

# Yazılım Geliştirme Hizmetlerinin Satın Alınması için Bir Maliyet Modeli Önerisi

Aylin Deveci<sup>1</sup>, Selin Caliskan<sup>1</sup>, Selami Bagriyanik<sup>1</sup>, Oya Gazdađı<sup>1</sup>, Adem Karahoca<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Turkcell Teknoloji, İstanbul, Türkiye  
{aylin.deveci, caliskan.selin, selami.bagriyanik, oya.gazdagi}@turkcell.com.tr  
<sup>2</sup> Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul, Türkiye  
adem.karahoca@eng.bau.edu.tr

**Özet.** Bu çalışmada, Türkiye'nin büyük teknoloji ve iletişim hizmetleri sağlayıcı firmalarından birinde gerçekleşen yazılım geliştirme hizmet satın almalarındaki birim işlevsel kapsam maliyetlerini belirleyen faktörler ele alınmıştır. Firmada işlevsel kapsam büyüklüğü ölçüm yöntemi olarak COSMIC İşlev Puan (CFP: COSMIC Function Point) kullanılmaktadır. Çıktılan ihalelerdeki birim COSMIC İşlev Puan maliyetlerinin referans bir maliyet modeli baz alınarak belirlenmesi, satın alması yapılan hizmetin maliyet kontrolü, saydamlığı ve risklerinin yönetilmesi açısından oldukça önemlidir. Aynı zamanda birbirine benzer teknolojik dinamiklere sahip satın almaların kıyaslanabilmesine de olanak sağlayacaktır. Bu çalışmanın ilk fazında, maliyet modeli, ilgili literatürden ve şirket içi deneyimlerden faydalanılarak oluşturulmuştur. Daha sonra, model öncesi tamamlanmış olan geçmiş ihalelerdeki bazı örnek veriler bu modele göre toplanmış ve tasnif edilmiştir. Üçüncü adım olarak maliyet modelindeki bazı faktörler için toplanan verilere ilişkin istatistikler paylaşılmıştır. Gelecekte, modele uygun şekilde toplanan geçmiş ihale verilerinin örnek sayısı artırılarak kayıt altına alınacaktır. Bu veriler, yeni ihalelerin birim fiyatının öngörülmesinde kullanılacak olan makine öğrenmesi yöntemlerinin eğitilmesinde ve testinde kullanılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Cosmic İşlev Puan, Yazılım Geliştirme Maliyeti, İşlevsel Büyüklük, Yazılım Geliştirme Satın Alması

# A Cost Model Proposal For Procurement of Software Development Services

Aylin Deveci<sup>1</sup>, Selin Caliskan<sup>1</sup>, Selami Bagriyanik<sup>1</sup>, Oya Gazdađı<sup>1</sup>, Adem Karahoca<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Turkcell Technology, İstanbul, Türkiye  
{aylin.deveci, caliskan.selin, selami.bagriyanik, oya.gazdagi}@turkcell.com.tr

<sup>2</sup> Bahçeşehir University, İstanbul, Türkiye  
adem.karahoca@eng.bau.edu.tr

**Abstract.** In this study, the effort cost factors of the unit functional scope of software development procurements in one of the Turkey's largest technology and communications services company are investigated. The company uses the COSMIC Function Point (CFP) as the method of measuring the functional scope size. Using a reference model for the CFP unit cost in the ongoing tenders are very important in terms of cost control, transparency and risk management of the procured software development service. At the same time, it will also allow for the comparison of procurements with similar technological dynamics. In the first phase of the study, the cost model was derived from relevant literature and in-house experience. Some sample data of past tenders that were completed before the model were then collected and classified based on this model. As a third step, statistics on the collected data for some factors in the cost model are presented. In the future, more data points will be collected and this data will be used in the training and testing of machine learning models that will be used in predicting the unit CFP cost of new tenders.

**Keywords:** Cosmic Function Point, Software Development Cost, Functional Size, Software Development Procurement

## 1 Giriş

Dijitalleşmenin önemli olduğu sektörlerde, satın alma faaliyetleri bir kuruluşun yıllık maliyetlerinin önemli bir kısmını oluşturur ve alınacak ürünün ya da hizmetin maliyeti üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Satın alma odakları bu kuruluşların piyasada rekabetçi kalmaları için hız, verimlilik ve maliyet faydaları üzerine kurulmalıdır. Firmalar, satın alma süreçlerinin verimliliklerini artırmak için maliyetleri optimize etmek, iç süreç optimizasyonu, diğer firmalarla birlikte inovasyon gibi faydalar sağlamak adına çeşitli projelerde/hizmetlerde dış kaynak alımları yapmaktadır. Son yıllarda verinin hızla büyümesi ve bu ham verinin işlenmesine duyulan ihtiyaçla yazılım üretimine dayanan sektörlerde, dış kaynaklara duyulan ihtiyaç hızla artmaktadır.

Turkcell gibi yazılım üretimi üzerine faaliyet gösteren şirketlerin tüm üretimlerini

kendi kaynakları ile gerçekleştirmesi, teknolojik ihtiyaçların sürekli farklılaşması ve şirketlerin bu ihtiyaçlara en hızlı şekilde cevap verebilmesi açısından mümkün değildir. Bu yüzden şirketler yazılım üretiminde dış kaynak kullanımı yoluna gitmektedirler. Dış kaynak kullanımı yoluyla gerçekleştirilen tasarruflar, şirketlerin kendi içlerinde diğer kritik girişimlerin tahsis edilebilme kabiliyetini artırmaktadır. Dış uzmanlardan yararlanmanın pek çok avantajı olsa da, bu uygulama özellikle yazılım geliştirme alanında önemli riskler doğurmaktadır. Yazılım geliştirmenin dış kaynak kullanımını ele alırken, dikkate alınması gereken bir takım unsurlar vardır. Teknik yetenek kümelerinin doğru birleşimini bulmak, dışarıdan temin edilen ve içerde çalışan ekip üyeleri arasında verimli iletişimi teşvik etmek, en iyi uygulamalar ve süreçler konusunda anlaşmaya varmak ve takım olarak proje hedefleri, kapsamı ve çalışılan zaman aralıkları üzerinde uyum sağlamak gibi etmenler dış kaynak süreçlerinin karmaşıklığını artıran unsurlardır [1]. Yazılım geliştirme üzerine yapılan dış kaynak alımları için, alınacak hizmetin kapsam büyüklüğünün tahminlenmesine olanak tanıyan yöntemlerin kullanılması, satın alınacak iş gücünün doğru tahlil edilmesine ve bu doğrultuda planlamalar yapılmasına olanak tanıyarak karmaşıklığı yönetme konusunda etkili sonuçlar vermektedir.

Turkcell, bu karmaşıklığı yönetmek amacıyla yazılımların kapsam büyüklüklerini ölçmek için, CFP yöntemini satın alma ve yazılım süreçlerine eş zamanlı olarak adapte etmiştir[2,3,4,5]. CFP metodu, yazılım endüstrisinde yaygınlık kazanmaya başlayan, aynı zamanda bir ISO standardı da olan objektif bir fonksiyonel büyüklük ölçüm metriğidir [6]. Yazılım dış kaynak süreçlerinde netlik sağlamakta güçlük çekilen noktalardan biri, çalışılan yazılım için harcanan eforun hesaplanmasının kişiden kişiye göre farklılık göstermesidir; bu farklılığı minimize etmek ve hesaplamaları daha objektif hale getirebilmek için CFP gibi işlevsel büyüklük ölçüm yöntemleri kullanılabilir. Uzman görüşüne dayalı yazılım maliyet tahminleme ve bütçeleme yöntemleri subjektif olduğu için CFP gibi objektif işlevsel büyüklük ölçümüne dayalı maliyet modelleri, alınan yazılım geliştirme hizmetinin eforunun hesaplanması ve tüm paydaşların maliyetlerini/ kazançlarını daha objektif ve görünür bir şekilde belirlemeleri açısından faydalı bir yöntemdir.

Dış kaynak kullanımı belirli bir sözleşme kapsamında yapılmakta olup, CFP metoduna geçilmeden önce ödemeler dış kaynağın harcadığı gün sayısı ile çalışan – gün birim fiyatı çarpılarak belirlenmekteydi. Bu ödeme yöntemi, işin çıktısını baz almayıp iş için harcanan eforu baz aldığı için, firmanın verimlilik boyutu göz ardı edilmekteydi. Bu değişiklik ile hedeflenen, iş için harcanan zamanın takibinden ziyade, işin belirlenen üretim ve kalite standartlarını karşılamakla yükümlü çıktılardır. Bu nedenle, işgücünü dikkate alarak kaynak kiralama yöntemiyle ödeme yapılması yerine, yazılımın işlevsel büyüklüğünün temel alınması, hem hizmeti alan hem de veren firmaların maliyetlerini optimize etmelerine yardımcı olmaktadır.

Metodun, toplam satın alma maliyetine olumlu etkilerinin yanında, beraberinde getirdiği yeni sorular da ortaya çıkmıştır. Alınacak hizmetler için yapılan ihalelerde, birim CFP için verilen teklifler farklılıklar göstermektedir. Aynı firma, farklı işler için yapılan satın alma ihalelerinde birim CFP için farklı teklifler verebildiği gibi, bir ihaleye katılan firmaların birim CFP için verdikleri teklifler arasında büyük farklar da bulunabilmektedir. Yapılan ihalelerdeki birim CFP maliyetlerinin referans bir maliyet modeli temel alınarak belirlenmesi, satın alması yapılan hizmetin maliyetinin kontrol

edilmesi, satın alma sürecinin daha saydam ve objektif ilerlemesinin yanı sıra risklerinin yönetilmesi açısından da oldukça önemlidir. Aynı zamanda birbirine benzer teknolojik dinamiklere sahip satın almaların kıyaslanabilmesine ve bu doğrultuda, her iki paydaş için de daha sağlıklı ihale süreçlerine olanak sağlayacaktır.

Bu çalışmanın amacı, birim CFP maliyetlerinin değişkenlik göstermesinde etki ettiği varsayılan faktörlerin analizinin yapılması, kategorize edilmesidir. Bu çalışma üç fazda yapılacak olup, ilk fazında maliyet modeli ilgili literatürden ve şirket içi deneyimlerden faydalanarak tasarlanmıştır. İkinci fazında, modeli oluşturmadan önce CFP metriği kullanılarak yapılan ihalelerdeki bilgiler bu modele göre toplanmış ve kapsam büyüklüğü, fonksiyonel yükümlülükler, teknik kısıtlar ve yer aldıkları iş portföyleri olarak tasnif edilmiştir. Son olarak, Türkiye yazılım geliştirme tedarikçi ekosistemi için faydalı olabilecek tasnif edilmiş verilere ilişkin bazı istatistikler paylaşılmıştır.

## 2 Geçmiş Çalışmalar

Yazılım geliştirme hizmetinin ölçümlemesinde yöntem olarak işlevselliğin kullanılması ilk kez 1979'da Albrecht tarafından ortaya çıkarılmıştır [7]. 2013 yılından itibaren CFP: COSMIC Function Point, FİSMA, IFPUG, NESMA gibi farklı işlevsel büyüklük ölçüm yöntemleri ISO tarafından kabul edilen standartlardır [8,9,10,11]. Bu yöntemler içerisinde IFPUG'dan sonra, Cosmic İşlev Puanı yöntemi yazılım büyüklüğünü ölçmek amacıyla kullanılan en yaygın yöntemdir [3]. Türkiye'nin önde gelen deneyim ve teknoloji sağlayıcı firmalarının birinde de CFP yöntemi yazılımın işlevsel büyüklüğünü ölçmede tercih edilen bir yöntem olmuştur [2].

İşlevsel büyüklük ölçüm yöntemlerinin başlıca kullanım alanlarından biri de satın alma yöntemidir. Türkiye'nin en büyük teknoloji ve iletişim hizmetleri sağlayıcı firmalarından birinde gerçekleştirilen çalışmaya göre CFP yönteminin, yazılım geliştirme hizmeti satın alma süreçlerinde kullanılması, özellikle tedarikçi firma ile iş yaptıran firma arasında objektif maliyet hesabı yapılabilmesi konusunda olumlu sonuçlar ortaya çıkarmıştır [4].

Satın alınan yazılım geliştirme hizmetinin işlevsel olarak büyüklüğü objektif olarak CFP gibi ölçüm yöntemleriyle ortaya konmasına rağmen 1 CFP büyüklüğündeki bir ürünün maliyetinin değişkenlik göstermesinin altında yatan faktörler bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Literatüre girilmiş çalışmalar incelendiğinde yazılım maliyetinin hesaplanması konusunda çeşitli araştırmalar yapıldığı görülmüştür.

Demirörs, Karagöz ve Gencel yaptıkları çalışmada yenilikçi bileşenler içeren yazılım projelerinin satın almasının kuruluşlara çeşitli zorluklar getirdiğini belirtmiş ve bir askeri yazılım geliştirme projesinin satın almasından elde edilen tecrübeleri paylaşmışlardır. Vaka çalışmasında ele alınan projenin boyutu MkII işlev puanı yöntemiyle hesaplanarak efor tahminlemesi yapılmıştır. Bu çalışma ile sabit fiyatlı sözleşmelere son ürünün işlevsel büyüklüğünü önceden tanımlayan şartlar ekleyerek sözleşmeleri uygun hale getirmenin, yinelemeli geliştirme yaşam döngüsü planlamanın, her fazda sabit miktarda işlevsellik içeren geliştirme yapılmasının, bunlara dayanarak tahminleme yapılmasının ve bağımsız kalite güvence ekipleri aracılığıyla projenin kalitesinin sağlanmasının hem satın alan hem de tedarikçi kuruluşlar için faydalı olacağı sonucuna varılmıştır [12].

Yazılım geliştirme hizmeti maliyetlerinin CFP yöntemine göre ölçümlendiği durumlarda CFP birim maliyetlerini etkileyen faktörler bulunmaktadır. Temel olarak satın alması yapılacak yazılım geliştirme hizmetinin kapsam büyüklüğü, iş alanı (müşteri ilişkileri yönetimi, kurumsal kaynak planlama), teknoloji seti (programlama dili, kod kalitesi, işletim sistemi, veri tabanı vs), insan ve projeler (ekip tecrübesi, iş öncelikleri ve riskleri) CFP birim maliyetini etkileyen başlıca faktörler olarak ele alınmıştır [13, 14, 15, 16, 17].

Jones, zaman geçtikçe işletim sistemlerinde ve yardımcı programlarda yapılan iyileştirmeler sayesinde iş problemlerini çözecek yazılımlar geliştirmek için gerekli teknik ek yük azalmış olsa da 2008 yılında bile hala yazılım geliştirme için harcanan eforun %15 ile %50'si uygulamaların kendileriyle ilgili iş sorunlarıyla değil teknik platform konularının çözümünden kaynaklandığını belirtmiştir. Gömülü yazılımların birim işlev puanı maliyetinin web uygulamalarından yüksek olmasının sebeplerinden biri olarak web geliştirmelerinde teknik ek yükün gömülü yazılımlara oranla daha az olmasını göstermiştir [18].

Radford ve Lawrie'nin yazılım geliştirme sözleşmelerinde işlev puanının rolünü inceledikleri çalışmada yazılım geliştirme fiyatlandırmasının "birim başına ücret" temeline dayandığını ve en yaygın olarak kullanılan birimlerden birinin de birim işlev puanı için sabit fiyat ödeme yaklaşımı olduğu söylenir. Birim işlev puanı başına sabit ücret ödenmesi yaklaşımında 1 işlev puanının sabit ücretinin tahminlenmesinde ürün boyutu, kullanılan teknoloji (platform veya yazılım dili gibi), sorunların ve seçilen çözümlerin karmaşıklık seviyesi (performans, kullanıcı ara yüzü gibi), proje kısıtları veya hedefleri gibi başlıca ürün özelliklerinin etkili olacağına değinilmiştir. Araştırmanın sonucunda birim işlev puanı başına sabit fiyat yaklaşımının makalede bahsedilen toplam teslimat için sabit fiyat veya belirli zaman periyodu için sabit fiyat gibi diğer alternatif yaklaşımlara göre avantajlarının fazla olduğu sonucuna varılmıştır [19].

Beata Czarnacka-Chrobot tarafından yapılan vaka çalışması da 1 IFPUG yöntemi işlev puanının maliyetinin ne olduğu üzerinedir [20]. Makalenin amacı IFPUG yöntemindeki bir işlev puanı (FP) baz alınarak yazılım sistemi geliştirmelerinde birim başına maliyetin analiz edilmesi ve özellikle birim başına sunulan maliyetlerin karşılaştırılmasıdır. Yapılan çalışmada ISBSG'nin (Uluslararası Yazılım Kıyaslama Standartları Grubu) veri havuzu ile diğer kaynaklardan gelen karşılaştırmalı veriler toplandığında IFPUG yöntemindeki 1 FP'nin (işlev puanı) maliyetinin ülkeden ülkeye, proje ile yazılım sistemi türüne ve büyüklüğüne, uygulamanın teknik alt yapısına (donanım, programlama dili) göre ne kadar değişkenlik gösterdiği araştırılmıştır.

### 3 Yöntem

Common Software Measurement International Consortium (COSMIC) tarafından tescillenerek bir ISO standardına dönüşen CFP metodu tüm dünyada geçerli bir işlevsel büyüklük ölçüm yöntemi olmuştur [4]. CFP yönteminde ölçüm süreci 3 ana aşamadan oluşur: Ölçüm stratejisinin belirlenmesi, eşleştirmenin yapılması ve ölçme işlemi [2]. Ölçüm stratejisinin belirlenmesi aşamasında, ölçülecek yazılımın kapsam ve büyüklük

seviyesi ve sistemin fonksiyonel kullanıcıları belirlenir. Uyarlama aşamasında işlevsel süreçler, veri grupları ve veri özellikleri tanımlanır. Son aşamada ise belirlenmiş olan tüm işlevsel süreçlerdeki veri hareketlerine CFP ölçüm fonksiyonu uygulanır ve işlevsel büyüklük bulunur [2]. CFP metodunun ölçüm fonksiyonunda 4 temel veri hareketi vardır. Yazılımın işlevsel kullanıcıları (insanlar, sensörler, diğer yazılım sistemleri) ile arasında olan veri hareketleri giriş (entry) ve çıkış (exit) olarak adlandırılır. Yazılımın veri depolama araçları ile arasında olan veri hareketleri de okuma(read) ve yazma(write) olarak tanımlanmıştır[4].

CFP metodunun, yazılımın işlevsel büyüklüğünü ölçmesi sayesinde yazılım geliştirme hizmet maliyeti de objektif olarak hesaplanabilir olmuştur. Üretimi yapılan geliştirme kaç CFP ise birim başına belirlenen CFP fiyatı ile çarpılarak toplam maliyeti hesaplanır [4]. Bu noktada önemli olan birim CFP fiyatının ne olacağı belirlenmesidir. Birim CFP fiyatının ne olması gerektiği konusunda kesin bir yöntem bulunmaması ile birlikte bu konuda daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde yazılımın iş alanı ve kullanılan teknoloji setine göre bir CFP için birim fiyat bedelini içeren katalog tablosunun yaratıldığı görülür [4]. Özellikle büyük çaplı şirketlerin ortalama fiyat veri havuzlarının olması da birim CFP fiyat bedelinin tahminlemede karşılaştırma yapabilme imkânı doğurmaktadır [4].

Bu çalışmada, birim CFP fiyatını etkileyebileceğini öngördüğümüz faktörler bir tabloda toplanmış ve CFP Maliyet Faktörleri tablosu oluşturulmuştur. Sonrasında Türkiye'nin büyük teknoloji ve iletişim hizmetleri sağlayıcı firmalarından birinde CFP yöntemiyle gerçekleştirilen yazılım geliştirme hizmeti satın alma ihale örneklerinin verisi CFP Maliyet Faktörleri tablosu formatına getirilip verilerin dağılımına göre sınıflandırılmıştır.

#### **4 CFP Maliyet Faktörleri Tablosu**

Geliştirmesi yapılacak yazılımın işlevsel büyüklüğünü objektif olarak CFP yöntemiyle ölçtüğümüz noktada ilk bakışta, birim CFP'lik işin maliyetinin farklı yazılım hizmet alımları için benzer düzeylerde olması beklense de durum bu şekilde değildir. Bu çalışmaya konu olan ve geniş bir tedarikçi ağıyla çalışan büyük çaplı teknoloji firmasında, CFP yöntemiyle gerçekleştirilen yazılım satın almalarında birim CFP'nin bedelinin ihaleden ihaleye değiştiği gözlemlenmiştir. Bu değişikliğin sebeplerini somut bir temele dayandırabilmek amacıyla 1 CFP'nin maliyetini etkileyebilecek faktörler araştırılarak bir tabloda toplanmıştır. Araştırma kapsamında Türkiye'nin en büyük teknoloji ve iletişim hizmetleri sağlayıcı firmalarından birinde satın alma uzmanı, yazılım geliştirici, analist ve yazılım ekip yöneticisi olarak çalışan alanında uzman kişilerin görüşleri alınmış ve konu ile ilgili literatür taraması yapılmıştır [16,17]. CFP Maliyet Faktörleri tablosu olarak adlandırdığımız bu tablodaki maliyet faktörleri Tablo 1'deki gibi 5 ana başlıkta toplanmıştır: Kapsam boyutu, Beklenen üretim miktarı, İş portföyü, Teknoloji kümesi (Alt yapısı), Teknik borç. Tabloda etki tanımı kolonu altında gerçek olmayan bir isim ile yazılmış (ABC platformu) vaka çalışmasının yapıldığı firmanın sahip olduğu bir platform için örnek veriler paylaşılmıştır.

**Tablo 1.** Cosmic İşlev Puanı Maliyet Tablosu

Maliyet Faktörü	Maliyet Faktör Tanımı	Etki Tanımı
Kapsam Boyutu	Mevcutta var olan/Yeni geliştirmesi yapılacak yazılım ürününün ölçülen/tahmin edilen Kod Satır Sayısı veya CFP (Bunların ölçülemediği veya tahminlenemediği durumlarda diğer metrikler (ekran sayısı, test ve kullanıcı senaryoları sayısı, işlevsel süreçlerin adedi) belirtilmeli)	Toplam: 772 bin kod satır sayısı
Beklenen Üretim Miktarı	Tedarikçiden aylık bazda CFP olarak beklenen üretim miktarı (CFP/ay)	45 CFP/ay
İş Portföyü	İş geliştirme alanı kapsamındaki iş alanları Örnek Küme 1: 3 alan içeriyor: Öğrenme Yönetim Sistemi, ABC Portal, ABC Eski Uygulaması	ABC platformu www.abc.org
Teknoloji Kümesi	Başlıca; • Ön yüz • Arka yüz • Veri tabanı	Ön yüz: Drupal, Java Script, HTML, CSS, IOS, Android Arka yüz: PHP Veri tabanı: MySQL
Teknik Borç	Yazılım mimarisi, tasarım, kod kalitesi, yeniden düzenlenme gerektirmesi, güvenlik, teknik alt yapısı açılarından yazılım ürününün maliyet seviyesi. Yanlış veya eksik tasarım deseni, kötü kodlama uygulamaları, aşırı karmaşıklık, eski çatıların veya programlama dili versiyonlarının kullanılmış olması.  0: Sıfır Teknik Borç 3: Çok Teknik Borç 1: Az Teknik Borç 4: Çok Fazla Teknik Borç 2: Makul Teknik Borç	3: Çok teknik borç (Başlıca sebepler: Statik kod analizinin yapılmamış olması, Drupal içerik yönetim sisteminin güncel versiyon problemlerinin olması, eski kütüphanelerin var olması, şirket güvenlik ve operasyon standartlarına uyumsuz olması, mobil uygulamalarının kitle kaynak yöntemiyle geliştirilmiş olması)

#### 4.1 Kapsam Boyutu

Yazılımın kapsam büyüklüğü, geliştirilmesinde harcanacak maliyetin ve eforun tahminlenmesinde girdi olarak kullanılan en önemli ölçütlerden biridir. Özellikle dış kaynak yazılım geliştirme hizmeti satın alma sözleşmeleri, yazılımın büyüklüğü kullanılarak yapılmaktadır [21].

Yazılımın büyüklüğü toplam kod satır sayısı veya üzerinde geliştirme yapılacak uygulamanın veya ürünün toplam CFP miktarı ile ölçülebilir. Kod satır sayısının kullanımı, proje boyutunu tahmin etmek için kullanılabilir tüm metrikler arasında popülerdir. Çünkü kullanımı basit ve ekonomik veya verimlilik ölçütü olarak olmasa da sayılabilir olması açısından objektiftir [6,22]. Ancak kod satır sayısı kullanımının dezavantajları bulunmaktadır. Dezavantajlardan ilki yazılımın geliştirmesi tamamlanana kadar kod satır sayısının ölçülemeyeceğidir. İkincisi ise kaynak kod satır sayısının gerçek tasarıma, programlama pratiklerine ve kullanılan programlama dillerine bağlı olmasıdır. Bu sebeple aynı işlevsellik için farklı uygulama teknikleri kullanıldığında farklı kaynak kod satır sayısı ile karşılaşılr. Öte yandan işlev puanı metriğinin bu dezavantajları yoktur. İşlev puanı metrikleri önceden projenin gereksinim aşamasındayken henüz ölçülebilir ve uygulama tekniklerinden bağımsızdır [6]. Yazılımın kapsam büyüklüğünün ölçülmesinde CFP yöntemi de kullanılabilir. Belirli sabit kurallara dayalı yaklaşımı ile sabit ve öğrenmesi kolaydır [6].

Yazılımı yeni yapılacak ürünün kod satır sayısı belirlenemediğinde ve CFP miktarının öngörülemediği durumlarda ekran sayısı, test ve kullanım senaryolarının sayısı, işlevsel süreçlerin adedi gibi daha az objektif metrikler ile de yazılımın kapsam büyüklüğü tahmini olarak hesaplanabilir. Bu tür metriklerin tanımlanması, hiç ölçüm yapılmamasından daha iyi bir duruma gelmesini sağlar.

Bu çalışmada, geliştirmesi yapılacak uygulamanın kapsam büyüklüğü, yazılım geliştirme hizmeti satın alma sözleşmesindeki birim CFP bedelini etkileyen bir faktör olarak ele alınmıştır. Diğer tüm faktörler eşit olduğunda yazılım ürünü ne kadar büyükse birim işlev puanının bedelinin de o kadar yüksek olması beklenmektedir [19].

#### 4.2 Beklenen Üretim Miktarı

Yazılım geliştirme hizmeti satın alacak firmanın, tedarikçi firmadan periyodik (sıklıkla aylık periyotta) olarak geliştirmesini ve hayata geçirmesini beklediği CFP miktarı tedarikçinin ihalede vereceği 1 CFP'nin maliyetini etkileyen bir faktör olarak varsayılmıştır. Bu çalışmada varsayılan etki, aylık üretimi beklenen CFP miktarı arttıkça ölçek ekonomisi etkisi nedeniyle tedarikçi firmanın 1 CFP başına daha az bedel talep edebileceği yönündedir. Bununla birlikte fiyat ilişkisinin lineer bir ilişki değil lineer olmayan bir ilişki olduğu akılda tutulmalıdır. Üretim hacmi arttıkça birim maliyet azalmakla birlikte bir noktadan sonra artmaya başlayabilir. Negatif ölçek ekonomisinin etkisi sonucunda her bir CFP için harcanan efor hem büyük çaplı hem de küçük çaplı projelerde yüksektir [3]. İdeal maliyete ulaşmak kapsamlı bir optimizasyon probleminin çözümünü gerektirir.

#### 4.3 İş Portföyü

Bu çalışmada yazılımı yapılacak ürünün iş alanı, satın alma ihalelerindeki CFP maliyetinin belirlenmesinde etkili bir faktör olarak ele alınmıştır. Yazılımı yapılacak ürünün iş portföyüne göre birim CFP maliyetinin değişkenlik gösterebileceği varsayılmıştır.

Her iş alanının dinamikleri ve iş süreçleri kendine özgüdür. Veri miktarı, veri yapılarının ve iş akışlarının karmaşıklığı, dağıtık bir sistem ve diğer sistemler ile entegrasyon ihtiyacı gibi iş alanı özelinde farklılaşan etmenler yazılımı yapılacak uygulamanın karmaşıklığını ve maliyetini de farklılaştırır. Veri güdümlü sistemler (bankacılık, sigortacılık, muhasebe vb. gibi iş alanı uygulamaları), gerçek zamanlı sistemler (telefon değişim sistemleri, gömülü yazılımlar, operasyon sistemleri) ve bu ikisini de içeren karma sistemler CFP yönteminde fonksiyonel alanlar olarak belirtilmiştir. Karmaşık matematiksel algoritmalara veya diğer özel ve karmaşık kurallara sahip sistemler (kendi kendine öğrenme sistemleri, simülasyon ) ve sürekli değişkenleri işleyen sistemler (ses, video) ise CFP yönteminde belirtilen kısıtlamalardır. Bu tipteki sistemlerde CFP yöntemi de sisteme bağlı olarak farklı uygulanabilir [23]. CFP yönteminin uygulanma yöntemindeki değişikliklerin CFP birim maliyetini değiştirmesi olasıdır.

İş alanının içinde bulunduğu pazarın yapısı da yazılımı yapılacak ürünün maliyetini etkileyebilecek bir faktör olarak ele alınmıştır. Şirketlerin ürünlerinin pazarda varlığını sürdürebilmesi için değişen ve gelişen ihtiyaçlara hızlı cevap verebilmesi gerekir. Özellikle rekabetin yüksek olduğu pazarlarda, sürekli değişen koşullar ve dinamik



ortamlarda ürünün pazara sürüm süresi önemlidir. Firmalar rekabetin gerisinde kalmamak ve pazara öncülük etmek gibi sebeplerle ürünlerini doğru zamanda en hızlı şekilde pazara sürmek istediklerinde ürünün yazılımının da hızlı bir şekilde yapılması gerekir. Bu noktada hız faktörünün ve pazar dinamiklerinin yazılımı yapılacak uygulamanın birim CFP maliyetini etkilemesi beklenebilir.

Yazılım geliştirme hizmeti satın alması yapılacak firmanın talebin geldiği iş alanındaki deneyiminin, firmanın yazılım hizmetini fiyatlandırmasını öğrenme faktörünü göz önünde bulundurmasıyla birlikte etkilemesi beklenir.

#### **4.4 Teknoloji Kümesi**

Yazılım uygulamaları farklı yazılım teknolojileri kullanılarak yapılabilmektedir. Bu çalışmada yazılım ürününü ortaya çıkarmak için kullanılan teknoloji kümesi birim CFP maliyetini etkileyen bir faktör olarak ele alınmıştır [17]. Literatürde yazılım geliştirme hizmeti satın alma yönetiminde CFP yöntemini kullanan bir firmanın CFP için birim fiyat bedelini içeren katalog tablosunda yazılımdaki teknoloji setine göre CFP birim maliyetinin farklılaştığı görülür [4]. Radford ve Lawrie'nin çalışmasında yer alan birim işlev puanı başına sabit fiyat ödenmesi yaklaşımında birim fiyatı etkileyen proje nitelikleri arasında yazılım geliştirmede kullanılan teknoloji (platform, yazılım dili vb.) yer almıştır [19]. Yazılımın teknoloji kümesi içerisinde yer alan programlama dilleri gelişim evrelerine göre 5 nesilde sınıflandırılmıştır. Bilgi teknolojilerinin ilk çağlarında programlama dilleri bilgisayara (makine) yakın iken her yeni nesil ile birlikte insana yaklaşmıştır. Birinci nesil dillerin öğrenilmeleri ve uygulanmaları zor, hata durumlarını yönetmek sıkıntılıdır. İnsan diline yakın olan gelişmiş seviye dillerde program yazma işlemi kolaylaşmıştır. Dolayısıyla her programlama dili kendine özgü programlama kabiliyeti gerektirir. 1 işlev puanı başına ortalama kod satır sayısı ve yetenek programlama dili bazında değişirken harcanacak efor düşünüldüğünde 1 işlev puanının maliyetinin de değişkenlik göstermesi beklenmektedir. Programlama dilinin yanı sıra teknoloji kümesi içerisinde değerlendirilen platform, işletim sistemi ve veri tabanı gibi öğelerin kullanımında harcanacak efor ve yetenek de değişkenlik gösterir.

Bu çalışmada ortaya koyduğumuz maliyet modeli tablosunda bir faktör olarak yer alan teknoloji kümesi ön yüz, arka yüz ve veri tabanı olarak gruplandı. Kullanılan programlama dilleri, içerik yönetim sistemi, uygulamanın üzerinde çalıştığı sunucu veya işletim sistemi, veri depolama yöntemi ilgili gruba yazılmalıdır.

#### **4.5 Teknik Borç**

Ürünün teknik borcu da bu çalışmada birim CFP bedelini etkilemesi beklenen bir faktör olarak ele alınmıştır.

Ward Cunningham tarafından ortaya atılan teknik borç kavramı, yazılım ürününe eklenecek yenilikler ve değişikliklerin tasarımını yapmadan, etki alanını tespit etmeden hızlı ve gelişigüzel bir şekilde yapılması ve yazılımın kalitesini düşürmesi olarak tanımlanmıştır [24]. Yazılım uygulamaları doğası gereği eklenen yenilikler ve değişiklikler ile büyür ve karmaşıklaşır. Yazılım projelerinin başlangıcından itibaren birim testlerin yazılmaması, teknik tasarıma ve mimariye yeterince özen gösterilmemesi, dokümantasyon yapılmaması, kötü kodlama pratikleri yazılımın teknik

borcunu yaratır. Borç, yazılım sistemlerinde ideal kalite seviyesine ulaşmak amacıyla problemleri gidermek için gerekli maliyeti gösterir. Teknik borç çözülmediği takdirde özellikle borç sık sık değişen sistem parçalarıyla ilgiliyse zamanla büyür. Büyüyen borç daha sonra bakım maliyetlerinde artışa yol açar [25].

Yazılım büyüdükçe biriken teknik borç uygulamanın sürdürülebilirliğini zorlaştırır. Uygulama hataya elverişli hale gelir. Teknik borcu fazla olan uygulamalarda daha fazla hata düzeltme, işlevsel olmayan bakım, yeniden yapılandırma ve sürüm yükseltme çalışmaları yapılır. Bunlar da birim maliyetlerin artmasına neden olur. İstenen yeni özelliklerin mimari yapıda değişiklik gerektirdiği durumlar ekstra efor, zaman ve maliyet gerektirir. Teknik borcun yüksek olduğu ürünlerde yapılacak yeni geliştirmelerin etki alanı tespit edilemez hale geleceğinden test maliyetleri de artar.

## 5 Vaka Çalışması

Yazılım geliştirme hizmeti satın alma ihalelerinde verilen tekliflerdeki birim CFP maliyet farklılıklarını bir temele dayandırmak amacıyla referans bir maliyet modeli önerilen bu çalışmada model öncesinde tamamlanmış olan geçmiş ihalelerin bilgisi toplanarak bu modele uygun olarak tasniflenmiştir. Türkiye'nin en büyük teknoloji ve iletişim hizmetleri sağlayıcı firmalarından birinde gerçekleştirilen e-ihale yöntemiyle yapılan 13 farklı yazılım geliştirme hizmeti satın almasının verisi önerilen CFP Maliyet Tablosu modeline göre uygulama sahiplerinden toplanmış ve tasnif edilmiştir.

İhalelere konu olan uygulamalardan sorumlu ekiplerin her biri uygulamalarının kapsam boyutunu, beklenen aylık üretim miktarını, iş portföyünü, teknoloji kümesini ve teknik borcunu belirtmiştir. Elde edilen tüm veriler ilk olarak kapsam boyutu açısından kaynak kod satır sayısına göre tasnif edilerek küçük, orta ve büyük olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 1). Kapsam boyutu CFP cinsinden belirtilen uygulamaların büyüklüğü işlev puanından kullanılan programlama diline göre kaynak kod satır sayısı cinsine çevrilmiştir. 0 – 400bin satır kod küçük, 400bin – 1 milyon arası orta, 1 milyondan fazla kaynak kod satır sayısına sahip uygulamalar da büyük kapsamlı olarak sınıflandırılmıştır. Şekil 1'e bakıldığında firmada yapılan ihalelere konu olan uygulamaların kapsam olarak homojen bir dağılım gösterdiği söylenebilir.

Uygulamalar CFP Maliyet tablosundaki ikinci faktör olan tedarikçiden aylık bazda CFP olarak beklenen üretim miktarına göre tasniflendiğinde küçük hacimli, orta hacimli, yüksek hacimli ve çok yüksek hacimli olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 2). 0 – 50 CFP/ay küçük, 50-100 CFP/ay orta, 100-500CFP / ay yüksek ve 500 CFP /ay ve üzeri çok yüksek olarak dağılmıştır. Uygulamaların iş portföylerinin ana kategorileri; bilgi iletişim teknolojileri, müşteri ilişkileri yönetimi, kampanya yönetimi, güvenlik ve operasyon, proje ve portföy yönetimi, e-ticaret, dijital öğrenme yönetim sistemi, mobil şebeke envanter yönetimi, e-ticaret, dijital kanallar ve servisler, mobil uygulama geliştirme forumu gibidir. Ürünlerin teknoloji kümesi çeşitlilik gösterdiği gibi her ürünün farklı teknolojilerde uygulaması da bulunmaktadır. Örneğin, Java ve AngularJS programlama dili ile yazılmış bir web uygulamasının, iOS ve Android işletim sistemlerine uygun mobil uygulamaları da vardır. Teknoloji kümesine göre dağılım incelendiğinde firmada Java programlama dilinin yaygın olarak kullanıldığı görülür (Şekil 3). Uygulamaların teknik borç dağılımı da 1'den 4'e çeşitlilik göstermektedir.



Şekil 1: Firmamız yazılı yazılım geliştirme hizmeti satın alma ihalelerine konu olan yazılım uygulamaların kod satır sayısına göre dağılım ve sınıflandırılması

Şekil 2: Firmamız yazılı yazılım geliştirme hizmeti satın alma ihalelerine konu olan yazılım uygulamaları için tedatıktan beklenen aylık CFP üretim miktarı dağılımı

Şekil 3: Firmamız yazılı yazılım geliştirme hizmeti satın alma ihalelerine konu olan yazılım uygulamalarında kullanılan teknolojilerin dağılımı

## 6 Sonuç ve Gelecek Çalışmalar

Türkiye'nin en büyük teknoloji ve iletişim hizmetleri sağlayıcı firmalarından birinde gerçekleşen yazılım geliştirme satın almalarındaki birim işlevsel kapsam maliyetlerinin belirlenmesinde etkili olan faktörler bu çalışmada bir maliyet modeli tablosunda toplanmıştır. Firmadaki işlevsel kapsam büyüklüğü ölçüm yöntemi Cosmic İşlev Puanı'dır. Çalışmanın amacı, yazılım geliştirme satın alma ihalelerindeki birim Cosmic İşlev Puan maliyetlerinin değişkenlik göstermesini bir temele dayandırmaktır. Bu amaç doğrultusunda hazırlanan referans maliyet modeli tablosu ile satın alması yapılan hizmetin maliyet kontrolü, şeffaflığı, benzer teknik alt yapıdaki ürünlerin ihalesi ile kıyaslama yapılabilmesi ve risklerin yönetilmesi sağlanacaktır.

Bu çalışmanın ilk fazını oluşturan maliyet modeli, firma içerisindeki uzmanların deneyimlerinden ve literatürdeki çalışmalardan yola çıkılarak hazırlanmıştır. Kapsam boyutu, beklenen üretim miktarı, iş portföyü, teknoloji kümesi ve teknik borç önerilen modelde yer alan birim CFP maliyetini etkilediği varsayılan faktörlerdir. Çalışmanın ikinci fazında firmada yapılan geçmiş 13 yazılım geliştirme ihalesinin verisi bu modele göre toplanmış ve tasnif edilmiştir. Son faz olarak tasnif edilen verilere ilişkin istatistikler paylaşılmıştır. İstatistiklere göre firmada iş portföyü geniş, proje kapsam boyutları, beklenen üretim miktarı ve teknoloji kümesi çeşitlilik göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında ele alınan örnek ihale sayısının azlığı çalışmanın kısıtlarından biridir. Gelecek çalışmalarda, bu çalışmada elde edilen istatistikler kullanılarak önerilen maliyet modelindeki faktörlerin birim işlev puanı maliyetinin üzerindeki etkisi araştırılacak ve modele uygun şekilde toplanan geçmiş ihale sayısı artırılarak geniş bir veri havuzu oluşturulacaktır. Bu veri, işlev puanı ile yapılacak yazılım geliştirme satın alma ihalelerinde birim işlev puanı bedelinin tahminlemede kullanılacak olan istatistiksel ve kümeleme gibi makine öğrenmesi yöntemlerinin eğitilmesinde ve testinde kullanılacaktır. CFP yönteminin sadece işlevsel gereksinimleri ölçtüğü düşünülürse daha çok güvenlik, operasyonel veya görsel iyileştirmelerin yer aldığı projelerin satın almalarında birim CFP fiyatının belirlenmesi referans alınabilecek bir maliyet modeli üzerinde bir takım kısıtlar oluşturabilir. Burada uygulanacak yöntem de gelecekte hedeflenen araştırma alanlarından birisidir.

## Kaynaklar

1. Outsourcing Software Development Development? Don't Forget about Code Security, <https://www.sdexec.com/risk-compliance/article/12089790/outsourcing-software-development-dont-forget-about-code-security>, erişim tarihi 2018/06/08.
2. Bağrıyanık, S., Karahoca, A., Ersoy, E.: Selection of a functional sizing methodology: A telecommunications company case study. *Global Journal on Technology* 7, 98–108 (2015).

3. Salmanoğlu, M., Öztürk, K., Bağrıyanık, S., Urgan, E., Demirörs, O.: Benefits and Challenges of Measuring Software Size: Early Results in a Large Organization. *IWSM MENSURA* (2015).
4. Öztürk, K., Bağrıyanık, S., Özgöç, Ş., Horuz, O., Özenç, Ö., Ersoy, E., Karahoca, D., Karahoca, A.: Yazılım Geliştirme Hizmetlerinin Satın Alma Yönetiminde COSMIC İşlev Puan Kullanımı. *Turkish National Software Engineering Symposium* (2017).
5. Ertaban, C., Gezgin, S., Bağrıyanık, S., Albey, E., & Karahoca, A.: Çevik yöntemlerde cosmic şlev puanı ve hikaye puanının birlikte kullanımı. In: *CEUR Workshop Proceedings, CEUR-WS*, (2017).
6. Bağrıyanık, S., Karahoca, A.: Automated COSMIC Function Point measurement using a requirements engineering ontology. *Information & Software Technology* 72, 189-203 (2016).
7. Albrecht, A.J.: Measuring application development productivity. *IBM Application Development Symposium*, pp. 83-92 (1979).
8. ISO/IEC19761: Software Engineering -- COSMIC-FFP -- A Functional Size Measurement Method. International Organization for Standardization -- ISO, Geneva (2003).
9. ISO/IEC 29881:2008, Software Engineering – FiSMA functional size measurement method version 1.1, International Organization for Standardization (2008).
10. ISO/IEC 20926: Software Engineering -- IFPUG 4.1 Unadjusted functional size measurement method -- Counting Practices Manual. International Organization for Standardization-- ISO, Geneva (2003).
11. ISO/IEC 24570:2005, Software Engineering – NESMA functional size measurement method version 2.1 – Definitions and counting guidelines for the application of Function Point Analysis, International Organization for Standardization (2005).
12. Demirörs, O., Karagöz, NA., Gencil, Ç.: Acquiring innovative software systems: Experiences from the field, in *EUROMICRO 2007 - Proceedings of the 33rd EUROMICRO Conference on Software Engineering and Advanced Applications, SEAA 2007*, pp. 393 - 400, (2007).
13. Symons, C. R.: *Guideline for Measurement Strategy Patterns: Ensuring that COSMIC Size Measurements May Be Compared.*, (2013).
14. Papatheocharous, E., Papadopoulos, H., & Andreou, A. S.: Feature subset selection for software cost modelling and estimation. *arXiv preprint arXiv:1210.1161.*, (2012).
15. Lagerström, R., von Würtemberg, L. M., Holm, H., & Luczak, O.: Identifying factors affecting software development cost and productivity. *Software Quality Journal*, 20(2), 395-417., (2012).
16. Jones, C.: *Estimating Software Costs, Bringing realism to estimating second edition.* (2007).
17. McConnell, S.: *Software estimation: demystifying the black art.* Microsoft press. (2006).
18. Jones, C.: *A new Business Model For Function Point Metrics, Version 8:0,* (2008).
19. Radford, P., Lawrie, R.: *The Role of Function Points in Software Development Contracts, White Paper, Charismatek,* (2000).
20. Czarnacka-Chrobot, B.: *What Is the Cost of One IFPUG Method Function Point? - Case Study[C], The International Conference on Software Engineering Research and Practice,* (2012).
21. Ng'ang'a, E., Tonui, I.: *A Survey on Software Sizing for Project Estimation. In: International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering, vol. 5, issue 4.,* (2015).
22. Maurya, H., Khatoun, A., Chaudhary, N.: *Metrics for Software Project Size Estimation., International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, vol. 5, issue 1.* (2015).
23. Czarnacka-Chrobot, B.: *(Dis)Economies of Scale in Business Software Systems Development and Enhancement Projects.,* (2012).
24. Cunningham, W.: *The WyCash Portfolio Management System. vol. 4(2), pp. 29±30.* (1993).
25. Groot, J., Nugroho, A., Back, T., Visser, J.: *What is the value of your software?.* (2012).