

# MARS CLIMATE ORBITER

Yazılım Hatası

BATUHAN BİLGİLİ  
KORHAN ERGÜN TUNÇELLİ

# Mars Climate Orbiter

NASA'nın Mars'a yolladığı Mars İklimi Keşif Aracı'nın sinyali, 23 Eylül 1999 Perşembe günü kayboldu. Dokuz aylık yolculuğun ardından uzay aracı Mars yörüngesine giriş yaptığında yer ile iletişimi kesildi. NASA mühendislerinin hazırladığı yazılım uzay aracının rotasını yanlış hesaplamıştı. Mars atmosferine hafifçe süzölmek yerine, uzay aracı hedef yüksekliğinin 170 kilometreden daha aşağısında dönüyordu. Atmosferden kaynaklanan ısı ve sürtünme muhtemelen uydunun yok olmasına neden oldu.

## MİSYON

Mars İklimi Keşif Aracı (MCO), NASA'nın Mars keşif programının ikinci aşamasını başlattı. İlk aşama, 1996 yılında "Mars Global Surveyor" ve "Mars Pathfinder" adlı iki uzay aracının fırlatılmasıyla gerçekleşti. Bu iki aracın amacı, gezegenin bütünsel resimlerini çekmek ve Mars'ta su kaynağı arayışına başlamaktı.

Mars İklimi Keşif Aracı, 1998 yılının sonlarında, Mars'ın iklimini incelemek ve kendisinden üç hafta sonra fırlatılan Mars Kutup İniş Aracı'na iletişim rölesini yapmak için gönderildi.

MCO, Mars'a dokuz buçuk ay boyunca süren bir seyahat gerçekleştirdi. Döndüğünde, görev planı, yörüngeye giriş yanması ve hızı azaltmak ve dairesel bir Mars yörüngesine girmek için iki haftalık bir "aerobraking" sürecini içeriyordu. Dünya'daki komuta ekibinin, MCO'yu İniş Aracı ile iletişim kurmak için kullanabilmesi bu sürece bağlıydı ve Kutup iniş aracının geldiği zaman tamamlanması gerekiyordu.

## NAVİGASYON

MCO gibi birçok uzay aracında olduğu gibi, MCO da rotasını kontrol etmek için iticileri kullandı, tepki çarkları ise tutumunu ve yönelimini kontrol etti. Tepki çarkları aşırı momentum biriktirdiğinde, Açısız Momentum Boşaltma (AMD) olayları çarkları döndürerek ve artan momentumu bir itici yanma ile dengeleyerek uzay aracının düzgün hizalanmasını sağladı. Her AMD'den sonra, uzay aracı "Small Forces (Küçük Kuvvetler)" yazılımı, Dünya'daki eşlik eden yazılıma yeni pozisyonunu hesaplamak için veri gönderdi. Ekip, yer yazılımının çıktılarını kullanarak MCO'nun rotasını takip etti ve sonraki AMD olaylarını yönlendirdi.

23 Eylül 1999: Mars İklim Keşif Aracı, yüzeyden 170km fazla yaklaşarak Mars'a çarpmıştır; atmosferik kuvvetlerin aracı yok ettiği düşünülmektedir.

Bunun Nedenleri:

- Mars Climate Orbiter'deki yazılım hatası, aracın motorlarının yanlış bir şekilde programlanmasıydı. Uzay aracının bir parçası olan itici sistemler, Newton'un üçüncü hareket yasasına göre çalışıyordu. Yani, eğer itici güç belirli bir yönde uygulanırsa, araç bu yönde ilerleyecekti. Ancak, birimler arasındaki hatalı dönüşüm nedeniyle, itici güç yanlış bir şekilde hesaplandı. Bu, uzay aracının Mars yüzeyine çok yakın alçalması sırasında doğru bir şekilde yönlendirilmemesine neden oldu ve sonuçta aracın kaybolmasına sebep oldu.
- Hatalı dönüşüm, Amerikan Ölçü Birimi (US Customary Unit) ile Uluslararası Birimler Sistemi (SI) arasındaki birimlerin karıştırılması nedeniyle meydana geldi. Yani, yazılım Amerikan Ölçü Birimleri kullanırken, itici sistemlerin tasarımında kullanılan özelliklerin SI birimleriyle ifade edilmesi gerekiyordu. Bu hatanın nedeni, farklı birim sistemlerinin kullanılmasına ilişkin belirsizliklerin olması ve bu belirsizliklerin çözülmemiş olmasıdır.

Altta yatan sorunlar:

- Doğrulama ve geçerleme işlemleri, navigasyon yazılımının gereksinimleri karşıladığını doğrulayamadı.
- Navigasyon ekibi, araç ve kontrolleri hakkında yeterli bilgi sahibi değildi ve beklenmeyen durumlar için hazırlıksızlardı.
- Endişeler yalnızca gayri resmi olarak iletildi.

## ABD'DE SI BİRİMLERİ

ABD'ye seyahat gerçekleştiren biri hemen farklılıkları fark edecektir; kilometre yerine mil, kilogram yerine pound gibi ifadeler kullanılır. ABD, SI birimlerinin kullanılmadığı yedi ülkeden biridir.

İngiliz ölçü birimlerine dayalı olan ABD ölçü birimlerinden olan inç, feet ve yard vb. İngiltere'den Amerika'ya Mayflower gemisiyle gelen ilk yerleşimcilere dayanır. Dünyanın geri kalanının büyük çoğunluğu santimetre, metre ve kilometre gibi metrik sistemleri kullanırken, ABD İngiliz birimlerini kullanmaya devam etti. Bir feet 12 inçle aynıdır ve bir yard 36 inç'e karşılık devam eder. Metrik sistemde 1 metre 100 santimetre ve bir kilometre 1000 metredir. Ancak bugün çok sayıda çok uluslu ve uluslararası işletme ABD ile çalışır veya ABD'de faaliyet gösterir. Bu nedenle ortak ölçü birimlerini kullanmak daha da önemli hale gelir.

Metrik sistemin ezici avantajlarını anlayan ABD Kongresi, 1975'te imzalanan "Metrik Dönüşüm Yasası" ile SI birimlerini tercih edilen ölçü sistemi olarak benimsedi. Ancak yasa, ABD geleneksel birimlerinin kullanımına da izin verdi. Daha sonra, 1980'lerde, federal hükümet ABD'de metrik sistemini tanıtmaya çalıştı. O zamandan beri araba hız ölçerlerinde hem mil/saat hem de kilometre/saat gösterildi. Ancak bu metrik sisteme geçiş çabaları başarılı olmadı.

ABD Kongresi SI birimlerini ABD'nin tercih edilen ölçü sistemi olarak benimsemiş olsa da çoğu işletme hala ABD geleneksel birimlerini kullanmaya devam etti. Ancak en iyi uzay ajansında, NASA'da, bu tereddüt neredeyse anında değişti. Bu değişiklik, bir felaket araştırma kurulu, NASA'nın Mars İklim Orbiter'inin Mars atmosferinde yanması sonucu yayınladığı rapordan sonra gerçekleşti.



**Remember the Mars Climate Orbiter incident from 1999?**

## **NASA'NIN MARS İKLİM YÖRÜNGE AFETİ**

Boeing Delta II 7425 fırlatma aracı, NASA'nın Mars İklim Gözlemcisi'ni taşıyarak 11 Aralık 1998'de kalkış yaptı.

Bir NASA inceleme kurulu, sorunun aracın iticilerini kontrol eden yazılımda olduğunu buldu. Yazılım, iticilerin uygulaması gereken kuvveti pound kuvveti olarak hesapladı. Bu verileri okuyan ikinci bir kod, bunun metrik birim olan "newton/metrekare" olduğunu varsaydı.

Tasarım aşamasında, Lockheed Martin'in Colorado'daki itki mühendisleri kuvveti pound olarak ifade ettiler. Ancak, uzay misyonları için metrik birimlere dönüştürme standart bir

uygulamaydı. NASA'nın Jet İtici Laboratuvarındaki mühendisler, dönüşümün yapıldığını varsaydı. Bu navigasyon hatası, uzay aracını gezegenin atmosferine tehlikeli şekilde yaklaştırdı ve muhtemelen parçalanarak Mars yüzeyine düştü, böylece uzay aracının Mars yörüngesine girmesi beklenen bir gün yerine, misyon ölüme doğru sürüklendi.

Mars İklim Gözlemcisi arızası kurulu tarafından rapor edilen katkıda bulunan faktörler sekiz katmanlıydı. NASA kurulu, uzay aracındaki küçük itici yangınların nasıl tahmin edildiği ve gerçekleştirildiği hakkındaki yer tabanlı bilgisayar modellerinde tespit edilmemiş hatalar olduğunu belirtti. Kurul ayrıca, operasyonel navigasyon ekibinin Mars İklim Gözlemcisi'nin uzayda hangi yöne doğru baktığı hakkında önceki Mars Global Surveyor görevine kıyasla yeterince bilgilendirilmediğini ekledi.

Başlangıçtaki hata, diğer ABD fırlatma endüstrisi gibi, İngiliz ölçü birimlerini kullanan yüklenici Lockheed Martin Astronautics tarafından yapıldı. Yüklenici, anlaşma gereği ölçü birimlerini metrik sistemlere dönüştürmesi gerekiyordu. Projenin tüm bağlantılı yönlerini izlemek ve kontrol etmekle sorumlu olan sistem mühendisliği fonksiyonu yeterince sağlam değildi. Kurul, uzay aracını inşa eden ve fırlatan bir gruptan yeni, çoklu görev operasyon ekibine bir Mars'a gitmek üzere olan uzay aracının ilk kez devredilmesiyle bu durumun daha da kötüleştiğini ekledi.



## HATA NEREDE?

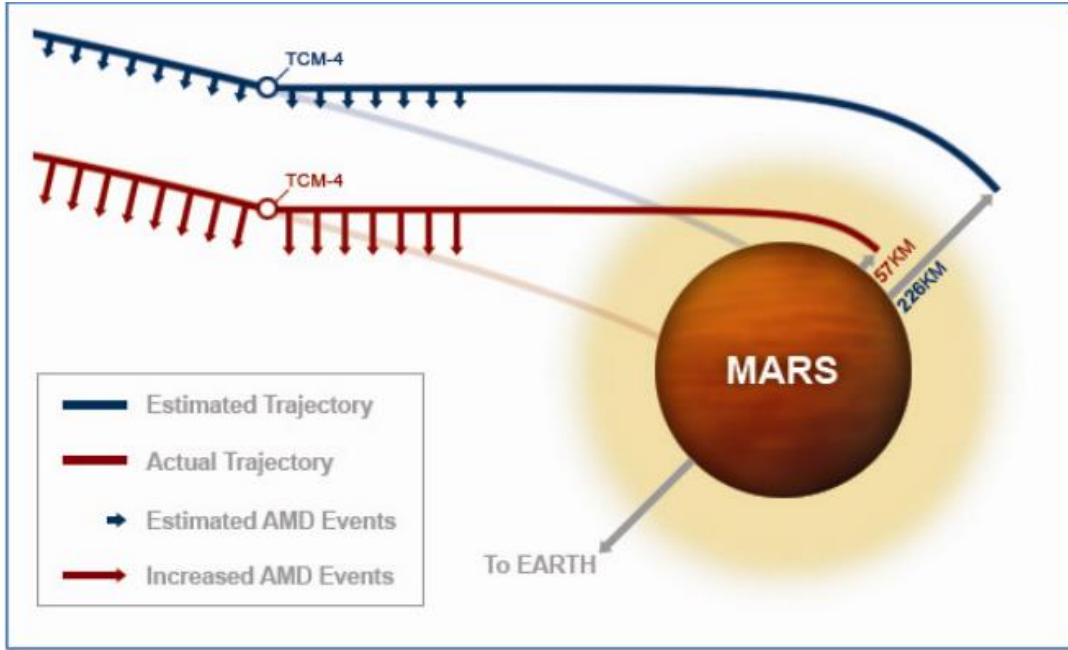
MCO'nun yolculuğunun ilk dört ayında, yer navigasyon yazılımındaki problemler (sondaki görevi yok eden birimler sorunu hariç) navigasyon ekibinin uzay aracının ilerlemesini takip etmek için yükleniciden gelen yanlış e-postalara güvenmelerine neden oldu. Yazılım sorunu sonunda düzeltildiği zamanda operatörler yer yazılım dosyalarında normal olmayan veriler fark etti. Bu anomaliler gayri resmi olarak kapalı kapılar ardında tartışıldı ancak hiçbir zaman çözüme kavuşturulmadı. Soruşturma kurulu sonunda bu anomalilerin "gözden kaçtığını" yazdı.

Navigasyon ekibi tarafından bilinmeyen bir şey, yer Küçük Kuvvetler yazılımının İngiliz birimleriyle çalışırken, diğer yazılımların metrik tabanlı yani Amerikan tabanlı olduğuydu. Yer yazılımı, Newton cinsinden rakamlar yerine pound kuvveti (lbf) cinsinden hesapladığından, rakamları 4,45 faktörle arttırarak hesapladı ve böylece her AMD olayı, yer navigasyon yazılımında hesaplanıp kullanılan rotayı artıran daha büyük bir rota değişikliği getirdi. Her AMD olayıyla, uzay aracı tahmin edilen konumundan daha da uzaklaştı.

Uzay aracı Mars'a yaklaşırken, navigasyon ekibi Mars yörüngesine girmesi için rota ayarlamasını son planlanmış Trajectory Correction Maneuv-er, TCM-4 ile gerçekleştirdi. Eğer MCO doğru yerde olsaydı, yakma uzay aracını gezegenin yüzeyinin yaklaşık 226 kilometre uzaklığındaki eliptik bir yörüngeye yerleştirdi.

TCM-4 ve giriş yakması arasındaki hafta boyunca, Mars'ın çekim kuvveti MCO'yu Mars gezegenine yaklaştırdı. Programlanmış yakma öncesinde yalnızca bir saat kaldığında, daha kesin hesaplamalar MCO'nun 110 km'ye kadar düşük bir mertebede olduğunu, yalnızca 30 km'lik minimum yaşam alanının üstünde olduğunu gösterdi. Navigasyon ekibi, yüksekliği artırmak için acil bir rota değişikliği olan TCM-5'i gerçekleştirmeyi tartıştı, ancak orijinal zaman çizelgesinde bir değişiklik yapmamaya karar verdiler. Eğer TCM-5 gerçekleştirilseydi, yörüngeye giriş yakmasını geciktirerek Mars Kutup İniş Aracı ile iletişimi keser ve İniş Aracı'nın görevini riske atardı.

NASA yer ekibi, yörüngeye alma işleminin yaklaşık beş dakika içerisinde kısa süreli olarak iletişim kaybı olacağını bekliyordu. Tahmin edilenden kırk dokuz saniye önce sinyal kaybedildi. Ekip, MCO ile bir daha iletişim kuramadı. Düzeltme değerleriyle yapılan sonraki hesaplamalar, MCO'nun yüksekliğinin yalnızca 57 km olduğunu tahmin etti bu uzay aracının hayatta kalması için çok düşük bir irtifaydı. (Şekil 1).



Şekil 1

“People make errors. The problem here was not the error. It was the failure of us to look at it end-to-end and find it. It’s unfair to rely on any one person.”

-Tom Gavin, NASA Jet Propulsion Laboratory

“İnsanlar hatalar yapar. Buradaki sorun hata değildi.

Sorun, sonuna kadar incelemeyip bulamamamızdı.

Herhangi bir kişiye suçu yıkmak haksızlıktır.”

-Tom Gavin, NASA Jet Propulsion Laboratuvarı

## DOĞRULAMA ve ONAYLAMA

Küçük Kuvvetler yazılımını geliştiren programcılar veya test ekibi, Küçük Kuvvetler yazılımının uyumlu olup olmadığını doğrulamak için Mars Araştırma Programı'nın Yazılım Arayüzü Özellikleri (SIS) belgesini uygun şekilde kullanmadılar. Araştırma kurulu, Küçük Kuvvetler yazılımı için tam, uçtan uca testlerin hiçbir kanıtını bulamadı ve söz konusu yazılım için bağımsız doğrulama ve onaylamanın yapılmış olup olmadığını belirleyemedi. Her halükârda, arayüz kontrol süreci ve arayüz doğrulaması yeterince sıkı değildi.

## PROJE ELEMANLARI ARASINDAKİ İLETİŞİM

Navigasyon ekibi, MCO'nun yörüngesine dair endişelerini kendileri arasında tartışsalar da bu endişelerini tam olarak uzay aracı operasyonları ekibine veya proje yönetimine iletemediler. Genel olarak, projedeki farklı ekipler arasında az sayıda iletişim veya paylaşılan veri vardı. Takım üyeleri, endişelerini bildirmek için standart yöntemler yerine gayri resmi iletişim

kanallarına fazla güveniyordu. Ekipler özellikle operasyon navigasyon ekibini diğer ekiplerden izole etti.

## HAZIRLIK ve ANLAYIŞ

Mars Surveyor programı tüm görevleri için aynı işletme navigasyon ekibini kullanıyordu. Bu maliyet etkin yaklaşım, aynı zamanda deneyim geliştirmeyi hızlı bir şekilde sağlayabilse de navigatörlerin çok sayıdaki görevi, MCO'nun sistemlerine yönelik derinlemesine bilgi geliştirmelerini engelledi. Ekip aynı anda üç görevi yürütüyordu, Mars Global Surveyor, MCO, Mars Polar Lander ve ekip, tüm üç görevi tam olarak desteklemek için yeterli personel sayısına sahip değildi. Aşırı talep gören ekip üyeleri, minimal eğitim ve MCO'nun tasarımına yönelik eksik bilgi ile çalıştığından, operasyonlar navigasyon ekibi, MCO'yu işletmek için Mars Surveyor'a yönelik ayrıntılı bilgilere güvendi. Bu önceden bilgiye dayalı varsayımlar, görev başarısızlığına sebep oldu. Mishap Araştırma Kurulu, Acil Durum Trajectory Change Maneuver (TCM-5)'in görevi kurtarabileceğini belirledi. Ancak, ekip TCM-5'in hayati önemde olduğunu anlamış olsalar bile, manevraya hazır olamadılar. TCM-5 için analizleri, testleri tamamlanmamış ve işletme prosedürleri tam olarak geliştirilmemişti. Risklere dayalı bir karar vermek yerine, süre sıkıntısının kendi kararlarını değiştirmelerine izin verdiler.

## SONRASINDA

MCO başarısızlığından sonraki günlerde, operasyonlar navigasyon ekibi, MCO kaybedildikten üç hafta sonra Mars'a doğru yörüngeye giren Polar Lander için yazılımı başarıyla düzeltti. Ne yazık ki, iniş dizisi ile ilgili alâkasız yazılım sorunları vardı ve Lander, Mars'ın yüzeyine çarptı.

Bu başarısızlıkların ardından, MCO soruşturma kurulu, MCO ekibinin yaşadığı bazı sorunları vurgulamak ve gelecekteki görevlere dahil edilecek derslerin belirtilmesi için "NASA Proje Yönetimi Raporu" yayınladı.

Bu arada, Mars programı devam etti. 2005 yılında, Mars Keşif Uydusu, şimdiye kadar tüm Mars görevlerinden daha fazla veri döndürerek büyük bir başarı elde etti. Gelecekteki görevler arasında, Mars Bilim Laboratuvarı da bulunmaktadır ve Mars kayaları ve toprağını test etmeye devam etmek için 2011 sonbaharında fırlatıldı.

## ALINABİLECEK ÖNLEMLER

Mars Climate Orbiter'deki Yazılım Hatasının Önlenmesini İçin Alınabilecek Önlemler:

1. **Birden Fazla Onaylama Mekanizması Uygulanması:** Yazılım hatalarının önlenmesi için birden fazla onaylama mekanizması uygulanabilir. Bu özellikle



projeler için önemli olan programlamalar yapılırken kullanılabilir. Bu mekanizmalar, yazılımın kendi içerisinde farklı birim sistemleri kullanıp kullanmadığını kontrol edebilir. Ayrıca yazılım hatalarını bulmak için farklı kişi veya ekipler tarafından denetimler de uygulanabilir.

2. **Testlerin Sayısının Artırılması ve Geliştirilmesi:** Yazılım testleri yazılım hatası olasılığını azaltmak için hayati öneme sahiptir. Bu yüzden yapılan testlerin güçlendirilmesi ve yapılan testlerin sayısının artırılması yukarıdaki maddede de bahsettiğimiz birden fazla onaylama mekanizmasıyla beraber ciddi hata payı azalması sağlar.
3. **Eğitimlerin ve Yardımcı Kılavuzların Güncellenmesi:** Yazılım hatalarını önlemek için verilen eğitimler ve yardımcı kılavuzların güncellenmesi ve daha etkili hâle getirilmelidir. Bunlar farklı birim sistemleri ve yazılım testleri gibi konuları içermelidir. Ayrıca yazılım geliştirirken kullanılan araçların kullanımı konusunda da detaylı ve gelişmiş eğitimler de verilmelidir.
4. **Düzenli Bakım ve Güncelleme Yapılması:** Yazılım hatalarının önlenmesi için yazılımların düzenli olarak bakımları ve güncellenmesi gerekmektedir. Yazılımların yeni güvenlik açıklıkları veya hataları için sürekli taranıyor olması önleyici bakımın en önemli unsurlarından biridir.
5. Bu önerilerle birlikte, yazılım geliştirme sürecinde takım çalışması, takımların kendi arasındaki iletişimi, birbirlerine ulaşılabilir pozisyonlarda olması ve kalite güvencesi de önemlidir. Bir takım yazılımın farklı bölümlerinde geliştirilmesinde ve test edilmesinde uzmanlaşabilir. Bu sayede birim dönüşümleri gibi basit ama uzay gibi ortamlarda aşırı kritik özellikler bile test edilebilir ve hatalar daha yaşanmadan belirlenebilir ve bunlar çözüme kavuşturulabilir.
6. Yazılım geliştirme sürecinde kalite güvencesi de önemlidir çünkü kalite kontrolü yazılımın daha test aşamasındayken hataları belirleyip onları onarabilir. Kalite kontrolü ikinci maddede de bahsettiğimiz gibi yazılımın farklı ortamlarda, farklı senaryolarla test edilmesidir. Yani kalite güvencesi yazılımın proje için güvenli ve güvenilir olduğunu sağlamak için kullanılan bir önlemdir.
7. Mars Climate Orbiter olayı gibi büyük projeler için yazılım hataları önlenemezse hatanın düzeltilmesi için acil eylem planları hazırlanması önemlidir. Bu gibi uzay projelerinde hatanın nerede olduğunu anlamak için cihazlara ek bir yazılım eklenmesi önemli bir detaydır ve size rapor sunması bir sonraki yapılacak bir projenizde size bu hataları yapmamanız için deneyim sağlarlar. Eğer bu hatanın ne olduğu da anlaşılamazsa acil eylem planları devreye girmelidir ve olabildiğince az hasarlı, az hata oranlı görevi yerine getirebilmelidir.

# ÖZET

Kısaca, Mars'a giden bir uzay aracı, tek güneş paneline uygulanan güneş basıncıyla mücadele etmek için küçük tutum iticileriyle açısal momentum desaturasyon yakıtlama işlemleri yapması gerekiyordu.

Araç her bir desaturasyon manevrası yaptığında, yaptığı işlemi kaydetti ve Dünya'ya bildirdi. Yazılım kaydedilen itici ateşleme verilerini pound-saniye yerine Newton-saniye olarak yanlış yorumladı. Bu hata hesaplanan yörüngenin çok küçük sapmalarına yol açtı.

Bu küçük sapmalar çoğunlukla fark edilmeden kaldı! Yani, uzay aracı hesaplanan 226 kilometre yerine 57 kilometrede Mars'a çarptı. Bu yükseklik farkı sondajı ve görevi mahvetti.

Mars Climate Orbiter olayı, yazılım hatalarının ve kontrol eksikliklerinin ne kadar büyük bir etkiye sahip olabileceğini göstermiştir. Bu olayın ardından, yazılım geliştirme sürecinde ve proje yönetimi sürecinde bir dizi önlem alınması gerektiği ortaya çıkmıştır.

Öncelikle, yazılım geliştirme sürecinde iyi tanımlanmış bir süreç ve standartlara uygun bir yöntem kullanılması son derece önemlidir. Yazılım geliştiricileri, yazılımın doğru bir şekilde tasarlandığı, test edildiği ve belgelendiği sürece emin olmalıdırlar. Bu, yazılımın kullanılabilirliği, performansı ve güvenilirliği gibi faktörlerin göz önünde bulundurulduğu süreçlerin kullanılması anlamına gelir.

Bir diğer önemli adım, yazılımın doğru bir şekilde test edilmesidir. Yazılım testleri, yazılım hatalarının tespit edilmesine yardımcı olur ve yazılımın daha iyi bir şekilde geliştirilmesine katkı sağlar. Yazılım testleri, fonksiyonel testler, performans testleri ve güvenlik testleri gibi farklı tiplerde olabilir. Yazılım geliştiricileri, yazılım testleri için sürekli bir çaba içinde olmalı ve testlerin düzenli olarak yapılması için bir planlama yapmalıdırlar.

Ayrıca, yazılım hatalarının önlenmesi için, yazılım geliştiricilerinin sürekli bir eğitim ve gelişim sürecinde olması gerekmektedir. Yazılım geliştirme süreci sürekli değişen bir alandır ve yeni teknolojiler ve metodolojiler geliştirilmeye devam edilmektedir. Yazılım geliştiricileri, güncel teknolojileri ve yazılım geliştirme metodolojilerini takip etmeli ve sürekli olarak kendilerini geliştirmelidirler.

Ayrıca, proje yönetimi sürecinde de bir dizi önlem alınması gerekmektedir. Projelerde etkin bir iletişim ve proje yönetimi süreci olması çok önemlidir. Proje yöneticileri, yazılım geliştiricileri ve paydaşlar arasında sürekli bir iletişim sağlamalı ve proje ilerlemesi hakkında doğru bilgileri aktarmalıdırlar. Ayrıca, proje yöneticileri, sürekli bir risk analizi yaparak projenin ilerlemesi sırasında karşılaşılabilecekleri olası sorunları önceden tespit etmelidirler.

Sonuç olarak, Mars Climate Orbiter olayı, yazılım hatalarının ve proje yönetimi sürecindeki eksikliklerin ciddi sonuçlara neden olabileceğini göstermiştir. Bu nedenle, yazılım geliştiricileri ve proje yöneticileri, kalite yönetimi ve test tekniklerine daha fazla odaklanmalı ve iletişim sürecini etkin bir şekilde yönetmelidirler. Bu şekilde, gelecekte benzer olayların yaşanması nlenererek, uzay araştırmaları gibi hayati öneme sahip projelerin başarılı bir şekilde tamamlanması sağlanabilir.

## KAYNAKÇA

- [https://sma.nasa.gov/docs/default-source/safety-messages/safetymessage-2009-08-01-themarsclimateorbitermishap.pdf?sfvrsn=eaa1ef8\\_4](https://sma.nasa.gov/docs/default-source/safety-messages/safetymessage-2009-08-01-themarsclimateorbitermishap.pdf?sfvrsn=eaa1ef8_4)
- <https://solarsystem.nasa.gov/missions/mars-climate-orbiter/in-depth/>
- <https://www.simscale.com/blog/nasa-mars-climate-orbiter-metric/>
- Chatgpt yukarıdaki kaynakların İngilizce evirisinde kullanıldı.

Batuhan Bilgili - 1200606062  
Korhan Ergn Tunelli - 1200606068