

# Uzay Araştırmalarında Yazılım Mühendisliği Uygulamaları

Alper PAHSA

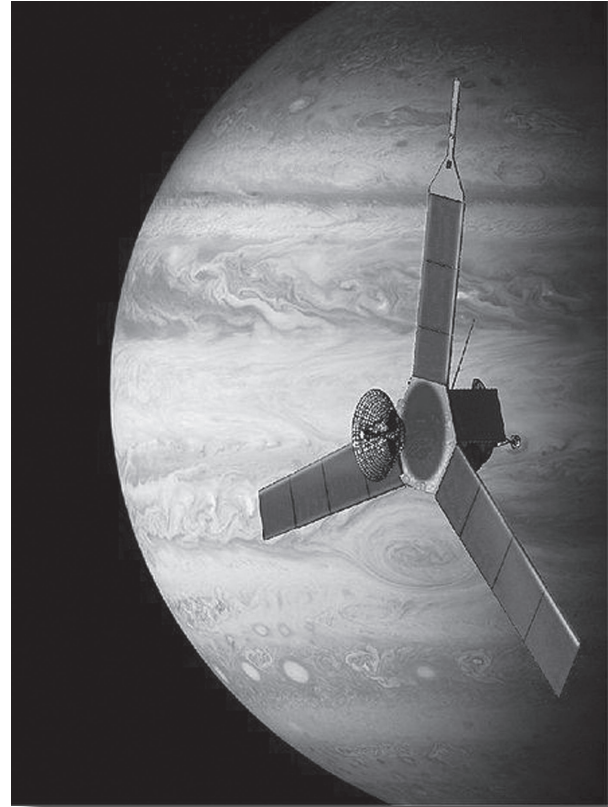
Bilgisayar Mühendisi  
pahsa\_2000@yahoo.com

**Y**azılım mühendisliği uygulamaları, uzay araçlarının uzun görev faaliyetlerinin iyileştirilmesine yönelik fırsatlar sunarken, uzay ortamının değişen çevre koşullarının yarattığı sorunlara karşı ve güncellenen görev ihtiyaçlarını karşılayabilmek için uzay araçlarına ait sistemin adapte edilmesini sağlar. Robotsal uzay araçlarındaki yenilikler, uzay araştırmalarını gözle görülür bir biçimde değiştirmektedir. Uzay araçları, uçuş görevleri sırasında uzaktan, daha hızlı, daha hassas akıllı kontrol ve sorun giderme faaliyetlerinde yazılım yoğun uygulamalardan daha çok destek almaya başlamıştır. Bu sayede evrenimizi daha iyi anlayabilmek için gerekli olan bilimsel veri toplama faaliyetleri ve analizleri gelişmiştir.

Amerikan Uzay ve Havacılık Ajansı (NASA) gezegen araştırmaları ile derin uzay araştırmalarını yürütmek üzere her sene bir uzay aracı fırlatmakta ve bu araştırmaları gerçekleştirmek üzere yeni uzay araçları hazırlamaktadır. Bunlardan bazıları ayın manyetik çekim alanına ait haritalama yapmak üzere bu sene yeni bir uzay aracı hazırlığını gerçekleştirmektedir. Yine Jüpiter ve diğer oluşan dev gezegenleri araştırmak üzere yeni karasal robot araştırmaya aracı geliştirmektedir. Mars çevre koşullarını araştırmakla eğilimli diğer bir araç ise Mars Bilim Laboratuvarı da yine bu geliştirmelerin başını çekmektedir.

Mühendislerin çabalarına rağmen yakın dünya veya derin uzay ortamlarında çalışan robotsal uzay araçları araştırmaları her zaman tehlikeli olmuştur. Örneğin radyasyon indüksiyonlanmış bit değişimleri yazılımda veya işlemlerde düzgün olmayan sonuçlara veya problemlere neden olmaktadır. Bazı durumlarda ise bu sorunlar kabul edilebilir olarak gerçekleşebilmektedir. Örneğin Voyager 2 uzay aracı ender rastlanan bir süper novaya rastladığında bazı beklenmeyen olaylar veya sonuçlara neden olmuş aracın sistemleri zarar görmüş veya arızalanmıştır.

Birçok yazılım türü uzay araştırmalarında kullanılmaktadır. Uçuş yazılımları uzay sondalarının ve uzay araçlarının gezegene iniş yapmasında yörüngeye girişinde kullanılmaktadır. Bu şekilde güdüm ve sorun kaçınma yazılımları sayesinde Mars robotları sorunsuz olarak Mars yüzeyinde kullanılabilmiştir. Ayrıca yine Mars robotlarında platform üstü yazılımlar ile bilimsel veri toplama ve araçlarda yer alan bilimsel entrümanlar ve analiz araçlarından elde edilen bilgileri değerlendirmekte kullanılmıştır. Bu sayede elde edilen veriler daha detaylı incelemeler için dünyaya gönderilmiştir. Dünya da ise operasyonel yazılımlar sayesinde araçların görev icraları izlenmiş, kontrol edilmiş ve analitik yazılımlar



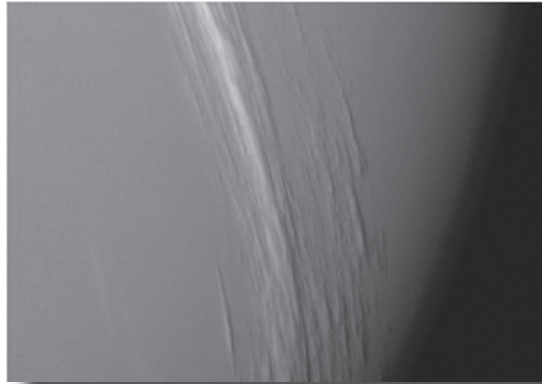
Şekil 1: Galileo Uzay Aracı ve Jupiter Görüntüsü

ile bilim adamları tarafından sonuçları görselleştirilmiş, bilimsel sonuçları tercüme edilerek dünyada yeni keşfedilen bilgiler ve diğer problemlerin çözümünde kullanılmıştır.

Uzay araştırmalarında ihtiyaç duyulan farklı birçok tür yazılımın geliştirilmesi ve hizmeti için kullanılan yazılım mühendisliği süreçleri, araçları, teknikleri ve sistematik yaklaşımları önemli bir role sahiptir. Model tabanlı yazılım geliştirme, formal doğrulama ve ürün hattı süreçlerindeki ilerlemeler yazılımların görev ihtiyaçlarını doğru şekilde karşılayabilmesini sağlarken, uzay araçlarının emniyetli bir şekilde işletilmesinden emin olmaktadır. Robotsal uzay araçları dünyadan gönderilen yazılım komutlarıyla uzaktan kontrol edilen veya üzerinde bulunan programlarla çalışan insansız araçlardır. Robotsal uzay araçları, derin uzay araştırmalarında insanların ayak basamadıkları tüm noktalara kadar erişmektedir. Bu yüzden tüm insansız uzay araçları güvenilir ve hata tolere edebilir olduklarından ötürü uzay görevleri çok uzun zaman sürmekte hem de uzun mesafeler gidebilmektedirler. Görevler sırasında ortaya çıkacak sorunları ve anomalilerin algılanması ve bunlara tepki verilebilmesi için tüm bu sistemlerin kullandığı yazılımların hata toleranslı olması gerekmektedir. Uzay araçlarının kontrolünü gerçekleştiren yer kontrol ekipleri ise uzay araçlarının uçuşları sırasında sistemlerin karşılaştıkları görev değişikliklerine uygun olarak platform üzerindeki yazılımı güncellenmesini sağlayarak görevin ihtiyaçlarını karşılar ve herhangi bir modülün hatalı çalışmasını engeller.

NASA ve Avrupa Uzay Ajansı (ESA) gibi büyük uzay araştırma kurumları uzay araçlarında kullanılmak üzere geliştirdikleri yazılımlar haricinde orta ölçekli ticari kurumlar ve araştırma enstitüleri de uzay araştırmaları için yazılım üretebilmektedirler. Sınırlı bütçelerle, farklı alanlardan gelen uzmanlar, risk paylaşım ve eş güdümlü hareket ederek müşterek işbirlikleri ile bir tek kurumun elde edemeyeceği birçok başarıya da imza atmıştır. Örneğin 2016-2018 Mars'ta Dış Biyoloji (Exo-Mars) İzleme Gaz Yörünge aracı Avrupa Uzay Ajansı ile NASA Jet İtke Laboratuvarları müşterek işbirliği ile Mars'ta yer alan doğal gaz (metan) ve diğer gazların

incelenmesi için çalışmalarına devam etmektedirler.



Şekil 2: Voyager 2 Uzay Aracı ve Neptün Görüntüleri

Bir uzay araştırması görev olarak zamanla olgunlaşarak gelişir. Yazılım sistemleri bu değişiklikleri göz önüne alınarak geliştirilir. Özellikle uzak gezegenlere uzun bir zamanda seyahat edecek uzay araçları için bu tip yazılım sistemleri önem arz etmektedir. 2006 yılında fırlatılan Yeni Ufuk uzay aracı Plüton ve onun uydularını incelemek üzere fırlatılmış olup hedefine ancak 2015 senesinde varabilecektir. Uzay araçları için yazılım mühendisliği uygulamaları değişimi planlayabilen ve dikkate değer çabaları göz önüne alan bir yapıda

olmalıdır. Bazı değişiklikler görev ihtiyaçlarında olabileceği gibi diğerlerinde ise platform üstü yazılım değişikliklerine neden olabilmektedir. Örneğin platform üstü yazılımlarda değişikliklerde görüntü sıkıştırma algoritmaları veya otonom rekonfigürasyon opsiyonları ekstra fonksiyonları görülebilir. Uzay aracı aynı zamanda esas görevin gerektirdiği amaca hizmet etmeli ve faaliyetleri bakımından görevin ana hedefinden uzaklaşmamalıdır. Görev takımları uzay aracında görevi boyunca platform üstündeki yazılımı düzenli olarak güncellerler. Bunların bir kısmı sabit hata düzeltmeleri veya görev içeriğinin değişmesi sebebiyle yeni uyarlamaların yüklenmesi veya yazılımın yetenek sınırlarını genişleterek ne kadar iyi çalışabileceğini sınamaktadırlar. Uzun seyahati gerektiren görevlerde çalışan uzay araçları için genel olarak uçuşta yüzey ve yörünge işlevleri için ihtiyaç duyulan yazılımın sık sık geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Değişiklikler ve iyileştirmeler fırlatma sonrası mühendisler arasında düzenli adım aralığında gerçekleşen güncellemeler ve yazılım bir sonraki göreve uygun olarak özgünleştirilmesi yapılmaktadır. Operasyonel faaliyetlerde bir görev sırasında yazılımın güncellenmesi önemli bir rol oynamaktadır. Yapılan 199 çalışmadan ortaya çıkarılmış olan ve 7 uzay aracında karşılaşılan fırlatma sonrası yazılım tabanlı sorunlardan en kritik olanları yeni yazılım gereksinimlerinin değiştirilmesine veya özel bir yordamla çözülmüştür. Örneğin yedekli birimlerin herhangi birinde sorun çıkması durumunda, donanıma ait hatalarda veya limitlerde ortaya çıkan sorunlarda yazılımda güncellemeler meydana gelmesi gerekmiştir. Bu yüzden donanım hatasını düzeltebilmek amacıyla yazılım güncellemesi gerçekleştirilmiştir.

Birçok uzay aracı veya robotu mükemmel bir donanıma ve yazılım güvenilirliğine sahiptir. Bu sayede uzay araçlarının tüm planlı görev hayat döngüleri sınırları aşılmıştır. Örneğin Mars araştırma robot ikizleri Spirit ve Opportunity önceden planlanan 2004'te 90 günlük birer görevi olmasına rağmen Opportunity halen 90 aydan beri Mars'ta kullanılmaktadır. Uzay araçlarında yer alan yazılım mimarisi üzerlerinde gerçekleşecek değişiklikleri göz önüne alınarak güncellemeleri yapılmaktadır. Bu yazılımları geliştiren mühendisleri kim olursa olsun hayat döngüsü ve mihenk taşları görevlerin değişmezliği üzerine kurulmuştur. Bu sayede yazılım gereksinimlerindeki değişiklikler ortaya çıkmıştır. Yazılım gereksinimlerindeki değişikliklerin geneli itibariyle uçuş kuralları ve tasarım kararlarına dayanan nedenler olması istenir.

Böylece yazılım güncellendiğinde ortaya çıkabilecek hatalar hakkında konuşmayı engellenmesi sağlanır.

Gömülü sistemle de yazılım mühendisliği özellikle uzay araçlarında görülebilmektedir. Büyük bir sistemin parçası olarak yazılım sistem mimarisinde yer alan tüm bileşenleri ve ara yüzlerini izler, yönetir ve kontrol eder. Yazılım mühendisliği sayesinde entegre altyapının temelini oluşturmakta olup uzay araştırmalarının gelişimine de katkıda bulunmuştur. Galileo uzay aracı geniş anlamda ki sistem ve çevre etkileşimlerini göz önüne alarak yazılım çözümü geliştirilmiştir. Uzay aracında yüksek kazançlı antenler kullanılmıştır. 1989'daki ilk fırlatılmasından sonra Galileo'nun antenlerinde ortaya çıkan arızdan dolayı 1991'e kadar araç kullanılamaz duruma gelmiştir. Galileo, Jupiter'e varmadan önceki 4 sene boyunca mühendisler anten arızasını gidermek için ellerinden geleni yaparak günümüzde bilimsel verinin elde edilmesini sağlamıştır.

Çoğu yazılım mühendisliği tekniklerinden hata analizi, gereksinim tabanlı test ve formal doğrulama gibi yöntemler diğer sistem emniyeti kritik sistemlerin uyarlanması için uzaydan daha geniş ölçekte yararlanmak üzere uzay araştırmalarında kullanılmaktadır. İki yönlü fikir alışverişi pazarın kazancına dönüşür.



Şekil 3: Mars Robotları Spirit ve Opportunity

Robotsal uzay araçlarında uygulanan yazılım mühendisliği çözümlerinden bazıları model tabanlı diyagnostik, hata tolere etme, ortadan kaldırma, tekrar kullanılabilirlik, risk yönetimi, gecikmeleri tolere edilen ağ yazılımları haberleşme içinde en az kaybı sağlayacak şekilde kullanılmaktadır. Robotsal uzay araçları arttıkça uzay araştırmalarında kullanılacak yazılım mühendisliği ihtiyaçları da artmaktadır. Carl Sagan ilgili bir sözü de

“Araştırma bizim doğamızda var ancak biz hala akıllanamadık...” şeklinde konuşma yapmıştır. Günümüzde yazılım mühendisliği uygulamalarına ait standartlar yer almaktadır. Bu standartlar kimi zaman NASA kimi zamanda ESA tarafından kullanılmaktadır. Bu standartlar genel olarak sistem mühendisliği süreçlerini içerirler.

Bu standartlardan bazıları ESA tarafından uzay araçları yazılımları için kullanılan yazılım standartları ECSS-E-40 standardıdır. Günümüzde en çok kullanılan yazılım standardı ise ISO/IEC 12207 olmuştur. ECSS-E-40 standardı yazılım gereksinim mühendisliği, yazılım tasarım mühendisliği, yazılım doğrulama ve kabul, yazılım operasyonel mühendislik ile yazılım bakım ve idamesini içeren faaliyetleri gerçekleştirir.

NASA ise yazılım standardı olarak SEL-81-305 olarak bilinmektedir. Buna göre standart faaliyetler ISO/IEC 12207 yazılım standardı faaliyetlerini içerir. Genel olarak gereksinim yönetimi, tasarımın gerçekleştirilmesi, prototipin inşası ve test-değerlendirme sistem mühendisliği süreçlerini içermektedir. Bu standartlar olmadan hata tolere edilebilir yazılım, güvenilir ve sürekli arıza yapmayan, görev sırasında güncellenebilir yazılım geliştirmeyi sağlamaktadır.

Bu tip standartların oluşması uzay araçlarının fırlatılması ve uçuş emniyeti açısından yüksek güvenilirlikli, hassas incelemelerden geçmiş, detaylı değerlendirme-lerden geçilerek hazırlanmış testlerle vasıflandırılarak kullanılmıştır. Bu yüzden uzay araştırmalarında kullanılan yazılım mühendisliği ürünleri genel olarak kaliteli, maliyet etkin, sistem emniyeti en yüksek öneme haiz olarak geliştirilmektedir.