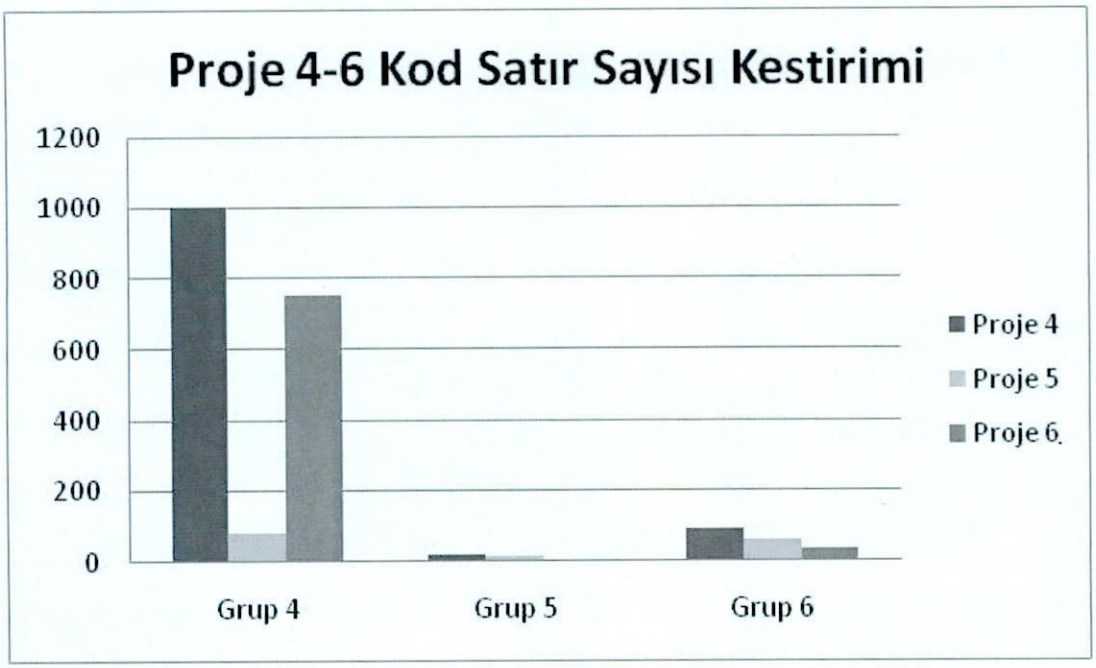
Şekil-37: Proje 4, 5 ve 6 için yapılan işgücü kestirimleri



Şekil-38: Proje 4, 5 ve 6 için yapılan süre kestirimleri



Şekil-39: Proje 4, 5 ve 6 için tanımlanan gereksinim sayıları



Şekil-40: Proje 4, 5 ve 6 için yapılan kod satır sayısı kestirimleri

ç. Yazılım Geliştirme Modelleri

Projeler gerçekleştirilirken planlama safhasında grupların kullanacaklarını beyan ettikleri yazılım geliştirme modelleri de kaydedilmiştir (Tablo-30). MIL-STD-1679, şelale modelin kullanımını zorunlu kılmaktadır.

Dolayısı ile bu standart uyarınca gerçekleştirilen projelerde başka bir model kullanılmamıştır. DOD-STD-2167 başka yazılım geliştirme modellerine izin vermesine rağmen sadece bir grup modelde değişikliğe gitmiş ve döngüsel modeli kullanmış, diğer beş grup şelale modeli ile devam etmiştir. MIL-STD-498 ile yapılan projelerde ise şelale, spiral ve artırımsal modeller kullanılmıştır.

Tablo-30: Grupların kullanacaklarını beyan ettikleri yazılım geliştirme modelleri

	Proje 1	Proje 2	Proje 3	Proje 4	Proje 5	Proje 6
MIL-STD-1679	Şelale	Şelale	Şelale	Şelale	Şelale	Şelale
DOD-STD-2167	Şelale	İteratif	Şelale	Şelale	Şelale	Şelale
MIL-STD-498	Spiral	Şelale	Arttırımsal	Şelale	Spiral	Şelale

Gözlem 19. Standartlar geliştikçe daha farklı yazılım geliştirme modellerinin kullanımına izin vermiş ve bu açılım uygulamada etkili olmuştur.

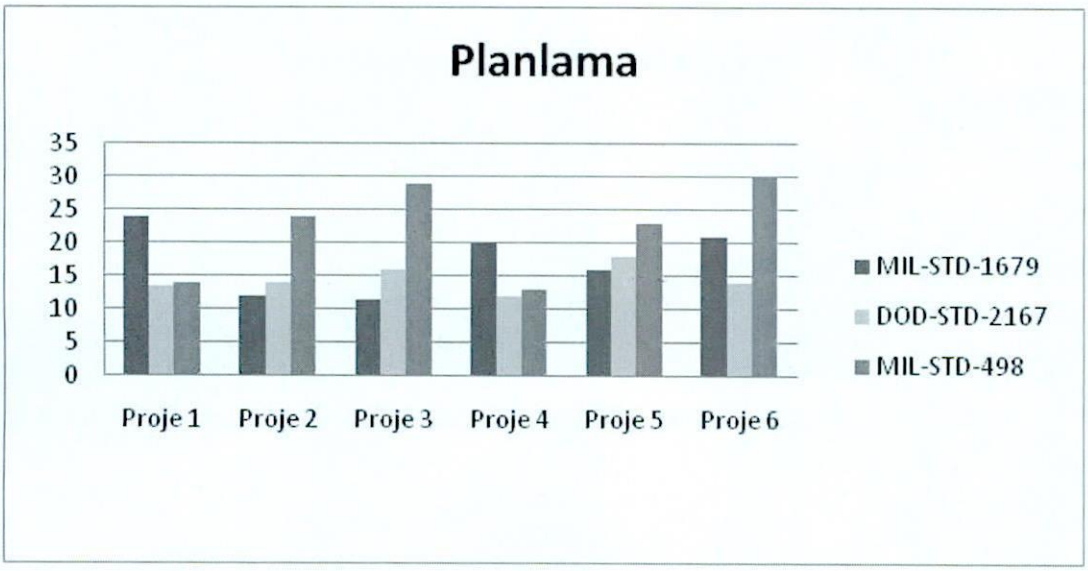
d. Harcanan İşgücü

Projelerde gruplar tarafında harcanan işgücü miktarları da adam x saat olarak toplanmıştır (Tablo-31, Şekil-41, Şekil-42, Şekil-43 ve Şekil-44). Bu verinin toplanmasının asıl amacı öğrencilerin çalışma saatlerini gözlemleyerek deneyin amacını aşan şekilde çok fazla zaman almasını (öğrencilere zarar verebilecek noktaya gelmesini) önlemektir.

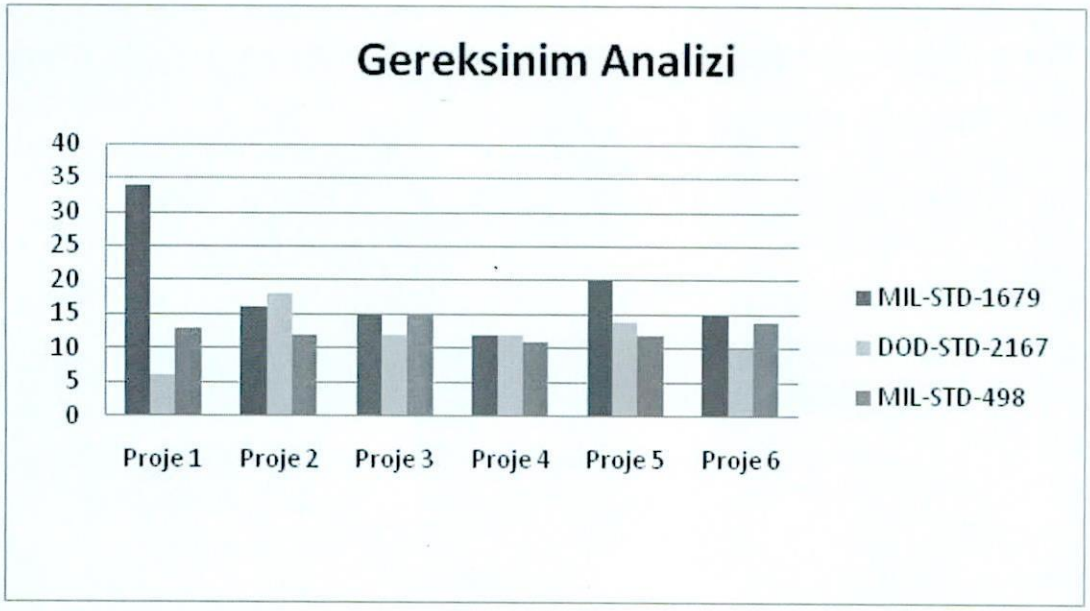
Yine de projelerin gerçekleştirimi için gruplar tarafından harcanan işgücü, standartlar ile ilgili ek bir veri kaynağı olarak kullanılabilir. Grupların en çok MIL-STD-1679 ve MIL-STD-498 ile ilgili projeler için vakit ayırdığı gözlenmiştir. MIL-STD-1679 deneyde ilk uygulanan standart olmuştur. MIL-STD-498 de kapsamın en geniş olduğu standarttır.

Tablo-31: Toplam harcanan işgücü

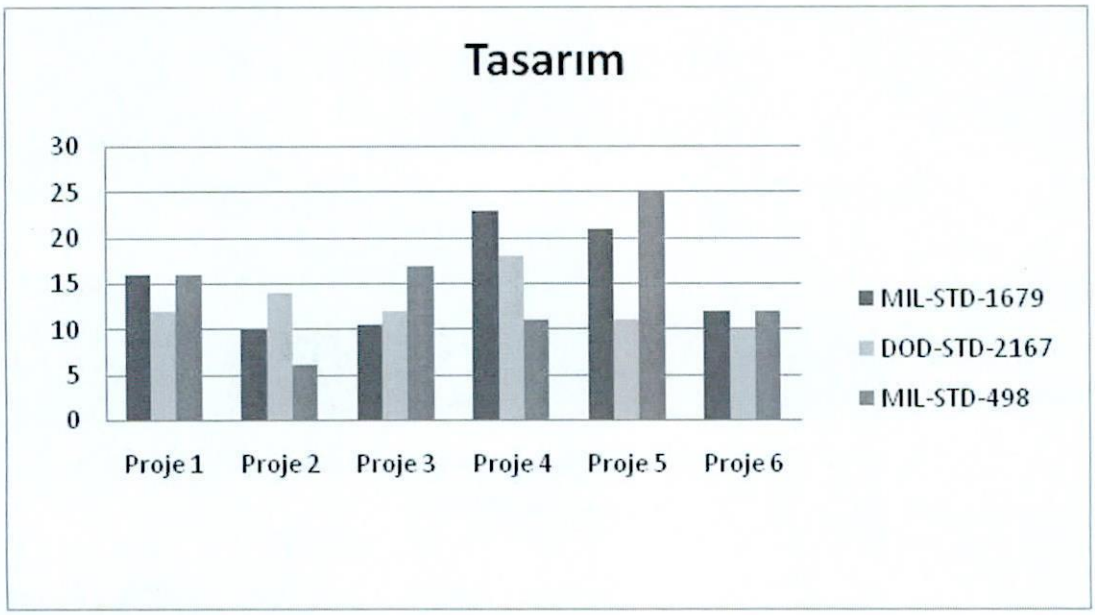
	Proje 1	Proje 2	Proje 3	Proje 4	Proje 5	Proje 6	Toplam
MIL-STD-1679	74	38	37	55	57	48	309
DOD-STD-2167	31,5	46	40	42	43	34	236,5
MIL-STD-498	43	42	61	35	60	56	297



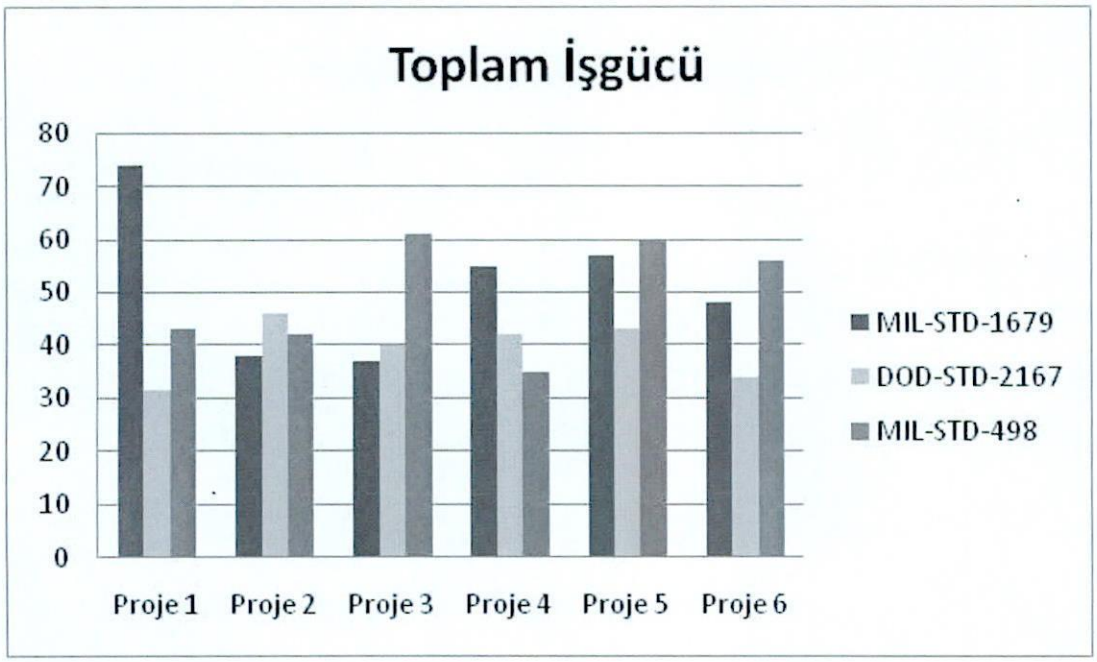
Şekil-41: Planlama aşamasında harcanan işgücü



Şekil-42: Gereksinim analizi aşamasında harcanan işgücü



Şekil-43: Ön tasarım aşamasında harcanan işgücü



Şekil-44: Toplam harcanan işgücü

Gözlem 20. Gruplar en çok, ilk uyguladıkları standart (MIL-STD-1679) ve en güncel ve en çok kavram içeren standart (MIL-STD-498) ile proje gerçekleştirirken işgücü harcamıştır. Bu durum askeri standartlarla çalışanların, bu standartların içerdiği anlayışa alıştığı (DOD-STD-2167 için işgücünde artış değil azalma olması), bu standartlarda değişim oldukça bu değişimler doğrultusunda harcanan işgücünün arttığı (MIL-STD-498 için

gözlenen artış), dolayısı ile askeri amaçlı yazılım geliştirme standartlarının bir çizgiyi temsil ettiği konusunda bir gösterge olarak yorumlanabilir.

e. Anket Sonuçları ve Deneyin Öğretim Yönünün Değerlendirilmesi

Dersi alan öğrencilerle bir anket yapılmıştır. Anketin amaçları şöyle listelenebilir:

1. Öğrencilerle ve işverenleri ile ilgili bilgileri toplamak,

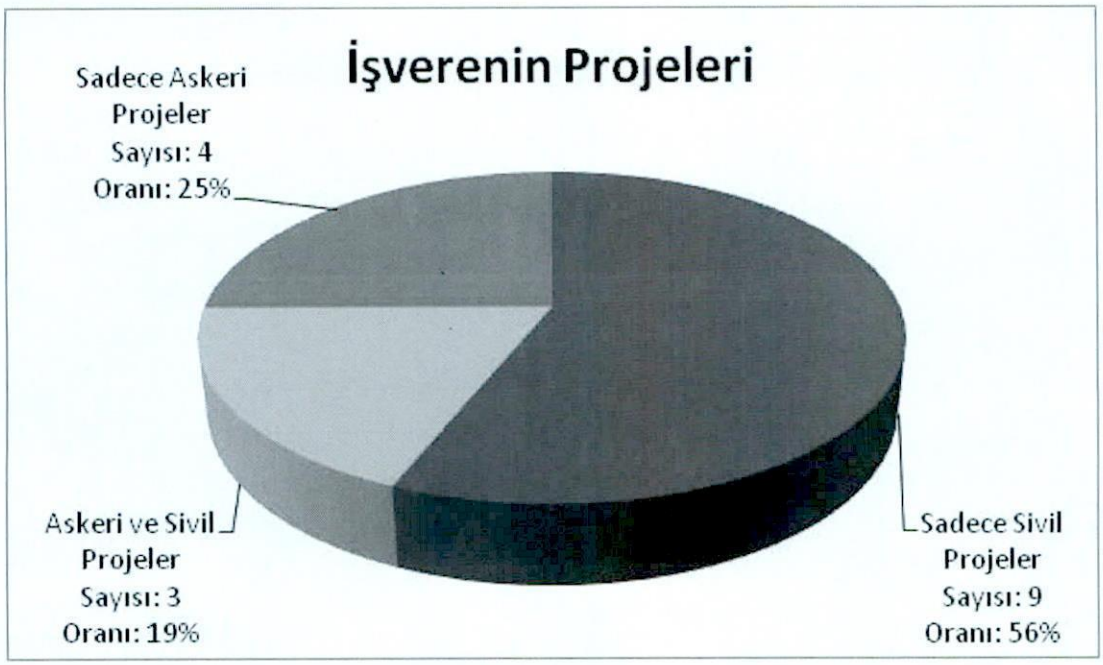
2. Öğrencilerin ders ile ilgili düşüncelerinin ve bireysel durumlarının öğrenilerek bu bilgilerin öğrenciler lehine notlandırmada kullanılması,

3. Öğrencilerin projeler ve projelerin gerçekleştirimi ile ilgili düşüncelerinin öğrenilerek projelerde toplanan verilere ilişkin insan faktörünün etkilerinin anlaşılması.

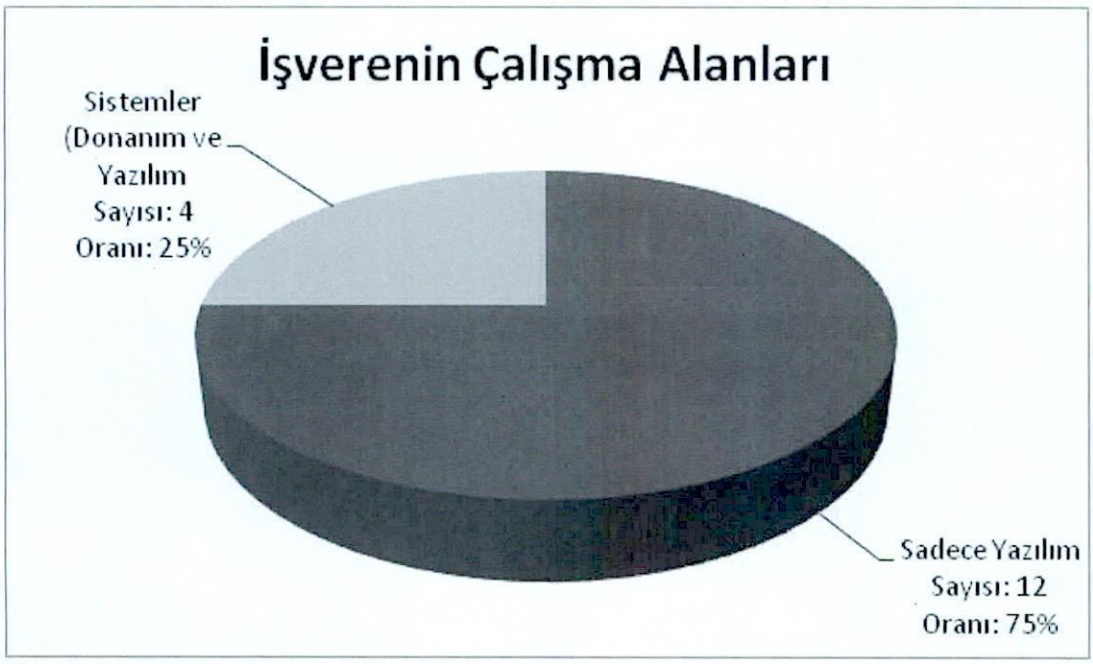
Anketin amaçlarının bir bölümü, örneğin ikinci ve üçüncü amaçlar, öğrencilerin düşüncelerini açıkça ifade etmelerini gerektirmektedir. Bu nedenle anketin anonim erişim sağlayan bir ortamda yapılması önem kazanmıştır. Anket, bu ihtiyacı göz önüne alınarak İnternet üzerinden, anket gerçekleştirimi ile ilgili altyapı sağlayan "SurveyMonkey" (www.surveymonkey.com) adlı site aracılığı ile yapılmıştır. Anket anonim olacağı için katılım ile ilgili bir zorunluluk getirilmemiştir. Ankete 21 öğrenciden 16'sı katılmıştır.

Anket soruları ve cevap seçenekleri EK-A'da verilmiştir. Anket soruları, anketle ilgili genel temayüller uyarınca tasarlanmıştır. Her sorunun tek bir konuya odaklanması ve seçenekli soruların "çok iyi, iyi, orta, kötü, çok kötü" örneğindeki gibi ölçeklendirilerek beş cevaplı olması noktalarına özen gösterilmiştir.

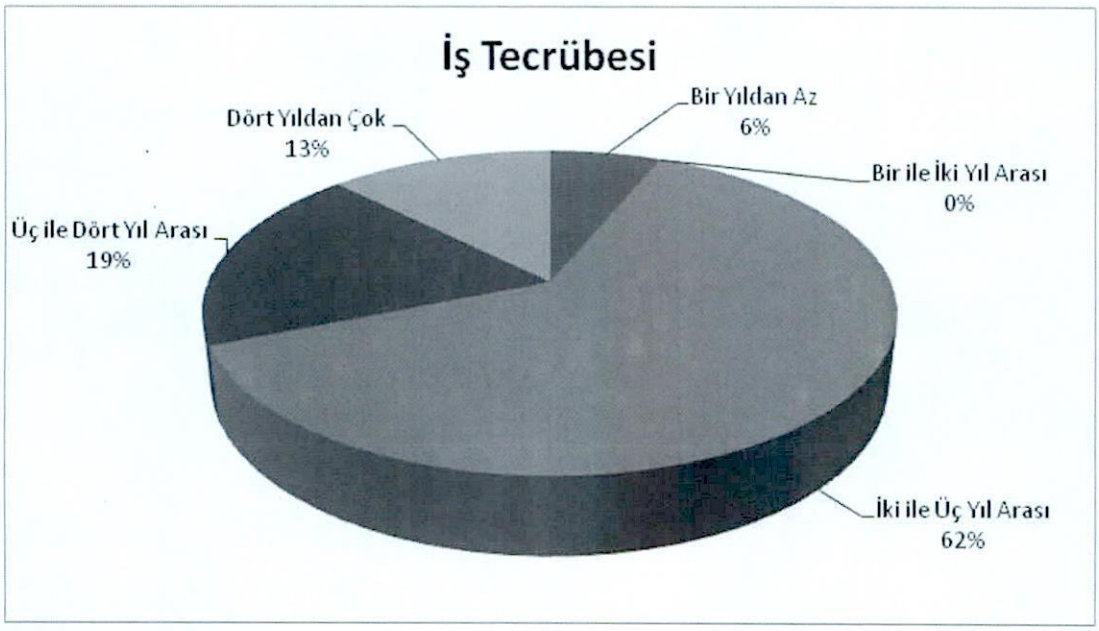
Ankette öğrenciler ve işyerleri ile ilgili sorulan sorulara alınan yanıtlar, grafik olarak Şekil-45, Şekil-46, Şekil-47 ve Şekil-48'de verilmiştir. Bu grafiklere göre öğrencilerin işverenlerinin %50'den fazlası sadece sivil projeler üzerinde çalışmakta ve %75'i sadece yazılım projeleri gerçekleştirmektedir. Öğrencilerin büyük çoğunluğu (%62) iki ile üç yıl arasında iş tecrübesine sahiptir. Projelerde gerçekleştirilen ana faaliyetlerden planlama öğrencilerin %3'ü, gereksinim çözümlemesi %18'i, tasarım %19'u tarafından daha önceden gerçekleştirilmiştir. Özellikle deney kapsamında gerçekleştirilen yazılım planlaması ile ilgili çalışmaların öğrenciler için önemli bir tecrübe kaynağı olduğu görülmektedir ve bu durum deneyin öğretim amaçları açısından olumlu bir durumdur.



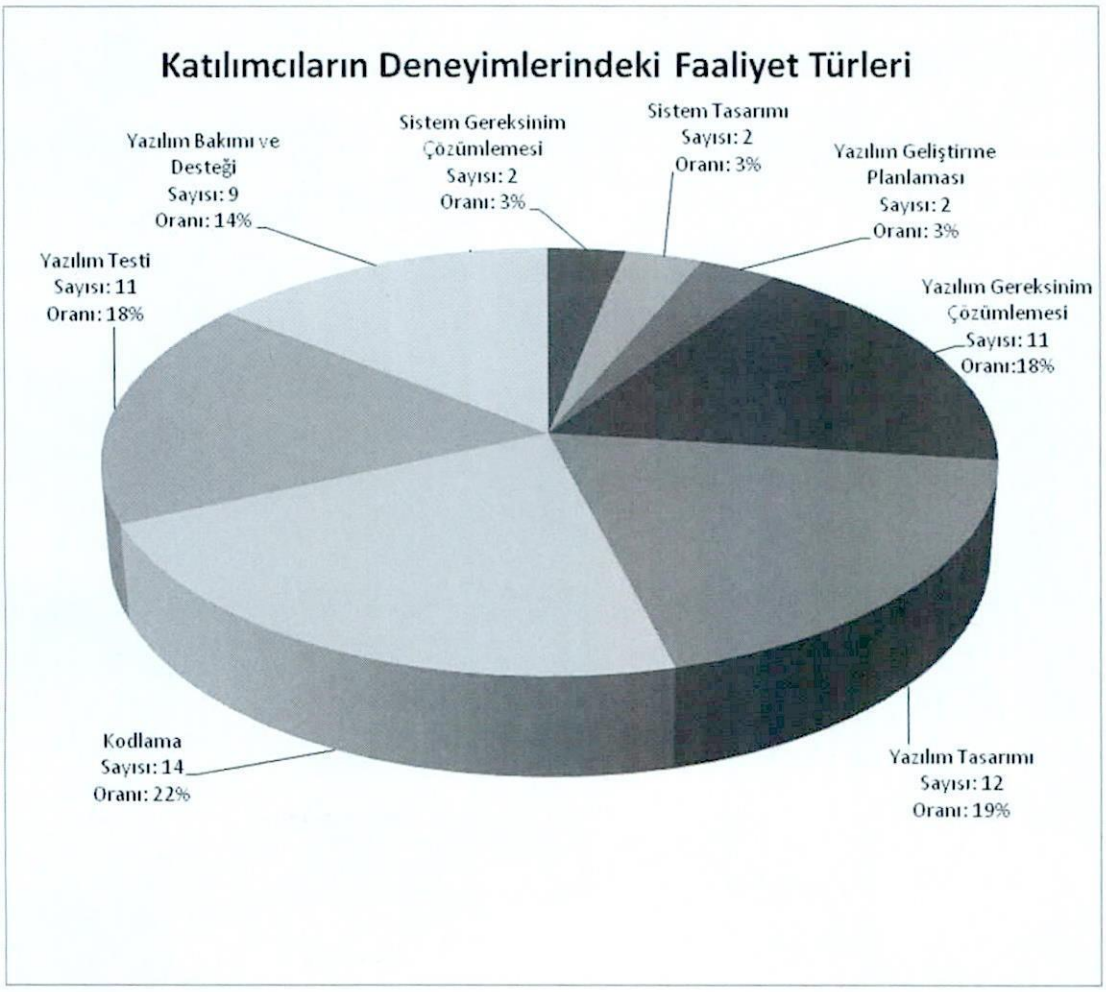
Şekil-45: Ankete katılan öğrencilerin işyerlerinin çalışma alanları



Şekil-46: Ankete katılan öğrencilerin iş yerlerinin proje türleri

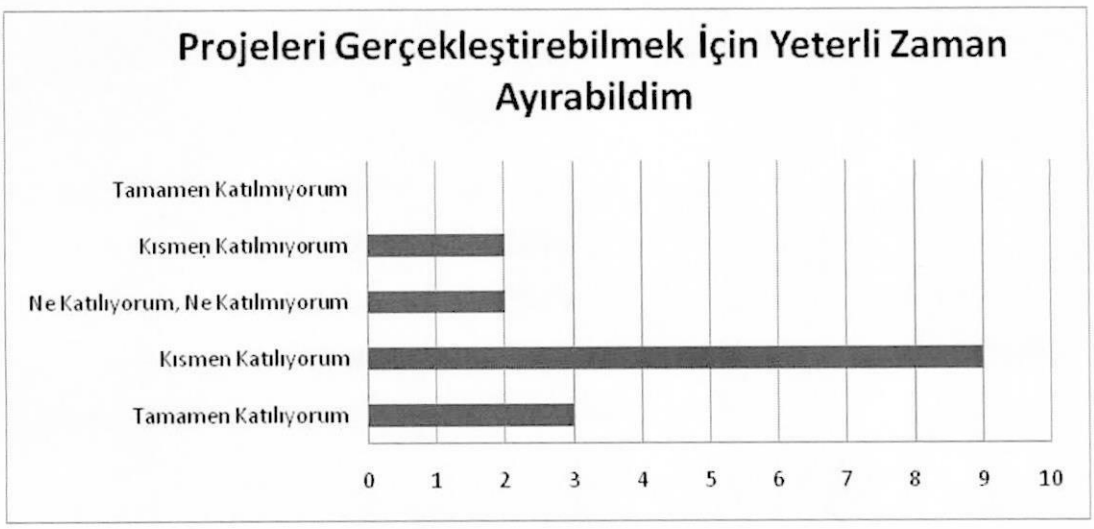


Şekil-47: Ankete katılan öğrencilerin iş tecrübeleri

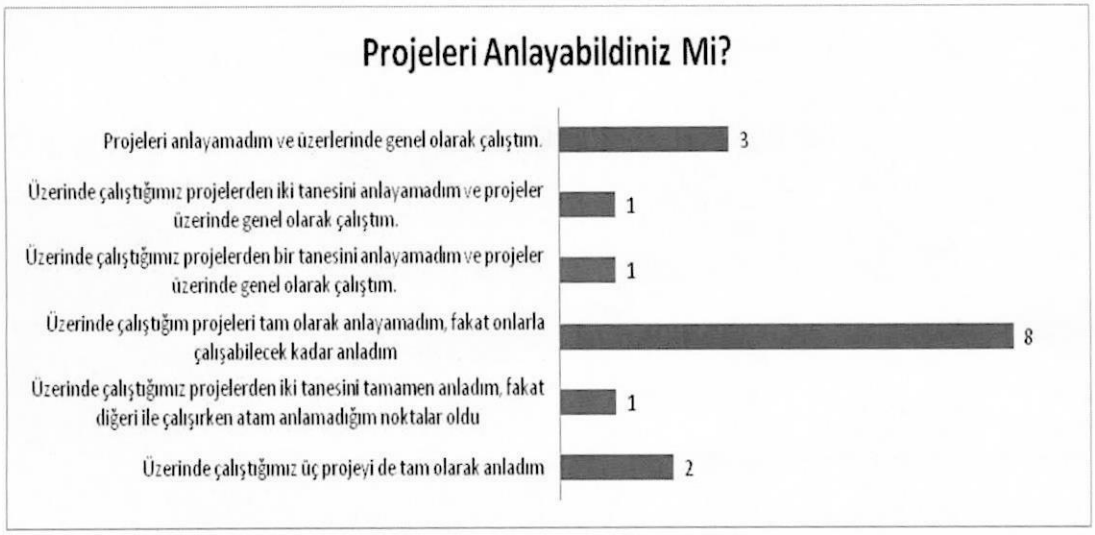


Şekil-48: Ankete katılan öğrencilerin çalışma hayatlarında gerçekleştirdikleri faaliyetler

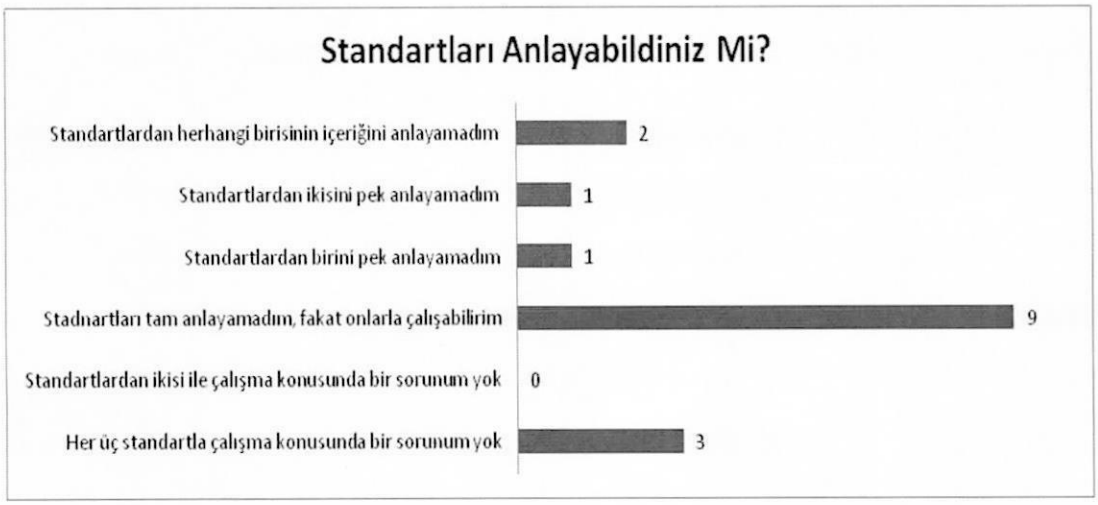
Ankete katılan öğrencilerin projeler ve standartlarla ilgili görüşleri Şekil-49, Şekil-50, Şekil-51 ve Şekil-52'de verilmiştir. Projeleri gerçekleştirebilmek için yeterli zaman ayırıp ayıramadıkları sorusuna sadece iki öğrenci kısmen katılmamış, dokuz öğrenci kısmen, üç öğrenci tamamen katılmıştır. Projelerin anlaşılıp anlaşılamadığı sorusuna on bir öğrenci projelerle çalışabilecek kadar anladığı cevabını vermiştir. Üç öğrenci hiç anlayamadığını belirtmiştir. Standartların anlaşılıp anlaşılamadığı sorusuna on iki öğrenci standartlarla çalışabilecek kadar anladığı cevabını vermiştir. İki öğrenci hiç anlayamadığını belirtmiştir. Projelerin akademik ya da iş kariyerleri için yararlı olup olmadığı sorusuna dokuz öğrenci yararlı olduğu yönünde cevap vermiş, altı öğrenci yararlı olmadığı doğrultusunda cevap vermiştir.



Şekil-49: Ankete katılan öğrencilerin projelere yeterli zamanı ayırıp ayıramadıkları ile ilgili görüşleri



Şekil-50: Ankete katılan öğrencilerin projeleri anlayıp anlayamadıkları ile ilgili görüşleri



Şekil-51: Ankete katılan öğrencilerin standartları anlayıp anlayamadıkları ile ilgili görüşleri

Şekil-52: Ankete katılan öğrencilerin projeleri akademik ve iş çalışmaları ile ilgili olarak yararlı görüp görmedikleri ile ilgili görüşleri

Ankette öğrencilere standartların geçerliliğine yönelik sorular da sorulmuştur. Sorulan sorular ve alınan cevaplar Tablo-32'de verilmiştir. En eski standart olan MIL-STD-1679'un ankete katılan 3 öğrenci tarafından en geçerli standart olarak gösterilmesi ve bu üç öğrenciden ikisinin ve bir başka öğrencinin en güncel standart olan MIL-STD-498'i en az geçerli standart olarak göstermesi anketin ilgi çekici sonuçları arasında yer almaktadır.

Tablo-32: Standartların geçerliliği ile ilgili sorulara verilen cevaplar.

	MIL-STD-1679	DOD-STD-2167	MIL-STD-498
En Geçerli Standart	3	3	4
İkinci En Geçerli Standart	0	8	7
En Az Geçerli Standart	7	3	3
Referans Alınacak Standard	0	4	8

Yukarıda sonuçları verilen anket, temel olarak YGSDD'nin öğretim yönü ile ilgili olarak yapılmıştır. Deney tasarımı her ne kadar bu araştırmanın ana noktalarından birisi olmasa da, elde edilen sonuçlar bir yan ürün olarak tartışılacaktır. Ayrıca bu tartışma YGSDD'nin geçerliliği konusuna da girdi sağlayacaktır.

Katılımın gönüllük esasına dayandığı ankete 21 öğrenciden 16'sı katılmıştır ve katılım yaklaşık %76 oranında gerçekleşmiştir. Yüzde olarak bakıldığında yüksek görünen katılım oranı, anketin bir ders kapsamında yapıldığı gerçeği (diğer bir deyişle katılımın öğretmenin bir talebi olması) ve ankete katılımın kolaylığı (İnternet üzerinden, katılımcının istediği zaman doldurabileceği, anonim erişimli, 10 soruluk bir anket) göz önüne alındığında yüksek bir katılım oranı olarak görülmemektedir.

Ankette yer alan, projelerin ve standartların anlaşılıp anlaşılmadığı hakkındaki sorulara verilen cevaplar proje ve standartların çoğunluk tarafından yeterince anlaşıldığını göstermekle birlikte, sorulara göz ardı edilemeyecek sayıda olumsuz cevap da verilmiştir. Deney süresi boyunca e-posta ile 7 soru sorulduğu, Cumartesi günlerinde deneyle ilgili soruların sorulması için ayrılan zamanda da sadece iki kere soru sorulduğu göz önüne alındığında, ankette bildirilen durum ile araştırmacılardan talep edilen yardım arasında uyum olmadığı görülmektedir.

Ankete katılım oranı ve deneyde anlaşılmayan konularla ilgili sorulan soruların azlığı, tarihsel tabanlı araştırmaların öğrencilerin ilgisini yeterli ölçüde çekmediği olarak yorumlanabilir. İleride yapılabilecek ve tarihsel boyutu olacak benzer çalışmalarda bu noktaların dikkate alınması yararlı olacaktır.

YGSDD'nin tarihsel boyutu ile ilgili bir başka önemli bir nokta da öğrencilerin konuları içinde bulundukları şartlar doğrultusunda ele almalarıdır. Örneğin MIL-STD-1679 ile çalışırken grupların deneyin gerçekleştirildiği zaman diliminde uygulanmayan gereksinimlerle ilgili planlama yapamadıkları, bu gereksinimleri göz önüne almadıkları fark edilmiş ve bu duruma müdahale edilmiştir. Böyle bir örneğin standartlarla ilgili bir çalışmada yaşanması beklenmeyen bir durumdur, çünkü standartlar gereksinimlerini açık ve yapısal bir şekilde ortaya koyan belgelerdir. YGSDD'de yaşanan tecrübeler göstermiştir ki, tarihsel bir çalışmada yer alacak kişilerin kendilerini bu çalışmanın gereklerine uyarlamaları konusunda açık fikirli olmaları önem taşımaktadır. Bu konunun deney başında gruplarla konuşulmamış olması YGSDD'nin uygulamasında yaşanan bir eksiklik olmuştur.

PTÖ ile ilgili önemli noktalardan birisi, grup olarak çalışan öğrencilerin bireysel notlarının adaletli bir şekilde belirlenmesidir. YGSDD'de bu nokta bir sorun teşkil etmemiştir. Projelerin ev ödevi olarak yapılması ile derste konu anlatımı mümkün olmuş, derste anlatılan konularla ilgili bir de ara sınav yapılmıştır. Böylece öğrencilerin bireysel performansları ile ilgili ölçütler toplanabilmiştir. Bu ders düzeninin de benzer çalışmalarda dikkate alınması yararlı olacaktır.

4. DENEY SONUÇLARININ GENEL DEĞERLENDİRMESİ

YGSDD ile ilgili sonuçların genel değerlendirmesi iki başlık altında yapılacaktır: deneyin geçerliliğinin değerlendirilmesi ve deney sonuçlarının teknik olarak değerlendirilmesi.

a. Deneyin Geçerliliğinin Değerlendirilmesi

Deney sonuçlarının değerlendirilmesi öncesinde bu sonuçların geçerliliğinin sorgulanması ve sonuçların geçerli olduğunun gösterilmesi gerekmektedir. Bu bölümde böyle bir sorgulama yapılarak YGSDD'nin geçerli sonuçlar ortaya çıkardığı gösterilecektir.

Deney sonuçlarının geçerliliğini etkileyebilecek etmenler şöyle gruplandırılmıştır:

1. Standartların deneyde tek ve etken bağımsız değişken olup olmadığı
2. Öğrencilerin yetkinliği
3. Yapılan çalışmanın öğrenciler tarafından ne kadar anlaşıldığı ve öğrencilerin ne kadar zaman ayırdığı
4. Deney tekrarı

(1) Standartların Deneyde Tek ve Etken Bağımsız Değişken Olmaması

YGSDD'nin hedefi standartların uygulamaya etkisinin anlaşılmasıdır. Bu hedefe ulaşmanın ideal yolu kuşkusuz deneyde standartların tek başına bağımsız değişken olması ve deneyde toplanan parametrelerin de bağımlı değişkenler olmalarıdır.

YGSDD'de bu ideal konumdan farklılaşmaya yol açan iki etki bulunmaktadır. Bunlardan birincisi kontrol değişkeni olarak ele alınan projeler ve gruplardır. Her ne kadar projeler tanımları araştırmacılar tarafından yapılmış, grupların oluşumları deney boyunca sabit kalmış ve projelerin ve grupların standartlara dağılımları araştırmacılar tarafından yapılmış olsa da, proje-grup ikilisinin deneyin her döngüsünde değişmesinden dolayı toplanan parametrelerin karşılaştırılmasında güçlükler yaşanmıştır.

Diğer yandan, yaşanan bu güçlüğün nedeni deney tasarımının göz önüne alması gereken etmenlerdir. Bunlar şöyle sıralanabilir:

- YGSDD akademik bir ortamda gerçekleştirilmiştir ve araştırma hedefleri olduğu gibi öğretim hedefleri de bulunmaktadır. Öğretim hedefleri doğrultusunda her öğrencinin konu alınan üç standartla da çalışması gerekmektedir.

- Deneyde karşılaştırma yapılabilmesi için aynı projenin her üç standartla da gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Aynı grubun aynı projeyi başka bir standartla ikinci ya da üçüncü kez gerçekleştirmesi kuşkusuz ilk gerçekleştirim ile aynı olmayacaktır. İlk gerçekleştirimdeki kararlar sonrakileri de etkileyecek, bu etkileşim standartların değişiminin neden olduğu sonuçların gözlenmesini önleyecektir.

Yukarıda özetlenen nedenlerle proje-grup ikilisinin deneyin her döngüsünde değişmesi, deney tasarımının vazgeçilmez bir özelliğidir. Bu önlem ile standartlar dışındaki iki önemli parametrenin (gruplar ve projeler) sonuca etkisi en aza indirilmeye çalışılmıştır: Her grup, her standart ile ilgili çalışmalara katkıda bulunmuştur. Ayrıca bir grup, değişik standartlarla çalıştığında farklı derecede bilgi sahibi olduğu projeler kullanmamış, her standart için proje bilgi düzeyleri sıfırlanmıştır. Grupların etkilerinin standartlara dağıtılmış olması gibi projelerin etkileri de standartlarla ilgili çalışmalara dağıtılmıştır.

YGSDD'de ideal konumdan farklılaşan ikinci etki deneye rastgele değişkenler olarak tesir eden öğrenci özellikleridir. Öğrencilerin özellikleri ve bunların çeşitli aşamalardaki çeşitli parametrelere etkisi tam olarak anlaşılamayacak ve modellenemeyecek, rastgele etkilerdir ve literatürde de bu şekilde ele alınmaktadır (Basili, 1981). Öte yandan, insan faktörleri ile ilgili bu rastgele etki, sadece öğrenciler özelinde değil, gerçek hayatta yazılım geliştirme alanında çalışan kişiler için de geçerlidir. YGSDD özelinde konu

Bölüm 4.3.c.2'de incelendiğinde, bazı grupların genel olarak daha düşük ya da yüksek kestirimler yapabildiği görülmüştür. Diğer yandan benzer farklılıklar gerçek bir iş ortamında, yazılım geliştirme konusunda çalışan kişiler arasında da görülecektir.

İnsan faktörünün etkilerinin ayrıntısı incelendiğinde, yazılım geliştirme ortamı tercihleri aracılığı ile deneyde toplanan parametrelerin etkilendiği görülmektedir. Örneğin kullanılan yazılım geliştirme modeli, yazılım geliştirme araçları ve programlama dili yazılım geliştirme ekibinin çalışma yükünü azaltabilir ya da arttırabilir; böylece işgücü, süre ve kod satır sayısı kestirimleri bu doğrultuda değişebilir. YGSDD özelinde grupların yazılım geliştirme ortamına etkileri Bölüm 4.3.c.2'de incelenmiş ve gruplar arasında farklılıklar olduğu görülmüştür.

İşgücü, süre ve kod satır sayısı kestirimlerine etki eden ve projeleri gerçekleştiren kişilerin rastgele tercihleri ile oluşan etmenlerin ortadan kaldırılabilmesi için neler yapılabileceği konusunda şu noktalar ele alınabilir:

- Yazılım geliştirme modeli sabit tutulabilir ve Şelale Modeli olarak belirlenebilir (MIL-STD-1679 Şelale Modeli dışında bir modelin kullanımına izin vermemektedir). Fakat bu durum standartlarla çelişmektedir. DOD-STD-2167'den itibaren değişik modellerin kullanımına izin verilmektedir. Eğer model sabit tutulursa, gerçekleştirilen deneyin "Standartların Şelale Modeli ile Uygulanması" sıfatını taşıması gerekir.

- Programlama dili sabit tutulabilir, örneğin C ya da C++ olarak belirlenebilir. Bu durumda, tüm projelerin belirlenen dil ile kolaylıkla gerçekleştirilebilecek projeler olması gerekir. Ayrıca seçilen bu dilin tüm öğrencilerin bildiği ve tecrübe sahibi olduğu bir dil olması gerekir.

- Diğer yazılım geliştirme araçları sabit tutulabilir. Bu durumda tüm öğrencilerin bildiği ve tecrübe sahibi olduğu araçların bulunması gerekir.

- Bilgisayar, ağ ve işletim altyapısı, uygulama çeşitlerini göz önüne alarak birkaç tür olacak şekilde belirlenebilir. Bu durumda tüm öğrencilerin bildiği ve tecrübe sahibi olduğu ortamların bulunması gerekir.

Görülmektedir ki, yazılım geliştirme modeli, yazılım geliştirme ortamı ve yazılımın koşacağı ortam konularında kısıtlamalar getirmeden rastgele değişkenlerin etkilerini gidermek mümkün olmamaktadır. Diğer yandan bu kısıtlamalar standartların içerikleri ile çelişebilmektedir. Ayrıca standartların etkisinin gözlenmesine de engel olmaktadır.

Gruplara; yazılım geliştirme modeli, yazılım geliştirme araçları, programlama dili ve yazılımın koşacağı ortam konularında serbestlik tanınmıştır. Bu serbestliğin olumsuz yanı, söz konusu etmenlerde standardizasyonun kaybedilmesi, her grubun farklı tercihler yapmasıdır. Olumlu yanı her grubun en yüksek performans sergileyeceği seçimleri yapmasıdır. Bu olumlu yanın toplanan kestirim parametrelerine beklenen yansıması, eniyilenmiş (*optimum*) değerlerin toplanmasıdır. Ayrıca öğrencilerin projeler üzerinde çalışması da daha rahat hale gelmekte, deneyin öğretim hedefine ulaşmayı kolaylaştırmaktadır.

Rastgele değişkenleri sınırlamak adına yapılacak kısıtlamaların, standartların uygulamaları ile çelişebileceği, standartların tüm etkilerinin açığa çıkmasını engelleyebileceği ve öğrencilerin çalışmalarını zorlaştırarak deneyin öğretim hedefinden uzaklaşmasına yol açabileceği göz önüne alındığında, rastgele değişkenlerle birlikte çalışmak kabul edilmesi gereken bir gerçek olarak görülmüştür. Bu durum, deney sonuçlarındaki kontrol edilemeyen (rastgele) etkileri ortadan kaldırmak için daha ayrıntılı çalışma yapmayı gerektirmiştir. Bu doğrultuda yapılan çalışmalar önceki bölümlerde

ortaya konmuştur. Söz konusu ayrıntılı değerlendirmelerde deneyde elde edilen veriler hem projeler-standartlar bakış açısı ile hem de gruplar-standartlar bakış açısı ile incelenmiştir. Bölüm 4.3.b'de standart sapmayı arttıran verilerin elenmesi ile nasıl bir tablo ortaya çıkacağı irdelenmiş, Bölüm 4.3.c.2'de grupların deney boyunca nasıl kestirimler yapma eğiliminde oldukları sorgulanmıştır.

Bu noktada YGSDD'nin geçerliliği değerlendirilirken Bölüm 2.2'de anlatılan önceki çalışmaları da hatırlamak yararlı olacaktır. Ele alınan standartlarla ilgili yayınlar birbirleri ile farklı tablolar çizmiş, bir bölümü standartların kullanımının olumlu ve yararlı olduğunu belirtirken bir bölüm de bu standartların kullanımının olumsuz yönlerine ağırlık vermiştir. Yapılan konferans yayınlarına bakıldığında, yazılım geliştirme topluluğunun da aslında standartların etkisi konusunda hemfikir olmadığı ve farklı görüşlere sahip olduğu görülmektedir. YGSDD'de elde edilen parametre değerlerinin farklılıkları bu kapsamda ele alındığında olağan kabul edilmelidir.

(2) Öğrencilerin Yetkinliği

YGSDD'ye katılan tüm öğrenciler yüksek lisans yapan ve yazılım sektöründe bir işte çalışan kişilerdir. Yapılan anket ile (ankete katılan) öğrencilerin iki seneyi aşkın iş tecrübeleri olduğu anlaşılmıştır.

Ankete katılan öğrenciler arasından deneyde yapılan faaliyetleri iş hayatında gerçekleştiren öğrencilerle ilgili veriler şöyledir: Yazılım geliştirme planlaması %3 (2 öğrenci), yazılım gereksinim çözümlemesi %18 (11 öğrenci), yazılım tasarımı %19 (12 öğrenci). Ankete katılım anonim olduğundan bu öğrencilerin gruplara dağılımı bilinmemektedir.

YGSDD'nin yazılım geliştirme konusunda iyi eğitim almış, iki seneyi aşan iş tecrübesine sahip, deneyde gerçekleştirilen faaliyetlerle ilgili de bir miktar tecrübesi olan bir ekiple gerçekleştirildiği görülmektedir. Bu nitelikleri

ile deneyin gerçek bir ortamdan çok da farklı olmayan bir ortamda, yüksek kaliteli bir grup ile gerçekleştirildiği sonucuna ulaşılmaktadır.

(3) Yapılan Çalışmanın Öğrenciler Tarafından Ne Kadar Anlaşıldığı Ve Öğrencilerin Ne Kadar Zaman Ayırdığı

Anket sonuçları Bölüm 'de verilmiştir. Ankete katılan öğrencilerin standartları (Şekil-51) ve projeleri (Şekil-50) yaptıkları çalışmaların geçerliliğini tehlikeye atmayacak ölçüde anladıkları görülmektedir. Öğrencilerin projeler için yeterli zamanı ayırabildikleri de anket ile (Şekil-49) anlaşılmaktadır.

Deneyde yer alan öğrencilerin büyük bölümü ankete katılmış olsa da dersi alan tüm öğrenciler anketi doldurmamıştır. Bununla beraber, yapılan çalışmanın bir grup çalışması olması itibari ile verilen cevapların genellemede kullanılması mümkündür. Verilen cevapların genellenmesi ile deneyin öğrenciler tarafından yeterince anlaşıldığı ve deneyin gereklerini yerine getirmek için öğrencilerin yeterince vakit ayırdığı sonuçlarına varılmıştır.

(4) Deney Tekrarı

Deney sonuçlarının geçerliliği ile ilgili önemli bir konu da deneyin tekrarlanma sayısıdır. İdeal olanı deneyin birkaç kez tekrarlanması, mümkün ise bu tekrarların ayrı ortamlarda (ayrı okullarda) ve ayrı zaman dilimlerinde yapılmasıdır (Shull, 2002). Tekrarlanan deneylerin sonucunda elde edilen verilerin daha olgun olması beklenir.

YGSDD'de literatürdeki diğer örneklerle karşılaştırıldığında yüksek kaliteli (yüksek lisans eğitimi almakta olan, aynı zamanda yazılım mühendisliği alanında çalışmakta olan, %62'si iki ile üç yıl arası iş tecrübesine sahip) bir öğrenci grubu ile çalışma olanağı bulunmuş olması,

deneyin tekrarlanamamasından kaynaklanabilecek kayıpları büyük ölçüde gidermektedir.

(5) Deneyin Geçerliliği ile İlgili Sonuç

YGSDD'de elde edilen sonuçların geçerliliği dört açıdan incelenmiş ve deney sonuçlarının geçerli kabul edilebileceği gösterilmiştir. Sonuçların geçerliliği ile ilgili olumsuzluk olarak gösterilebilecek bazı konular YGSDD'nin tasarımında ve gerçekleştiriminde alınan tedbirlerle ortadan kaldırılmıştır. Bazı konular ise ele alınan konunun doğası itibari ile varlığı kabul edilmesi gereken noktalardır ve bunlarla ilgili olumsuzluk yaratabilecek durumların YGSDD sonuçlarının her yönden ayrıntılı olarak incelenmesi ile ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Önceki bölümlerde yapılan bu ayrıntılı çalışma anlatılmıştır.

YGSDD, standartların uygulama tabanlı verilerle karşılaştırıldığı tek örnek çalışma olma özelliğine sahiptir ve geçerliliği bu bölümde gösterilen sonuçları ile standartların gelişimi ve değişimini anlamak için önemli bir bilgi kaynağı oluşturmaktadır.

b. Deney Sonuçlarının Teknik Değerlendirmesi

Deneyin başlangıcında araştırmacılar tarafından elde edilecek sonuçlarda standartlar arasında düzenli değişimlerin olacağı öngörüsü yapılmıştı. Bu öngörü yapılırken standartların geliştikçe kapsamlarının genişlemiş olması noktasından hareket edilmişti ve örnek olarak standartların ortaya koydukları gereksinim çözümlemesi kapsamının standartlar geliştikçe artması verilmişti.

İzleyen alt başlıklarda deneyde toplanan parametrelere ilişkin genel sonuçlar ortaya konulacaktır. İlerleyen alt başlıklarda referans verilen ve önceki bölümlerde metin içerisinde dağınık olarak yer alan bulgu ve gözlemler, EK-B'de toplu olarak listelenmiştir.

(1) Süre Kestirimi ile İlgili Sonuçlar

Süre kestirimi ile ilgili olarak yapılan proje tabanlı incelemede şu sonuçlar elde edilmiştir:

- Projeler genelinde hiçbir standardın uygulaması, diğerlerine göre daha yüksek ya da daha düşük bir süre kestirimi ile sonuçlanmamaktadır (Gözlem 8).

- Projelerde farklı standartların uygulanması ile farklı süre kestirimi değerleri elde edilmektedir, fakat söz konusu kestirimler belirli bir desene oturmamaktadır (Gözlem 9).

- Bilişim projelerinde MIL-STD-1679 yüksek süre kestirimi yapılmasına neden olmaktadır (Gözlem 10).

Grup tabanlı incelemede MIL-STD-1679'un uygulanmasının proje gruplarının düşük süre kestirimi yapmasına neden olduğu anlaşılmıştır (Gözlem 17). Grupların yaptıkları süre kestirimleri DOD-STD-2167 ya da MIL-STD-498'in uygulanması ile artmıştır.

Yukarıda özetlenen sonuçlar bütünleştirildiğinde, süre kestirimi ile şu genel sonuçlara ulaşılmaktadır:

1. Standartların gelişimi kişilerin daha yüksek süre kestirimi yapmasına neden olmuştur. Bu sonuç anlamlıdır, zira standartların İSMG modellerinde (Şekil-5, Şekil-6, Şekil-7, ve Şekil-8) de görüldüğü gibi süreçler zamanla daha ayrıntılı hale gelmiştir.

2. Standartların değişik proje türlerinde uygulanması süre kestirimlerini etkilemektedir. Örneğin Bilişim türü projelerde MIL-STD-1679 yüksek süre kestirimi yapılmasına neden olmaktadır.

(2) İşgücü Kestirimi ile İlgili Sonuçlar

İşgücü kestirimi ile ilgili olarak yapılan proje tabanlı incelemede şu sonuçlar elde edilmiştir:

- Projeler genelinde hiçbir standardın uygulaması, diğerlerine göre daha yüksek ya da daha düşük işgücü kestirimi ile sonuçlanmamaktadır (Gözlem 11).

- Projelerde farklı standartların uygulanması ile farklı işgücü kestirimi değerleri elde edilmektedir. MIL-STD-1679 ve MIL-STD-498'in uygulanması daha yüksek işgücü kestirimi yapılmasına neden olmaktadır. Bununla beraber standartlar arasında işgücü kestiriminin değişimine dair belirli bir desen bulunmamaktadır (Gözlem 12).

- Bilişim projeleri için standartlar güncelleştikçe yapılan işgücü kestirimleri artmaktadır (Gözlem 13).

- Gömülü ve gerçek zamanlı uygulamalar için kullanıldığında MIL-STD-1679 daha yüksek işgücü kestirimi yapılmasına neden olmaktadır (Gözlem 14).

Grup tabanlı incelemede MIL-STD-498'in uygulanmasının proje gruplarının yüksek işgücü kestirimi yapmasına neden olduğu anlaşılmıştır (Gözlem 18).

Yukarıda özetlenen sonuçlar bütünleştirildiğinde, süre kestirimi ile şu genel sonuçlara ulaşılmaktadır:

1. Standartların gelişimi kişilerin yaptıkları işgücü kestiriminin artmasına yol açmaktadır.

2. Standartların değişik proje türlerinde uygulanması işgücü kestirimini etkilemektedir. Bilişim projeleri için standartlar güncelleştikçe yapılan işgücü kestirimleri artmaktadır. Gömülü ve gerçek zamanlı uygulamalar için kullanıldığında MIL-STD-1679 daha yüksek işgücü kestirimi yapılmasına neden olmaktadır.

(3) Tanımlanan Gereksinim Sayısı ile İlgili Sonuçlar

Tanımlanan gereksinim sayısı ile ilgili olarak yapılan proje tabanlı incelemede MIL-STD-498'in uygulanmasının daha yüksek sayıda gereksinim tanımlanması ile sonuçlandığı tespit edilmiştir (Gözlem 15). Grup tabanlı incelemede de aynı sonuca ulaşılmıştır.

Tanımlanan gereksinim sayısı ile ilgili proje tabanlı ve grup tabanlı incelemeler birbiri ile uyumludur ve standartların gelişimi ile tanımlanan gereksinim sayısının arttığı genel bir sonuç olarak ortaya çıkmaktadır.

(4) Kod Satır Sayısı Kestirimi ile İlgili Sonuçlar

Kod satır sayısı kestirimi ile ilgili olarak yapılan proje tabanlı incelemede uygulanan standartların ve standartların uygulandığı proje türlerinin anlamlı bir etki yaratmadığı tespit edilmiştir (Gözlem 17). Grup tabanlı incelemede de benzer bir sonuca ulaşılmıştır.

Proje ve grup tabanlı incelemelerden kod satır sayısı kestirimi üzerinde standartların değişiminin bir etkisi olmadığı anlaşılmaktadır.

Standartların kodlamaya yönelik içeriği açısından bu sonuç anlamlıdır. Kodlama ile ilgili olarak yalnızca MIL-STD-1679 gereksinim içermektedir (Bölüm 3.3.b).

(5) Genel Değerlendirme

Deney sonunda, kaynağı proje ya da grup tabanlı olan sonuçlar elde edilmiştir. Kaynağından bağımsız olarak söz konusu sonuçlar standartların uygulamadaki etkileri olarak gözlemlenmektedir. Bu nedenle yukarıda kaynak belirtilerek sıralanan sonuçlar, deneyin genel değerlendirmesinde standartların uygulamadaki etkileri olarak sıralanacaktır. Ayrıca yukarıda özel olarak tartışılmasına gerek olmayan deney sonuçları da genel değerlendirmeye dâhil edilecektir.

Deney sonuçları derlenerek şöyle sıralanabilir:

1. İncelenen standartlardaki gelişim, iş gücü kestiriminin artması ile sonuçlanmıştır.

2. İncelenen standartlardaki gelişim, süre kestiriminin artması ile sonuçlanmıştır.

3. İncelenen standartlardaki gelişim, tanımlanan gereksinim sayısının artması ile sonuçlanmıştır.

4. İncelenen standartlardaki gelişim ile kod satır sayısı kestirimi ile ilgili bir bağlantı olmadığı anlaşılmıştır.

5. İncelenen standartların uygulaması – deneyde toplanan parametreler özelinde - proje türlerine göre farklı sonuçlar alınmasına neden olmaktadır. Bu nedenle proje türüne göre değişik standartların kullanılması anlamlı bir uygulanma olacaktır.

6. Standartlar geliştikçe farklı yazılım geliştirme modellerinin kullanımına izin vermişlerdir ve bunun etkisi uygulamada da gözlenmiştir (Gözlem 19).

BEŞİNCİ BÖLÜM

ELDE EDİLEN SONUÇLARIN BÜTÜNLEŞTİRİLMESİ VE STANDARTLARIN GELECEĞİNE İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

Bu bölümde öncelikle belge incelemesi ve deney çalışmalarının sonuçları bütünleştirilecek ve araştırma kapsamında elde edilen sonuçlardan da yararlanılarak standartların geleceği ile ilgili değerlendirmeler yapılacaktır.

1. ELDE EDİLEN SONUÇLARIN BÜTÜNLEŞTİRİLMESİ

Araştırmada elde edilen sonuçların bütünleştirilmesi öncesinde belge incelemesi ile deney arasındaki farklılıklar ortaya konacaktır. Söz konusu farklılıklar iki yöntem ile elde edilen sonuçların bütünleştirilmesine engel oluşturmamaktadır. Bütünleştirmenin hangi şartlarda yapıldığının ortaya konması amacı ile değinilmektedir.

a. Belge İncelemesi ile Deneyin Farklılıkları

Belge incelemesi ile deney arasında iki konuda gruplandırılabilecek farklılıklar bulunmaktadır.

Deney çalışmasında yaşanan kaynak sorunları nedeni ile belge incelemesinin kapsamı deney çalışmasının kapsamından daha geniş gerçekleşmiştir. Deney için 15 haftalık bir zamanın kullanılabilmesi, IEEE 12207 standartlarının kapsama alınamamasına sebep olmuştur. Dolayısı ile sonuçların bütünleştirilmesi askeri girişim ile tanımlanan standartlar üzerinden gerçekleştirilecektir.

Belge incelemesi ile deney çalışması arasında bir diğer fark da ele aldıkları ayrıntı düzeyidir. Belge incelemesi standartların metinleri üzerinden, incelenen konularda her türlü ayrıntıya girerek gerçekleştirilmiştir. Deneyde standartlar daha genel bir bakış açısı ile ele alınmıştır. Örneğin aynı projenin iki farklı standarda göre gerçekleştiriminde gözlenen planlama farklılıklarının standartların içeriğindeki hangi değişimden kaynaklandığı ayrıntısına deney aracılığı ile ulaşılamamaktadır. Sonuçların bütünleştirilmesinin deney sonuçlarının açıklanması doğrultusunda yararı olacaktır.

b. Elde Edilen Sonuçların Bütünleştirilmesi

Belge incelemesi ve deney sonuçları değerlendirildiğinde araştırmanın ulaştığı ana sonuçlar aşağıda listelenmiştir:

1. Standartların gelişiminin, beklendiği gibi çeşitli ve daha çok sayıda kavramın kapsama alınması şeklinde gerçekleştiği, çağdaş olmayan bazı kavramların zamanla kapsam dışına çıktığı, fakat yararlı olabilecek ve geçmişte kapsamda yer alan az sayıda kavramın da güncel standartlarda bulunmadığı anlaşılmıştır. Ayrıca standartların tanımladıkları süreçler de zamanla daha ayrıntılı hale gelmiştir.

2. Yazılım hataları, kaynak kullanımı, kodlama, biçimsel yöntemler, yukarıdan aşağıya geliştirme konularında yaşanan değişimlerle standartların tanımladıkları yazılım mühendisliği anlayışı zamanla gelişmiştir. Bu gelişim sonraki standartlarda ortaya çıkan RAHAT yazılım, servis kavramı ve diğer eklemelerle devam etmiştir.

3. Zamanla standartların kapsamlarının genişlemesinin ve süreçlerinin karmaşıklaşmasının; uygulamada yazılım geliştirme planlaması sırasında gerçekleştirilen işgücü ve süre kestirimlerinde ve gereksinim çözümlemesi sırasında tanımlanan gereksinim sayısında artışa neden olduğu anlaşılmıştır.

4. Standartların yazılım ön tasarımı safhasında yapılan kod satır sayısı kestirimi ile ilgili bir bağlantı bulunmadığı anlaşılmıştır.

5. Standartların gelişimi daha değişik yazılım geliştirme modellerinin kullanılmasını teşvik etmiştir.

6. Standartların aralarındaki farklılıkların uygulama türüne göre yapılan incelemelerde daha açıkça ortaya çıktığı gözlenmiştir. Bu sonuçtan tek bir standardın tüm uygulama türlerinde kullanılması yerine uygulama türüne göre değişik standartların ya da aynı standardın uyarlanmış türlerinin kullanımının anlamlı olacağı anlaşılmaktadır.

7. Gerek kapsamlarının gelişimi, gerekse uygulama tabanlı verilerin gelişimi incelendiğinde standartlar arasında derin farklılıklar olmadığı görülmektedir. Standartlar evrimsel bir süreçte gelişmişlerdir.

2. ASKERİ UYGULAMALARA YÖNELİK YAZILIM GELİŞTİRME AMACI İLE KULLANILAN STANDARTLARIN GELECEĞİ

Mevcut durumda askeri projelerdeki yazılım geliştirme faaliyetler için sivil bir standardizasyon kurumu olan ISO'nun tanımladığı ve yine sivil bir endüstri kurumu olan IEEE'nin uyarladığı IEEE/EIA 12207 standardının 1996 sürümü kullanılmaktadır. Araştırmada bu bölüme kadar yapılan çalışmalar ve elde edilen sonuçlar, askeri uygulamalara yönelik yazılım geliştirmek için kullanılan standartların evrimsel bir gelişim sergilediğini göstermiştir. IEEE/EIA 12207 de incelenen standartlar arasındadır ve bu evrimsel gelişimin bir parçasıdır. Dolayısı ile araştırmanın sonuçları itibari ile mevcut durum, diğer bir deyişle askeri uygulamalar için IEEE/EIA 12207'nin kullanımına devam edilmesi uygundur. Bununla beraber, yapılan araştırma yeni bir standardın hangi nedenlerle ve hangi şartlarda ortaya çıkabileceği ile

ilgili değerlendirmeler yapılmasına imkân sağlayacak bilgi ve tespitlere de ulaşmıştır.

Bu bölümde askeri uygulamalara yönelik yazılım geliştirme amacı ile kullanılan standartların geleceğinden bahsedilecektir. Bu kapsamda iki soru sorulabilir:

1. Yeni bir standarda ihtiyaç var mıdır?

2. Yeni standart geçmişte olduğu gibi askeri kurumlar tarafından mı ortaya konulmalıdır? Yoksa mevcut durum devam mı etmelidir?

Yeni bir standarda ihtiyaç olup olmadığı konusunun kapsamı önce bu araştırmanın sonuçları üzerinden çizilecek, daha sonra savunma ile ilgili kurum ve kuruluşların tanımladığı ihtiyaçlar doğrultusunda incelenecektir. Bölümünü sonunda genel değerlendirmeler yapılacaktır.

a. Yeni Bir Standarda Hangi Şartlarda İhtiyaç Duyulabilir?

Belge incelemesi, standartlardaki değişimi ortaya koyarken mevcut standartların güncellenmesi ya da yeni bir standardın tanımlanması ile ilişkili noktaları da açığa çıkarmıştır. Bu noktalar şöyle sıralanabilir (Referans verilen ve önceki bölümlerde metin içerisinde dağınık olarak yer alan bulgu ve gözlemler, EK-B'de toplu olarak listelenmiştir.):

1. Bulgu 2 ile standartların odak noktası olan bir konunun zamanla kapsam dışına çıkabileceği ile ilgili bir örnek ortaya konmuştur. Bu örnek standartların odak noktalarının önemini kaybedebileceğinin bir göstergesidir ve yeni bir standardın tanımlamasını gerektirecek durumlardan birisidir.

2. Gözlem 4'de standartların bazı gereksinim türlerine vurgu yaptığı konusu irdelenmiştir. Vurgu yapılan gereksinim türleri zamanla değişmiştir. Bu tür bir vurgu değişimi, standartların güncellenmesini ya da yeni bir standart tanımlanmasını gerektirebilecek bir durumdur.

3. Bulgu 8 ile ortaya konduğu gibi standartların kapsamında olan bazı kavramlar geçerliliklerini kaybederek zamanla kapsam dışına çıkabilmektedir. Kapsam dışında olan bir kavramın projelerde uygulanması standartlar açısından çoğunlukla bir sorun yaratmamaktadır, çünkü standartlar o kavramın uygulanmaması ile ilgili bir ifade içermemektedir. Diğer yandan, kapsamda olan bir kavramın uygulanmaması söz konusu olamamaktadır. Bu sebeple geçerliliğini kaybeden kavramların olması durumunda standartların güncellenmesi (eğer söz konusu kavram ana bir işleve sahip ise yeni bir standardın tanımlanması) ihtiyaç haline gelmektedir.

Yukarıda - bu araştırma sonucunda varılan hükümlerle - standartların güncellenmesini ya da yeniden tanımlanmasını gerektirebilecek üç ayrı durum ortaya konmuştur. İlerleyen bölümlerde bu bulguların uygulamaya nasıl yansıyabileceği, yeni bir standarda ihtiyaç olup olmadığı sorusundan hareketle tartışılacaktır.

b. Yeni Bir Standarda İhtiyaç Duyulmakta Mıdır?

Açık kaynaklarda çeşitli kurum ve kuruluşların savunma alanındaki ihtiyaçlarını ve stratejilerini yayınladıkları belgeler bulunmaktadır. Bunlardan yararlanarak yeni bir standarda ihtiyaç duyulup duyulmadığını değerlendirmek mümkündür.

İngiltere'de yayınlanan savunma teknolojileri stratejisi belgesi yazılım geliştirme ile ilgili hedefler ortaya koymaktadır (Ministry of Defence, 2006). Bu belgede yer alan hedefler şunlardır:

1. B2.146 ve B2.147 numaralı maddelerde yazılımın, sistemlerin yaşam döngüleri boyunca kolay bir şekilde güncellenebilmelerini sağladığı, fakat özellikle emniyet konusunda kritik yazılımların değiştirilmesin uzun ve maliyetli bir süreç gerektirdiği anlatılmaktadır. Bu durumun giderilmesinin yararlı olacağı değerlendirilmektedir.

2. B3.148 numaralı maddede, yüksek derecede tümleşik (*high integrity*) ve emniyet kritik yazılımlarda sivil sektör ile ortak yönler bulunduğu ve bu yönlerin işbirliği için kullanılabileceği belirtilmektedir. Bununla beraber; kritik önem, otonom hareket etme, beklenmeyen durumlara uyum sağlama ve evrimleşme sürecinin çok daha hızlı olması konularında askeri amaçlı uygulamaların farklılaştığı noktasının altı çizilmektedir.

3. B2.150 numaralı madde ile 2020 yılı için şu hedefler ortaya konulmuştur.

    a. 2006 yılındaki sistemlerin karmaşıklığındaki sistemlerin, 2006'ya göre %25 maliyetle, 2006'daki geliştirme zamanının yarısında geliştirilmesi.

    b. Geliştirme zamanı ve maliyeti ile ilgili kestirimlerin, gerçekleşen değerlerden en fazla %10 farklı olması.

    c. Yeni sistemlerin karmaşıklıkta yaşanması beklenen beş katlık artışa rağmen zamanında ve belirlenen maliyet içinde geliştirilebilmesi.

d. Yazılımın yıllık idame maliyetlerinin, geliştirme maliyetinin %1'inden büyük olmaması.

e. Yazılımın dış dünya ile bağlantı sayısında üssel artışa rağmen, maliyetin boyut ile doğrusal olarak artması.

4. B2.152 numaralı maddede, emniyetle ilgili gereksinimlerin ve bunların sağlandığının gösterilmesinin yazılım geliştirme sürecinin tümleşik parçaları olması gerektiği belirtilmektedir.

Yukarıda sıralanan noktalardan yazılı maliyeti ve geliştirme zamanı ile ilgili olanlar, bu araştırmanın sonuçları arasında yer alan standartların gelişmesi ile planlama safhasında yapılan süre ve iş gücü kestirimlerinin de arttığı bulguları ile ilginç bir bağlantı oluşturmaktadır.

DARPA da yaptığı çeşitli proje duyurularında yazılım geliştirme sürecine yönelik taleplerini dile getirmektedir. 2008 yılında yapılan bir duyuruda, yazılım geliştirme ile ilgili kritik konular arasında süreçlerden, ürünlerden, risklerden, darboğazlardan, araç, yöntem ve teknik seçimleri ile ilgili kararlara destek olacak yöntemlerden bahsedilmektedir. Ayrıca emniyet kritik yazılımların sertifikasyonunun da öneminin altı çizilmektedir (DARPA, 2008).

DARPA'nın bir başka proje duyurusunda; bozucu (*disruptive*) teknolojiler kapsamında, özellikle asimetrik savaşın gereksinimi olan çabuk uyarlayabilme ve hızlı tepki verebilme amacına ulaşmak için yazılımın nasıl hızlı bir şekilde oluşturulabileceği ya da uyarlanabileceği konularında araştırma yapılmasını talep etmektedir (DARPA, 2006).

ABD'de yerleşik Ulusal Savunma Endüstri Birliği (National Defense Industrial Association) tarafından 2006 yılında yayınlanan "Yazılım Mühendisliği Sorunları" raporunda şu sorunlara değinilmektedir (National Defense Industrial Association, 2006):

1. Sistem gereksinimlerinin yazılıma olan etkisi, geliştirme ve idame süreçlerinde yeterince belirginleştirilememekte ve yönetilememektedir.

2. Temel sistem mühendisliği kararları, yazılım mühendisliği katılımı olmadan verilmektedir.

3. Tedarikçiler ve yükleniciler tarafından gerçekleştirilen yazılım yaşam döngüsü planlamaları ve yönetimleri yetersizdir.

4. Yazılım mühendisliği tecrübesine sahip kişilerin sayısı ve kalitesi savunma projelerinin ihtiyaçlarını karşılamada yetersizdir.

5. Geleneksel yazılım doğrulama yöntemleri çağdaş sistemlerin boyutları ve karmaşıklığı karşısında çok maliyetli ve etkisiz kalmaktadır.

6. Karmaşık yazılımların dağıtık ortamlarda doğru, öngörülebilir, emniyetli ve güvenli çalışmasını garantilemek mümkün olamamaktadır.

7. RAHAT ve teslim edilmeyen yazılımların yaşam döngüsüne etkilerine ve getirdikleri risklere yeterli ilgi gösterilmemektedir.

Yukarıdaki yedi madde ile özetlenen çalışma, her madde için yapılan daha ayrıntılı tespitleri ve önerileri de içermektedir. Kuşkusuz yapılan tespitlerin hepsinin yazılım geliştirme süreci ile ilgisi bulunmaktadır. Bunlardan bazıları dolaylı olarak ilgilidir (madde 4, 5 ve 6). Bazıları ise, askeri amaçlarla yazılım geliştirmek için kullanılan standartlarda değinilen konulardır (madde 2 ve 3). Buna rağmen sorunlar listesinde yer almaları, uygulanmalarında aksaklıklar yaşanmasından ya da standartlarda olması gerektiği gibi değinilmemelerinden kaynaklanabilir. Özellikle madde 2 bu konuda ilginç bir örnektir, çünkü Bulgu 6 sistem mühendisliği ile ilgili

süreçlerin zamanla standartların kapsamına dâhil olduğunu, Gözlem 5 de standartların içeriğinde halen sistem mühendislerinin görevi olarak algılanabilecek gereksinimler olduğunu anlatmaktadır. Madde 1'de sistem gereksinimlerindeki değişimler ve bunların yazılıma etkilerinin iyi ele alınamadığından bahsedilmektedir. Bu madde, MIL-STD-1679'da değişmesi muhtemel gereksinimlerle ilgili çözümleme yapılmasının talep edilmesi ve bu gereksinimin sonradan kalkmasının olumsuz bir gelişme olduğu gözlemi ile aynı doğrultudadır (Gözlem 6). Madde 7 RAHAT yazılımları konusunun askeri uygulamalar için belirleyici konumunu bir kez daha göstermektedir.

Yukarıda sıralanan stratejik hedefler ve AR-GE ihtiyaçları göz önüne alındığında şu genel değerlendirmeler yapılabilir:

1. Emniyet kritik yazılımların geliştirilmesi önemli bir konudur. Bu geliştirmenin maliyetinin ve süresinin azaltılması beklenmektedir.

2. Yazılım geliştirme ile ilgili bir dizi yönetim sorunu dile getirilmiştir: projelerde süre ve maliyet kestiriminin istenilen doğrulukta yapılamaması, maliyetin yüksek olması, testlerle ilgili uygulanan yöntemlerin yetersiz kalması, sistem mühendisliği çalışmaları ile koordinasyon gibi.

3. Ticari yazılımların nasıl ele alınması gerektiği konusu, üzerinde çalışılması gereken bir konudur.

4. Asimetrik tehditlere karşı hızlı yazılım geliştirme ya da yazılım güncelleme yeteneğine ihtiyaç duyulmaktadır.

c. Yeni Bir Standardın Ortaya Çıkışı İle İlgili Değerlendirmeler

Bir önceki bölümde yapılan ortaya konan ihtiyaçlar belge incelemesinin sonuçları ile birleştirildiğinde, yeni bir standardın ortaya çıkışı ile ilgili olarak şu değerlendirmeler yapılabilir:

1. Gözlem 4 standartların - zorunlu olmamakla birlikte - bazı gereksinim türlerini öne çıkarabildiğini göstermektedir. Emniyet kritik yazılımlar ve ticari yazılımlarla ilgili, yazılım geliştirme sürecinin tamamını ya da büyük kısmını etkileyebilecek özel vurgular yapılması gerekli görülürse, bu bir standart güncellemesini ya da yeni bir standart tanımını geçerli kılacaktır.

2. Geçmişte standartlarda biçimsel yöntemlerin kullanımına ilişkin gereksinimler yer almaktaydı (Bulgu 8). Sonrasında ise eğilim, kullanılacak yöntemleri geliştiricilere bırakmak olmuştur. Bu gelişim göz önüne alındığında, mevcut ihtiyaç olan "süre, maliyet ve kalite açısından daha öngörülebilir yazılım geliştirebilmek için yeni yöntemler" yazılım geliştirme standardının bir parçası olmak zorunda değildir. Tarihsel gelişim, böyle yöntemler geliştirilebilirse bunların mevcut standartlar kapsamında da uygulanabileceğini göstermektedir. Bununla beraber tarihsel gelişimin dışına çıkılarak geliştirilecek yöntemlerin standartlarla bütünleştirilmesi yolu da seçilebilir.

3. Asimetrik tehditlere yönelik yazılım geliştirme çabası, mevcut standartların içeriğinin hafifletilmesini gerektirebilir. Bu hafifletme, mevcut standartların izin verdiği uyarlama (*tailoring*) ile gerçekleştirilebilirse yeni bir standardın tanımına ihtiyaç duyulmayabilir.

4. Özellikle mevcut durum ile ilgili bahsedilen sorunlar, doğrudan standartlarla ilgili değilse ya da standartların doğru uygulanmasında bile yaşanıyorsa, standartlarda güncelleme ya da yenileme anlamlı olacaktır. Fakat böyle bir durum yoksa mevcut standartların ne ölçüde doğru uygulandığı sorgulanmalıdır.

Yukarıda yapılan değerlendirme "Yeni bir standarda ihtiyaç var mıdır?" sorusunun mevcut ihtiyaçlar açısından cevaplarını vermektedir. Sıralanan dört maddede hangi şartlarda yeni bir standart tanımlanmasının anlamlı olacağı açıkça belirtilmiştir.

"Yeni standart geçmişte olduğu gibi askeri kurumlar tarafında mı ortaya konulmalıdır?" sorusunun cevabını da aynı değerlendirme kapsamında vermek mümkündür.

Askeri uygulamalar geçmişte uzun süre bilgisayar alanında öncü görevini üstlenmiştir. Sivil amaçlı teknolojilerin alternatif yaratamaması nedeni ile JOVIAL (1959) ve ADA (1978) gibi askeri amaçlı programlama dilleri tanımlanmış, MIL-STD-1750 (1978) gibi bir komut seti mimarisi standardı ortaya konmuştur. Zamanla bu alanlarda sivil kaynaklı teknolojilerin gelişimi, askeri kurumların girişimde bulunmasını gereksiz hale getirmiştir. Sivil kaynaklı teknolojilerin askeri amaçlarla kullanımı yaygınlaşmıştır. Yazılım geliştirme standartları da Bölüm 2.1'de ayrıntılı olarak açıklanan ABD Savunma Bakanlığı çalışması (DoD, 1994) sonucunda askeri kurumların çalışma alanından çıkartılmıştır.

Yazılım geliştirme alanında sivil sektörün ihtiyaçları ile askeri ihtiyaçların önemli farklılıklar göstermesi durumunda, tekrar askeri bir girişimle yazılım geliştirme standardı tanımlamak anlamlı olabilecektir. Yukarıda özetlenen ihtiyaçlar arasında böyle farklılıklarla sonuçlanabilme ihtimali olan noktalar bulunmaktadır (örneğin "kritik önem, otonom hareket etme, beklenmeyen durumlara uyum sağlama ve evrimleşme sürecinin çok daha hızlı olması konularında askeri amaçlı uygulamaların sivil uygulamalardan farklılaşması"). Askeri girişim ile bir standardın tanımlanmasının gerekip gerekmediği, biten ve yürüyen askeri projelerden elde edilen uygulama tabanlı verilerin, askeri alan uzmanlarının da katılımı ile askeri kurumlar tarafından değerlendirilmesi sonucunda karar verilebilecek bir konudur.

Bu bölümde değinilmesi gereken bir konu da sivil kurumlar tarafından tanımlanan diğer standartların askeri uygulamalarda kullanımıdır. Gerçekleştirilen deney ile standartların uygulama türleri özelinde sonuçlara etkisinin olabileceği gösterilmiştir. Bu durumda genel bir standart yerine uygulama türüne özel standart kullanımı anlam kazanmaktadır. Sivil kurumlar tarafından farklı uygulama türleri için tanımlanan ve kullanılan standartların bir bölümünün askeri uygulamalar için de ele alınması, yarar sağlayacak bir nokta olarak değerlendirilmelidir.

ALTINCI BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

1. SONUÇLAR

Bu araştırmada askeri uygulamalara yönelik yazılım geliştirme teknolojilerinin çerçevesini 1978 yılından beri belirleyen standartlar, belge incelemesi yapılarak ve uygulama tabanlı veri elde etmek için bir deney gerçekleştirilerek incelenmiştir. Bu incelemenin sonucunda askeri uygulamalara yönelik yazılım geliştirme standartlarının zaman içinde nasıl bir gelişim sergiledikleri ortaya çıkarılmıştır. Daha sonra incelemenin sonuçları ve güncel bilgiler kullanılarak gelecekle ilgili tahminler yapılmıştır.

Araştırmanın tarihsel boyutu ve gerçekleştirilen deneyde rastgele değişkenlerin etkinliği, değerlendirme yapılmasında güçlükler yaşanmasına yol açmıştır. Bu güçlükler açıkça ortaya konularak, kullanılan yöntemlerle birlikte teorik bir temel oluşturulmuş ve elde edilen veriler ayrıntılı bir şekilde değerlendirilerek sonuçlara ulaşılmıştır.

Ulaşılan sonuçlar, incelenen standartların gelişimini ve değişimini ayrıntılı olarak açığa çıkartmıştır. Söz konusu değişim ve gelişimle ilgili olarak 20 gözlem yapılmış, 10 adet bulguya ulaşılmış ve 7 ana sonuca varılmıştır. Başlıca ana sonuçlar olarak; standartların evrimsel bir gelişim gösterdiği, zamanla kapsam ve içeriklerinin genişlediği tespit edilmiş, bu değişimin her zaman olumlu yönde olmadığı az sayıda durumda gözlenmiş, standartların gelişimi ile yazılım geliştirme planlamasında yapılan işgücü ve süre kestirimlerinin arttığı, daha fazla sayıda gereksinim tanımlandığı anlaşılmıştır. Gözlenen evrimsel gelişim nedeni ile mevcut standardın kullanımına devam edilmesinin bir sakınca yaratmadığı, bununla beraber standartların uygulama

türüne göre farklı sonuçlar doğurduğu tespit edilmiş ve uygulamaya özel farklı standart kullanımının anlamlı ve yararlı olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Belge incelemesi ve deney ile ulaşılan bu sonuçlar, güncel bilgilerle birlikte değerlendirilmiş ve askeri uygulamalara yönelik kullanılacak standartların geleceği ile ilgili tahminler yapılmıştır. Belge incelemesinin bazı ayrıntılı sonuçları, yeni bir standardın hangi koşullarda tanımlanabileceğini ortaya koymuştur. Söz konusu koşullar; açık kaynaklardan bulunan çeşitli AR-GE ihtiyaç belgeleri, savunma teknolojileri stratejileri ve değerlendirme belgelerinin içerikleri ile birlikte ele alınmış ve yeni bir standardın çıkışı ile ilgili dört karar noktası belirlenmiştir. Bu karar noktaları belirlenirken AR-GE ihtiyaç belgeleri, savunma teknolojileri stratejileri ve değerlendirme belgelerinde adreslenen konuların geçerli standartta yer aldığı ya da bunların uygulanmasını engelleyecek hükümler bulunmadığı tespit edilmiş, standartlarla ilgili gerçekleşmesi beklenebilecek güncellemenin – geçmişte olduğu gibi – standardın vurgu yaptığı gereksinimlerin değişmesi ile olabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Söz konusu karar noktaları standartların geleceği ile ilgili karar verecek makamlar tarafından değerlendirilebilecek niteliktedir.

Ulaşılan sonuçların yanı sıra bu araştırmada kullanılan yöntemlerin de bilimsel katkı olarak ele alınabileceği düşünülmektedir. Bu araştırma değişik disiplinlerdeki anlayışların yansıtılmasını gerektirmiştir. Yazılım mühendisliği, teknoloji yönetimi ve tarih bilimi ile ilgili bilgiler araştırmada kullanılmıştır. Bunlardan herhangi birinin eksik olması durumunda araştırmada ulaşılan sonuçlar farklı ve muhtemelen hatalı olacaktır. Örneğin tarih bilimi ile ilgili bakış açısı araştırmaya yansıtılmış olmasaydı, herhangi bir kavramın bir standarttaki eksikliği, standardın geçerli olduğu sürede o kavramla ilgili uygulama yapılmadığı görüşüne neden olacak, eksiklik ile ilgili elde belgesel kanıt olduğu düşünülerek bu görüş bir bulgu olarak yansıtılacaktı. Oysa bu eksikliğin o kavramın uygulanmadığı anlamına gelmediği, tarih yazımı konusunda yapılan araştırma sonucunda

bilindiğinden, ilgili yargı bu araştırmada "gözlem" olarak ele alınmış ve haddini aşan, yanıltıcı yargılar yapılmasının önüne geçilmiştir.

Bu araştırmanın diğer önemli bir sonucu yazılım kavramının tarihi ile ilgili yapılacak araştırmaların yararlarını göstermesi olmuştur. Araştırma zamanla standartların kapsamından çıkan kavramların bazılarının aslında güncel bir bakış açısı ile kullanımına devam edilmesinin yararlı olacağını göstermiştir. Tarihsel çalışmalar bunlar gibi geçmişte unutulan noktaları ortaya çıkarma potansiyeline sahiptir ve bu yararları nedeni ile Yazılım Mühendisliği alanında uygulanması gereken çalışmalar arasında yer almalıdır.

Yazılım ve Yazılım Mühendisliği kavramları, geçmişleri ve ulaştıkları olgunluk seviyesi itibari ile tarihlerinin araştırılmasının anlamlı olacağı seviyeye gelmişlerdir. Bu araştırmanın, bulgularının ve zamanlamasının bu bağlamda önemli ve yararlı olacağı değerlendirilmektedir.

2. ÖNERİLER

Bu araştırma askeri uygulamalara yönelik yazılım geliştirme standartları ile ilgili temel bir çalışma niteliği taşımaktadır. Bu temel üzerinde mevcut ve gelecek standartlarla ilgili çeşitli çalışmalar gerçekleştirilebilir.

Araştırmada belge incelemesi ile ilgili bir altyapı kurulmuştur (örneğin standartların tanımladığı gereksinimleri içeren tablo). Yapılan deney için de, ilgili literatürle uyumlu olarak bir deney seti oluşturulmuş, deney setine dâhil edilemeyen örtük (*tacit*) bilgi de bu metinde mümkün olduğunca yansıtılmıştır. Her iki çalışmanın da tekrarlanması mümkündür. Özellikle deneyin tekrarlanması bu araştırmanın devamı olabilecek gelecek çalışmalar arasında yer almaktadır. Ayrıca gerçekleştirilen deneyin tasarımı ve uygulaması, benzer çalışmalarda örnek ya da referans alınabilecek niteliktedir. Yazılım geliştirme yöntemleri ile ilgili yapılacak benzer

niteliklerdeki (geçmişte kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması) deneylerde burada ortaya konan deney tasarımı kullanılabilir.

Yapılan çalışmalar çeşitli kavramların standartların kapsamında bulunma sürelerini ortaya koymuştur. Örneğin risk yönetimi kavramının üstü kapalı olarak 1978, açıkça 1985 yılından beri askeri uygulamalara yönelik yazılım geliştirme süreçlerinde bulunduğu anlaşılmaktadır. Bu noktadan hareketle kavramların standart kapsamına girme tarihleri ile askeri uygulamalara yönelik yazılım geliştiren endüstride uygulama düzeylerinin karşılaştırılması anlamlı bir çalışma olacaktır.

Askeri sistemlere yönelik yazılım geliştirme teknolojilerinin değişimi ve gelişiminin anlaşılması, bu araştırmanın uygulayabileceği yöntemlerle ele alınmıştır. Özellikle geçmiş standartları uygulayan kişilerin anıları ya da bu kişilerle yapılacak anket ve söyleşiler önemli tarihsel bilgi sağlayacaktır. Mevcut durum ile ilgili olarak savunma sektöründe faaliyet gösteren kullanıcı, tedarik ve geliştirici konumundaki tarafların katılacağı, askeri uygulamalara yönelik yazılım geliştirme standartlarının geleceği ve yeni standartların ortaya çıkış şartları ile ilgili teknoloji öngörüsü (*technology foresight*) çalışması yapılması da konuya değişik bir bakış açısı getirecektir. Bu tür çalışmalar, ihtiyaç duyulan iş birliği anlayışı nedeni ile kullanıcı ve tedarik makamlarının girişimi ile başlatılabilecek çalışmalardır.

KAYNAKÇA

ALEXANDER, Ian. R. STEVENS. **Writing Better Requirements**, Addison-Wesley, 2002.

BASILI, Victor. R. REITER. "A Controlled Experiment Quantitatively Comparing Software Development Approaches", **IEEE Transactions on Software Engineering**, Cilt SE-7, No. 3, Mayıs 1981, 299-320.

BS 0-1, "A standard for Standards", **British Standards Institution**, Aralık 2005.

BURKE, Peter (Ed.). **New Perspectives on Historical Writing**, Penn State Press, Second Edition, 2001.

CARR, Edward. **Tarih Nedir?**, İletişim Yayınları, 2002.

CAMPBELL-KELLY, Martin. **From Airline Reservations to Sonic the Hedgehog: A History of the Software Industry**, The MIT Press, 2003.

CARVER, Jefferey. L. JACCHERI. S. MORASCA. F. SHULL. "Issues in Using Students in Empirical Studies in Software Engineering Education", **Proceedings of Ninth International Software Metrics Symposium**, 2003, 239-249.

CODUR, Burak. "A Historical View On Software Development Standards", **Integrated Systems, Design and Process Science SPDS-2008**, Haziran 2008.

COOPER, Jack. "MIL-ST0-1679, Weapon System Software Development", **The Journal of Systems and Software**, Sayı 2, 1981, 319-327.

DoD, "Report of the Process Action Team on Military Specifications and Standards", **US Department of Defense**, Nisan 1994.

DOD-STD-2167, "Defense System Software Development, Military Standard", **US Department of Defense**, 06/04/1985.

FIRESMITH, Donald. "Should the DOD mandate a standard software development process?", **Proceedings of the Joint Ada Conference fifth national conference on Ada technology and fourth Washington Ada Symposium**, 1987, 159-167.

FRITZ, Rodger. F. SCHOCKET. "LAMPS-demonstrated maintainability through application of MIL-SPEC software development techniques", **Proceedings of the Conference on Software Maintenance**, 1988, 165-170.

GEORGE, Samuel. "Projecting military needs into commercial standards",**Military Communications Conference**, 1991, 308-310.

GIBSON, Ivan. "From solo-run to mainstream thinking: project-based learning in engineering design", **European Journal of Engineering Education**, 2003, Cilt. 28, No. 3, 331–337.

GRAU, Kaye. K. GILROY. "Compliant Mappings Of Ada Programs To DoD-STD-2167 Static Structure", **ACM SIGAda Ada Letters**, Cilt VII, Sayı 2, 1987, 73-84.

GRIMSON, Jane. "Re-engineering the curriculum for the 21st century", **European Journal of Engineering Education**, 2002, Cilt 27, No. 1, 31–37.

HÖST, Martin. B. REGNELL. C. WOHLIN. "Using Students as Subjects—A Comparative Study of Students and Professionals in Lead-Time Impact Assessment", **Empirical Software Engineering**, Cilt 5, No. 3, 2000, 201–214.

HSU Roy. W.C. LIU. "Project Based Learning as a Pedagogical Tool for Embedded System Education", **3rd International Conference on Information Technology: Research and Education (ITRE 2005)**, 2005, 362-366.

IGGERS, Georg. **Yirminci Yüzyılda Tarih Yazımı**, Tarih Vakfı, 2. Baskı, 2000.

IEEE/EIA 12207.0-1996, "Industry Implementation of International Standard ISO/IEC 12207:1995", **The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.**,1996.

IEEE Std 12207-2008, "Systems and Software Engineering — Software Life Cycle Processes", **The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.**,2008.

ISO/IEC Directives Part 2, "Rules for the structure and drafting of International Standards", Beşinci Baskı, **ISO**, 2004.

KEMPTON, Sheryl. C. SOBELL. C. WITHROW. "DOD-STD-2167A applied to software maintenance", **Proceedings of the Conference on Software Maintenance**, 1988, 159-164.

MAHONEY, Michael. "What Makes the History of Software Hard", **IEEE Annals of the History of Computing**, Temmuz – Eylül 2008, 8-18.

McCORD, James. "Software development-process and implementation: DOD-STD-2167A vs.traditional methodologies", **Proceedings of the IEEE 1990 National Aerospace and Electronics Conference**, 1990, Cilt 2, 681-687.

MEYER, Charles. S. LINDHOLM. J. JENSEN. "Experiences in Preparing a DOD-STD-2167 Software Design Document for an Ada Project", **Proceedings of the conference on Tri-Ada '89**, 1989, 118-124.

MIL-STD-498, "Software Development and Documentation, Military Standard", **US Department of Defense**, 05/11/1994.

MIL-STD-962D, "Standard Practice Defense Standards Format nnd Content", **US Department of Defense**, 01/08/2003.

MIL-STD-1679, "Software Development, Military Standard", **US Department of Defense**, 01/11/1978.

Ministry of Defence. Defence Technology Strategy for the Demands of the 21th Century, http://www.mod.uk/DefenceInternet/AboutDefence/CorporatePublications/ScienceandTechnologyPublications/SITDocuments/DefenceTechnologyStrategy2006.htm, 2006.

NAUR, Peter. B. RANDELL (Editors). Report on the NATO Software Engineering Conference 1968, **NATO Science Committee**, Ocak 1969.

O'DAY, James. "Applying DOD-STD-2167A", **Proceedings of the IEEE 1990 National Aerospace and Electronics Conference**, 1990, Cilt 2, 646-651.

OVERMAYER, Scott. "The Impact of DOD-STD-2167 on Iterative Design Methodologies", **ACM SIGSOFT Software Engineering Notes**, Cilt 15, No 5, 1990, 1-15.

SHULL, Forrest. V. BASİLİ. J. CARVER. J.C. MALDONADO. G.H. TRAVASSOS. M. MENDONCA. S. FABBRİ. "Replicating Software Engineering Experiments: Addressing the Tacit Knowledge Problem", **Proceedings of the 2002 International Symposium on Empirical Software Engineering (ISESE'02)**, 2002, 7-16.

SJØBERG, Dag. J. HANNAY. O. HANSEN. V. KAMPENES. A. KARAHASANOVI. N. LIBORG. A. REKDAL. "A Survey of Controlled Experiments in Software Engineering", **IEEE Transactions on Software Engineering**, Vol. 31, No. 9, September 2005.

SZULEWSKI, Paul. D. MAIBOR. "MIL-STD-498: What's New, And Some Real Lessons Learned", **14th Digital Avionics Systems Conference**, 1995, 129-134.

TÜBİTAK, **Teknoloji Öngörüsü ve Ülke Örnekleri Çalışma Raporu**, TÜBİTAK BTP01/3, 2001.

YILDIRIM, Ali. H. ŞİMŞEK. **Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri**, 5. Baskı, Seçkin Yayıncılık, 2006.

EKLER

EK-A : ANKET FORMU

EK-B : BULGU VE GÖZLEMLERİN TAM LİSTESİ

(Anket İngilizce olarak hazırlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Burada Türkçe çevirisi yer almaktadır)

Lütfen aşağıdaki soruları, uygun olan seçeneği işaretleyerek ya da talep edilen bilgileri doldurarak cevaplayınız.

A. İşveren

1. İşverenizin çalışma alanı:

Askeri ve Sivil Projeler ☐

Sadece Askeri Projeler ☐

Sadece Sivil Projeler ☐

2. İşverenizin ilgi alanı:

Sadece yazılım ☐

Sistemler (donanım ve yazılım) ☐

B. İş Tecrübesi

3. _____ yıl, _____ ay çalışma tecrübesine sahibim.

4. Lütfen çalışma hayatınız boyunca gerçekleştirdiğiniz faaliyetleri işaretleyiniz:

Sistem Gereksinim Çözümlemesi ☐

Sistem Tasarımı ☐

Yazılım Geliştirme Planlaması ☐

Yazılım Gereksinim Çözümlemesi ☐

Yazılım Tasarımı ☐

Kodlama ☐

Yazılım Testi ☐

Yazılım Bakımı ve İdamesi ☐

C. SE548 Dersi ile İlgili Sorular

5. Projeler üzerinde çalışabilmek için yeteri kadar zaman ayırabildim:

Tamamen Katılıyorum ☐

Kısmen Katılıyorum ☐

Kararsız ☐

Kısmen Katılmıyorum ☐

Katılmıyorum ☐

6. Projeleri, sağlanan belgeleri okuyarak anlayabildim:

Tüm projeleri açıkça anlayabildim. ☐

İki projeyi açıkça anlayabildim fakat bir tanesini diğerleri kadar açık anlayamadım. ☐

Projeleri, üzerlerinde çalışabilecek kadar anladım. ☐

Bir projeyi anlayamadım ve üzerinde genel olarak çalışabildim. ☐

İki projeyi anlayamadım ve üzerlerinde genel olarak çalışabildim. ☐

Belgeler açık değildi, bu yüzden projeleri pek anlayamadım ve üzerlerinde genel olarak çalıştım. ☐

7. Üç standardın gereksinimlerini ve aralarındaki farkları anlayabildim:

Her üç standardı da anlayabildim. ☐

İki standardı anlayabildim. ☐

Standartları tam olarak anlayamadım ama üzerlerinde çalışabilecek kadar bilgim oldu. ☐

Bir standardı anlayamadım. ☐

İki standardı anlayamadım. ☐

Standartları anlayamadım. ☐

8. Ders akademik ve iş hayatı kariyerlerim için yararlı oldu:

Tamamen Katılıyorum ☐

Kısmen Katılıyorum ☐

Kararsız ☐

Kısmen Katılmıyorum ☐

Katılmıyorum ☐

D. Standartlar

9. Lütfen standartları günlük iş hayatınızda geçerliliklerine göre sıraya koyunuz:

MIL-STD-1679 ____

DOD-STD-2167 ____

MIL-STD-498 ____

Bir Fikrim Yok ____

10. Lütfen yeni bir yazılım geliştirme süreci tanımlayacak olsanız yararlanmayı düşüneceğiniz standartları işaretleyiniz:

MIL-STD-1679 ☐

DOD-STD-2167 ☐

MIL-STD-498 ☐

Bir Fikrim Yok ☐

Bulgu ve Gözlemlerin Toplu Listesi

Bulgu 1. Standartların içerdiği kontrol noktalarının sayısı zamanla artmıştır.

Bulgu 2. Programlama ve kodlama, standartların ana odak noktalarından birisini oluştururken bu konu ile ilgili gereksinimler zamanla standartların içeriğinden çıktı.

Bulgu 3. MIL-STD-1679'un hata ve sorunlara yaklaşımı, onların varlığını kabul edilebilir olarak göstermektedir. Yazılımda olmasına izin verilen hata sayıları ile ilgili rakamlar verilmektedir. Diğer standartlar yazılımda hatalar olabileceğini kabul etmekle birlikte bunların kabul edilebilir olduğunu ifade etmemektedir. Standartların hata ve sorunlara yaklaşımının, onların varlığına izin vermekten varlıklarını kabul etmeye yönelen bir değişim gösterdiği görülmektedir.

Bulgu 4. Standartların kendi içlerinde başka belgeleri referans vermeleri konusunda değişken bir gelişim izlenmiş olmakla birlikte askeri ve sivil standartların gelişimi olumlu yönde gerçekleşmiştir ve hiçbir standarda referans verilmemeye başlanmıştır. Bununla beraber, referanslarla benzer etkiyi yaratma potansiyeline sahip bir konu, sözleşme maddelerinin gereksinim olarak ele alınması konusu tüm standartlarda yer almaktadır.

Bulgu 5. DOD-STD-2167, MIL-STD-498 ve IEEE/EIA 12207'de tanımlanan kapsam gereksinimleri belgeler üzerinden yapılan işlemleri içermektedir. MIL-STD-1679'da istenen kapsam ise işletilebilir kod üzerindedir ve RTCA DO-178 gibi güvenilir yazılımlara yönelik çağdaş standartlarla uyumludur. Standartların içerikleri itibari ile test kapsamı konusunda olumsuz yönde bir gelişim yaşandığı gözlenmektedir.

Bulgu 6. Sistem mühendisliği kavramı standartlarla zamanla bütünleşmiş ve bu konuda olumlu bir gelişim yaşanmıştır.

Bulgu 7. Risk yönetimi kavramı zamanla standartlar içinde açıkça bahsedilen bir konu haline gelmiştir ve bu konuda olumlu bir gelişim yaşanmıştır.

Bulgu 8. Yazılım mühendisliği anlayışı zamanla değişmiş, biçimsel yöntemler ve yukarıdan aşağıya yazılım mühendisliği anlayışı ile ilgili zorunluluklar ortadan kalkmış ve yazılım geliştirme yöntemleri ile ilgili tüm sınırlamalar kaldırılmıştır.

Bulgu 9. Geliştirilen yazılımda tanımlı gereksinimlerin dışında işlevler olmamasına dair gereksinim, RTCA DO-178 gibi yüksek güvenilirlikli yazılımlara yönelik güncel standartlarda da belirtilen önemli bir kuraldır. Bunun askeri yazılım geliştirmeye yönelik standartlarda zamanla ortadan kaybolduğu görülmüştür.

Bulgu 10. Standartların gelişimi ile kaynak kullanımına ilişkin gereksinimler daha az ayrıntılı ve daha az talepkâr hale gelmiştir.

Gözlem 1. MIL-STD-1679'un geçerli olduğu dönemde tedarikçiler geliştiricilerin programlama ve kodlama yetkinliklerine güvenmiyorlardı, ya da geliştiricilerin programlama ve kodlama yetkinlikleri gerçekten zayıftı.

Gözlem 2. MIL-STD-498'in geçerlilik kazandığı dönemde geliştiricilerin programlama ve kodlama yetkinliği, üzerinde herhangi bir şüphe duyulmayacak seviyeye ulaştı ve standartlarda bu konulara değinme ihtiyacı ortadan kalktı.

Gözlem 3. MIL-STD-1679 ve DOD-STD-2167'de belgeleme hataları ile ilgili yapılan vurgunun MIL-STD-498'de yer almadığı görülmektedir. Belgeleme hatalarının yapılma oranının zaman içerisinde azalmış olamayacağı kabul edildiğinde, bu önemli konunun standartların gelişimi ile ortadan kaybolduğu görülmektedir.

Gözlem 4. MIL-STD-1679 ve MIL-STD-498 özel olarak bazı gereksinim türlerine vurgu yaparken, DOD-STD-2167 ve IEEE/EIA 12207 benzer özel vurgular içermemektedir. Özel vurgunun, söz konusu konularda yaşanan eksikliklerden ya da bu konulara daha çok önem verilmesinden kaynaklanması beklenebilir. Bu iddiadan hareketle, MIL-STD-1679 için performansın, MIL-STD-498 için emniyet, güvenlik ve gizlilik konularının kritik olduğu söylenebilir.

Gözlem 5. Sistem mühendisliği standartlarla bütünleşmiş olmasına rağmen, standartlarda aslında doğrudan sistem mühendislerinin görevi olarak algılanabilecek gereksinimler bulunmaya devam etmiştir. Bu konuda standartların içeriğinin ve kapsamının geliştirilmesi gerekmektedir.

Gözlem 6. Gerek yazılım, gerekse sistem projelerinde başarısızlığa yol açan önde gelen etmenler arasında gereksinimlerin değişimi görülmektedir. MIL-STD-1679'da yer alan, değişme potansiyeline sahip gereksinimlerin belirlenmesi maddesinin ilerleyen standartlardan kaldırılmış olması önemli bir kayıp olarak nitelendirilebilir.

Gözlem 7. Ticari yazılım konusuna tüm standartlarda değinilmiştir fakat bu tür yazılım için güvenilirlik konuları (sertifikasyon) zamanla standartların kapsamı dışına çıkmıştır. Dolayısı ile bu konuda olumsuz yönde bir gelişim yaşanmıştır.

Gözlem 8. Projeler genelinde hiçbir standardın uygulaması, diğerlerine göre daha yüksek ya da daha düşük bir süre kestirimi ile sonuçlanmamaktadır.

Gözlem 9. Projelerde farklı standartların uygulanması ile farklı süre kestirimi değerleri elde edilmektedir, bununla beraber söz konusu farklar belirli bir desene oturmamaktadır.

Gözlem 10. Bilişim projelerinde MIL-STD-1679 düşük süre kestirimi yapılmasına neden olmaktadır.

Gözlem 11. Projeler genelinde hiçbir standardın uygulaması, diğerlerine göre daha yüksek ya da daha düşük işgücü kestirimi ile sonuçlanmamaktadır.

Gözlem 12. Projelerde farklı standartların uygulanması ile farklı işgücü kestirimi değerleri elde edilmektedir. MIL-STD-1679 ve MIL-STD-498'in uygulanması daha yüksek işgücü kestirimi yapılmasına neden olmaktadır. Bununla beraber standartlar arasında işgücü kestiriminin değişimine dair belirli bir desen bulunmamaktadır.

Gözlem 13. Bilişim projeleri için standartlar güncelleştikçe yapılan işgücü kestirimleri artmaktadır.

Gözlem 14. Gömülü ve gerçek zamanlı uygulamalar için kullanıldığında MIL-STD-1679 daha yüksek işgücü kestirimi yapılmasına neden olmaktadır.

Gözlem 15. MIL-STD-498'in uygulanması daha yüksek sayıda gereksinim tanımlanması ile sonuçlanmaktadır.

Gözlem 16. Kod satır sayısı kestirimi konusunda uygulanan standartlar ya da standartların uygulandığı proje türleri anlamlı bir etki yaratmamaktadır.

Gözlem 17. MIL-STD-1679'un uygulanması proje gruplarının düşük süre kestirimi yapmasına neden olmaktadır. Diğer bir deyişle standartların gelişmesi ile süre kestirimleri artmıştır.

Gözlem 18. MIL-STD-498'in uygulanması proje gruplarının yüksek işgücü kestirimi yapması ile sonuçlanmaktadır. Standartların gelişimi işgücü kestirimlerini arttırmıştır.

Gözlem 19. Standartlar geliştikçe daha farklı yazılım geliştirme modellerinin kullanımına izin vermiş ve bu açılım uygulamada etkili olmuştur.

Gözlem 20. Gruplar en çok, ilk uyguladıkları standart (MIL-STD-1679) ve en güncel ve en çok kavram içeren standart (MIL-STD-498) ile proje gerçekleştirirken işgücü harcamıştır. Bu durum askeri standartlarla çalışanların, bu standartların içerdiği anlayışa alıştığı (DOD-STD-2167 için işgücünde artış değil azalma olması), bu standartlarda değişim oldukça bu değişimler doğrultusunda harcanan işgücünün arttığı (MIL-STD-498 için gözlenen artış), dolayısı ile askeri amaçlı yazılım geliştirme standartlarının bir çizgiyi temsil ettiği konusunda bir gösterge olarak yorumlanabilir.