

Uzay Fotometri Görevlerinde Görev Mimarisi ve Sürdürülebilirlik: TESS ve PLATO'nun Karşılaştırmalı Analizi



Saliha Gülnihal Keskin¹, Öğr. Gör. Dr. Cenk Kayhan²

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul/Türkiye

²Kayseri Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü, Kayseri/Türkiye



Giriş

Geçiş yöntemi olarak da bilinen ötegezegen fotometrisi, bir ötegezegenin önünden geçtiği ana yıldızın parlaklığında meydana getirdiği dönemsel azalmaların ölçülmesi esasına dayanır (Deljookorani vd., 2020). Bu yöntemi kullanarak yüksek hassasiyette ölçüm yapan uzay teleskopları Dünya benzeri gezegenlerin keşfi ve karakterizasyonlarının ortaya çıkarılması açısından önemli araçlardır (Rauer vd., 2014). NASA'nın TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite) misyonu, yakın ve parlak yıldızların etrafındaki kısa periyotlu gezegenleri keşfetmek amacıyla tüm gökyüzünü tarayarak geniş bir hedef kataloğu sunmaktadır (Ricker et al., 2015). Öte yandan, ESA'nın fırlatılmaya hazırlanan PLATO (PLANetary Transits and Oscillations of stars) misyonu, Güneş benzeri yıldızların yaşanabilir bölgelerindeki karasal gezegenleri tespit etmeyi ve asterosismoloji yoluyla ev sahibi yıldızların fiziksel parametrelerini (kütle, yarıçap ve yaş) benzersiz bir hassasiyetle belirlemeyi hedeflemektedir (Rauer et al., 2014). Bu iki uzay teleskobunun aynı bilimsel amaca hizmet eden farklı tasarım kararları ve görev mimarilerinin karşılaştırmalı analizi, misyonların mimari, operasyonel ve veri işleme tercihlerinin uzun vadeli bilimsel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini ortaya koyarak gelecekteki görev planlayıcılar için sürdürülebilir bir bilimsel perspektif sunması açısından büyük önem taşımaktadır.

Amaç

Güneş benzeri yıldızların etrafındaki gezegenlerin keşfi, gezegen oluşumu ve yaşanabilirlik potansiyelinin anlaşılması açısından çok önemlidir. Gezegenlerin saptanmasında uzay teleskoplarının yüksek hassasiyetli ölçüm kabiliyeti, enstrüman dayanıklılığı ve gürültü kararlılığı doğrudan ilişkilidir. Bu çalışma kapsamında, uzay teleskoplarının sürdürülebilirliği; radyasyon dayanımı, gürültü kararlılığı, görev mimarisi ve veri işleme stratejileri arasındaki ilişki üzerinden değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Bu doğrultuda TESS ve PLATO görevleri, farklı görev tasarımlarının uzun vadeli bilimsel üretkenlik üzerindeki etkilerini ortaya koymak amacıyla karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Yöntem

Bu çalışmada, TESS ve PLATO görevleri; görev el kitapları, teknik raporlar ve literatür temel alınarak karşılaştırmalı olarak sürdürülebilirlik açısından analiz edilmiştir. Bu kapsamda görev hedefine uygun görev mimarisi tasarımları incelenmiştir. Ayrıca görevlerin farklı yörüngelerde maruz kaldıkları radyasyon ortamlarının sebep olduğu yük transfer verimsizliği (CTI), kozmik ışın etkileri, saçılmış ışık ve termal kararlılık etkileri sunulmuştur. Bunlara ek olarak, teleskopların gürültü bütçeleri ve görev içi veri işleme stratejileri karşılaştırılarak, mimari ve operasyonel tasarım tercihlerinin uzun vadeli görev sürdürülebilirliğine etkileri tartışılmıştır.

Yörünge Kaynaklı Performans Parametreleri Karşılaştırması

Parametre / Etken	TESS	PLATO	Görev Ömrüne / Bilimsel Performansa Etkisi	Bilimsel Sonuç
Yörünge / Çevresel ortam	2:1 Ay eşzamanlı yörünge	L2	Radyasyon, termal kararlılık ve saçılan ışık ortamını belirler	TESS daha düşük radyasyon ortamı; PLATO daha sürekli gözlem koşulları sağlar
Termal kararlılık	< 0.01 °C h ⁻¹	< 0.033 °C h ⁻¹	Termal kaynaklı sistematik gürültüyü ve dedektör kaymalarını sınırlar	TESS'te daha sıkı nominal kararlılık; PLATO'da daha sürekli ve kontrollü termal ortam.
Dünya/Ay tutulmaları	uzun süreli tutulmalardan kaçınılır	Tutulmasız. Dünya gölgesinden kaçınacak şekilde tasarlanmıştır	Güneş enerjisi sürekliliğini, termal kararlılığı ve gözlem sürekliliğini destekler	Her iki mimari de tutulmaları minimize ederek sürekli gözlem ve termal kararlılığı destekler.
Toplam iyonlaştırıcı doz (TID)	≤ 1 krad	~2.5 krad	Elektronik ve dedektör ömrünü sınırlar	PLATO'nun daha yüksek TID maruziyeti EOL tasarımını daha kritik hale getirir
Kozmik ışınlar	~%10 (2 dk) / ~%50 (30 dk FFI) piksel etkilenmesi	PlatoSim ile modellenir, 600 s kadanlarda aykırı değer temizleme	Veri kalitesi ve dedektör yaşlanmasını etkiler	Her iki görevde de veri işleme kritik; TESS'te onboard bastırma, PLATO'da modelleme + outlier temizleme

Fotometrik Hassasiyet ve Gürültü Bütçesi Parametreleri

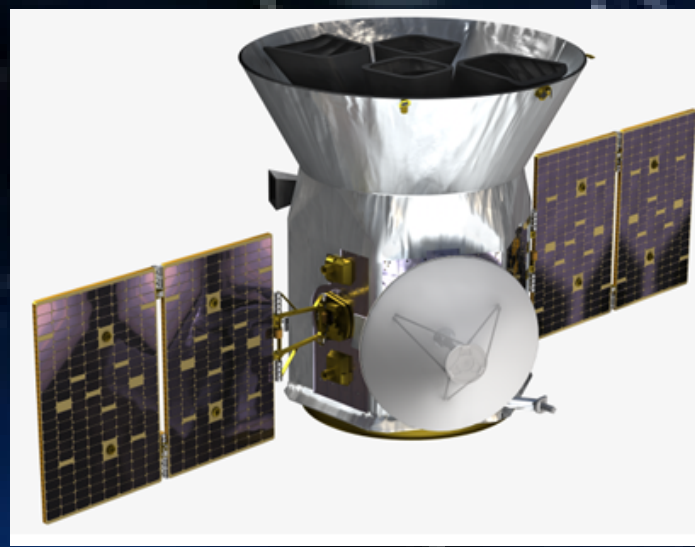
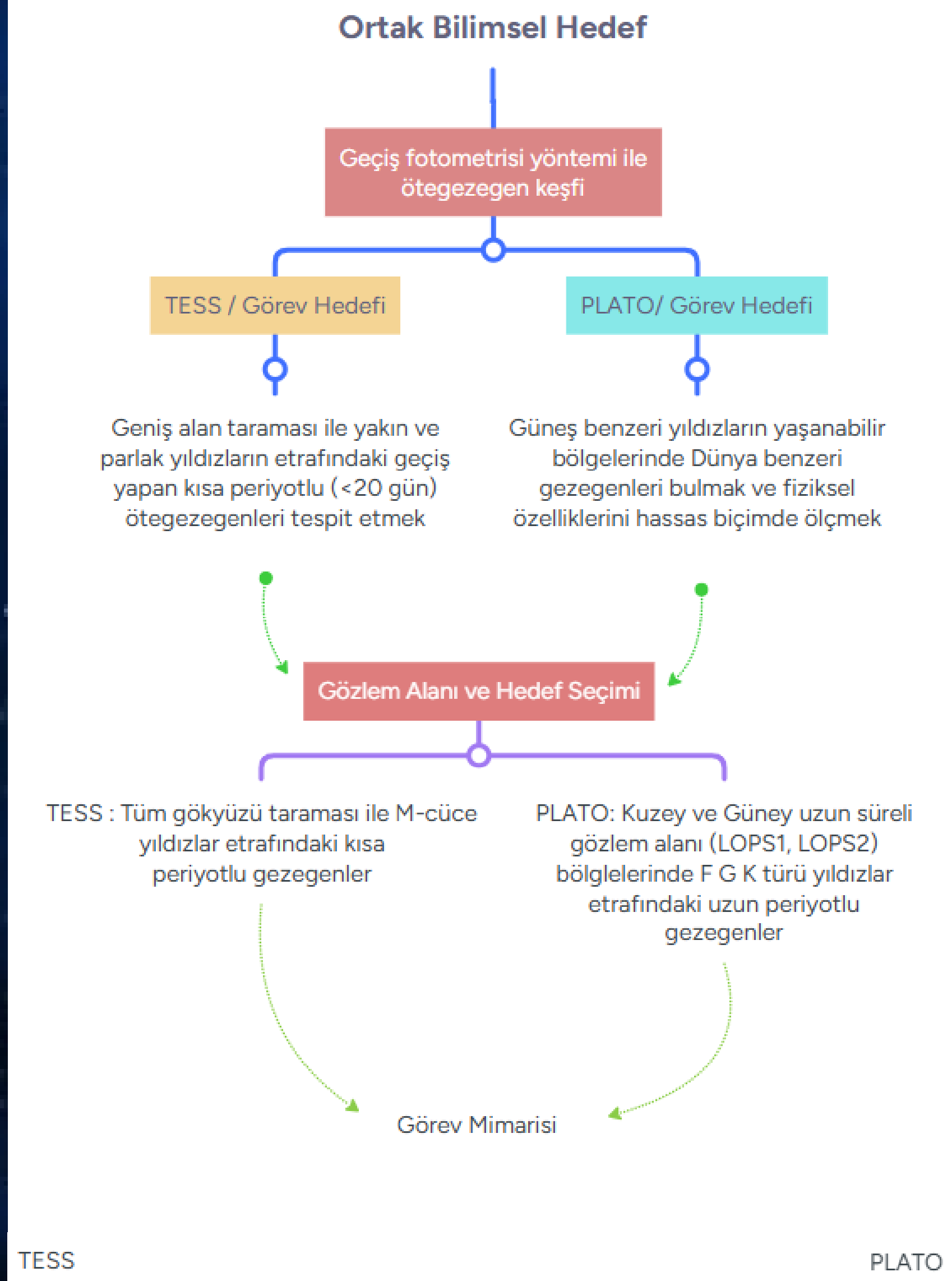
Gürültü Parametresi	Kategori	Açıklama	Gürültü Katkısı
CDPP (Combined Differential Photometric Precision)	ana performans parametresi	1 saatlik ölçekteki sistematik hata/gürültü tabanı	60 ppm
NSR (Noise-to-Signal Ratio)	ana performans parametresi	P1 örneği için 1 saatteki maksimum random noise	50 ppm
Uzay Aracı Yönelim Titreşimi	sistematik gürültü bütçesi	açısal hareket kaynaklı fotometrik sinyal değişimi	~60 ppm
Yönelim / işaretleme titreşimi (jitter)	sistematik gürültü bütçesi	enstrüman seviyesinde 1 saatlik sistematik hata	9 ppm
Zodyak ışığı + Dünya/Ay kaynaklı saçılan ışık	sistematik sinyal bütçesi	lens hood tasarımı	Hedef ve gözlem geometrisine bağlı
Arka plan + Saçılan ışık + Kirlenici yıldızlar	sinyal bütçesi	ek foton katkısı	124 e- pix-1 s-1
Kozmik Işın Artık Gürültüsü	rastgele gürültü bütçesi	Kozmik ışınların görüntüden temizlenmesinden kalan SNR katkısı	photon noise + %1-2
Yük Aktarım Verimsizliği (CTI)	sinyal bütçesi	TNID kaynaklı radyasyon hasarı CCD'de yük tuzakları oluşturarak sinyal kaybına neden olur	E_CT1= 0.93 (%7 kayıp)

Sonuçlar

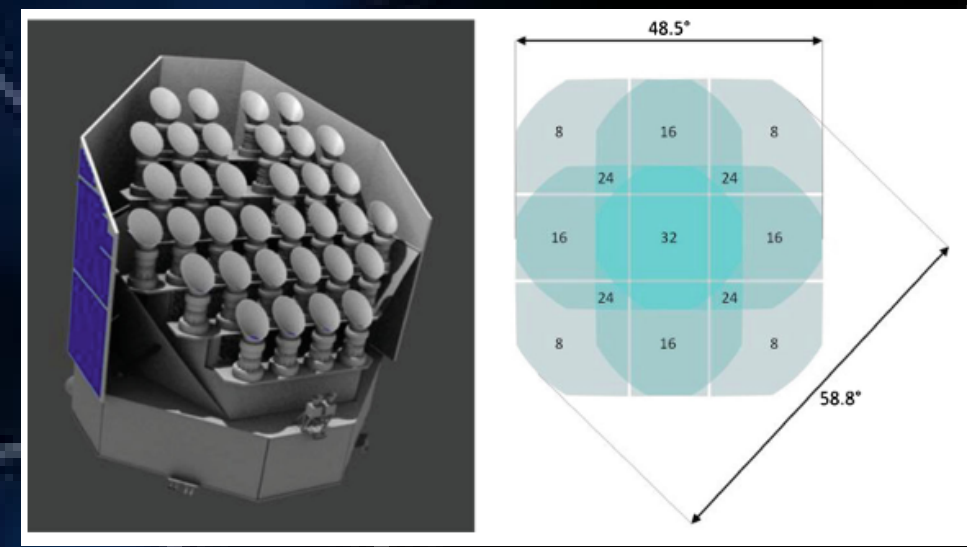
Yapılan inceleme TESS ve PLATO görevlerinde kullanılan mimari ve operasyonel tasarım tercihlerinin, görevlerin farklı bilimsel hedefleri doğrultusunda şekillendiğini göstermiştir. Bu çalışmada, geniş alan taraması yaparken yüksek ışıkölçüm duyarlılığını korumanın veya zorlu radyasyon ortamlarında uzun dönemli gözlem verileri sağlamanın farklı performans gereksinimleri arasında bir denge gerektirdiği görülmektedir. Bu durum, gezegen saptayan uzay görevlerinde sürdürülebilirliğin yalnızca görev süresi veya bütçe ile değil, hedeflenen bilimsel çıktıya göre optimize edilmiş mimari yapı, operasyonel stratejiler ve veri işleme yöntemleri tercihleriyle sağlanabileceğini ortaya koymuştur.

Gelecek Çalışmalar

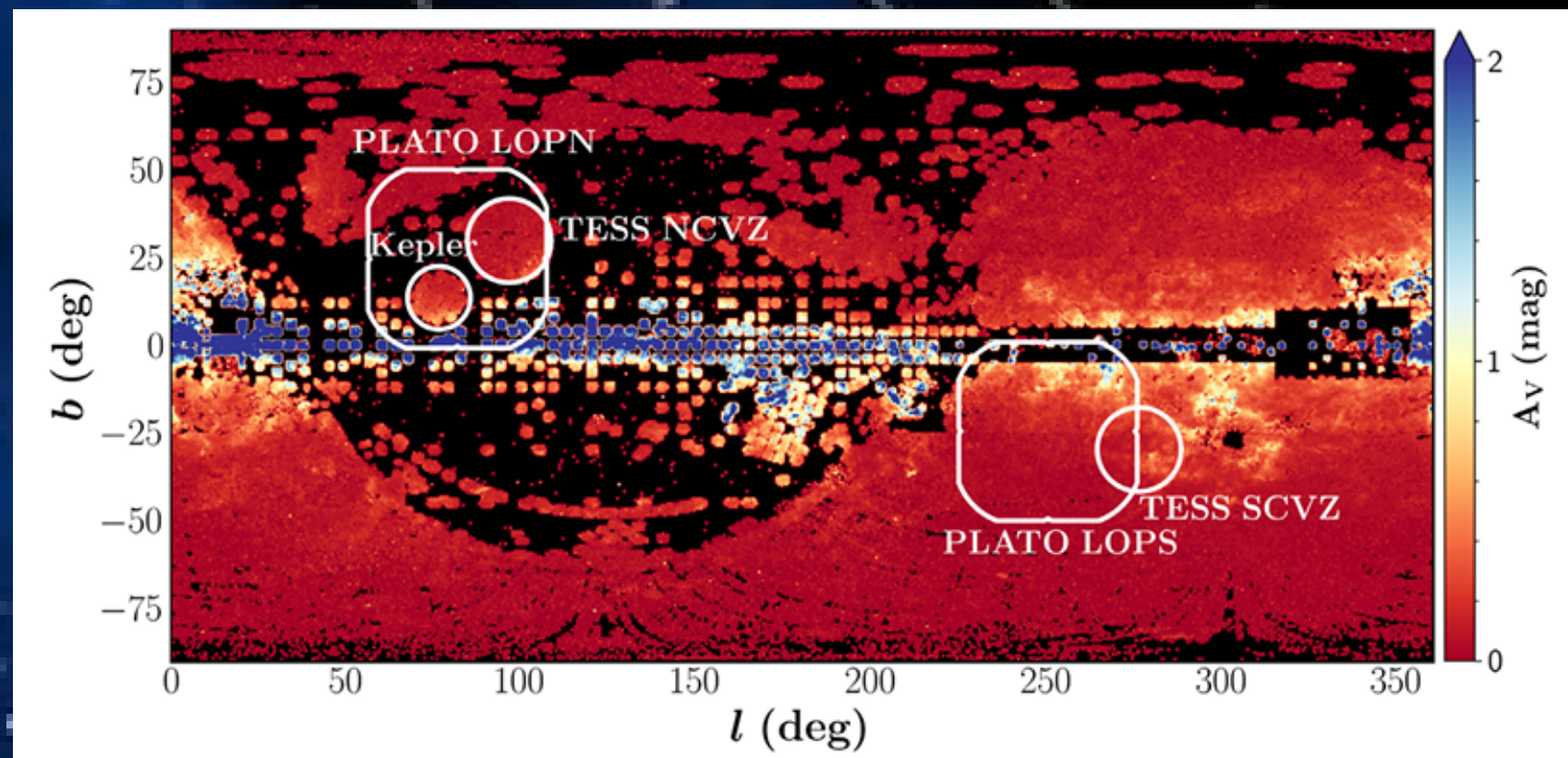
Eldeki karşılaştırmalı parametrelerin model tabanlı sistem mühendisliği (MBSE) ve gereksinim izlenebilirliği çerçevesine entegrasyonu hedeflenmektedir.



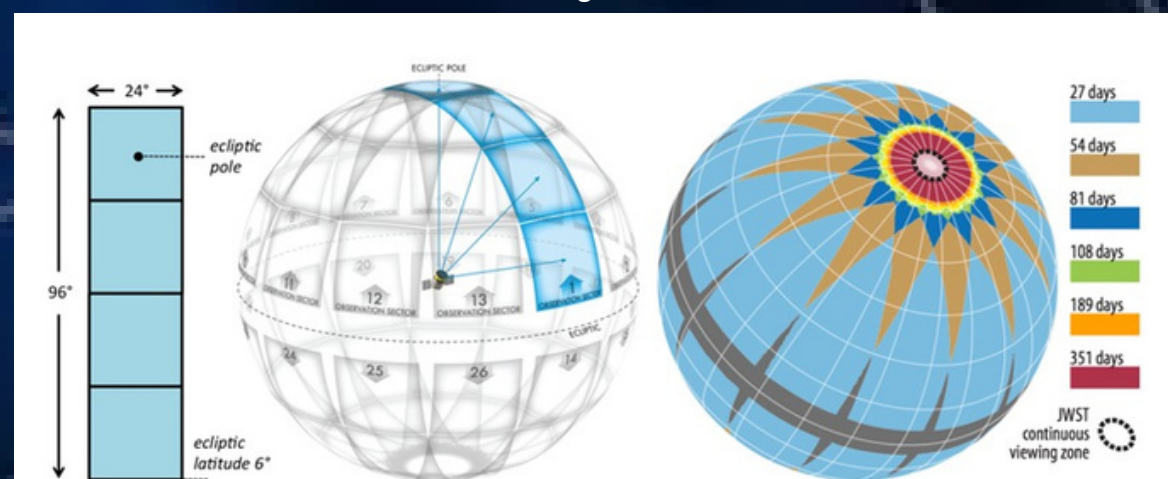
Görsel 1: TESS enstrüman mimarisi



Görsel 2: PLATO kamera düzeneği



Görsel 3: PLATO LOPS1 ve LOPS2 gözlem alanı



Görsel 4: TESS tüm gökyüzü gözlem alanı

İletişim / Kaynakça

keskinsal21@itu.edu.tr

