

Gömülü Yazılım Endüstrisinde Kullanılan Yazılım Modellemesi ve Model-Güdümlü Tekniklerde Türkiye'nin Dünyadaki Yeri

Deniz AKDUR^{1,2}, Vahid GAROUSI^{3,4}, Onur DEMİRÖRS²

¹ASELSAN A.Ş. , Ankara

²Bilişim Sistemleri Bölümü, Enformatik Enstitüsü, ODTÜ, Ankara

³Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Hacettepe Üniversitesi, Ankara

⁴Maral Yazılım Danışmanlık ve Ar-Ge Corp., Calgary, Kanada

denizakdur@aselsan.com.tr

vahid.garousi@hacettepe.edu.tr

demirors@metu.edu.tr

Özetçe. Yazılım-yoğun gömülü sistemler gün geçtikçe etrafımızda daha fazla gördüğümüz, yaşantımızın vazgeçilmez bir parçası haline gelen sistemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Tasarım, geliştirme ve sınanması diğer yazılım sistemlerine göre daha karmaşık olan bu sistemlerde, artan karmaşıklıkla başa çıkabilmek için kullanılan en etkin yöntemlerden biri yazılım modellemesidir. Yüksek seviyede soyutlama ile mühendislere kolaylık sağlayan yazılım modellemesinin, paydaşlar arasındaki iletişimi kolaylaştırmasının yanı sıra, verimlilik, taşınabilirlik ve sürdürülebilirlik gibi birçok kazanımı birlikte getirdiği iddia edilmektedir. Yeterince veri ile desteklenemeyen bu iddialar için, farklı uygulama alanlarında farklı amaçlarla kullanılan modelleme yaklaşımlarını araştırarak bundan önceki çalışmamız, bunların neden, nasıl ve hangi sıklıkla kullanıldığını inceleyerek gömülü yazılım endüstrisinde kullanılan modellemenin şu anki durumuna ışık tutmuştur. Bu çalışmada ise, 27 ülke beş kıtadan değişik gömülü yazılım endüstrilerinden alınmış bu 642 katılımcı verisi, Türkiye dışından elde edilen veriler ve Türkiye'den alınan veriler olarak ikiye ayrılıp bir karşılaştırma yapılmıştır. Böylelikle, gömülü yazılım endüstrisinde kullanılan yazılım modellemesi ve model-güdümlü tekniklerde Türkiye'nin dünyadaki yeri, benzerlik ve farklılıkları görülmüş; olası endüstri-akademi işbirliği çalışmalarına zemin hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: gömülü yazılım, modelleme, model-tabanlı, model-güdümlü, model-güdümlü mühendislik, deneysel çalışma

Usage of Software Modeling and Model-Driven Techniques in the Embedded Software Industry: Turkey's position in the world

Abstract. Software-intensive embedded systems shape our world by becoming an essential aspect of our lives. Design, development and testing of software for modern embedded systems have become very complex due to their multiple constraints across different dimensions of performance and quality. To cope with these growing complexities in embedded software industry, modeling is usually seen as one of the best approaches to help engineers design and build these systems at higher levels of abstraction by facilitating communication among shareholders. Although software modeling claims many potential benefits in productivity, portability, maintainability and interoperability, it has been developed largely without the support of empirical data to test or support these claims. With the help of our previous study, the state-of-the-practice of software modeling was better understood by identifying to what degree, why and how it is used in embedded software industry with its possible challenges and shortcomings besides its benefits. In this study, the data taken from 642 subjects, 27 different countries and embedded industrial sectors were separated into two groups: (1) the data taken from Turkey, (2) the data taken from the other 26 countries except Turkey. By this way, by comparing these two dataset and enlightening both similarities and differences, Turkey's position in the world on the usage of software modeling and model-driven techniques in the embedded software industry was better understood; and more academia-industry collaborations will also be encouraged.

Keywords: Embedded software; modeling; model-based; model-driven; model-driven engineering; empirical study

1 Giriş

Arabadan havacılığa ya da savunma sanayinden yüksek çözünürlüklü TV'lere ve akıllı telefonlara kadar etrafımızda sıklıkla karşılaştığımız yazılım-yoğun gömülü sistemlerin tasarım, geliştirme ve test süreçleri diğer sistemlere göre daha karmaşıktır [1-3]. Farklı performans ve kalite kriterlerine sahip olan bu sistemler, hem donanım hem de yazılım alt parçalarının artması ve farklı işlevlerin tek bir sistemde toplanmasıyla diğer yazılım sistemlerine göre daha zorlu bir geliştirme faaliyeti gerektirmektedir [4]. Tüm bu zorluklar ve artan karmaşıklıkla başa çıkabildiği iddia edilen yazılım modelleme yaklaşımları [5] farklı gömülü yazılım alanlarında bunların neden, nasıl ve hangi sıklıkla kullanıldığını da değiştirebilir [6]. Bundan önceki çalışmamız, gömülü sistemlerde kullanılan modellemenin şu anki durumunu anlatmış ve kimlerin ne amaçla, nasıl modelleme yaptığını belirlemiştir [7]. Bu çalışma, sadece dünyada bu alandaki en son kullanım ve eğilimi ortaya çıkarmakla kalmamış, ulusal anlamda bu alandaki ilk çalışma olmuştur.

Hızla karmaşılaşan gömülü yazılım mühendisliğinde soyutlama yöntemiyle bu karmaşıklığı çözen yazılım modellemesinin Türkiye'deki durumunu gösteren bir önceki çalışmamız, Türkiye'nin bu alanda dünyadaki yerini anlamak ve modelleme yaklaşımlarını karşı-

laştırmaktan uzaktır. Bu nedenle, Türkiye dışındaki 26 ülkeden elde ettiğimiz anket veri kümesi ile Türkiye için elde edilen veriler karşılaştırarak, Türkiye yazılım sektörünün bu alanda dünyadaki yerini görebilmek önemli bir gerek olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çalışma, bu eksikliği gidermeyi amaçlamaktadır. Böylelikle, gömülü yazılım endüstrisinde kullanılan yazılım modellemesi ve model-güdümlü tekniklerde Türkiye'nin dünyadaki yeri, benzerlik ve farklılıkları görülebilecek; bu çalışma ile olası endüstri-akademi işbirliklerine girdi sağlanacaktır.

Bu makalenin devamı şu şekilde yapılandırılmıştır: İlgili çalışmalar 2. bölümde sunulmuştur. Bir önceki çalışmamızdaki amaç ve yöntem ile anket hakkında genel bilgilerin hatırlatılması 3. bölümde verilmiştir. 4. bölüm ham veri sonuçlarının karşılaştırmasını içermektedir. Bulguların özeti ve geçerliliğe tehditleri veren 5. bölüm sonunda sonuç ve gelecek çalışmalar hakkında bilgi verilerek makale sonlandırılmaktadır.

2 İlgili Çalışmalar

Gömülü yazılım endüstrisi özelinde model-güdümlü mühendislik (MGM) yaklaşımlarını inceleyen az sayıda çalışma bulunmaktadır [8-10]. Daha önceki bu çalışmalarda katılımcılar ya belli bir coğrafi alana / tek bir ulusa mensuptur ya da belli bir projedeki zaten model-tabanlı/güdümlü geliştirme yapanlardır. Dolayısıyla, kıtalararası katılımcıya sahip olup, gömülü sistemlerde yazılım modellemesinin ve model-güdümlü tekniklerin kullanımını, endüstrideki durumunu inceleyen; dahası Türkiye'de bu alandaki durumu gösteren ya da Türkiye adına katılımcı verisi içeren başka bir çalışma bulunmamaktadır.

2011 yılında 67 katılımcıyla gerçekleştirilen [8]'de araba endüstrisinde kullanılan model-tabanlı geliştirme maliyet ve yararları incelemektedir. Gömülü sistemlerin bir alt kolu olan otomotiv sektörünü adresleyen çalışma, gömülü sistem mühendisliğinin sadece geliştirme kısmını kapsamaktadır. 209 katılımcı verisine sahip olan [9]'da ise UML ve model-güdümlü yaklaşımlar Brezilya gömülü yazılım sektörü özelinde incelemektedir. 2013 yılında gerçekleştirilen bu çalışma tek bir coğrafi bölgeden sonuçları içerdiğinden genel bir çıkarımdan uzaktır. 2014 yılına ait [10]'daki çalışmada ise, model-tabanlı yaklaşımın şu anki durumu gömülü sistemler için incelemiştir. Bu anket, 112 katılımcısını da Avrupa Birliği destekli CRYSTAL (Critical System Engineering Acceleration) Projesinde yer alan, zaten model-tabanlı yaklaşımı benimsemiş şirketlerden aldığından, gömülü sistemler için genel bir katılımcı profilinden uzaktır [10]. Model-tabanlı ve model-güdümlü ayrımını içermeyen bu anket verileri, aynı yazarlar tarafından 2016 senesinde daha detaylı bir çalışmada kullanılmıştır [11]. Tüm bu çalışmaların aksine, bizim çalışmamız kendini ne gömülü sistemlerin bir alt kolunu ne de belli bir coğrafi alanı / ulusu inceleyerek kısıtlandırmıştır. Bu bölümün devamında bir önceki çalışmamızdaki bu anket hakkında genel bilgiler hatırlanacaktır.

3 Araştırma amaç ve yöntemi

Ankette, farklı coğrafi bölge ve endüstriyel sektörden çokça ve hızlı bir şekilde veri alabilmek, bu verileri kolay bir şekilde tasnif ve analiz edebilmek için çevrimiçi anket yöntemi kullanılmıştır. Gömülü sistemlerde kullanılan modelleme etkinliklerinin şu anki durumunu anlamak ve kimlerin ne amaçla, hangi sıklıkla kullandığını, hiç kullanmayandan, kabataslak kullanana, bunun ötesinde model-tabanlı kullandandan model-güdümlü kullanana [12] kadar

geniş bir yelpazede inceleyen bu ankette Hedef, Soru, Ölçüt (Goal Question Metric, GQM) [13] yaklaşımı kullanılmıştır.

İngilizce olarak hazırlanan ankette kullanılan kelimelerin herkes tarafından anlaşılır olması kaliteli veri toplamak adına çok önemli olduğundan, anket endüstride çalışan sekiz kişi tarafından pilot çalışmaya tabi tutulmuştur. Bu pilot çalışmada bulunan kişiler değişik uluslardan seçilerek (Dört Türk, iki İngiliz, bir Fransız, bir Tayvanlı) alınan geri bildirimler ve anket doldurmada geçen zaman da dikkate alınıp sorular tekrar düzenlenmiştir. Güncellenen anket, ilk pilot çalışmaya katılmayan beş kişi ve ilk çalışmadaki iki kişi ile ikinci defa pilot çalışmaya girerek toplam 13 endüstri profesyoneli tarafından gözden geçirilmiş olmuştur. Pilot çalışmanın sonunda, hedeflenen araştırma sorularını adresleyen anket 27 adet soru içermiştir [14].

Anketin hedef kitlesi gömülü yazılım mühendisliği alanında çalışan iş analistinden proje yöneticisine, yazılımcıdan testçiye kadar geniş bir yelpazeyi içermektedir. Mart 2015'te Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) Uygulamalı Etik Araştırma Merkezi'nden etik onayı alan anket 14 Nisan 2015 tarihinde çevrimiçi olarak yayınlanıp 1 ay süre ile katılımcı kabul etmiştir. Anket tasarımı, soru hazırlama, geçişleme, veri toplama ve analizi ile ilgili detaylara [7]'den ulaşılabilir.

Bildirinin sayfa sınırlamasından dolayı anketteki tüm karşılaştırmalar verilememiş, sadece dikkat çekici veriler paylaşılmıştır. (Bakınız **Tablo 1**).

Tablo 1. Bildiride karşılaştırılacak ilgi çekici bulgular

Karşılaştırılan Veriler	Soru	Karşılaştırma Yöntemi
Demografik Veriler	Akademik Branş(lar)	Nicel
	İş ve Modelleme Tecrübesi ile Modellemenin Nerede/Nasıl Öğrenildiği	Nicel/Nitel
Modelleme Yaklaşımları	Yazılım Yaşam Döngüsünde Modelleme Kullanım Sıklığı	Nicel
	Hangi Modelleme Dilinin (Dillerinin) Kullanıldığı	Nicel
	Modellemede Hangi Diyagram(lar)ın Kullanıldığı	Nicel
	Modellemenin Yazılım Yaşam Döngüsünün Hangi Evrelerinde Kullanıldığı	Nicel
Model-Güdümlü Teknikler	Model-Güdümlü Mühendisliğin Ne Sıklıkla Kullanıldığı	Nicel
	Model-Güdümlü Mühendisliğin Ne(ler) İçin Kullanıldığı	Nitel
	Karşılaşılan Model-Güdümlü Mühendislik Zorlukları	Nitel

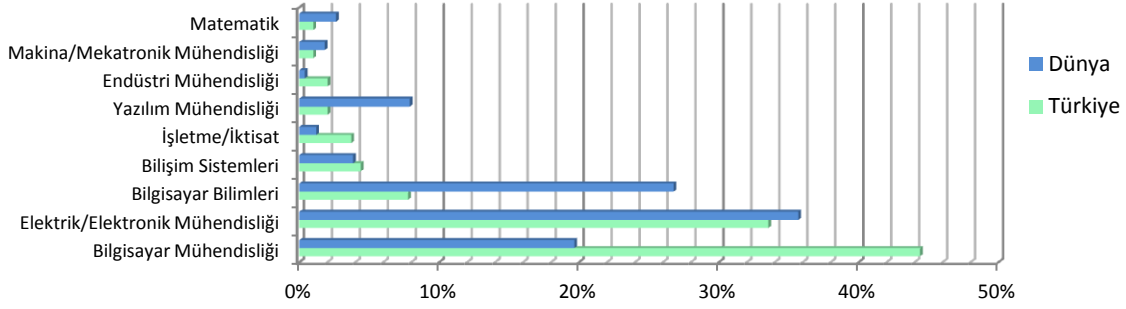
4 Sonuçların Karşılaştırılması

Bu bölümde, sonuçlar karşılaştırılırken, ilk veri kümesini tüm anket verisinden Türkiye'den alınan sonuçların çıkarılması ile geri kalan 26 ülkenin verileri; ikinci veri kümesini ise Türkiye'den alınan veri kümesi [7, 15] oluşturmaktadır. Makalenin geri kalanında "Dünya" verisi olarak bu ilk veri kümesinde yer alan Türkiye dışındaki 26 ülkeden elde edilen sonuçlar verilecektir.

4.1 Demografik Veriler

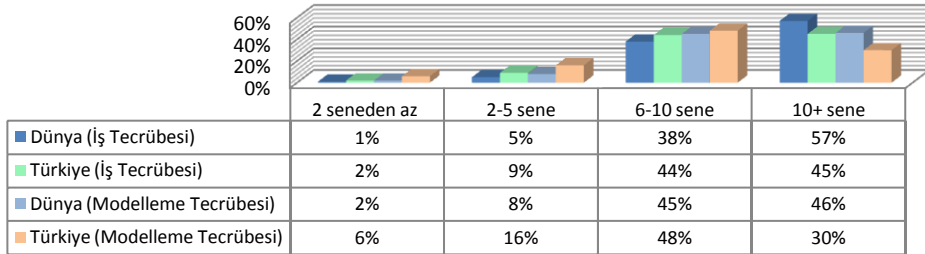
Katılımcıların eğitimsel yetenek kümesini anlamak için çoktan seçmeli olarak sorulan akademik branşlara baktığımızda Türkiye veri kümesinde Bilgisayar Mühendisliğinin dünya-

dakinden çok daha fazlayken (%44,4'e %19,7), Bilgisayar Bilimleri ve Yazılım Mühendisliğinin ise çok daha az (%7,8'e %26,8 ve %2'ye %8) olduğu göze çarpmaktadır (Bakınız **Şekil. 1**). Eğer Bilgisayar tabanlı bölümler olarak bir gruplama yapıp bu gruba Bilgisayar Mühendisliği, Bilgisayar Bilimleri, Yazılım Mühendisliği ve Bilişim Sistemlerini koyarsak, her iki veri kümesinde de katılımcı oranının ~%59 olduğu görülmektedir. Bu da aslında, ülkeden ülkeye bazı bölüm isimlerinin farklılaşabildiğini; örneğin Türkiye'de bazı üniversitelerde ayrı bir Yazılım Mühendisliği bölümü yokken bunların Bilgisayar Mühendisliği çatısı altında toplandığını göstermektedir. Bir diğer göze çarpan farklılık ise, gömülü yazılım endüstrisinde çalışan Matematik mezunlarının dünya veri setinde %3 seviyesindeyken Türkiye'de ise %1 seviyesinde kalmasıdır.



Şekil. 1. Akademik branş(lar)ın karşılaştırması

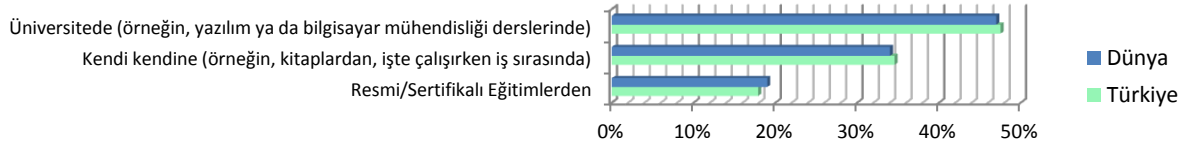
İş tecrübelerinde yoğunluk 10+ senede iken modelleme tecrübesinde yoğunluk aşağıya doğru kaymaktadır. Örneğin, Türkiye veri kümesinde 10+ sene iş tecrübesi %45 seviyesindeyken, modelleme tecrübesi %30'a düşmüştür. Aynı şekilde dünya veri kümesinde bu oran %57'den %46'ya inmiştir (Bakınız **Şekil. 2**).



Şekil. 2. İş ve Modelleme Tecrübelerinin Karşılaştırması

İş tecrübesindeki yoğunluğun modelleme tecrübesine geçerken düşmesinin birkaç sebebi olabilir: Katılımcıların bir kısmının işe başladıktan sonra (örneğin, üniversiteden sonra) modellemeyi öğrenip uygulaması ya da gömülü sistemlerdeki modellemenin bazı temel gömülü sistem bilgi birikimi, dolayısıyla iş tecrübesi gerektirebileceğidir.

Çoktan seçmeli olarak cevap verilen modellemenin nerede/nasıl öğrenildiği sorusunda ise katılımcılar modellemeyi en çok üniversitede; sonrasında, kendi kendine ve resmi/sertifikalı eğitimlerden öğrendiklerini belirtmişlerdir. (Bakınız **Şekil. 3**)



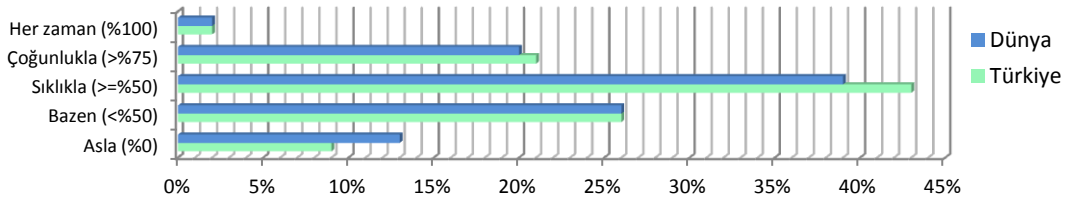
Şekil 3. Modellemenin nerede/nasıl öğrenildiğinin karşılaştırması

Üniversiteden mezun olduktan sonra modellemenin öğrenilmesi oranının ("Kendi kendine" ve "Resmi/sertifikalı eğitimlerden" cevapları toplamının oranının) her iki veri kümesinde de aynı olması dikkat çekicidir (%53). Bir önceki cevapla örtüşen bu veri, modelleme tecrübesinde yoğunluğun neden 10+ seneden aşağıya doğru kaydığını da açıklamaktadır [15]. Bilgisayar tabanlı bölümler dışından mezun olan katılımcılar (örneğin, Elektrik/Elektronik Mühendisliği) üniversitede modelleme ile ilgili bir ders almadıklarından, modellemeyi işte çalışırken iş sırasında, kitaplardan ya da resmi eğitimlerden öğrenmek durumunda kalmaktadırlar. Modelleme tecrübesinin yükseltilebilmesi için üniversitede ders içerikleri ona göre güncellenmeli, endüstrinin ihtiyaçları göz önüne alınıp akademi-endüstri iş birlikleri sağlanmalıdır.

4.2 Modelleme Yaklaşımları

Yazılım Yaşam Döngüsünde Modelleme Kullanım Sıklığı

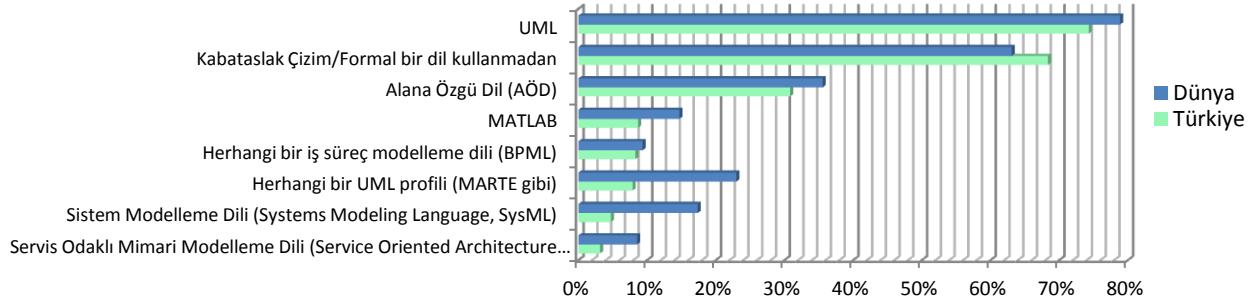
Katılımcının modellemeyi ne sıklıkla kullandığını sorgulayan soru, modelleme kullanımına hem kabataslak diyagram hem de model kullanımını kabul ettiğinden modellemeyi hiç kullanmayan katılımcı oranını anlamaya yöneliktir. Türkiye veri setinde yazılım modellemesini hiç kullanmayanlar %9 iken dünyada ise bu oran %13 seviyesindedir (Bakınız Şekil 4). 5-dereceli kullanım sıklığı sonucuna baktığımızda ise her iki veri kümesinde de kullanım "Sıklıkla (>%50)" aralığına düşmektedir. (Kullanım sıklığı hesaplama yöntemine [15]'ten ulaşılabilir).



Şekil 4. Modelleme kullanım sıklığı karşılaştırması

Hangi Modelleme Dilinin (Dillerinin) Kullanıldığı

Çoktan seçmeli bu soruya verilen cevaplarda formal bir modelleme dili olan UML kullanım sıklığının (birinci sırada) kabataslak çizim yapanlarla (ikinci sırada) çok yakın olması şaşırtıcıdır. Türkiye'de bu iki kullanım arasındaki fark %6 seviyesindeyken, dünyada bu fark %15'tir; bu da Türkiye'de kabataslak çizimin daha fazla yapıldığını göstermektedir (Bakınız Şekil 5). Bir başka dikkat çekici farklılık, herhangi bir UML profili, Sistem Modelleme Dili (Systems Modeling Language, SysML) ve Servis Odaklı Mimari Modelleme Dili (Service-Oriented Architecture Modeling Language, SoAML) kullanımı Dünya veri kümesinde Türkiye'den çok daha fazladır. (Sırasıyla, %23'e %8, %17'ye %5 ve %9'a %3)

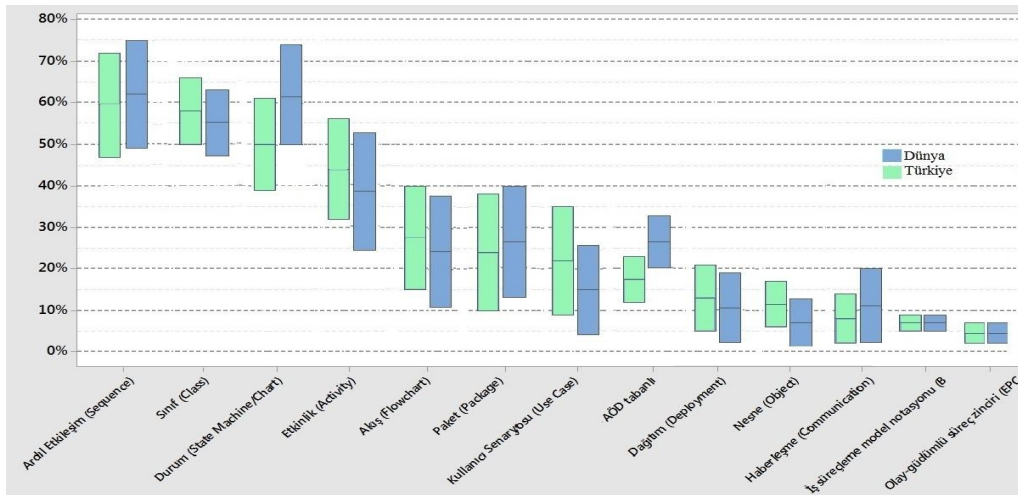


Şekil. 5. Modelleme dilleri karşılaştırması

Kullanıcıya hazır sunulan cevaplar dışında işaretlenen "Diğer" seçeneklerine baktığımızda "Markov Chain Markup Language" kullanımı Türkiye'de %2 seviyesindeyken, bu oran dünyada neredeyse yoktur. Bu dilin kullanım detaylarına baktığımızda, yazılım yaşam döngüsünün test evresinde, kullanıcı elektroniği sektöründe kullanıldığı görülmektedir. Belki, Türkiye'deki kullanıcı elektroniği sektöründeki katılımcılar, zamanında markete girebilmek adına otomatik test altyapılarına daha fazla önem veriyor ve bu sebeple bu modelleme dilini kullanıyor olabilir. "Modelica" ise Türkiye veri setinde olmayan ama dünyada %1 seviyesinde kullanılan bir modelleme dilidir.

Modellemede Hangi Diyagram(lar)ın Kullanıldığı

5-dereceli kullanım sıklıklarına göre en fazla kullanılan diyagram tipi her iki veri kümesinde de Ardıl Etkileşim (Sequence) çıkmıştır. Durum (State machine/chart) diyagramı dünyada Türkiye'den daha fazla kullanılırken (ikinci sırada, %62'ye %50); Sınıf (Class) diyagramı ise Türkiye'de dünyaya göre daha fazla kullanılmaktadır (%58'e %55). Etkinlik (Activity) diyagramı ise her iki veri kümesinde de dördüncü sırada yer almaktadır. Diyagram tiplerinin kullanım sıklıkları Şekil. 6'da verilmiştir.

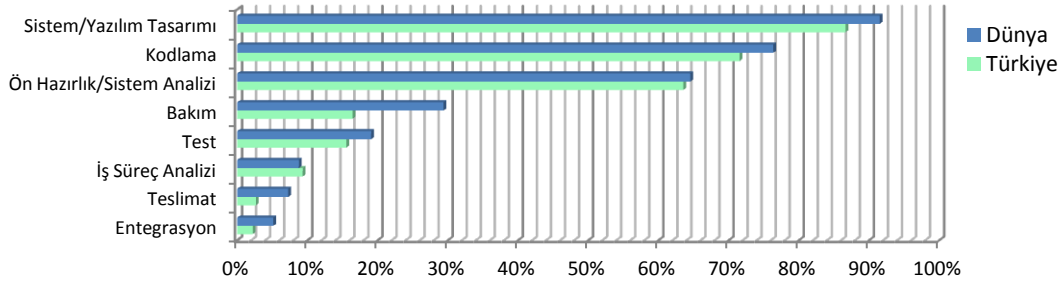


Şekil. 6. Modellemede kullanılan diyagram tipleri karşılaştırması

Dikkat çeken noktalar, Kullanıcı Senaryosu (Use Case) diyagramlarının Türkiye veri setinde (%22'ye %15); AÖD tabanlı diyagramların ise dünyada diğerine göre açık ara önde olmasıdır (%27'ye %17). İş süreçleme modelleme diyagramlarının kullanımının her iki veri kümesinde de aynı oranda kullanılması da ilgi çekicidir [15].

Modellemenin Yazılım Yaşam Döngüsünün Hangi Evrelerinde Kullanıldığı

Yazılım yaşam döngüsü evrelerinden hangilerinde modellemenin kullanıldığını anlamaya çalışan bu soruda göze çarpan farklılık, dünyada bakım evresinde modelleme kullanımının Türkiye'den çok daha fazla olmasıdır (%29'a %16). Onun dışındaki evrelerde birbirine yakın oranlar olmasına rağmen dünyadaki oranlar hep daha yüksektir.

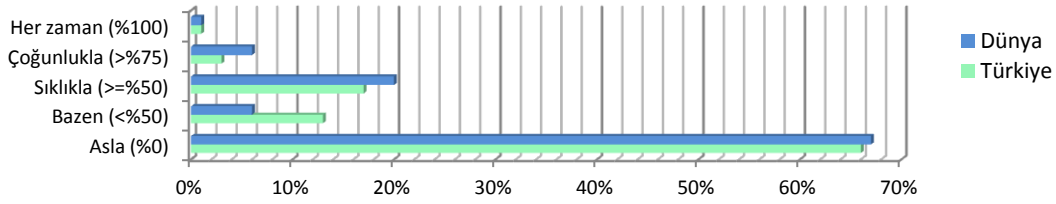


Şekil 7. Yazılım Yaşam Döngüsü Evresi kullanımı karşılaştırması

4.3 Model-Güdümlü Teknikler

Model-Güdümlü Mühendisliğin Ne Sıklıkla Kullanıldığı

Bu sorudan önce katılımcıya model-güdümlü ve model-tabanlı ile ilgili terminoloji hakkında bilgi verilip [14] katılımcının MGM'yi ne sıklıkla kullandığı sorulmaktadır. Model-güdümlü teknik kullanmayan katılımcılar için (Türkiye'de %66, dünyada %67) bu noktada biten anket katılımcılardan alınan 5-dereceli kullanım sıklığına göre her iki veri kümesinde de MGM kullanımı "Bazen (<%50)" aralığına düşmektedir [15]. Tüm kullanım sıklığı karşılaştırması Şekil 8'de verilmektedir.



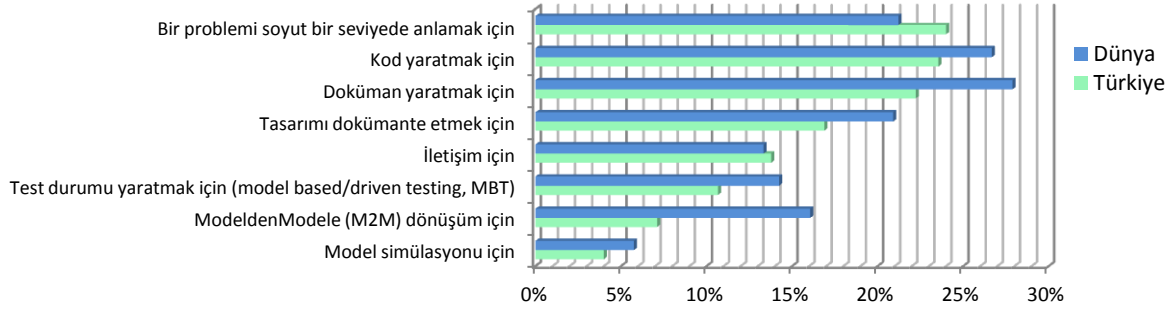
Şekil 8. MGM kullanım sıklığı karşılaştırması

Model-Güdümlü Mühendisliğin Ne(ler) İçin Kullanıldığı

Çoktan seçmeli olan bu soruya verilen cevaplar Şekil 9'da verilmiştir. Göze çarpan farklılık Türkiye'de MGM en fazla "Bir problemi soyut bir seviyede anlamak için" (%24) kullanılırken dünyada ise "Doküman yaratmak için" (%28) kullanılmasıdır. Ankette kullanılan "model-güdümlü" terminolojisi dikkate alındığında [12], yazılım yaşam döngüsü ürünlerinin otomatik olarak oluşturulmasının MGM'nin asıl amacı olduğu düşünülürse (kod, doküman, test durumu, MBT vs), dünya veri kümesindeki sonuçların MGM'nin asıl doğasını

yansıttığı (“model-tabanlı” mühendisliğin ötesinde); ancak Türkiye’de bu otomatik oluşturma kullanımı, amaç ve motivasyonu ile ilgili eksiklik olduğu görülmektedir. (Türkiye’de kod ve doküman yaratmak %23 seviyesindeyken, dünyada bu oran %28 seviyesindedir). Zira, "problemi soyut seviyede anlamak" (kod ya da dokümanın otomatik olarak oluşturulmasının aksine) model-tabanlı yaklaşımın da bir parçasıdır ve model-güdümlü tekniklere özgü değildir.

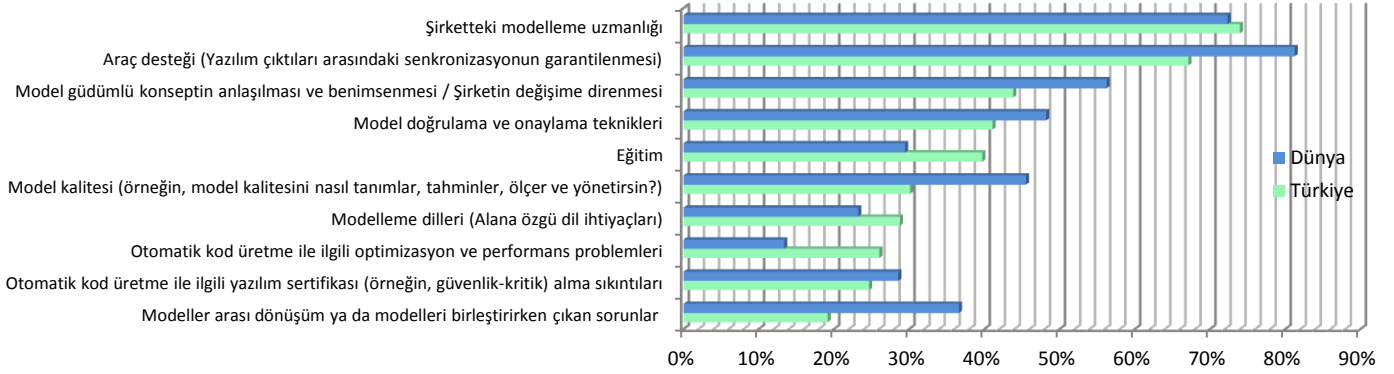
Dünyada “Modelden-Modele dönüşüm” %16 seviyesindeyken, bu oranın Türkiye’de %7’de kalması da ayrı bir farklılık olarak göze çarpmaktadır.



Şekil 9. MGM'nin ne için kullanıldığı karşılaştırması

Karşılaşılan Model-Güdümlü Mühendislik Zorlukları

Çoktan seçmeli olan bu soruya Türkiye’de en çok “Şirketteki modelleme uzmanlığı”, dünyada ise “Araç desteği” cevapları verilmiştir. (Bakınız Şekil. 10)



Şekil 10. MGM kullanımında karşılaşılan zorlukların karşılaştırması

MGM'nin kullanılan aracın yeteneklerine bağlı olduğu düşünüldüğünde (çünkü yazılım çıktılarının otomatik oluşturulması araç desteği ile sağlanır), MGM kullanımında karşılaşılan “Araç desteği (Yazılım çıktıları arasındaki senkronizasyonun garantilenmesi; örneğin, kod, doküman, simülatör)” zorluğunun Türkiye’de %67 seviyesindeyken dünyada %81 seviyesinde olması önemli bir farklılıktır. Bir önceki sorudan, Türkiye verisinde kod ve doküman yaratmak için MGM kullanıldığı toplanmış (%24 ve %22); ancak bunların senkronizasyonu konusunda dünyada karşılaşılandan daha az oranda sorunla karşılaşıldığı belirtilmiştir. Bunun farklı nedenleri olabilir: Türkiye’de dünyadan farklı ve amacına uygun

MGM araçları kullanılıyor ve zorluk çekilmiyor olabilir; ya da Türkiye’de bu senkronizasyona çok önem verilmiyor ve model üstünden oluşturulan kod, doküman, simülatör vs.’nin uyumu önemslenmiyor olabilir. MGM’nin “Modelden-Modele dönüşüm” için Türkiye’de az kullanılıyor olması, ikinci varsayımı güçlendirmektedir.

Ayrıca, bu soruya verilen “Modeller arası dönüşüm ya da modelleri birleştirirken çıkan sorunlar (örneğin, farklı projelerdeki iki ayrı modeli nasıl birleştiririz ya da bir projeden diğerine nasıl taşırız?)” cevabının dünyada %37 seviyesindeyken Türkiye’de %19 seviyesinde olması, bu alanda Türkiye gömülü yazılım endüstrisinin ya çok iyi ve sıkıntısız olduğunu ya da henüz bu konuda farkındalık ve bilgi birikiminin olmadığını göstermektedir. Alınan genel veriler ve önceki cevaplar ışığında, ikinci varsayım yine daha güçlü durmaktadır.

“Model kalitesi (örneğin, model kalitesini nasıl tanımlar, tahminler, ölçer, geliştirir ve yönetirsin?)” cevabının dünyada çok daha fazla olması ise bunun Türkiye’de henüz çok önemslenmediğini ya da gerekli görülmediğini göstermektedir.

5 Tartışma

Karşılaştırma sonuçlarımızın özeti Bölüm 5.1’de, anket çalışmamızın geçerliliğine tehditlerini azaltmak ya da hafifletmek için attığımız adımlar 5.2’de ele alınmıştır.

5.1 Bulguların Özeti

Uluslararası bir anket olarak İngilizce hazırlanan ve dünyanın değişik ülke ve gömülü sektörlerinden 642 katılımcı alan anket çalışmamızdaki veriler, Türkiye ve diğer 26 ülkenin gömülü yazılım profesyonellerinden elde edilen veriler olarak iki kümeye ayrıştırılmıştır. Demografik verilerimize göre, anket verimizde farklı katılımcı ve şirket profillerinden bir karma oluştuğundan, bulgularımızın belli bir alan ya da sektörden bağımsız olmasına yardımcı olmuştur. Bu alanda ilk olan bu karşılaştırmada öne çıkanlar aşağıda listelenmiştir:

- Her iki veri kümesinde de katılımcıların iş tecrübelerinde yoğunluk 10+ senede iken modelleme tecrübesinde yoğunluk aşağıya doğru kaymaktadır.
- Türkiye veri setinde yazılım modellemesini hiç kullanmayanlar %9 iken dünyada ise bu oran %13 seviyesindedir.
- Her iki veri kümesinde de formal bir modelleme dili olan UML kullanım sıklığı (birinci sırada) kabataslak çizim yapanlarla (ikinci sırada) çok yakındır. Türkiye’de bu iki kullanım arasındaki fark %6 seviyesindeyken, dünyada %15’tir; bu da Türkiye’de kabataslak çizimin daha yaygın olduğunu göstermektedir. Herhangi bir UML profili, SysML ve SoaML kullanımı ise dünyada çok daha fazladır.
- En fazla kullanılan diyagram tipi her iki veri kümesinde de Ardıl Etkileşim (Sequence) çıkmıştır. Durum (State machine/chart) diyagramı dünyada Türkiye’den daha fazla kullanılırken (ikinci sırada); Sınıf (Class) diyagramı ise Türkiye’de daha fazla kullanılmaktadır (ikinci sırada).
- Kullanıcı Senaryosu (Use Case) diyagramları Türkiye veri setinde; AÖD tabanlı diyagramlar ise dünyada diğerine göre açık ara öndedir.
- Dünya veri kümesinde yazılım yaşam döngüsünün bakım evresinde modelleme kullanımının Türkiye’den çok daha fazla olması dikkat çekicidir (%29’a %16).

- Model-güdümlü teknik kullanmayan katılımcılar Türkiye’de %66, dünyada %67 seviyesindeyken, her iki veri kümesinde de MGM kullanımını “Bazen (<%50)” aralığına düşmektedir.
- Türkiye’de MGM en fazla “Bir problemi soyut bir seviyede anlamak için” kullanılırken dünyada ise “Doküman yaratmak için” kullanılmaktadır.
- Dünyada “Modelden-Modele dönüşüm” %16 seviyesindeyken, bu oranın Türkiye’de %7’de kalması dikkat çekicidir.
- Türkiye’de en çok “Şirketteki modelleme uzmanlığı”, dünyada ise “Araç desteği” MGM’de karşılaşılan zorlukların başında gelmektedir.

5.2 Geçerliliğe Tehditler

Anketten elde edilen veriler karşılaştırılırken, standart kontrol listesi temel alınmış [16], İngilizce olarak hazırlanan anket verimize sınır teşkil edebilecek olası geçerliliğe tehditlerin azaltılmasına ve ortadan kaldırılmasına çalışılmıştır [7].

Bu çalışmada, birçok kaynaktan veri toplanmış; yanlış cevap alınmaması adına anket anonim olarak yapılmıştır. Ölçüm yöntemi, birçok çalışmada kullanılan, her soru için istatistiki çıkarımlar yapmaya dayandığından, sonuçların modelleme yaklaşım teknikleri, kullanım ve görüşlerini yansıttığına ve yapısal geçerliliği sağlandığına inanılmaktadır. İngilizce olarak hazırlanan bu ankette kullanılan kelimelerin herkes tarafından anlaşılır olması kaliteli veri toplamak adına önemli olduğundan, ankette uygulanan pilot çalışma ile içsel geçerlilik güçlendirilmiştir. Dış geçerliliğe tehditlerden birisi katılımcıların demografik dağılımında yatmaktadır. Yazarların önceki ve şu anki iş tecrübeleri/ çalıştıkları sektörleri dolayısıyla bireysel gönderilen anket davetlerinin bu sektörlerden diğerlerine göre çok katılımcı alabileceği etkisini azaltmak adına çevrimiçi sosyal ve profesyonel ağlar (örneğin, LinkedIn ve Twitter), forumlar, yazılım mühendisliği ve üniversitelerin ilişkili email gruplarında duyurular yapıp anket bir ay süre ile katılımcılara açık tutulmuştur. Sonuç geçerliliği olarak ise, bu çalışma, hem endüstri hem de akademik şapkası olan bir araştırmacı ve iki ayrı üniversiteden akademisyenle birlikte tasarlandığından, sonuçlardaki "fishing" riskini azaltmaktadır. Email daveti ve çevrimiçi ağlardaki profesyonellere yapılan duyuru aynı link üstünden olduğundan güvenilirliğini de artırmıştır. Ölçümlerin güvenilirliği de gözden geçirme ve pilot çalışmalarla desteklenmiştir.

6 Sonuç ve Gelecek Çalışmalar

Türk yazılım sektörünün değeri her geçen gün artmaktadır [17], ancak canlı bir yazılım sektörüne sahip olmasına rağmen bundan önceki anket çalışmamız dışında [7], Türkiye ile ilgili herhangi bir veri bulunmamaktadır. Bu çalışma sayesinde ise, Türk gömülü yazılım endüstrisinde kullanılan modellemenin dünyadaki yeri daha iyi anlaşılmış; benzerlik ve farklılıkları görülerek modelleme kullanan ve kullanmayı değerlendirenler için yaygın görüş oluşturulmuştur.

Gelecekte yapılacak araştırmalar ile bu çalışmada ortaya çıkarılan farklılıkların nedenleri araştırılıp; bu farklılıkların –olumlu etkisi olacaksa - giderilmesi amacıyla çözüm aranılacaktır. Bu da olası endüstri-akademi işbirliklerini artıracaktır.

Bu çalışmada genel bir karşılaştırma yapılmış, çapraz-faktör analizlerine değinilmemiştir. Katılımcı ve şirket/sektör bazında olabilecek bu çapraz-faktör analizleri gelecek çalışmalar olarak planlanmıştır.

Teşekkür. Ankete katılan tüm gömülü yazılım profesyonellerine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

1. C. J. Ebert, Capers, "Embedded Software: Facts, Figures, and Future," *IEEE Computer Society*, vol. 42, pp. 42-52, 2009.
2. D. Akdur and V. Garousi, "Model-Driven Engineering in Support of Development, Test and Maintenance of Communication Middleware: An Industrial Case-Study," in *3rd International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development, MODELSWARD*, France, 2015.
3. B. Graaf, M. Lormans, and H. Toetenel, "Embedded software engineering: the state of the practice," *Software, IEEE*, vol. 20, pp. 61-69, 2003.
4. C. Walls, *Embedded Software*: Elsevier Inc., 2012.
5. D. Thomas, "MDA: revenge of the modelers or UML utopia?," *Software, IEEE*, vol. 21, pp. 15-17, 2004.
6. M. Petre, "UML in practice," in *Software Engineering (ICSE), 2013 35th International Conference on*, 2013, pp. 722-731.
7. D. Akdur, V. Garousi, and O. Demirörs, "Gömülü Sistem Mühendisliğinde Kullanılan Yazılım Modellemesi ve Model Güdümlü Teknikler Anketi: Türkiye Sonuçları," presented at the 9th Turkish National Software Engineering Symposium (In Turkish: Ulusal Yazılım Mühendisliği Sempozyumu (UYMS)), İzmir, Turkey, 2015.
8. M. Broy, S. Kirstan, H. Kremer, and B. Schätz, "What is the benefit of a model-based design of embedded software systems in the car industry?," in *Emerging Technologies for the Evolution and Maintenance of Software Models*, ed. 2011, pp. 343-369.
9. L. T. W. Agner, I. W. Soares, P. C. Stadzisz, and J. M. Simão, "A Brazilian survey on UML and model-driven practices for embedded software development," *Journal of Systems and Software*, vol. 86, pp. 997-1005, 2013.
10. G. Liebel, N. Marko, M. Tichy, A. Leitner, and J. Hansson, "Assessing the State-of-Practice of Model-Based Engineering in the Embedded Systems Domain," in *Model-Driven Engineering Languages and Systems*. vol. 8767, J. Dingel, W. Schulte, I. Ramos, S. Abrahão, and E. Insfran, Eds., ed: Springer International Publishing, 2014, pp. 166-182.
11. G. Liebel, N. Marko, M. Tichy, A. Leitner, and J. Hansson, "Model-based engineering in the embedded systems domain: an industrial survey on the state-of-practice," *Software & Systems Modeling*, pp. 1-23, 2016.
12. M. Brambilla, J. Cabot, and M. Wimmer, "Model-driven software engineering in practice," *Synthesis Lectures on Software Engineering*, vol. 1, 2012.
13. V. C. Basili, G.; Rombach, D.H. , "The Goal Question Metric Approach," in *Encyclopedia of Software Engineering*, ed: Wiley, 1994.
14. D. Akdur, V. Garousi, and O. Demirörs. (2015). *Survey on Software Modeling in Embedded Systems Engineering*. Available: <https://drive.google.com/file/d/0BzPI4c-GGTgoeGxwcWtfaVhNZjg/view>
15. D. Akdur, O. Demirörs, and V. Garousi, "Gömülü Sistem Mühendisliğinde Kullanılan Yazılım Modellemesi ve Model Güdümlü Teknikler Anketi: Türkiye Sonuçları Teknik Raporu," Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Enformatik Enstitüsü ODTÜ/II-TR-2015-54, 2015.
16. R. Feldt and A. Magazinius, "Validity Threats in Empirical Software Engineering Research-An Initial Survey," in *SEKE*, 2010, pp. 374-379.
17. M. U. Akkaya, Z. Baktır, M. Canlı, A. Çekiç, H. R. Çetin, M. Duran, *et al.* (2012). *The Software Sector in Turkey (In Turkish: Türkiye'de Yazılım Sektörü)*. Available: http://www.sde.org.tr/userfiles/file/TURKIYEDE_YAZILIM_%20SEKTORU.pdf