İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HIPPARCOS UYDUSU'NUN YAPISI VE UYDU VERİLERİYLE BİR UYGULAMA

Özge AVCIL BORA

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Hulusi GÜLSEÇEN

Nisan, 2011

İSTANBUL

ÖNSÖZ

Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümleri'nde bazı derslerin içeriği gereğince; teleskoplardan, teleskopların çalışma prensiplerinden bahsedilir. Ancak, uzay teleskopları söz konusu olduğunda, öğrenebileceğimiz roket teknolojisinden ibarettir. (Roketlerde kullanılan yakıt çeşitleri, roket çeşitleri, uzay teleskoplarının yapısı, alıcıları, yaşam süreleri vb bilgilerinden bahsedilir.) Bu tezin, konuya ilgi duyan öğrencilerin başvurabileceği, literatüre kazandırılmış farklı bir çalışma olmasını umuyorum.

Teşekkürler:
Sabırla, uzunca bir süre bu tezi bitirmemi bekleyen değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Hulusi GÜLSEÇEN'e, uygulama kısmında benden destek ve yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Selçuk BİLİR, Prof. Dr. Serap AK, Yrd. Doç. Dr. Esma YAZ ve Astronomi camiasında özelliklerine ender rastlanan arkadaşım Araş. Gör. Başar COŞKUNOĞLU'na çok teşekkür ederim.
Eğitim-öğretim hayatımın başından, bu zamana kadar benden desteğini esirgemeyen aileme teşekkür ederim. Özellikle bu tezin yazım aşamasında maddi manevi desteğiyle her zaman yanımda olan annem Mehtap AVCIL ve babam Oktay AVCIL'a çok teşekkür ederim. Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü'nde okumamı sağlayan ağabeyim Özgür Ali AVCIL'a ayrıca en içten teşekkürlerimi sunmak isterim.
Akademik hayatımın devamlılığı için sürekli yeni projeler üreten sevgili eşim Burçin BORA'ya, bu tezin yazılamaması için her türlü zorluğu gösteren, ancak dünyadaki her şeyden daha değerli olan canım kızım Pelin BORA'ya çok teşekkür ederim.
Hem tezime katkılarından hem de her zaman yanımda olup bana güç veren sevgili arkadaşım Gaye DANIŞAN'a teşekkür ederim.

Bu tezi yazmama imkân sağlayan İstanbul Üniversitesi'ne teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ..... **i**
İÇİNDEKİLER ..... **ii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **iv**
TABLO LİSTESİ ..... **vi**
SEMBOL LİSTESİ ..... **vii**
KISALTMA LİSTESİ ..... **viii**
ÖZET ..... **x**
ABSTRACT ..... **xi**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL KISIMLAR **2**
2.1. ESA (European Space Agency) Avrupa Uzay Ajansı **2**
2.1.1. ESA'nın Dünya ve Uzay Kâşifi Uyduları **3**
2.2. HIPPARCOS UYDUSU **4**
2.2.1. Hipparcos Uydusunun Görevleri **9**
2.2.2. Hipparcos Uydusunun Görev Sonuçları **10**
2.3. ASTROMETRİK VE FOTOMETRİK GENEL BAKIŞ **14**
2.3.1. Değişen Yıldız Gözlemleri **15**
2.3.2. İkili Ve Çoklu Yıldız Sistemlerinin Varlığı **16**
2.4. GELECEKTEKİ HEDEFLER **16**
2.4.1. GAIA **17**
3. MALZEME VE YÖNTEM **19**
3.1. HIPPARCOS UYDUSU'NUN TEKNİK OLARAK İNCELENMESİ **19**
3.1.1. Hipparcos Çalışma İlkesi **19**
3.1.2. Uydunun Tanımı **19**
3.1.3. Uydu Yükü Tasarımı Ve Sistem Parametreleri **22**
3.1.3.1. *Nominal Tarama Kanunu* **22**
3.1.4. Hipparcos Uydusu'nun Yükü Ve Uydunun Özellikleri **24**
3.2. UZAY MEKİĞİ VE YER İSTASYONU İLİŞKİLERİ **26**
3.2.1. Uydunun İşletimi **30**
3.3. SARF MALZEMELERİNİN KULLANILMASI **31**
3.4. GÖREV BEKLENTİLERİ **33**
3.5. GÖZLENECEK YILDIZLARIN SEÇİLMESİ **35**
3.6. GÖZLEM STRATEJİSİ **37**

3.7. PARALAKSLAR VE HATALAR **38**
3.7.1. Açık Ve Küresel Kümelere Uzaklık **38**
3.7.2. Trigonometrik Paralakslar Ve Işıma Gücü Kalibrasyonları **40**
3.7.3. Zonklayan Yıldızlar Ve LMC Uzaklığı **40**
3.7.4. Hata Kesintileri **44**
3.7.4.1. *Malmquist Etkisi* **45**
3.8.HIPPARCOS PARALAKS HATALARININ GENEL ÖZELLİKLERİ **47**
3.8.1. Gauss Hataları **48**
3.8.2. Gauss Dışı Hatalar **48**
3.8.3. Küçük Ölçekli Sistematik Hatalar **49**
3.8.4. Tesadüfi Paralaks Hatalarının Etkisi **49**
3.8.5. Doğrusalsızlık Etkisi **50**
3.8.6. Gözlenen Verilere İlişkin Kesinti Etkisi……..... **50**
4. BULGULAR **51**
4.1. HIPPARCOS VERİLERİ **51**
4.2. ANAKOL YILDIZLARININ BELİRLENMESİ **52**
4.3. IŞIMA GÜCÜ FONKSİYONU **55**
5. TARTIŞMA VE SONUÇ **59**
KAYNAKLAR **60**
ÖZGEÇMİŞ **69**

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 **:** Hipparcos uydusu……...…….5

Şekil 2.2 **:** Paralaksın tanımı…….5

Şekil 2.3 **:** Yıldızların, uzak yıldızlara göre konum değiştirmesi……..6

Şekil 2.4 : Hipparchus'un ilk gözlemlerinden Hipparcos'a uzanan süreçte gökyüzü gözlemlerindeki hassasiyet gelişimi……...……6

Şekil 2.5 : Bir yıldızın güneşe göre hız bileşenleri: μ öz hareket, V_t teğetsel hız, V_r radyal (görüş doğrultusundaki) hız bileşenleri: V ise toplam hızdır……..7

Şekil 2.6 : Hipparcos uydusundaki filtrelerin geçirgenlik fonksiyonları……15

Şekil 2.7 : Gaia Uydusu……..17

Şekil 3.1 **:** Hipparcos Çalışma İlkesi……...20

Şekil 3.2 **:** Hipparcos uydusunun genel yapısı. Uydu yükünü göstermek için altıgen duvarlar kısmen çıkarılmıştır……21

Şekil 3.3 **:** Tutulum koordinatlarında Hipparcos Nominal Tarama Kanunu – *Sol:* uydu ekseninin bir yıldaki hareketi – *Sağ:* birbirini izleyen 70 günde taranan gökyüzünün bir kısmı……..……23

Şekil 3.4 **:** Hipparcos uydu yükünün planı……..……26

Şekil 3.5 **:** Fırlatıldıktan sonra geçen günler (8 Ağustos 1989'dan itibaren).Uydunun üç yer istasyonundan biriyle iletişim halinde olduğu zaman oranı (kesikli çizgi) ve kullanışlı bilimsel verilerin toplandığı zaman oranı (düz çizgi). Oranlar, yer istasyonu konfigürasyonunun tahminen tekrarlandığı dört günlük dönemler için gösterilmektedir. İki çizgi arasındaki fark; temel olarak örtülmelerden, yerberi geçişlerinden sonra uydu durumu verilerini toplama ve yer istasyonunu kesintilerinden kaynaklanan zaman kaybını temsil etmektedir……..28

Şekil 3.6 **:** Güneş paneli açık devre voltajının gözlenen ve teorik bozulumu. Ölçümler, 1994 yılının sonuna kadar faaliyetlerle tutarlıdır……33

Şekil 3.7 **:** Ana ızgaranın ve yıldız eşleyicinin yapısı…….……35

Şekil 3.8 **:** Tek bir gözlem zamanı dilimi (2.133 s) boyunca Hipparcos gözlem stratejisi. A, B, C, D yıldızları, *N* sırasıyla 5, 3, 7 ve 5'e eşit olmak üzere bu sırada gözlenmektedir. E yıldızı görüş alanına girdiğinde, C yıldızının iki grup örnekleme periyodu E yıldızı tarafından kullanılır……37

Şekil 3.9 **:** Mutlak parlaklıkların bir Gauss dağılımı, uzaysal dağılım için Z_0 = 200 pc ile üstel bir disk ve görünürdeki bir parlaklık limiti $m_{lim} = 15^m$ durumunda Malmquist etkisi. Klasik Malmquist düzeltmesi (kesikli çizgi) karşılaştırma için verilmiştir……..46

Şekil 4.1 **:** Yıldız sayısı paralaks (π) dağılımı diyagramı……52

Şekil 4.2 **:** Yeni indirgenmiş Hipparcos kataloğundaki yıldızların rölatif paralaks (σ_π/π) hatalarının dağılımı……...52

Şekil 4.3 **:** Yeni indirgenmiş Hipparcos kataloğundaki rölatif paralaks hataları $\sigma_\pi/\pi<1$ olan 106867 yıldızın M_V - (B-V) renk parlaklık diyagramı. Düz katı çizgiler Bilir ve diğ. (2008)'nin anakol yıldızlarının seçiminde kullandığı sınırları göstermektedir……...54

Şekil 4.4 **:** Örnek içinde yer alan (içi boş) ve anakol örneği seçimi yapıldıktan sonra elde edilen yıldızların (içi dolu) mutlak parlaklık dağılımları…...54

Şekil 4.5 **:** Yıldız sayısı- H_P diyagramı. Kalın çizgi Hipparcos örneğinin limit parlaklığını gösterir……..57

Şekil 4.6 **:** Yeni indirgenmiş Hipparcos kataloğundan bu çalışmada anakol yıldızları için elde edilen ışıma gücü fonksiyonu (kalın çizgi) ve literatürde verilen ışıma gücü fonksiyonu (kesikli çizgi)…….58

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 **:** Hipparcos ve Tycho görevleriyle ilgili genel bilgiler……....12
Tablo 2.2 **:** Hp<9^m olan yıldızlar için standart medyan hataları (epok: J1991.25)..14
Tablo 2.3 **:** İki küresel astrometri görevindeki ana karakteristikler…….18
Tablo 3.1 **:** Hipparcos uydu yükü ve uydu özellikleri……..25
Tablo 3.2 **:** Hipparcos'un en yaşlı küresel kümelerinin yaşları……....40
Tablo 3.3 **:** Hipparcos ve GAIA ile lüminozite kalibrasyonları……...41
Tablo 3.4 **:** Zonklayan 3 tip değişenin uzaklık ölçüsü kalibrasyonları……42

Tablo 4.1 **:** Güneş civarı anakol yıldızları için ışıma gücü fonksiyonu tayininde kullanılan parametreler. Burada M_1-M_2 ardışık mutlak kadir aralıklarını, $<M>$ ardışık mutlak kadir aralıklarına denk gelen ortalama mutlak kadiri, N ardışık mutlak kadir aralığındaki yıldız sayısını, $r_{tamlık}$ söz konusu mutlak kadir aralığındaki pc birimindeki tamlık uzaklığını, $N_{tamlık}$ tamlık uzaklığı içinde bulunan yıldızları, ΔV tamlık sınırı içindeki uzay hacmini (pc^3), $log\ \Phi +10$ bu çalışmada hesaplanan ışıma gücü değerini ve Φ^* da literatürde (Cox 2000) Güneş civarı için verilen ışıma gücü fonksiyonunu gösterir…….57

SEMBOL LİSTESİ

α : Rektasansyon
δ : Deklinasyon
ε : Hata
$\mu_{\alpha\cos\delta}$: Rektasansyondaki öz hareket
μ_{δ} : Deklinasyondaki öz hareket
M_v : Mutlak parlaklık
π : Paralaks
σ_{π} : Paralaks hatası
σ_{π}/π : Rölatif paralaks hatası
T_{eff} : Efektif sıcaklık
m : Görünen parlaklık
m-M : Uzaklık modülü
mas : Mili yay saniyesi
dex : Logaritmik değeri gösteren birim
log Φ+10: Uzay yoğunluğunun logaritmik değeri
Φ^* : Literatürde Güneş civarındaki tek yıldızlar için hesaplanmış logaritmik uzay yoğunluğu değerleri
V_t : Teğetsel hız
V_r : Radyal (görüş doğrultusundaki) hız
V : Toplam hız

KISALTMA LİSTESİ

ARTEMIS : **(Advanced Relay Technology Mission)** İleri Yayın Teknolojisi Misyonu
ASCII : **(American Standard Code for Information Interchange)** Bilgi Değişimi İçin Amerikan Standart Kodlama Sistemi
DRS : **(Data Relay Satellite)** Veri Yayın Uydusu
ELDO : **(European Organisation for the Development and Construction of Space Vehicle Launchers)** Uzay Aracı Fırlatıcılarının Yapısı ve Gelişimi İçin Kurulan Avrupa Organizasyonu
ESA : **(European Space Agency)** Avrupa Uzay Ajansı
ESOC : **(The European Space Operations Centre)** Avrupa Uzay Operasyonları Merkezi
ESRIN : **(The European Scientific and Research Institute)** Avrupa Bilimsel Araştırma Enstitütüsü
ESRO : **(European Space Research Organisation)** Avrupa Uzay raştırmaları Organizasyonu
ESTEC : **(The European Space Research and Technology Center)** Avrupa Uzay Araştırmaları ve Teknolojileri Merkezi
FIRST : **(Far Infrared and Submillimetre Telescope)** Uzun Kızılötesi ve Milimetrealtı Teleskop
FITS : **(Flexible Image Transport System)** Esnek Görüntü Aktarım Sistemi
FK5 : **(Fundamental Catalog 5th)** 5. Temel Katalog
GAIA : **(Global Astrometric Interferometer for Astrophysics**) Astrofizik İçin Küresel Astrometrik İnterferometre
GPS : **(Global Positioning System)** Küresel Konumlama Sistemi
HIP : Hipparcos kataloğundaki yıldızların numaraları
HIPPARCOS : **(High Precision Parallax Collecting Satellite)** Yüksek Hassasiyette Paralaks Ölçüm Teleskobu
HR : **(Hertzprung-Russell (Diagram))** Hertzsprung-Russell Diyagramı
HST : **(Hubble Space Telescope)** Hubble Uzay Teleskobu
ICRS : **(International Celestial Reference System)** Uluslararası Göksel Referans Sistemi
INTEGRAL : **(International Gamma-Ray Laboratory**) Uluslararası Gama Işını Laboratuarı

ISO	**: (Infrared Space Observatory)** Kızılötesi Uzay Gözlemevi
IUE	**: (International Ultraviolet Explorer)** Uluslararası Morötesi Araştırıcısı
NASA	**: (National American Space Agency)** Ulusal Amerikan Uzay Ajansı
SIM	**: (Space Interferometry Mission)** Uzay İnterferometre Misyonu
SOHO	**: (Solar Heliospheric Observatory)** Helyosferik Güneş Gözlemevi
TÜRKSAT	**: (TURKish SATellite)** Türk Uydusu
TYC	**:** Tycho kataloğundaki yıldız numaraları
XMM	**: (X-ray Multi Mirror)** Çok Aynalı X-ışın Teleskobu
VLBI	**: (Very Large Baseline Interferometry**) Çok geniş tabanlı interferometre
TYC	**:**Tycho
FAST	**: (Fundamental Astrometry by Space Techniques)** Uzay Teknikleriyle Temel Astrometri
NDAC	**: (Northern Data Analysis Consortium)** Kuzeyin Veri Analizi Konsorsiyumu
INCA	**: (Input Catalogue)** Katalog Oluşturma Birimi
LMC	**: (Large Magellanic Cloud)** Büyük Macellan Bulutu

ÖZET

HIPPARCOS UYDUSUNUN YAPISI VE UYDU VERİLERİYLE BİR UYGULAMA

Avrupa Uzay Ajansı'nın Hipparcos astrometri misyonu, tarihi, bilimsel hedefleri ve gözlem programı, uydu yükü tasarımı ve uydu operasyonları ve veri indirgemeleri için yapılan planlara, uydu fırlatma öncesinde sık sık yer verilmiştir. Uydunun en kapsamlı tanımı, gözlem programı ve veri indirgeme için öngörülen yöntemler üç ciltlik ESA yayınında belirtilmiştir (Perryman ve diğ. 1989).

Bu çalışmada, Hipparcos astrometri uydusu hakkında geniş bir literatür taraması yapılmıştır. Uydunun tarihçesi, genel özellikleri, teknik özellikleri, optik yapısı, yıldız seçimi, gözlemlediği yıldızlar ve sonuçta oluşturulan kataloglar hakkında bilgiler verilmiştir. Hipparcos uydusunun elde ettiği verilerle birçok alanda değişik uygulamalar yapmak mümkündür. Buna bağlı olarak, güncel Hipparcos verilerinin bulunduğu yeni indirgenmiş Hipparcos Kataloğu kullanılarak, Güneş civarındaki ana kol yıldızlarının ışıma gücü fonksiyonu elde edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen ışıma gücü fonksiyonunun literatürdeki ışıma gücü fonksiyonuyla uyumlu olduğu görülmüştür.

ABSTRACT

THE STRUCTURE OF HIPPARCOS SATELLITE AND AN APPLICATION WITH THE SATELLITE DATA

Overviews of the European Space Agency's Hipparcos astrometry mission, its history, scientific objectives and observing program, the payload design, and plans for the satellite operations and data reductions, have been given frequently before the satellite launch. The most comprehensive description of the satellite, observation program, and methods foreseen for the data reduction are contained in a three-volume ESA publication (Perryman et al. 1989).

In this study, an extensive review of the literature about the Hipparcos astrometry satellite had been done. The history of the satellite, the general features, technical specifications, optical structure, star identification, information about the observed stars and the resulting catalogs was given. Derived by the Hipparcos satellite data, it is possible to make different applications in many fields. Accordingly, using the newly reduced Hipparcos Catalogue which contains the most recent data, the luminosity function for stars in the solar neighbourhood was obtained. The luminosity function calculated in this study is in good agreement with the ones appearing in the literature.

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HIPPARCOS UYDUSU'NUN YAPISI VE UYDU VERİLERİYLE BİR UYGULAMA

Özge AVCIL BORA

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Hulusi GÜLSEÇEN

Nisan, 2011

İSTANBUL

Bu çalışma … tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı Astronomi ve Uzay Bilimleri programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüriler:

Yrd. Doç. Dr. Hulusi GÜLSEÇEN (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

1. GİRİŞ

İnsanlar tarih öncesi zamanlardan bu yana gökyüzündeki olaylara sürekli ilgi duymuş ve gelişimlerinin her evresinde gökyüzünden etkilenmişlerdir. 1610 yılına kadar göz ile sürdürülen bu incelemeler, daha sonra Galileo'nun öncülüğünde teleskopları eklemiş ve çıplak göz ile görülemeyen gök cisimlerini de incelemeyi başarmıştır. Teleskobun çapı ne denli büyük olursa, o denli uzak ve sönük cisimleri görebildiğini fark eden çağımızın bilim adamları, daha büyük teleskoplar yapma çabalarını bugün de sürdürmektedirler. Yer gözlemlerinin yanı sıra daha uzak mesafeleri gözleyebilmek, atmosferin görüntü bozucu etkilerinden kurtulmak ve atmosfer dışı uzay gözlemleri başlatabilmek için uzay teleskoplarını ve uyduları tasarlanmaya başlamıştır. Bunlardan biri de Hipparcos uydusu olup, 1989 yılında uzaya gönderildi ve tüm aksiliklere rağmen elde ettiği veriler bilim adamlarına yeni çalışma alanları sağladı. Hipparcos görevini uzun süre önce tamamlamasına rağmen elde ettiği veriler hala çeşitli çalışmalarda kullanılmaktadır. Hipparcos'un açtığı astrometri yolunu, ESA'nın yeni dönem astrometri uydusu GAIA'nın takip etmesi planlanmaktadır.

Bu tezin yazılış amacı, Hipparcos uydusunun astronotik açıdan incelenmesi ve bu uydunun astronomiye katkılarının bir uygulama yapılarak araştırılmasıdır.

"Genel Kısımlar" bölümünde Hipparcos uydusu ile ilgili geniş bir literatür taraması yapılmış ve uydunun görevleri ve çalışma alanlarına değinilmiştir. "Malzeme ve Yöntem" bölümünde, uydunun yapısal özellikleri, uzay mekiği yer istasyonu ilişkileri, yıldız seçim yöntemleri gibi konular anlatılmıştır. "Bulgular" bölümünde, uydu verilerinden bir uygulama yapılarak, Güneş civarı anakol yıldızlarının ışıma gücü fonksiyonları tayin edilmiştir. Bu, literatüre kazandırmayı umduğumuz yeni bir çalışmadır. Son olarak "Tartışma ve Sonuç" bölümünde ise bulunan sonuçlarla literatürdeki sonuçlar karşılaştırılmış ve bölümümüzde uygulanan yeni yöntemlerin doğruluğu gösterilmiştir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. AVRUPA UZAY AJANSI

Kısa adı ESA (European Space Agency) olan Avrupa Uzay Ajansı, 14'ü Avrupa ülkesi (Almanya, Avusturya, Belçika, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Hollanda, İngiltere, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya ve Norveç) biri de kısmi işbirliği (Kanada) olmak üzere 15 ülkenin hükümetler düzeyinde üyesi olduğu bir Avrupa kuruluşudur. ESA, Avrupa'da bulunan iki eski Avrupa Uzay Organizasyonu, ESRO (European Space Research Organization) ile ELDO'nun (European Organization for the Development and Construction of Space Vehicle Launchers) birleşmesiyle 1975 yılında kurulmuş bir organizasyondur. Temelde bu iki kuruluşun yükümlülüklerini ve haklarını elinde tutan ESA, esas olarak, uzay bilimleri (gezegenler, uzay boşluğu, Güneş, ısı, enerji, göktaşları, yıldız sistemleri, uzay fiziği, astronomi vb.), yeryüzü gözlemleri (enerji, su, maden ve mineral kaynaklarının araştırılması), telekomünikasyon (uydu haberleşmesi, GPS), uzay taşıyıcıları (uydu fırlatma sistemleri, araştırma uyduları), mikro-çekim ve uluslararası uzay istasyonu gibi alanlarda çalışmalarını sürdürmektedir.

ESA'nın yönetimini elinde bulunduran hükümetler düzeyindeki bu konseyin, tamamının bilim adamlarından oluşan alt komisyonları vardır ve alınan tüm kararlar bu komisyonlara iletilerek değerlendirilir. Bu komisyonlarda şekillenen projeler genel merkeze iletilir. Böylece, başta politik ve idari olarak başlayan süreç, sonunda bilimsel ve teknolojik projelere dönüşür. Söz konusu projelerin hayata geçirilmesi ise çalışma alanlarına göre dağılmış durumdadır. Projeler, ESA'ya bağlı çeşitli merkezlerdeki kuruluşlarda gerçekleşir. Örneğin, teknolojik bir çalışma ise Hollanda'da bulunan ESTEC'e; bilimsel bir çalışma ise; İtalya'da bulunan ve asıl olarak uydular aracılığıyla elde edilen verilerin bilimsel araştırma amaçlı kullanılması çalışmalarının yürütüldüğü ESRIN'e aktarılır. ESA'ya bağlı böyle üç ana kuruluş vardır:

1. ESTEC (The European Space Research and Technology Center-Avrupa Uzay Araştırmaları ve Teknoloji Merkezi) Noordwijk, Hollanda.
2. ESOC (The European Space Operations Centre-Avrupa Uzay Operasyonları Merkezi) Darmstadt, Almanya.
3. ESRIN (The European Scientific and Research Institute-Avrupa Bilimsel Araştırma Enstitüsü) Frascati, İtalya.

2.1.1. ESA'nın Dünya ve Uzay Kâşifi Uyduları

ESA'nın temel hedefleri, üye ülkelerce; "uzay araştırmaları, uzay teknolojileri ve bunların uygulamalarında Avrupa ülkeleri arasında barışçıl amaçlarla bir işbirliği sağlamak" olarak belirtilmiştir. Bu hedeflere yönelik olarak ESA, uzay bilimleri, yeryüzü gözlemleri, telekomünikasyon, uzay nakil sistemleri, insanlı uzay uçuşları ve mikro-çekim bilimleri gibi disiplinler ile uzay teknolojilerini destekler.

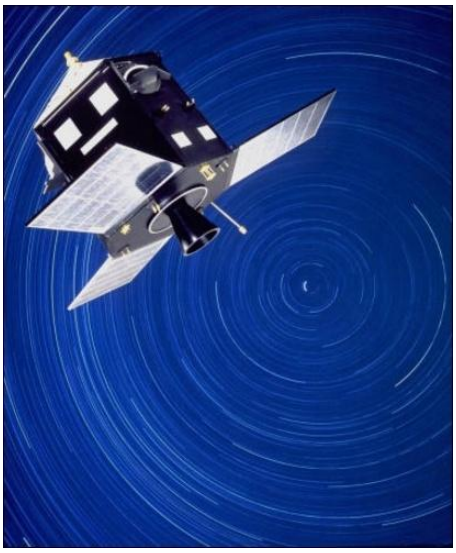
Güneş ve gezegen araştırmalarından, astrofiziğe dek uzanan geniş çaplı ve birbiriyle sıkı ilişki içinde olan disiplinleri de kapsadığı için, Astronomi ve Uzay Bilimleri çok rahat disiplinler arası çalışabilir. Uzayı ve Evren'i araştırırken yakın çevremizi, gezegenleri ve her şeyden önemlisi Dünya'yı farklı bir açıdan inceler. ESA da uzay araştırmalarının yanı sıra Dünya'ya ilişkin bilim programları üzerinde de çalışılıyor. ESA'nın "bilim programı" kapsamında, 1968-1983 yılları arasında fırlatılmış ve şu an görevlerini tamamlamış 11, halen etkin durumda beş bilimsel uydusu var. Bunlardan 1978'de NASA ile ortak fırlatılan IUE (International Ultraviolet Explorer) Uluslararası Ultraviyole Araştırıcı uydusu, 10000 gökcismini inceledi. Avrupa'nın en çok bilinen uzay aracı Giotto, özellikle Halley kuyrukluyıldızını karşılamasıyla tanınır. Giotto şimdilerde Güneş çevresindeki uzun yörüngesinde yolculuğuna devam etmektedir. Tek astronomi uydusu olan Hipparcos, 1989 yılında astrometri çalışmaları için gökyüzündeki tüm yıldızların bir kataloğunu oluşturmak amacıyla fırlatılmıştı. Hipparcos, 120000 yıldızın 2-4 mili yay saniyesi hassasiyetle ölçtüğü konum ve paralaksları hakkında ciddi miktarda veri topladı. İnsanoğlunun uzaydaki gözü olarak bilinen Hubble Uzay Teleskobu, ESA'nın %15 ortaklıkla yürüttüğü bir projedir. Bu projeye göre Avrupalı araştırmacıların bu teleskopta %15 gözlem zamanı kullanma hakları var. Ancak pratikte, yürüttükleri çalışmaların önemi nedeniyle bu zamanın daha

fazlasını kullanıyorlar. 1990'da fırlatılan Ulysses, Güneş kutbunun üzerinde, şimdiye dek keşfedilmemiş bölgelerdeki parçacıkları ve alanları gözlemek üzere ekliptik düzleme dik bir yörüngeye oturtuldu. ISO'da (Infrared Space Observatory-Kızılötesi Uzay Gözlemevi) şimdiye dek yapılmış uydulardan binlerce kat daha fazla hassasiyetle, kızılötesi ışınımları gözlemleyecektir. Aralık 1995'te fırlatılan ve yeni keşiflerini son zamanlarda Dünya'ya ulaştıran SOHO (Solar Heliospheric Observatory-Helyosferik Güneş Gözlemevi), Güneş'in gizemlerini araştırmaya devam ediyor. Elektromanyetik spektrumun X-ışını, gama ve kızılötesi bölgelerinde gözlemlerini sürdüren XMM (X-Ray Multi-Mirror, X-Işını Çoklu-Ayna), INTEGRAL (International Gamma-Ray Laboratory, Uluslararası Gama Işını Laboratuvarı) ve FIRST (Far Infrared and Submillimetre Telescope, Yakın Kızılötesi ve milimetre-altı teleskobu) projeleri Evren'i bu dalgaboylarında gözleyecektir. Bunların dışındaki ARTEMIS (Advanced Relay Technology Mission, Gelişmiş Aktarım Teknolojisi) ve DRS (Data Relay Satellite, Veri Aktarım Uydusu) uyduları ise iletişim amaçlı uydu projeleridir. ESA tarafından geliştirilen ve ilki 1979 yılında fırlatılan Ariane roketleri ise 90 uçuşta 130'un üzerinde uyduyu Dünya yörüngesine yerleştirdi (bunlardan biri de Türkiye'ye ait haberleşme uydusu TÜRKSAT). ESA'nın, her biri önemli bilimsel amaçları olan bu uyduları; uzay araştırmalarına ve dolayısıyla dünya bilimine katkılarını simgeliyor. Çünkü bu çalışmaların ürünleri, tüm dünya ülkelerinin araştırmacılarına veri olarak yansıyor.

2.2. HIPPARCOS UYDUSU

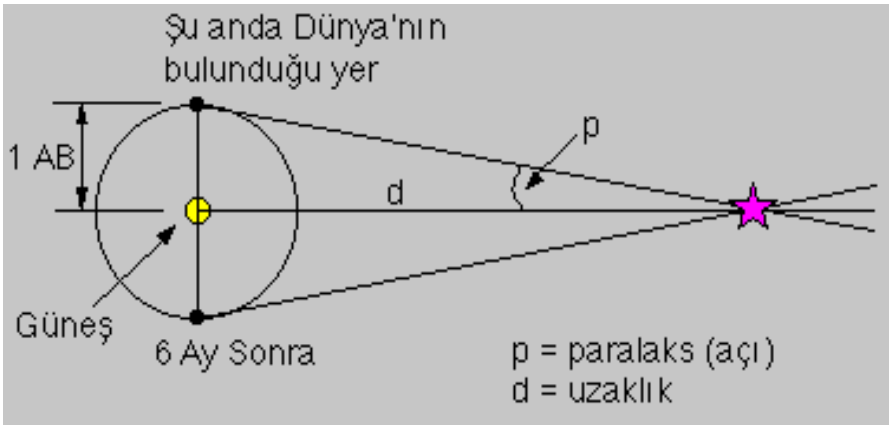
Nicealı (İznikli) Hipparchus, M.Ö. 2. yy.'da yaşamış bir matematikçi, astronom ve filozoftur. Her gece yıldızların ve gezegenlerin pozisyonlarını ölçerek, basitçe parlak veya küçük olarak tarif edilen 1080 yıldızdan kendi kataloğunu oluşturdu.

Hipparchus, astrometriyle uğraşan ilk bilim adamı değildi; ancak, oluşturduğu yıldız kataloğu, daha iyi aletler ve teknikler kullanan astronomların derlemelerinden daha iyiydi. Yeryüzünden yapılmış bu ölçümlerle astronomlar, temel yıldız hareketlerinden Evren'in yaşını tahmin etmeye kadar, birçok bilgiyi türetebilmiştir.



[1]Şekil 2.1 Hipparcos uydusu

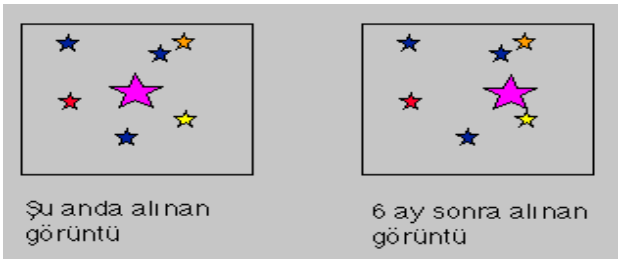
8 Ağustos 1989'da Ariane 4 roketine bindirilen, Hipparcos olarak bilinen "High Precision Parallax Collecting Satellite" (Yüksek Hassasiyette Paralaks Toplayıcı Uydu) uydusu göreve başladı (Şekil 2.1). Hipparchus'un 20. yüzyıl adaşı, projenin mimarlarına meydan okudu ve küçük bir kaza geçirmesine rağmen, yaklaşık 120.000 yıldızın paralaksını ölçtü. Peki basitçe paralaks nedir? Paralaks, ele alınan belirli bir gökcisminin Dünya'ya olan uzaklığına eşit bir uzaklığın, bu gökcisminden hangi açı altında görüleceğini belirten açısal birimdir. Şekil 2.2 üzerinde paralaks tanımı daha iyi anlaşılabilir.



[2]Şekil 2.2 Paralaksın tanımı

[1] http://www.rssd.esa.int/index.php?project=HIPPARCOS
[2] http://astronomy.science.ankara.edu.tr/old/astro/turkce_ast/ders/genel_ders/win_ders14.html

Yakın bir yıldız gökyüzünde uzak yıldızlara (Arkafon Yıldızları) nazaran konumunu değiştirir. Bu, Şekil 2.3. ten görülebilir.



[3]Şekil 2.3 Yıldızların, uzak yıldızlara göre konum değiştirmesi

Şekil 2.2' ye bakarak paralaks hesabı yapmak için, eşitlik 2.1 kullanılır:

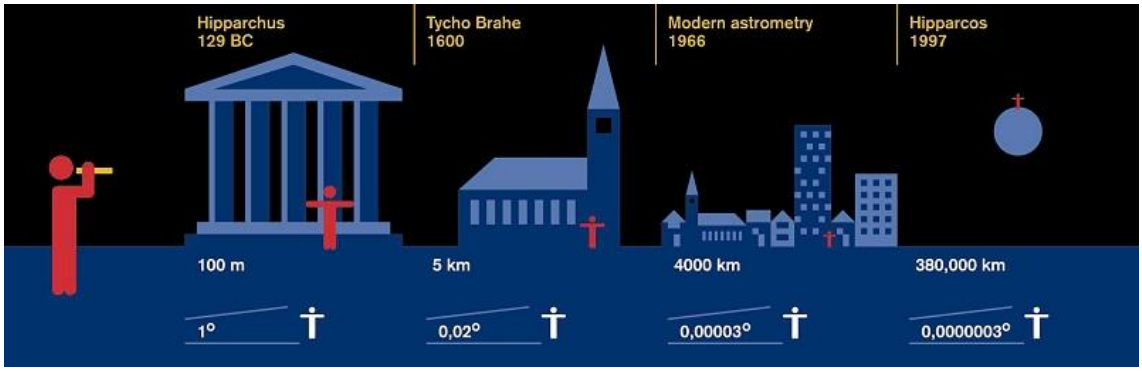
$d = 1 / p$ ……(2.1)

Burada d, uzaklık, p ise paralaksı belirtir. Paralaks yay saniyesi cinsinden ölçülür. Uzaklık birimi ise parsek (pc)'tir. Hesap yapılırken eşitlik 2.2 dikkate alınmalıdır.

1 parsek (pc) = 206265 AB = 3.1×10^{16} m = 3.26 Iy …… (2.2)

Daha uzaktaki yıldızlara gidildikçe paralaks değerleri de küçülür. Dünyadan ölçülen paralaks değerleri ~0".02 den daha iyi ölçülemez (bu da uzaklık olarak d < 50 pc'ye karşılık gelmektedir).

Paralaks, Evren'deki uzaklıkları ölçebilmek için en önemli adımdır.
Bununla birlikte, yakın yıldızlar, Evren'deki diğer cisimlerin uzaklıklarını ölçmek için bir basamak olarak kullanılır.



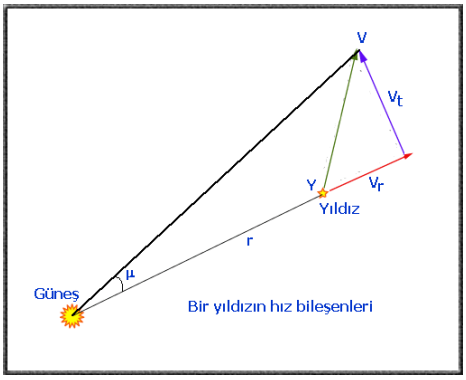
[4]Şekil 2.4 Hipparchus'un ilk gözlemlerinden Hipparcos'a uzanan süreçte gökyüzü gözlemlerindeki hassasiyet gelişimi.

[3] http://astronomy.science.ankara.edu.tr/old/astro/turkce_ast/ders/genel_ders/win_ders14.html
[4] http://wwwhip.obspm.fr/heritage/hipparcos/introsp1136/

Güneş dâhil bütün yıldızlar Samanyolu merkezi çevresinde müthiş hızlarla dolanırlar. Örneğin; yıldızların uzay hızlarından, Güneş'in Samanyolu çevresinde yaklaşık 220 km/s hızla dolandığı hesaplanmıştır. Yıldızların yörüngeleri az ya da çok birbirlerinden farklıdır. Güneş'ten itibaren yıldızlar izlendiğinde, kimilerinin birbirine yaklaştığı, kimilerinin birbirinden uzaklaştığı görülür.

Bir yıldızın Güneş'e göre hareketini incelendiğinde, yıldızın gözlemcinin bakış doğrultusuna eğik bir çizgi boyunca hareket ettiği görülür. Bu hareket, bir başka deyişle yıldızın hızı, iki bileşene ayırılabilir: Bakış doğrultusundaki hız ve bakış doğrutusuna dik doğrultudaki hız. Birincisine radyal hız, ikincisine teğetsel hız denir. Teğetsel hız, yıldızın görüldüğü açının değişmesine neden olur. Yıldız yakınsa, bu açı çabuk değişir, yıldız uzaksa yıldızın (aynı zaman içinde) kat ettiği açı küçük olduğundan, ilk bakışta yıldızın yer değiştirdiği sezilemeyebilir.

Teğetsel hızın neden olduğu birim zamandaki açısal yer değiştirmeye, *öz hareket* denir. Öz hareket ve teğet hızın temsili bir resmi Şekil 2.5.'te verilmiştir.



[5]Şekil 2.5 Bir yıldızın Güneşe göre hız bileşenleri: μ öz hareket, V_t teğetsel hız, V_r radyal (görüş doğrultusundaki) hız bileşenleri: V ise toplam hızdır.

Öz hareket, yıldızın rektasansyon ve deklinasyonunda değişmeye neden olduğundan, ilke olarak ölçülmesi kolaydır, fakat öz hareketler çok küçük olduklarından ölçülebilir büyüklüklere ulaşmaları için yıllarca beklemek, ölçtükten sonra da aradan geçen yıla bölmek gerekir. Örneğin; 10 yıl içinde 2".5 kayma gösteren bir yıldızın öz hareketi, μ = 2".5/10 = 0".25 /yıldır. En büyük öz hareket μ = 10".25 /yıl ile Barnard yıldızı adında bir yıldıza aittir.

[5] http://derman.science.ankara.edu.tr/kitap/46.html

Hipparcos, yıldızların paralaks ve öz hareketlerini ölçmek için tasarlanmış, ESA'nın astrometri görevidir. Proje, ünlü gökbilimci Hipparchus'un onuruna adlandırılmıştır. 1967'de bu görev için çıkan fikirler, 1980'de ESA tarafından kabul edilmiştir. 1989 Ağustos ayında yer-durağan bir aktarım yörüngesine fırlatılan Hipparcos astrometri uydusu en öte itme motoru arızalanması nedeniyle amaçlanan yer-durağan yörüngesine ulaşmayı başaramadı. Böyle bir yörüngenin başlıca sıkıntısı, uydu radyasyon kuşaklarından geçerken foton gürültüsünün, kullanışlı süreyi yörünge periyodunun yaklaşık %60-70'ine azaltarak gözlemleri imkânsız kılacak kadar yüksek olmasıdır. Radyasyon, 1992 Temmuz ayından birkaç ay sonra devre dışı bırakılmış olan uydunun bazı bileşenlerine yavaş yavaş zarar verdi ve en sonunda 1993 Mart ayında yaklaşık 37 aya denk gelen yararlı gözlemlerine son vererek bütün gözlemlerini durdurdu. Mevcut bulgular, görev süresinin yaklaşık %65'i içerisinde, son derece yüksek kalitedeki bilimsel verilerinin elde edildiğini gösterir. Varsayılan 3 yıllık uydu işletim süresi boyunca, asıl görev hedefleri (konumlar, paralakslar ve yaklaşık 2 mili-yay saniyelik bir kesinlikle yıllık öz hareketler) gerçekleştirilebilir olmalıydı; yani fırlatma öncesi planlanan 2.5 yıllık görev beklentileri, revize edilmiş yörüngede 3.5 yıllık bir görevle gerçekleştirilebilecek olmalıydı.

Hipparcos uydusu ile ilgili genel bilgiler:
Fırlatma tarihi: 8 Ağustos 1989
Fırlatma aracı: Ariane 4
Görev süresi: 3.5 yıl
Yörünge tipi: Yer merkezli transfer yörünge
Yörünge yüksekliği; en beri: 507 km, en öte: 35.888 km
Dalgaboyu: Görsel
Yarıçap: 29 cm
Odak uzunluğu: 1.4 m

2.2.1. Hipparcos Uydusu'nun Görevleri

Hipparcos, yıldızların konumları, paralaksları ve öz hareketlerinin kesin ölçümüne adanmış ve öncülük eden bir uzay deneyidir.

Hedef; 400.000 yıldızın astrometrik parametrelerini hesaplamak ve iki renkli fotometrik özelliklerini saptamaktı. 2.5 yıllık planlamadan sonra bu hedef, 120.000 yıldızın 2-4 mili yay saniyesi arasında hassasiyette beş astrometrik parametresini (rektasansyon, deklinasyon, paralaks, rektasansyondaki öz hareket, deklinasyondaki öz hareket) ölçme olarak belirlendi. 1980'de ESA bilimsel programı dâhilinde proje kabul edildi. Ağustos 1989'da Ariane 4 tarafından uydu fırlatıldı ve oldukça yüksek kaliteli bilimsel veriyi üç yıldan fazla süre topladıktan sonra, uyduyla iletişimler Ağustos 1993'te kesildi. Görev, beklenenin ötesinde başarıyla tamamlanmıştı. Atmosferin ötesine gözlem platformunu yerleştirmekte ve atmosferin görüş etkisinden ve kütle çekimsel bükülmeden ve ısı dalgalanmalarından bağımsız olmasından yararlanmaktaki amaç; mutlak paralakslar ve mili yay saniyesi düzeyinde bölgesel veya sistematik hatalardan uzak, konumsal ve yıllık öz hareket ölçümlerinin elde edilebileceği, birçok farklı yönde açı ölçümü oluşturmaktır.

Hipparcos uydusu; Matra Marconi Space, Alenia Spazio ve endüstriyel iş ortaklarının bir ürünüdür. Optik sistemin temelini 290 mm açıklık ve 1400 mm odak uzaklığına sahip bir Schmidt teleskobu oluşturur. Aletin beklenen hassasiyeti 0.001-0.002 yay saniyesi mertebesindeydi. Uydu ayrıca güç için Güneş panelleri ve iletişim için s-band anteni içeriyordu. Hipparcos'un fırlatılma kütlesi 500 kg idi. Esas amaç, Dünya üzerinde yörüngeye uydu yerleştirmekti; fakat 507 (enberi) ve 35.888 (enöte) km arasında, en öte itme motoru arızası oldu. Uydunun amaçlanan yer sabit yörüngesine yerleştirilememesi ilk olarak, görevden beklenen bilimsel sonuçların önemli derecede azalmasına yol açtı. Bu durum, öncelikle yüksek parçacık yoğunluğuna sahip radyasyon ortamında Güneş panellerinin tahmin edilen bozunumu nedeniyle oldukça eliptik yörüngesinde uydunun ömrünün kısalmasının beklenmesinden kaynaklandı. Diğer karışıklar ise, tek öngörülen yer istasyonunun kullanımıyla mümkün olan sınırlı veri kurtarma, yerberinin etrafında yaşanan yüksek tedirgin edici torklar, daha sık yer örtülmeleri ve aktarım yörüngesinde yaşanan daha fazla genişlemiş tutulmaları kapsadı. Revize edilmiş Hipparcos görevinin ana başlıkları; yükselttiği manevra ve son yörünge

seçimi, ek yer istasyonu uygulaması, Güneş paneli gücü izleme, durum kontrolü sisteminin revizyonu ve uydu yükü ve uydu muayenesidir (Clausen 1989, Clausen, Perryman 1990, Perryman 1991).

Program iki parçaya ayrıldı: "Hipparcos Deneyi", amacı 2-4 mili yay saniyesi hassaslık aralığında 120.000 yıldızın beş astronomik parametresini ölçmek ve Tycho Deneyi; amacı daha düşük mili yay saniyesi hassasiyet seviyesi aralığında 400000 ek yıldızın astrometrik ve iki renkli fotometrik özellikleri ölçümüydü.

Hipparcos, 58°'lik bölümlere ayrılmış olarak iki yönde gökyüzünü taradı. Hassasiyet derecesinin yüksek olması için görüş alanı içinde yıldızların ayrımına izin vererek, görüntü 3000 paralel yarıkla bir ızgara içine bölüştürüldü.

Hipparcos ilkesi (Bölüm 3.1.1.), 1966 yılında Lacroute tarafından bulundu, ancak uzay teknolojisi onun gelişiminin ciddi bir şekilde dikkate alınmasına izin vermeden önce on yıldan fazla bir süre geçti. Hipparcos uydusunun temel çalışmalarını tamamlandıktan sonra (Bacchus ve Lacroute, 1974), farklı araştırmacılar (Høg ve Lindegren) tarafından geliştirilmeye devam edildi ve uyduya yıldız eşleyicinin iki renkli kanallarla birlikte bilimsel kullanım kavramı gibi birkaç yeni özellik eklendi. Böylece 1980 yılında uydunun planı tamamlandı ve bir ESA projesi olarak seçilebildi. Tycho deneyi de, Yüksek Hassasiyetli Paralaks Toplayıcı Uydu (HIgh Precision PARallax COllecting Satellite) yerine kullanılan bir kısaltma olan ve ayrıca öz hareketin bulucusu ve ilk yıldız kataloğunun yazarı olan Hipparchus adıyla da bilinen genel Hipparcos adını koruyan göreve eklendi.

2.2.2. Hipparcos Uydusu'nun Görev Sonuçları

Hipparcos görevini tamamladıktan sonra iki katalog yayımlandı: Hipparcos ve Tycho katalogları. Son Hipparcos kataloğu (1 mili yay saniyesi astrometri seviyesi ile 118.218 yıldız) ve son Tycho kataloğu (20-39 mili yay saniyesi astrometri ve iki renkli fotometri ile bir milyondan fazla yıldız), 1996 Ağustos'ta tamamlandı (ESA, 1997). Ayrıca Hipparcos kataloğu 2007 yılında yeniden güncellendi (van Leeuwen, 2007).

Veri transferinin ilk aşaması 8 Ağustos'ta başlatıldı ve Ocak 1997'de arta kalan verinin ikinci ve son aşaması Principal Investigators'da yer aldı. Haziran 1997'de ESA tarafından kataloglar yayınlandı (ESA, 1997).

Tüm gökyüzünde 2.500.000 parlak yıldızın astrometrik ve fotometrik referans kataloğu olan Tycho-2 kataloğu, 8 Şubat 2000'de yayımlandı. Katalog, orijinal Tycho kataloğunda yer alan yıldızın iki misli olan 2.539.913 yıldız için konum, hareket, parlaklık ve renk bilgilerini içerir.

Hipparcos ve Tycho verileri Milenyum Yıldız Atlası (Millennium Star Atlas) oluşturulmasında kullanıldı. Hipparcos ve Tycho kataloglarına, 1.000.000 tane yıldız olmayan cismi ve görünen kadirleri 11 olan yıldızları da ekleyerek, bir milyon yıldızın tüm gökyüzü atlası oluşturuldu.

Hipparcos'un öncelikli hedefi, astronomik esasların bolluğunu tayin etmek için çalışan 200'den fazla bilim adamı tarafından seçilmişti: uzaklıklar, hareketler, parlaklıklar, kütleler, büyüklükler, kırmızı ve beyaz cüceler, dev yıldızlar, radyo ve X- ışın yıldızları, değişenler ve çiftlerin geniş aralığı. Ek olarak, yıldız kümelerinin dinamiklerinin, yıldız fiziğinin ve yıldızlararası ortamın çalışmaları planlandı. Son olarak proje, elektromanyetik spektrumun diğer bölümleri içinde görülen cismler ile bu ızgara bağlantısını ve gökyüzünün görülebilir yıldızları için esas referans yapısını çıkarmak için çabalanacaktı.

Uzay tabanlı gözlemlerle paralel yer tabanlı programlar, seçilmiş program yıldızları için iyi konumsal ve fotometrik veri elde etmek için profesyonel ve amatör gözlemciler ile ortak olarak organize edildi. Bu görev, planlayıcılarına uydunun sınırlı yaşamının kullanımını en uygun hale getirmeye izin verecekti. Asıl birlikte çalışılan projeler Hubble Uzay Teleskobu kullanıcılarıyla radyo astronomları ve diğer önemli yer tabanlı programlar arasında başladı.

Hipparcos topluluğunda, 20 yıldır projeyle çalışmış olanların da bulduğu heyecan verici olay, Ariene Roketi'nin taşıdığı yükü uzaya fırlatıp, yolculuğuna devam etmesidir.

Uzay gemisinin apoje itme motoru yandığında, bu bilim adamlarının heyecanı, hüsrana dönüştü. Bu kayıpla birlikte, uzay aracına güç sağlayan Güneş panellerinin hasarına sebep olacak şekilde risk taşımasına ve Hipparcos'un van Allen kuşakları boyunca ince uzun bir yörüngeye oturmasına neden oldu.

Neyse ki bu panellerin radyasyona beklenenden daha dayanıklı olduğu ortaya çıktı. Birkaç ay boyunca ESA'nın proje takımı, Avrupa Uzay Ajansı Operasyon Merkezi (ESOC), endüstri üyeleri ve Hipparcos bilimsel konsorsiyumu, yüksek eksentrisiteli (dış merkezli) yörünge tarafından ortaya çıkan gözlemsel ve programlama problemleri için dikkat kesildiler. Tüm çabaların bir sonucu olarak, görev Kasım 1989'dan Mart 1993'e kadar başarıyla işledi: uydu zamanının %60'ını veri toplayarak geçirdi.

[6]Tablo 2.1 Hipparcos ve Tycho görevleriyle ilgili genel bilgiler.

	Hipparcos	**Tycho**
Hedefler:	118.000 yıldız	1.000.000 yıldız
Kadir sınırı:	$12^{m}.5$	$11^{m}.5$
Astrometrik ayırma gücü:	0″.001	0″.025
Fotometrik ayırma gücü:	$0^{m}.002$	$0^{m}.06$
Not: 1″, 1°nin 1/3600'üdür.		

Uydunun yıldız haritacıları, parlaklığı $11^{m}.5$'e kadar olan yıldızlar için, 1 milyondan fazla çalışma içinde kullanılacaktı; 0^{m}. 01 ve $0^{m}.02$'lik hassasiyet, $9^{m}.5$'den daha parlak yıldızlar için elde edildi. Görevin bu parçası 16 y.y.'daki üretken bilim adamı Danimarkalı Tycho Brahe'den dolayı Tycho olarak adlandırıldı. 1.058.332 yıldızlık Tycho kataloğunda Hipparcos kataloğuna göre daha az, ama yine iyi bir hassasiyette, birçok yıldızın yardımcı bir yıldız haritasını oluşturacak şekilde tam yeri saptandı.

[6] http://wwwhip.obspm.fr/heritage/hipparcos/SandT/hip-SandT.html

Tycho kataloğu, en parlak yıldız olan Sirius'tan 100.000 defa daha sönük olan 11. kadire kadar tüm yıldızların %99'unu içeren, toplam 2.539.913 yıldız için tamamlandı.

Hipparcos verilerinin yayınlanması, daha önce benzeri görülmemiş kesinlikte, geniş bir veri setine ulaşmayı sağladı. Bunu, farklı seviyelerdeki kadir değerlerini büyüterek, gözlenen nesnelerin uzaklık ve güç niteliklerini belirleyerek başardı.

Fotometrik paralaksların ve ışıma gücünün temel birincil uzaklık göstergesi güvenilir derecede zamana bağlı olarak geliştirilmektedir (metal ve helyum ile ilgili anakol pozisyonlarının kalibrasyonları, anakol kümesi uyumu, zonklayan değişen yıldızların uyumu, zonklayan-değişen yıldızların periyot-ışıma gücü ilişkisi kalibrasyonları).

Hipparcos ve Tycho katalogları 16 yazılı cilt ve ASCII'nin bir cildi CD-ROM olarak (ESA, 1997), Hipparcos ve Tycho kataloglarının temel bölümlerini içeren Celestia 2000, ekler ve güncellenmiş tamamlayıcı yer tabanlı veriler, sıkıştırılmış ikili biçimde yayımlandı.

Hipparcos kataloğunun karakteristikleri, tüm detaylarıyla kataloğun ilgili sayfalarında tanımlanmış ve Astronomy ve Astrophysics dergisinin bir cildinde, seri makaleler olarak yayımlanmıştır (Perryman ve diğ., 1997, Lindegren ve diğ., 1997).

Tycho kataloğu ayrıca dokümanlarda ayrıntılı olarak tanımlanmış ve bir özeti Hœg ve diğ. (1992) tarafından yayımlanmıştır.

Hipparcos kataloğu, $V \approx 12^m.4$'ten daha parlak 118.218 yıldıza ait önceden seçilmiş veri içeriyor. Bunların 117.955'i astrometriyle 118.204'ü fotometriyle ilişkilidir. Gözlemler 1989.85 ile 1993.21 Jülyen günleri arasında, ortalama epok J.1991.25'e yakın olacak şekilde yapıldı.

Uydu tarama yasası nedeniyle, standart hatalar parlaklığın ve ekliptikel enlemin fonksiyonlarıdır. $Hp < 9^m$ olan yıldızlar için standart medyan hataları Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2 $H_p < 9^m$ olan yıldızlar için standart medyan hataları (epok: J1991.25) (Turon ve Perryman, 1999).

A	Rektasansyon	0.77 mas
Δ	Deklinasyon	0.64 mas
Π	Paralaks	0.97 mas
μ_δ	Deklinasyondaki öz hareket	0.88 mas/yıl
$\mu_{\alpha\cos\delta}$	Rektasansyondaki öz hareket	0.74 mas/yıl

Büyük ölçekli sistematik paralaks hatalarının değişik araştırmalarla 0.1 mas'tan daha küçük olduğu hesaplandı (Arenou ve diğ., 1995; Arenou ve Luri, 1998).

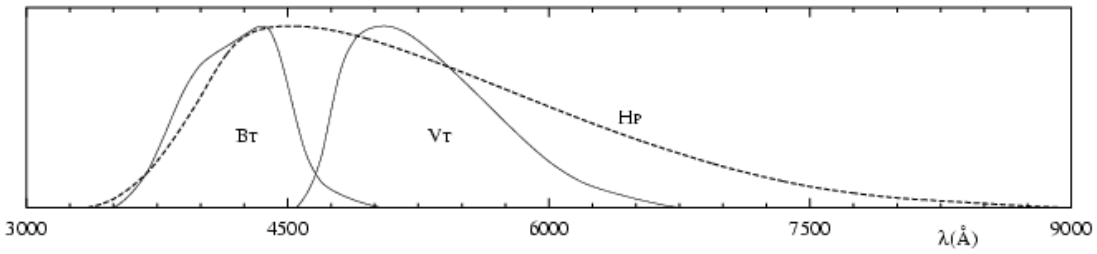
Küçük numaralı yıldızlara bakıldığında, dış karşılaştırmalar ile yer tabanlı CCD paralaksları (Harris ve diğ., 1997) ve VLBI (Very Large Baseline Interferometry, Çok Geniş Tabanlı İnterferometre) paralaksları (Arenou, 1997) Hipparcos'un iç ve dış hatalarını doğrulamıştır.

2.3. ASTROMETRİK VE FOTOMETRİK GENEL BAKIŞ

Herhangi bir referans epoğunda yıldıza ait hareket, beş astrometrik parametrece ifade edilir. Bu beş astrometrik parametre, katalogdaki yıldızların neredeyse tümü için verilmiştir. Çift ve Çoklu Sistemler ekinin içinde beş parça halinde sınıflanmış bu beş parametre sistem tarafından tarif edilememiştir: (C) bileşen çözümü, bunun için iki veya daha fazla bileşen çözüldü ve onların tam ve rölatif astrometrisi (ve fotometri) tekrar yapılandırıldı; (G) ivme çözümleri, bunun için fotosentrik hareket çizgisel olmayan bağımlı terimleri içerir; (kısmi) yörüngesel çözümler olan (O), yörüngesel sistemler muhtemelen imkanlar dâhilinde yer temelli gözlemlerle birleşmede türetilebilirdi, (V) 'Değişkenlik-indüklenmiş hareket' çözümleri ve bu ikililik için zamana bağlı fotosentrik yer değişiminden sonuçlar çıkarıldı; (X) "olasılıklı" çözümler, bunun için çok katlılık henüz gözle görülür biçimde çözüme ulaşamadı. Detaylar Lindegren ve diğ. (1997) tarafından verilmiştir. Hipparcos kataloğu her yıldız için kesin ve homojen fotometrik bilgi türünü içerir. Özellikle Johnson V parlaklığı, tam olarak $0^m.01$ olacak şekilde türetilmiştir. İki renkli B_T ve V_T büyüklükleri Tycho gözlemlerinden türemiştir ve Johnson B-V ve Cousins'in V-I renk indeksi uydu ve yer tabanlı ölçümlerin kombinasyonundan hesaplanmıştır. Hipparcos ve Tycho sistemlerinin geçirgenlik fonksiyonları Şekil 2.6.'da gösterilmiştir. Şekil üzerinde B_T, V_T ve Hp filtrelerinin etkin

dalgaboyları, sırasıyla; $\lambda_{BT} = 4354$ Å,

$\lambda_{VT} = 5052$ Å, $\lambda_{HP} = 4224$ Å' dur. Bu filtrelerin yarı genişlikleri, sırasıyla; $\Delta\lambda_{BT} = 668$ Å, $\Delta\lambda_{VT} = 949$ Å, $\Delta\lambda_{HP} = 2208$ Å' dur. Hipparcos uydusunun görev süresi boyunca (3 yıl), yıldızlar ortalama olarak 110 kez gözlenmiştir. Temel fotometrik karakteristikler ve değişken veriler van Leeuwen ve diğ. (1997b) tarafından açıklanmıştır.



Şekil 2.6 Hipparcos uydusundaki filtrelerin geçirgenlik fonksiyonları (Moro ve Munari, 2000).

2.3.1. Değişen Yıldız Gözlemleri

Hipparcos'un değişen yıldız gözlemleri özel problemler doğurdu. Çünkü bu yıldızlar parlaklıklarında çeşitlilik gösterir. Her biri için gözlem zamanının miktarı yıldızın değişimini göz önünde bulundurarak seçilmiş olmak zorundaydı. Bu nedenle bu program titizlikle değişen yıldızları izleyen amatör astronomların yakın ortaklığına dayanır (Amateurs and the Hipparcos Mission) (Mattei ve Foster, 1997). Bu sonuçların analizi değişen yıldızlarla ilgili fizik bilgimizi geliştirecektir; bu özellikle önemlidir, çünkü astronomlar başta sefeidler olmak üzere, galaksilerin uzaklıklarını belirlemek için değişen yıldızları kullanırlar. Hipparcos kataloğunda bir yıldızın değişen olduğunu veya muhtemel değişen olduğunu kanıtlayan yaklaşık 12.000 veri vardır; bunların 8200'ü görevden önce bilinmiyordu (veri girişi bir tekil yıldız, çoklu bir yıldız sisteminin bileşeni veya bu gibi bir sistemin ışık bileşeni olabilir). Hipparcos tarafından fark edilen 2700 peryodik değişen arasında 273 sefeid (2 tanesi yeni); 186 RR Lyrae (9 tanesi yeni); 108 delta Scuti ve SX Phoenicis tipi (35 tane yeni); 917 örten çift (343 tane yeni); ve 1238 tane de diğer tiplerden değişen yıldızlar vardır.

Paralakslar, zonklayan yıldızların çeşitli tipleri ve periyot-ışıma gücü ilişkisi yeniden incelemede kullanacak 20 sefeid değişen yıldız elde edildi.

Kozmolojinin temel paradokslarından birini çözmek için uzun bir yola gidilmiştir. İzlenilen paradoks, küresel kümelerin, Evren'den daha yaşlı olduğudur. Ek olarak, küme üye ilişkisini daha iyi anlayabilmek için, periyot-ışıma gücü ilişkisi, renk etkisi ve ağır element içeriği veya metal bolluğu tekrar değerlendirilebilir.

2.3.2. İkili Ve Çoklu Yıldız Sistemlerinin Varlığı

İkili ve çoklu yıldız sistemlerinin varlığı, Hipparcos bilgi işlemini ve görevin her adımını güçleştirdi. Buna rağmen Hipparcos 23.900 çoklu yıldız sistemini çözüme kavuşturdu. Yaklaşık 3000 yeni; 235 yörünge sistemi; 2.900 astrometrik çift (ortalama çoğu yeni); 8.500 şüpheli çoklu veriyle 12.200 yıldız için gruplama yapıldı.

Birçok esaslı sonuç, bu yıldızlarla ilgili birleşimlerin Hipparcos gözlemlerinden beklenir. Yıldızların kütlesi ve ışıma güçleri arasındaki ilişki araştırılacak ve daha güçlü kısıtlamalar, birbirini etkileyen yakın yıldız çiftleri için evrimsel modeller üstüne yönelmeye sebep olacaktır.

Açık kümelerin içindeki yıldızlar Hipparcos gözlemleri için dikkatlice seçildi. En yakın ve en bilinen kümelerin bazıları dikkatlice modellendi. Hyades içinde 210 yıldız; Coma Berenices içinde 120; Pleiades içinde 80 ve Alpha Persei içinde 130 yıldız gözlendi. Bu çok yakın kümelerin detaylı çalışmalarına ek olarak, Hipparcos gözlemleri, geniş bir yaş ve metal bolluğu aralığını kapsayan 10 küme için %10 kesinlikten daha iyi uzaklık tayinlerine izin verir.

2.4. GELECEKTEKİ HEDEFLER

Hipparcos sayesinde elde edilen bulgular gökbilimciler için hayati önem taşısa da bilim adamları her zaman daha kesin uzaklık ölçümlerine sahip olmak ve daha büyük bir veritabanı arayışı içerisindedirler. Yeni nesil uzay-tabanlı astrometri hedefleri ESA ve NASA tarafından birlikte planlanmaktadır.

ESA, Gaia uzay aracını 2011 yılında uzaya fırlatmayı planlamaktadır. Bu, yaklaşık bir milyar yıldızın pozisyonunu, uzaklığını ve hızını 10 mikro yay saniyesi hassasiyette

tespit edecektir ki; bu sayı Samanyolu'nda bulunan yıldız sayısının yaklaşık %1'ini içerir. Yeni elde edilecek veri tabanıyla, gökbilimciler Galaksimiz'in dinamik üç boyutlu bir haritasını oluşturacaklardır.

NASA, SIM uzay aracını ise 2009'da uzaya fırlatmayı planlamaktaydı. Bu uzay aracı, interferometre prensibini kullanarak %10 kesinlikte 25 kpc'ye kadar ıraklık açısı ve 4 mikro yay saniyesine kadar hassasiyette yıldız posizyonu ölçümü yapacaktır. SIM uydusu uzaya gönderilmemiş olup, SIM Lite olarak geliştirilmektedir. Öncelikli hedeflerinden biri de ötegezegenleri araştırmaktır.

2.4.1. GAIA



[7]Şekil 2.7 Gaia Uydusu

Hipparcos, 15 Ağustos 1993'te görevini bitirdi ve ardıl görevler, ESA tarafından sıralanmaya başladı. Hipparcos öz hareketlerinin niceliği ve onların Galaksi dışı sistemle bağlantısı, ayrıca kümeye aitlik sorularına yeni bir yaklaşım getiriyor. Bu perspektif Gaia projesiyle açıldı. Gaia, mikro yay saniyesi seviyesinde astrometrik bir veri kaynağı sağlayarak Galaksimiz'in çok önemli bir parçasında ve yerel gruptaki en yakın galaksilerin içindeki en parlak yıldızlara uzanarak, devrimsel nitelikteki metotlarla kozmik uzaklık ölçeğinin canlandırmasını yapacaktır (Şekil 2.7.).
Gaia, 10 mikro yay saniyesinden daha iyi hassasiyette, 50 milyon cisim için paralaks ölçebilecektir.

Gaia projesi (Lindegren ve Perryman 1996, Lindegren ve Perryman 1997, Perryman ve diğ., 1997), ESA'nın köşetaşı programlarından biri olan Horizon 2000+'ya önerildi. Bir

[7]http://sci.esa.int/science/www/object/index.cfm?fobjectid=31096&farchive_objecttypeid=18,19,22&farchive_objectid=30912&startz=37&startpage=1

milyar yıldızın astrometrik parametreleri hesaplandı. Bu parametrelerin doğruluk seviyesi şöyledir: $V=10^{m}$'de 4 mas, $V=15^{m}$'de 10 mas. Ayrıca, bu projenin kadir limiti yoğun Galaksi dışı kaynaklarda radyo ve optik dalgaboylarında yayın yapmak için doğrudan bir yol oluşturabilir.

Tablo 2.3 İki astrometrik görevli uydunun ana özellikleri (Turon ve Perryman, 1999).

	Hipparcos	GAIA
Parlaklık Limiti	~12	20-21
Tamlık	7.3	~20
Cisim Sayısı	118 000	35 000 000 ($V<15^{m}$) 350 000 000 ($V<18^{m}$) 1.3×10^{9} ($V<20^{m}$)
Yıldız/derece kare Medyan En çok	 3 10	 ~15 000 10^{5} - 10^{6}
Görev süresi	4 yıl	5 yıl
Astrometrik doğruluk	1-2 mas	4mas ($V=10^{m}$) 10mas ($V=15^{m}$)
Radyal hızlar	-	1-5km/s ($V<17^{m}$)
Çoklu-epok fotometrisi	√	√
Geniş bant fotometrisi	Hp ($V<12^{m}.4$)	4-renk (V< 20)
Dar bant fotometrisi	V_T, B_T ($V<11^{m}.5$)	6-renk (V< 16-17)
Gözlem listesi	√	Yerleşik/yansız
Galaksi dışı referans kaynakları	3C273	Binlerce

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. HIPPARCOS UYDUSU'NUN TEKNİK OLARAK İNCELENMESİ

3.1.1. Hipparcos Çalışma İlkesi

Hipparcos gökyüzündeki geniş açıları ölçmek veya zamanı geldiğinde belirlemek üzere astrometrik bir cihaz olarak tasarlanmıştır. Geniş açıları ölçmek için iki ana yöntem vardır. Her ikisi de Hipparcos'ta kullanılmaktadır. Ek olarak, küçük açılar "ızgara modülasyon tekniğiyle" ölçülür. Açı tarafından, ışın birleştirici olarak adlandırılan yapıştırılmış iki yarım ayna arasında Y/2 şeklinde ifade edilen katı açısal bir referans sağlanır. Y = 58°31′.25 ile ayrılan yıldız alanlarından gelen ışınlar tekli bir odak düzlemine yöneltilir (Şekil 3.1). Farklı alanlarda yıldızlar arasındaki açısal ayrım aynı alanlardalarmış gibi aynı şekilde bir ızgarayla görüntülerinin modülasyonuyla ölçülür ancak sonuca Y eklenmesi gereklidir. Odak düzleminde aynı anda görünür olmayan yıldızlar için, uydunun rotasyonunu kullanılır.

Uydu, ışın birleştiricinin aynalarının ara kesitine ve ayrıca *dikey* olarak adlandıracağımız genel bir yön olan ızgaranın deliklerine paralel bir eksen etrafında döner. Uydunun yönelimi, *yıldız eşleyici* olarak adlandırılan dikey ve eğik deliklerden oluşan bir sistem ve jiroskoplarla izlenir.

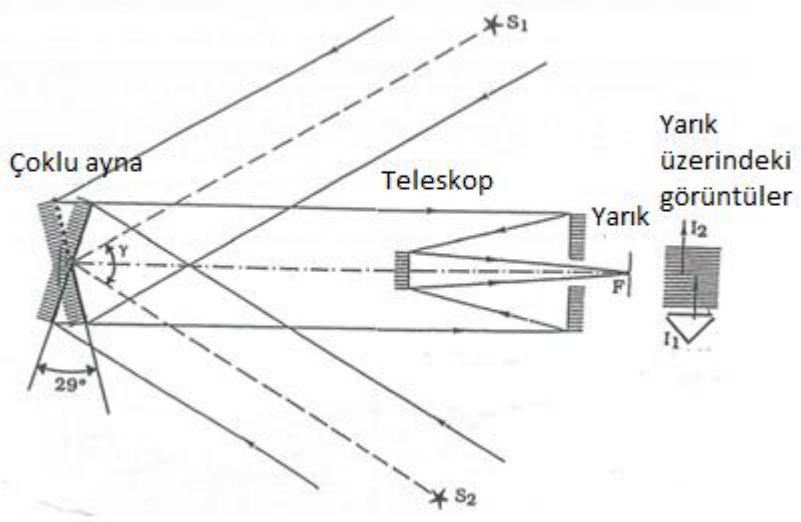
3.1.2. Uydunun Tanımı

Uydunun ve uydu yükünün oldukça detaylı bir tanımı Perryman ve diğ. (1989)'nin çalışmasında özetlenmiştir.

Uydunun, prizmatik bir tepe ve ana gövdeye dikey olan üç geniş Güneş hücreli panelle genel bir altı koşut yüzlü bir şekli vardır (Şekil 3.2). Işık, iki yarım halinde kesilmiş ve 29° açıyla yapıştırılmış 29 cm'lik bir ayna olan ışın birleştirici üzerindeki deflektörler (yön değiştiriciler) ve hidrostatik yükler aracılığıyla uyduya girer.

Farklı görüş alanlarında bulunan *S1* ve *S2* yıldızlarının *I1* ve *I2* görüntüleri, uydu çizimin düzleminde dikey bir eksen etrafında dönerken onları modüle eden ızgara

üzerinde oluşturulur. Bu açı sabittir: 24 saatte 1 mas'tan daha büyük bir değişim göstermez. Uydunun uzaya gönderilmeden önce tahmini değişimi ayda 2 mas mertebesindeydi ve uydu ömrünün son ayları haricinde zamanla küçülmüştür.



Şekil 3.1 Hipparcos çalışma ilkesi (Kovalevsky, 1998).

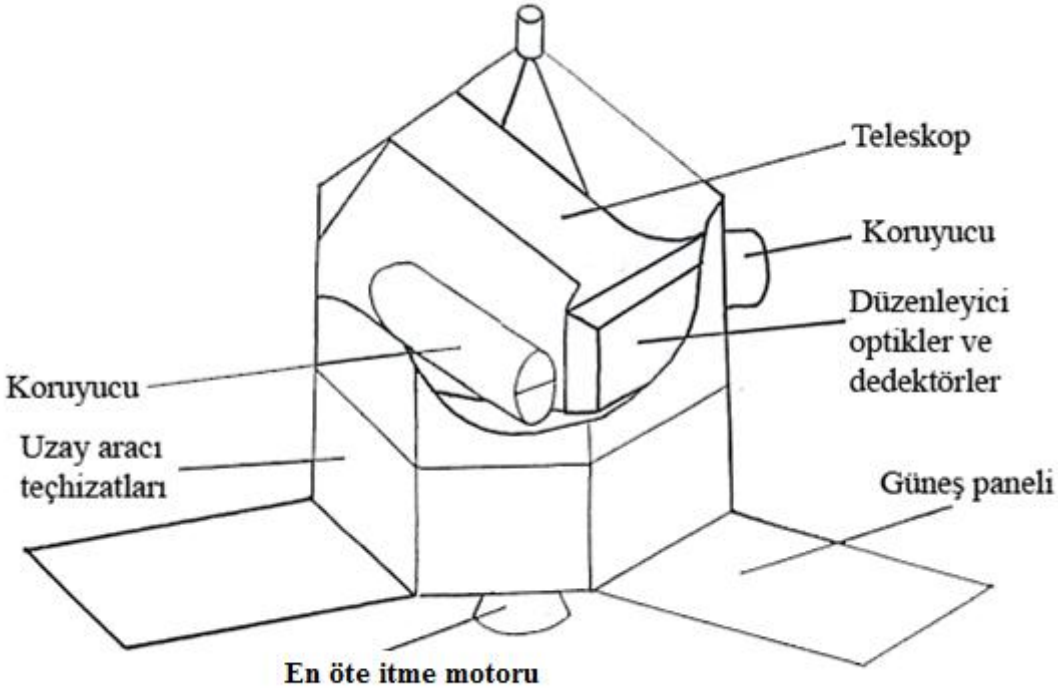
Işın birleştirici tarafından yansıtılan ışık, odak uzaklığı 140 cm'ye eşit olan küresel bir aynada onu yönlendiren eğik düzlemli bir aynaya doğru yönlendirir. Aslında dördüncü sıra düzeltmelerinin ışın birleştirici aynalarda oluşturulduğu yansıtıcı bir Schmidt yapısının bir parçasıdır. Odak düzlemi, merkezi bir deliği bulunan düzlem aynasının arkasındadır (Şekil 3.4).

Odak yüzeyinde, silikon bir alt madde üzerinde üretilen ızgaralar vardır. Merkezde, gökyüzünde yansıtılmasında ölçüldüğü gibi, %39 geçirgen genişlikle, periyodu 1″.208 olan, 2688 delikten oluşan bir ana ızgara vardır. Bu gökyüzünde 0°.9 × 0°.9'luk bir alanı kaplamaktadır.

Ana ızgaranın her iki tarafında da, biri yedek olan iki yıldız eşleyicisi bulunur. Bunlar, ayrımı a = 0″.9 ve a = 5″.625 olmak üzere sırasıyla a, 3a, 2a olan dört dikey delik ve aynı şekilde ayrılmış ancak bir şevron (v biçimli kıvrım) sisteminde, 45° ile eğik olan dört delikli ikinci bir sistem içerir (Şekil 3.7).

Yıldız eşleyici tarafından değiştirilen ışık ışını kabaca UBV sisteminin B ve V

filtrelerine denk gelen iki dalga boyu aralığına bölen bir dikroik aynaya iletilir. Dikroik ayna, ince katmanlardan oluşan, kaplaması ışık tayfını seçerek yansıtan bir ayna çeşididir. Işık, yansıtma yoluyla *mavi* foto çoğaltıcı kanala girer veya iletim yoluyla *görünür* kanala girer. Bu foto çoğaltıcılar ile alınan ışık yoğunluğunun frekansı 600 Hz'dir.



Şekil 3.2 Hipparcos uydusunun genel yapısı. Uydu yükünü göstermek için altıgen duvarlar kısmen çıkarılmıştır (Turon ve diğ., 1992).

Aktif yıldız eşleyicinin sekiz deliğinden birinde bulunan bütün yıldızlar sinyale katkı sağlarken, böyle bir düzen ana ızgara için uygun değildir. Çünkü değiştirilen yıldız görüntülerinin her birinin ayrı ayrı kaydedilmesi gerekirken, birkaç yıldız aynı anda görüş alanlarında bulunur. Çok kanallı astrometrik fotometrede gerçekleştirildiği gibi bir maske yerine, ayrım, bir görüntü tarayıcı tarafından elektronik olarak yapılır; böylece elektronik görüntünün (30″ yarıçap) çok küçük bir kısmı alıcıya girer. Gelen fotoelektronların örnek alım işlemi 1200 Hz frekansla yapılır.

Bu teknik, ana ızgara üzerindeki yıldız görüntülerinin konumunun sürekli olarak bilindiğini ifade eder. Bu da, yalnızca gökyüzünde önsel olarak bilinen, konumları bulunan yıldızların gözlendiği ve doğru bir durumun uydu üstünde gerçek zamanlı

hesaplandığı anlamına gelir. İlk koşul, görev öncesinde hazırlanan bir katalog ile yerine getirilir. Durumun belirlenmesi, yıldız eşleyicisinden yıldız geçişlerinin gözlemlerinden elde edilir ancak jiroskoplardan alınan ek bilgiler de kullanılır. Uydu üstünde durum tayininin hassasiyeti 1″ mertebesindedir.

3.1.3. Uydu Yükü Tasarımı ve Sistem Parametreleri

Uydu yükü (optik ve diğer teknik aksamlar) (Şekil 3.4) tamamen yansıtıcı optik Schmidt teleskobu çevresinde oluşturulmaktadır (van Katwijk, 1989). "Işın toplayıcı" ayna, yaklaşık 58° ile ayrılan ve boyutlarının her biri 0°.9 × 0°.9 olan iki görüş alanından aldığı ışığı ortak bir odak yüzeyine toplar ve böylece hem geniş hem de küçük alan ölçümlerini eş zamanlı gerçekleştirir. Uydu, bir "Nominal Tarama Kanunu"nu izleyerek gökküresi üzerine büyük daireler sürükler ve iki görüş alanında alınan yıldız resimleri, odak yüzeyine yerleştirilen ve 2.5 × 2.5 $cm^{2'}$lik bir alanı kapsayan 2688 geçirgen paralel delikli düzenli ızgara yoluyla niteliği değiştirilir.

3.1.3.1. *Nominal Tarama Kanunu*

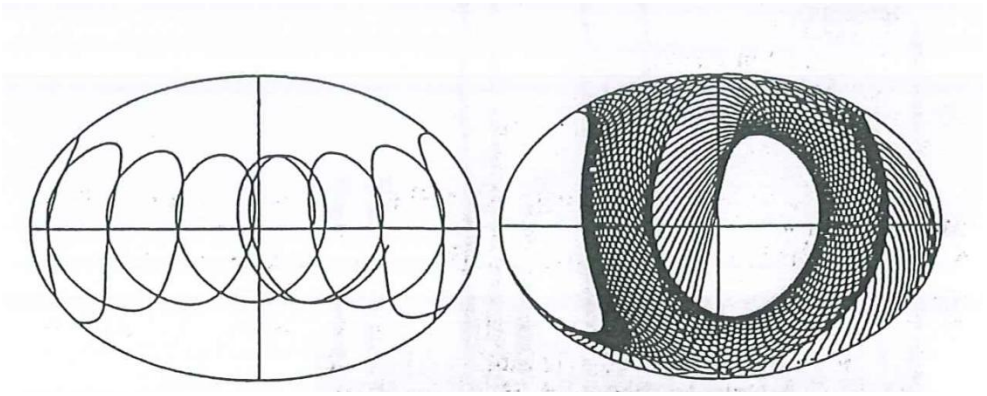
Uydunun tüm gökyüzünü, bütün yıldızların maksimum sayıda gözlenecek şekilde taraması gerekmektedir (Şekil 3.3). Birçok tarama kanunu bunu sağlıyordu; ancak bu kanunlara bazı kısıtlamalar yapmak gerekiyordu. Bu kısıtlamalar aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

- Yayılmış ışığı en aza indirgemek için gözlenen görüş alanlarıyla Güneş arasındaki açı en az 45° olmalıdır.
- Tutulum çemberi (ekliptik) üzerindeki taramalarının eğimi, mümkün olduğunca küçük olmalıdır. Çünkü paralaks etkisi tutulum çemberine paraleldir; böylece bir tarama dairesine yansıması daha küçük eğimler için daha büyük olur.
- Gözlenmemiş bölgelerden kaçınmak için iki ardışık tarama örtüşmelidir. Bu, tarama hızıyla tarama yönünün değişim oranı arasında bir ilişki kurulur.

Burada elde edilen uyuşma şuydu: Uydunun 2 saat ve 8 dakika dönmesiyle gökyüzü tarandı, bu tarama esnasında bir yıldız ana ızgarayı yaklaşık 19 s'de geçti. Uydu, dönüş ekseni, Güneşten 43°'lik açısal bir uzaklık bırakacak şekilde Güneş'in etrafında 57 günde döndü. Uydunun görevi sırasında, her yıldız gökyüzündeki konumuna bağlı olarak 30-150 kez gözlendi.

Bir uydu, iç ve dış güçlerin neden olduğu zorlanmış torklar sonucunda tarama kanunuyla dönmez. Burada tork, fizikte dönme momenti olarak bilinir. Bu torklar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Tutulumlar sırasında kaybolan, Güneş tarafından uygulanan radyasyon basıncından kaynaklanan torklar.
- Dünya tarafından uygulanan radyasyon basıncından kaynaklanan torklar.
- Jiroskopların reaksiyon torkları.
- Uzaklığa güçlü bir şekilde bağlı olan, Dünyanın yerçekimsel alanından kaynaklanan yerçekimi değişimi.
- Dünya'ya yakın duran manyetik torklar.
- Yerberi çevresinde atmosferik sürüklenme.



Şekil 3.3 Tutulum koordinatlarında Hipparcos Nominal Tarama Kanunu – *Sol:* uydu ekseninin bir yıldaki hareketi – *Sağ:* birbirini izleyen 70 günde taranan gökyüzünün bir kısmı (Turon ve diğ., 1992).

Bütün bu torklar, uydunun durumuyla ve sonuç olarak dönerken değişebilir. Uyduyu, uygulanan tarama kanununu izlemeye zorlamak için, alt iticiden oluşan aktif bir durum kontrol mekanizması vardır. 150 kPa'lık bir gaz basıncı oluşturan bir basınç düzenleyiciyle sıkıştırılmış iki azot tankı, gaz alevi valfleri açıldığında, iticileri besler. Durum, uydu üzerinde izlendiği gibi nominal tarama kanunundan 10″den fazla ayrıldığında, gaz alevi tahrik düzeneği doğal durum eğilimini tersine çevirmek için aktive edilmiştir.

Aslına bakılırsa, bu genellikle her uydu dönüşü için yaklaşık 12 kez meydana gelir ancak, daha çok yerberi yakınında meydana gelir.

Gökkürenin nominal taramasında, uydu yalnızca iki saat içerisinde tam devrini tamamlayarak yavaş dönmesi için kontrol edilir. Ek olarak, Güneş'e göre yaklaşık 43° sabit açıyı koruyan, rotasyon eksenin sürekli olarak yavaş yön değişimi meydana gelir. Böylece, teleskop her yıl gökküreyi birkaç kez tarar. Bu süreçte, delikli sistem tarafından yıldız ışığının niteliği değiştirilir ve değiştirilen yıldız sinyalleri, 1200 Hz frekansta bir görüntü disektör tüpü algılayıcısı tarafından örneklenir. Her bir seferinde, seçilen yıldızlardan dört veya beş tanesi birleştirilmiş görüş alanlarında bulunacaktır. Dedektörün, çapı yaklaşık 38 yay saniyesi olan küçük bir duyarlı alanı vardır. Dedektör, tek seferde bir yıldız yolunu izler ve yaklaşık 20 saniye süren alandan geçişleri sırasındaki kısa aralar için bütün program yıldızları arasında hızla geçiş yapar. Nominal Tarama Kanunu'nun detayları ve yıldız gözlem stratejisi (Perryman, 1989) ve INCA Konsorsiyumu tarafından oluşturulan katalogda açıklanan gözlem programı (Turon ve diğ., 1992) yeniden gözden geçirilmiş görev konseptinden etkilenmemiştir.

Böylece uydu sürekli olarak, uydunun rotasyondan dolayı ilk olarak önce gelen görüş alanında ve sonra gelen görüş alanında belirecek olan program yıldızlarının rölatif pozisyonlarını belirler. Bu yolla, yıldızlar arasında pek çok rölatif konum ölçümü yapılabilir. Gökyüzünü her taradığında uydu dönüş ekseni değiştiğinde, taramalar "yan tarafları" üst üste bindirdiği için, yıldızlar tekrar görünecektir; ancak bu kez diğer yıldızlarla karşılaştırmalı şekilde görünecektir. Bu yolla, artan bir şekilde yıldızların rölatif açısal ayrılıklarının yoğun net ölçümleri oluşturulacaktır.

3.1.4. Hipparcos Uydusu'nun Yükü ve Uydunun Özellikleri

Uydu yükü ve uzay mekiğinin başlıca özelliklerinden bazıları Tablo 3.1'de verilmiştir. Uydunun üzerindeki teleskop ise Şekil 3.4'te gösterilmiştir (Perryman ve diğ., 1992). Ana enstrümana ek olarak uydu yükü, amacı hassas gerçek zamanlı uydu durumu tayinine olanak tanıyan verileri sağlamak olan (biri yedek olmak üzere) iki yıldız eşleyiciyi ve durumun yeniden yapılandırılmasını (yerde yürütülen görev) kapsar. Yıldız eşleme verileri ayrıca, yaklaşık 10-11 kadire kadar düşen yaklaşık 400.000 yıldızın astrometrik ve iki renkli fotometrik ölçümlerini gerçekleştirmek amacıyla Tycho deneyi tarafından da kullanılır.

Ana görev verilerinin, NASA ve FAST veri analizi konsorsiyumunca analizleri Lindegren ve diğ., 1992; Kovalevsky ve diğ., 1992 tarafından, Tycho veri analizi ise Høg ve diğ. (1992), tarafından indirgenmiştir.

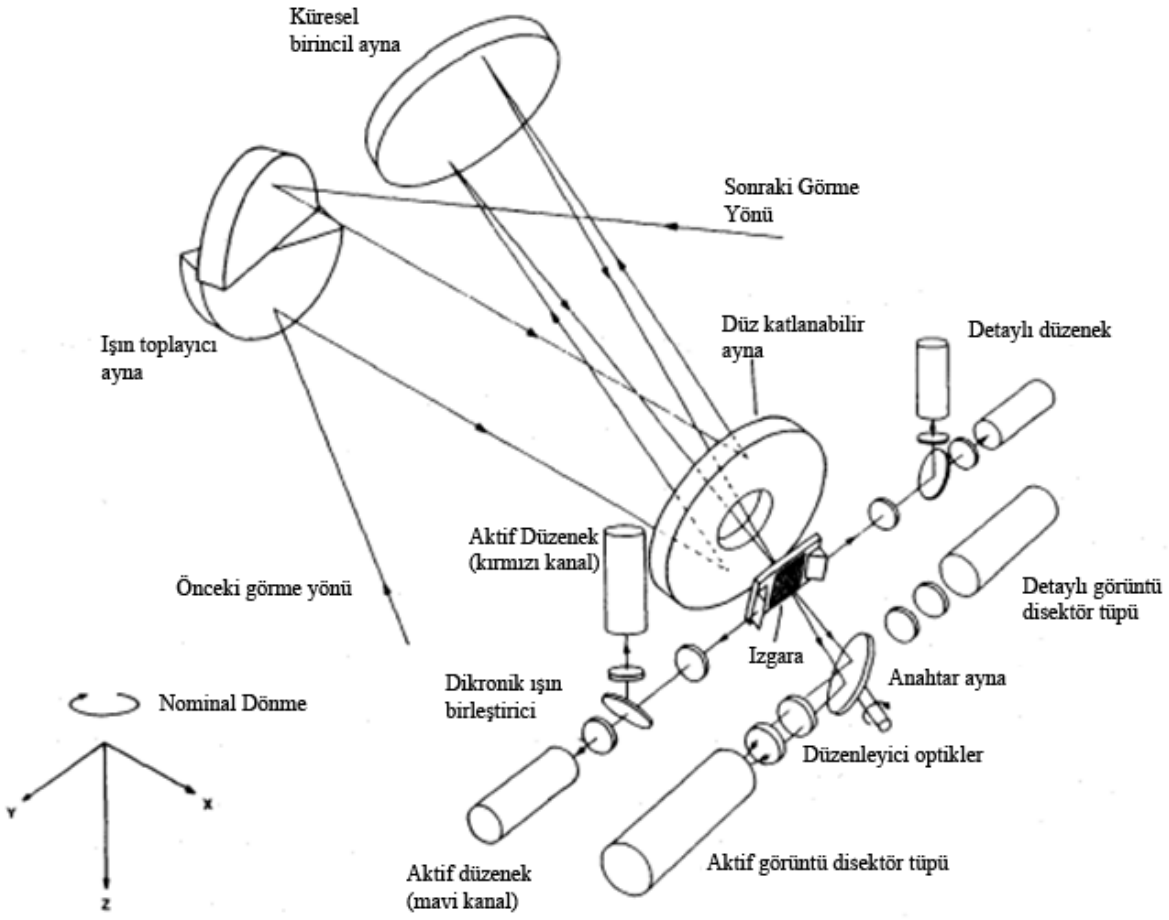
Veri işleme geliştirilmesinin sonraki aşamalarından, Kovalevsky (1985, 1986) ve Bernacca (1986)'nın çalışmalarında bahsedilmiştir.

Tablo 3.1: Hipparcos uydu yükünün özellikleri (Perryman ve diğ., 1992)

Teleskop konfigürasyonu	Tam yansıtıcı Schmidt
Görüş alanı	0°.9 × 0°.9
Odak uzunluğu	1.400 mm
Alan ayrımı	58°
Birincil ayna çapı	290 mm
Ayna yüzeyi hassasiyeti	λ/60 rms
Birincil modülasyon ızgarası	2.688 delikli
Delik süresi (yarık periyodu)	1.208 yay saniyesi (8.2 μm)
Detektör	Görüntü disektör tüpü
Foto katot	S20
Duyarlı görüş alanı	38 yay saniyesi çap
Spektrel aralık	375-750 nm
Örnekleme frekansı	120 Hz
Yıldız eşleyici ızgara	4 'dikey' + 4 'şevron' delikler
Detektörler	Foto çoğaltıcı tüp
Foto katot	Bialkali
Spektrel aralık (B_T)	λ_{eff} = 430 nm
Spektrel aralık (V_T)	λ_{eff} = 530 nm
Örnekleme frekansı	600 Hz
Uydu fırlatma kütlesi	1400 kg
Güç gereksinimleri	295 W
Yer-uydu bağı veri hızı	2 kbit s^{-1}
Uydu-yer bağı veri hızı	24 kbit s^{-1}
Yörünge dönemi	10^h 40^m
Yeröte yüksekliği	~ 36.000 km
Yerberi yüksekliği	~ 500 km
Yörünge eğim açısı	~ 7°
Dönüş ekseni/Güneş eğimi	43°
Dönüş hızı	168.75 yay saniyesi s^{-1}

3.2. UZAY MEKİĞİYLE YER İSTASYONUNUN İLİŞKİSİ

ESOC (Darmstadt, FRG) kontrol merkezi sürekli olarak, gözlenecek program yıldızlarının özelliklerini (konumları, seçim indeksleri, görüş alanları, minimum ve hedeflenen gözlem süresi ve gerçek zamanlı durum referansı için kullanılıp kullanılmayacakları dâhil olmak üzere) yerden uyduya gönderir. Bu bilgi hem gözlem programını hem de uydunun tarama hareketini kontrol eder. Uydudan telemetreyle ölçülen veriler (temel olarak, ana ve yıldız eşleyici detektörlerden alınan foton sayımları ve cayrolardan ve yıldız eşleyiciden alınan gerçek zamanlı durum bilgisi), uydu yörünge bilgisi gibi (uydu konumunun 1.5 km'ye ve hızının 0.2 m/s'e getirilmesine yönelik anlık bilgi gereksinimi çağrılarının olduğu) yardımcı parametrelerle birleştirilerek izlenir ve veri indirgeme konsorsiyumlarına dağıtılır.



Şekil 3.4 Hipparcos uydu yükünün planı (M.A.C. Perryman ve diğ., 1992).

Gecikmeden uydu yükü faaliyetlerinde oluşan herhangi bir anormalliği belirlemek ve uydu yükü performansındaki değişimin özelliklerini saptamak amacıyla, ESOC'da kapsamlı uydu yükü izleme kontrolleri yürütülür. Ek olarak, FAST konsorsiyumu

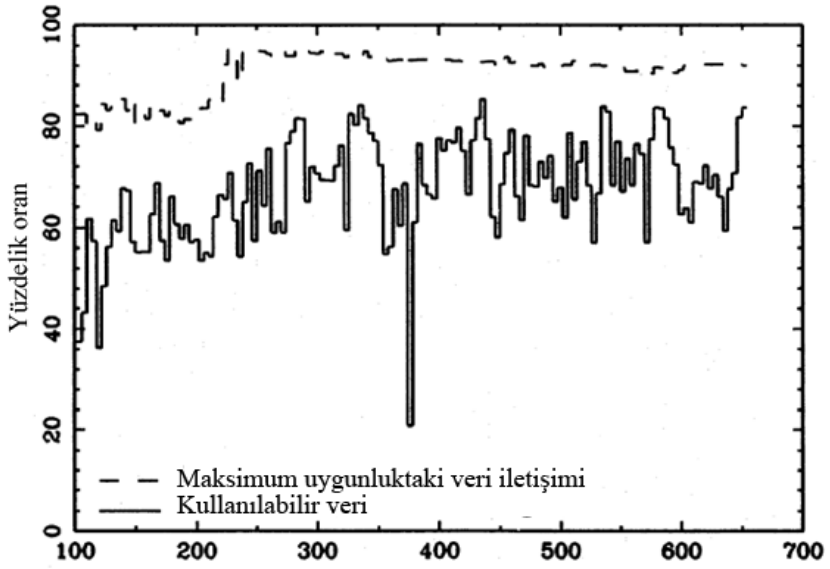
tarafından yürütülen bir "ilk inceleme" tesisi, haftada bir kez yaklaşık sekiz saatlik referans büyük daire veri kümelerini işlemektedir (Schrijver ve van der Marel, 1992). Daha kapsamlı olarak büyük daire indirgeme düzeyine kadar, ESOC'dan alınan verilerinin geçerliliğini denetler ve ayrıca hem FAST ana işleme zincirine hem de işlem merkezine ilk veri kalibrasyon miktarlarını sağlar.

İşlem merkezi, veri indirgeme ve INCA konsorsiyumlarıyla arasındaki bir dizi arayüz ile ilgilenir. Bu arayüzler, yerleşik geometrik kalibrasyon parametrelerini (büyük daire indirgeme düzeyine kadar veri işlemden elde edilmiş temel açı ayrımı, geniş ölçekli dönüşüm parametreleri ve yıldız eşleyici geometrinin detayları gibi) ve gözlem programının detaylarını optimize etmek üzere tasarlanmıştır. İkinci olarak bahsedilen, yıldız konumlarının ve parlaklıklarının güncellenmesini, kendilerinin uydu gözlemlerine ve ek yer istasyonu gözlemlerine dayanan büyük genlik değişkenli yıldızların gök günlüklerinin güncellenmesi (Mennessier ve diğ., 1992), küçük gezegen gök günlükleri (Bec-Borsenberger, 1992) ve uyduyla geçmiş gözlem tarihine dayalı olarak yıldızların hedef gözlem sürelerinin güncellenmesini kapsamaktadır.

Fırlatıldıktan sonra ve yeniden gözden geçirilmiş işletimsel konseptin tanımlanmasından ve uygulanmasından, ESA Perth ve CNES Kourou yer istasyonlarının, telemetri/telekumanda ağına katılımından sonra, uzay mekiği ve uydu yükü hizmete alındı ve rutin veri toplama işlemi aşamasına 1 Aralık 1989 tarihinde başlandı. Ancak sonraki birkaç hafta, optimize olmayan yerleşik kalibrasyon parametrelerinin yanı sıra kısmen sınırlı yer istasyonu kapsamıyla karakterize edildi. NASA Golstone yer istasyonunun da Mayıs 1990 tarihinde bu girişime katılmasıyla ve daha sonra Kourou istasyonunun kaldırılmasıyla tipik günlük kullanışlı veri toplama hızı %60-70 arasında seyretti (Şekil 3.5).

Bilimsel veri kalitesine en büyük doğrudan uygunluğuyla, uzay mekiği alt sistemi, durum kontrol alt sistemidir (Strada, 1989). Referans yıldızların yıldız eşleyici ızgaradan geçişlerinin bir kombinasyonu ve yıldız eşleyici geçişleri arasındaki üç eksenli durum bilgisinin interpolasyonu yoluyla, uydunun gerçek zamanlı durumu yaklaşık 1 yay saniyesi rms'den (ortalama karekök hatası) daha iyi bir hassasiyetle uydu üstünde hesaplandı (nominal uydu yönelimini sürdürmek için gerekli olan gaz alevi

tahrikleri arasındaki kısa aralar haricinde). Bu hassasiyet, anlık görüş alanı detektörlerini görüş alanından geçtikçe program yıldızlarına hedeflemek için gerekmektedir.



Şekil 3.5 Fırlatıldıktan sonra geçen günler (8 Ağustos 1989'dan itibaren). Uydunun üç yer istasyonundan biriyle iletişim halinde olduğu zaman oranı (kesikli çizgi) ve kullanışlı bilimsel verilerin toplandığı zaman oranı (düz çizgi). Oranlar, yer istasyonu konfigürasyonunun tahminen tekrarlandığı dört günlük dönemler için gösterilmektedir. İki çizgi arasındaki fark; temel olarak örtülmelerden, yerberi geçişlerinden sonra uydu durumu verilerini toplama ve yer istasyonunu kesintilerinden kaynaklanan zaman kaybını temsil etmektedir
(Perryman ve diğ., 1992).

Yerde, NDAC ve FAST veri indirgeme ekipleri tarafından, öncelikle yıldız eşleyici veri işleme düzeyinde (Canuto ve diğ. 1989), sonra ve en önemli olarak tarama boyunca durum bileşeni için, büyük daire işleme düzeyinde (van der Marel ve Petersen 1989, 1992) uygun filtreleme ve tahmin prosedürleri yoluyla uydu durumuna yönelik daha iyi tahminler belirlenir. Revize edilmiş görev, durum tahmin prosedürlerinde büyük karışıklıklar ortaya çıkardı (temel olarak van Allen kuşaklarından geçiş sırasında yüksek düzeyde arka plan gürültüsü, daha büyük veri kesintileri ve yer-uydu uzaklığının bir fonksiyonu olarak tedirginci torklardaki önemli değişiklikler nedeniyle). Genel olarak, daha karmaşık yer istasyonu girişimlerinin uydu durumunun hızla kesin olarak bilinen bir duruma yönelmesini sağlamak amacıyla tasarlanmış olduğu yerberi geçişlerinin hemen arkasından gelen aralar haricinde, gerçek zamanlı ve yer durum koşullarına ulaşıldı.

Uydu yükünün optik kalitesi, her bakımdan tasarım spesifikasyonlarını yerine getirmektedir. Bu durum, sinyal modülasyonunun birinci ve ikinci harmoniklerinin genliklerinin (ve iki görüş alanı için de alan bağımsızlıklarının) yanı sıra görüş alanındaki tekli yıldızlara yönelik iki harmonik arasındaki faz farkının yaklaşık değişmezliği (Schrijver ve van der Marel, 1992) ve büyük daire indirgemelerinin bir parçası olarak türetilen ızgara dönüşüm parametrelerine göre iyi belirlenmiş gök küresi (van der Marel ve Petersen, 1992) ile gösterilmektedir. Aşırı renk ölçeği olan yıldızlar arasında 2 mili yay saniyesi sırasıyla, tahmin edilen renkli (kromatik) görüntü yer değiştirmeleri, optik yola takılabilen bir "renklilik filtresi" kullanılarak yörünge ölçümleriyle doğrulanmış olup daha sonra NDAC ve FAST'te ve ilk küre çözüm sonuçlarındaki büyük daire çözümleriyle doğrulandı (Lindegren ve diğ., 1992).

Görüş alanı üzerinde nominal olarak tekdüze olan modülasyon ızgarası, uygulamada 46 × 168 ayrık "tarama alanları" olarak elektron ışınlı basım teknikleriyle yapılmıştı (Ratier ve Batut, 1989). Laboratuvar kalibrasyonu, ana ve yıldız eşleyici ızgaralarla ilişkili "orta ölçekli düzensizlikler" faktörlerini sundu. Bu kalibrasyon büyüklüklerinin yörüngedeki verilere uygulanması ve yerdeki kalibrasyonun doğruluğunu saptamak amacıyla tasarlanmış çeşitli testler, ızgaranın kalitesini doğruladı – orta ölçekli düzeltme terimleri, en parlak yıldızlar haricinde hepsi için önemsizdir ve ana ızgaraya yönelik veri işlem sırasında güvenle çıkarılabilir.

Tespit zincirlerinin son unsurları, ana alana yönelik görüntü disektör tüpü detektörü ve yıldız eşleyici detektörlere yönelik iki foto çoğaltıcı tüp (Eggel, 1989) nominal olarak çalışır ve yedek detektörler, ilk yörüngedeki kalibrasyonlardan sonra kullanıma getirilememiştir. Tekdüzelik, stabilite ve tüm kuantum etkinliğinin hepsi de ilgili spesifikasyonlar kapsamındadır. Gözlenen sayım hızları, beklenen son görev hassasiyetini değerlendirmek için kullanılan var olan hata analizi araçlarının kullanımını destekleyen orijinal hata bütçesi tertibi kapsamındaydı (Batut, 1989). Yaklaşık $12^{m}.5$ parlaklıkla, nominal göreve yönelik gözlenebilirlik limitine çok yakın olan 3 C 273 kuazarı, uydu yükü kalitesinden dolayı yeniden gözden geçirilmiş görevin başlamasına yakın gözlem programına dahil edildi.

Detektör alt yapısına yönelik spesifikasyonlar (detektör kara akım sayımları, gökyüzü zemini, saçılmış ışık ve Cerenkov emisyonu dahil olmak üzere), ana detektör için yaklaşık 100 sayım s^{-1} yörüngenin yeröte bölgesi için yerine getirildi ancak van Allen kuşaklarıyla ilişki, röle optiklerinin diyoptrik unsurlarında meydana gelen Cerenkov emisyonu nedeniyle yerberi bölgesi boyunca aşıldı (marjinal olarak küçük anlık görüş alanı nedeniyle ana detektörler için, önemli ölçüde ise yıldız eşleyici detektörler için). Bu artırılmış detektör alt yapısı, Tycho deneyinin yerberiye yakın performansını düşürür ve ayrıca yörüngenin bu kısımlarında durum tayinini güçleştirir. Her ikisi üzerindeki etkiler, birkaç gün tahammül etmek için artırılmış arka planın gözlenebileceği yüksek düzeyde Güneş faaliyetlerinin olduğu dönemlerde özellikle ciddi bir hal alır. Ancak bu zamana kadar, parlak yıldızların yıldız eşleyici delikli sisteminde geçişini kullanarak misyon boyunca nominal tarama kanununu sürdürmek mümkün olmamıştır.

Revize eliptik yörüngeden kaynaklanan, veri indirgeme ekiplerine ilişkin ana tedirginlikler, yerberi bölgelerinin etrafında daha yüksek sinyal arka planı, yer örtülmeleri nedeniyle daha fazla sayıda veri kesintileri ve büyük daire çözümünün esnemezliğini zayıflatmaya eğilimli veri indirgeme işlemleri için bulunan daha kısa uzunluklardaki referans büyük daire kümeleridir.

Ancak, öğesel gözlemlerin ve gereken uydu yükü performanslarının (bağıl faz ölçümleri, yeniden durum yapılandırması ve aletsel stabilite) nominal yörünge için tahmin edilen davranışı çok yakından izlediği vurgulanmalıdır.

3.2.1. Uydunun İşletimi

Daha önce gösterildiği gibi, uzaktan ölçüm faaliyetlerinin yer-uydu bağı ayağını hazırlayan ESOC'daki ana istasyonun talimatı altında üç istasyon uyduyu kontrol etti. Bu, nominal tarama kanunundan, görüş alanında ve uydunun gözlem stratejisini uydu üzerinde hesaplamasına izin veren çeşitli parametrelerden hesaplanan geçiş süreleriyle birlikte gözlenecek yıldızları gösteren program yıldız dosyasını kapsamaktadır.

Uydu, ana ızgaradan alınan bütün sayımları ve yıldız eşleyicinin her kanalından alınan sürekli foton sayımlarını yere iletti. Ek olarak, görüntü disektörünün hedeflemesi için

kullanılan bobin akımlarının değerini, uydu üzerinde hesaplanan durumu ve aletin nasıl davrandığına ilişkin bazı mühendislik bilgilerini (sıcaklık, gerilimler vb.) de gönderdi. Bütün bu veriler, yerde ESOC kontrol merkezi tarafından bir araya getirildi ve gaz alevi tahriklerine, uydunun yörünge hareketine, verilerin kalitesine ve kullanılabilirliğine, jiroskop okumalarına, uydu için tutulma veya yarı gölge durumlarına ilişkin ilgili verilerle birlikte veri indirgeme konsorsiyumuna gönderildi. Yıldız eşleyici verilerine ilişkin olarak, bütün okumalar Tycho veri indirgeme konsorsiyumuna gönderildi. Ana misyon indirgeme işlemi için, yalnızca yıldız eşleyici üzerindeki program yıldızları iletildi.

Sonraki bölümlerde öncelikle, ana misyon verilerinin indirgenmesini açıklanacaktır. Bu, iki veri indirgeme konsorsiyumu tarafından gerçekleştirilir: Kovalevsky tarafından yönetilen FAST (Uzay Teknikleriyle Temel Astronomi) ve Høg tarafından yönetilen ve daha sonra yerine Lindegren'in getirildiği NDAC (Kuzey Veri Analizi Konsorsiyumu). Aşağıdaki bölümlerde temel olarak, birçok detayda NDAC yaklaşımından (Lindegren ve diğ., 1992) farklılaşan ancak genel yapısı itibariyle farklı olmayan FAST veri indirgeme planını açıklayacağız (ayrıca bkz. Kovalevsky ve diğ., 1992). Konsorsiyumlar tarafından benimsenen yöntemlerin daha detaylı açıklamaları Perryman'ın (1989) makalesinde verilmektedir.

Her iki durumda, Lindegren tarafından planlanan söz konusu üç adım yöntemi kullanılır. Sonraki bölümlerin sunumu şu yolu izler:

(i) Foton sayım işlemi,
(ii) Büyük bir dairede indirgeme,
(iii) Astrometrik parametre belirleme.

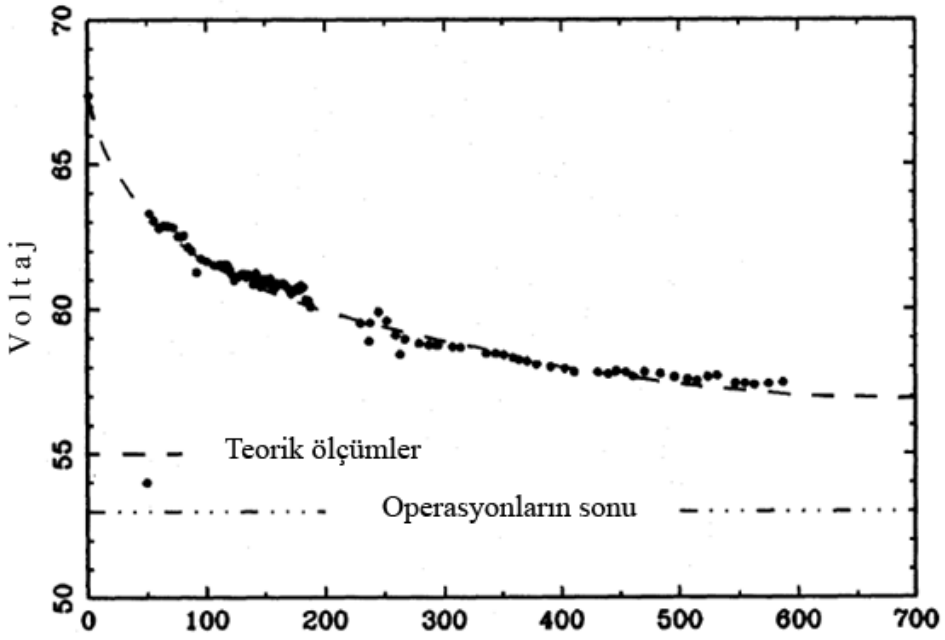
Bu üç adım çözümü iyileştirmek için tekrarlanır.

3.3. SARF MALZEMELERİNİN KULLANIMI

Uydu faaliyetlerinin sonunu belirleyen uydu üstünde yerleşik iki sarf malzemesi vardır: durum kontrolü için kullanılan nitrojen gazı ve elektrik. Orijinal 11 kg azotun yaklaşık 1 kg'si orijinal durum yönelimi manevralarını için kullanıldı ve yaklaşık olarak 1994 yılı sonunda kullanımın tahmini tamamlanmasından sonra her gün için yaklaşık 5 g

kullanıldı. Kontrol gazı kullanımı, yer çekimi gradyanının ve manyetik ve aerodinamik sürüklemenin, yeröte bölgesi etrafında yaşanan Güneş ışınımı torku ortamına hakim olduğu, yerberi bölgesinin yüksek düzeyde tedirginci torkları boyunca uydu konumunu sürdürmek için kullanılan yaklaşık %70 ile birlikte, yerdurağan faaliyet için öngörülenden büyük ölçüde yüksekti. Diğer bir taraftan, durum kontrol prosedürü yeterli düzeyde dayanıklı olduğu için, dönüş eksenin Güneş yönünde hiçbir "acil" yeniden yönlendirmesi meydana gelmedi (nominal tarama konfigürasyonuna dönüş için büyük ölçüde ek sarf malzemesi gerektiren bir durumdur).

Uydunun güç kaynağından sorumlu olan Güneş panelleri (tutulma faaliyetleri için batarya şarjı) uydu günde iki kez van Allen kuşaklarının yüksek radyasyon ortamından geçtiği için, önemli derecede radyasyon hasarına maruz kalır. Ana bozunum mekanizması, proton arka planının etkileri nedeniyle silikonda azınlık taşıyıcılarının tıkanması açık devre panel voltajında ilk kez keskin bir düşüşe neden oldu. Yörüngedeki ölçümler ile (Dünya - Güneş uzaklığındaki değişimler, dönüş fazı ve sıcaklık değişimleri için düzeltilen) ve teorik performans (radyasyon ortamı modeli AP8 maksimuma dayanmaktadır.) Şekil 3.6'da verilmiştir; ve zamanla bozulmanın yassılaşmasını göstermektedir. Yerdeki güç yönetimini daha da zorlaştıran, mevcut yörüngede, tutulmaların frekansı ve süresi, bataryaların ona göre düzenlendiği yer durağan durumunu önemli derece aşmaktadır. Ancak şu ana kadar güç tasarrufu beklenmedik durum önlemleri olmaksızın 100 dakikadan fazla maksimum tutulma süreleri geçildi. Voltaj ve akım ekstrapolasyonları, 1994 yılı sonuna kadar uydu faaliyetleriyle tutarlıdır.



Şekil 3.6 Güneş paneli açık devre voltajının gözlenen ve teorik bozulumu. Ölçümler, 1994 yılının sonuna kadar faaliyetlerle tutarlıdır. Fırlatıldıktan sonra geçen günler (8 Ağustos 1989'dan itibaren) (Perryman ve diğ., 1992).

3.4. GÖREV BEKLENTİLERİ

Yedek donanım birimlerinin kullanım kombinasyonunu veya diğer işletimsel yakınsama prosedürlerinin gözlem süresi kaybını veya uzun vadeli misyon beklentileri üzerindeki etkilerini en aza indirgeyebilmiş olmasına rağmen, belirli teknik anormallikler, yörüngedeki Hipparcos uydusunu etkilemiştir. Şu ana kadar karşılaşılan en ciddi sorun, dönüş eksenine ilişkin olarak durum bilgisi sağlayan iki cayrodan birinin kaybedilmesi olmuştur. Cayro, manyetik kuzey yerine gerçek kuzeyi bulmaya yarayan bir alettir. Uydu üstünde yerleşik ve yerdeki yazılım değişiklikleri, cayro sinyallerini tedirginci tork modellerinden ve itici kalibrasyon parametrelerinden çıkarılan bilgilere değiştiren yedekleme çözümün sağlanabilmesine neden olurken, faaliyetler yedek birim kullanılarak devam ettirildi. Veri indirgeme ekipleri tarafından sağlanan, yerdeki durum yeniden yapılandırma görevlerinden çıkarılan bilgiler (Canuto ve diğ., 1989) bu çalışma için önemli bir girdi oluşturmuştur.

Uydunun van Allen kuşaklarından geçişi sinyal arka planında kolayca anlaşılan artışlara, optik aletlerin ve Güneş panelinin bozunmasına neden olurken, radyasyon etkileri ayrıca kararsız ve çok nadiren oluşan "tek olay bozuklukları" sonucunda uydu üstünde yerleşik bilgisayarı veya diğer ön işlem bilgilerini de bozar. Şu ana kadar hiçbir kalıcı bozukluk böyle bir sebebe dayandırılamasa da, yerdurağan halinden yaklaşık altı kat daha ciddi bir radyasyon ortamına dayandırılabilecek, radyasyonun uydu üstünde yerleşik elektronik bileşenlerine verdiği hasarın daha uzun süreli etkileri biraz daha zor şekilde ölçülebilir.

Mevcut doğruluk değerlendirmeleri, üç yıllık bir çalıştırma ömrünü temsil eden 1992 yılı sonuna kadar uzayan faaliyetlerin, 118.000 yıldızın konumlarını, paralakslarını ve yıllık öz hareketlerini yaklaşık 2 mili yay saniyelik orijinal nominal misyon hedeflerine karşılık gelen bir doğruluğa getireceğini göstermektedir (Lindegren, 1991). Bu ümit verici durum temel olarak, fırlatma öncesi beklentileri takiben öğesel gözlemlerle birlikte, ilk sırada mevcut gözlem süresinin kare köküne bağlı olan son gerçekleştirilebilir doğruluklardan kaynaklanmaktadır (nominal misyon için beklenen yaklaşık %90 gerçek zamanın aksine, yaklaşık %70 "gerçek zaman").

Fotometriye ilişkin bir çok verinin (Mignard, Froeschlé ve Falin 1992a; Evans ve diğ., 1992) ve çift yıldız parametrelerinin (Söderhjelm ve diğ., 1992, Mignard ve diğ., 1992b) de asıl beklentilere uygun olacağı açıkça görülmektedir.

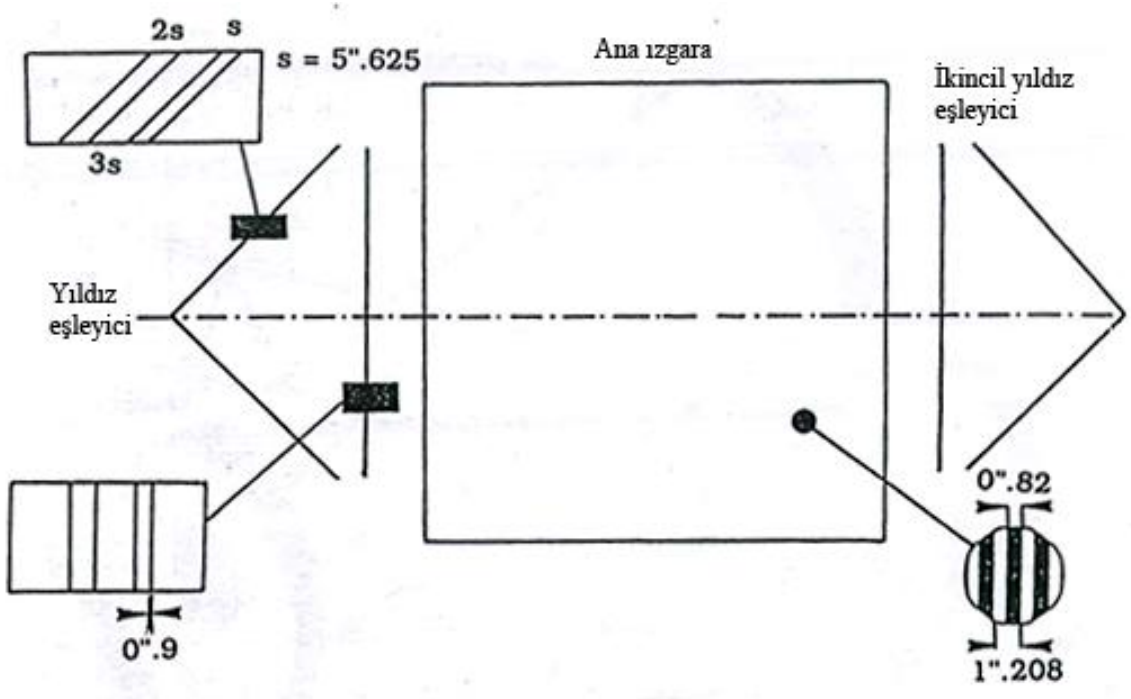
Veri işleme sırasında türetilen belirli ara büyüklüklerinin kalitesini incelemek için iki ana veri analizi ekipleri arasında oluşturulan kapsamlı doğrulama görevleri, nihai çözüme dahil olan en önemli hata kaynaklarının yeterli ve doğru bir şekilde açıklamasının yapıldığını göstermektedir. Nihai doğrulamanın, daha sağlam bir veri kümesinin tam küre çözümünü ve ana veri işleme adımlarının yinelenmesini beklemesi gerekmektedir.

3.5. GÖZLENECEK YILDIZLARIN SEÇİLMESİ

Misyonun hazırlanmasındaki başlıca görevlerden biri, gözlenecek yıldızları seçmek ve sonra operasyonlar veya veri indirgemesi için gerekli bütün verileri sağlamaktır.
Bu iş, Turon tarafından yönetilen INCA adlı bir konsorsiyum tarafından gerçekleştirilir. Bu görevin tam açıklaması Perryman ve diğ. (1989a) makalesinde verilmektedir. Kataloğun ayrıntılı bir açıklaması ise, Turon ve diğ. (1992b), Jahreiss ve diğ. (1992) ve Grenon ve diğ. (1992) makalelerinde bulunmaktadır.

Yıldızların seçimi, ESA'ya sunulan 214 öneriye ve Galaktik enleme bağlı olarak $7^m.7$-$8^m.7$ arasında sınırlayıcı görsel parlaklıkları bulunan parlak yıldızlara yönelik genel bir araştırmaya dayanmaktaydı.

Astrofiziksel açıdan en ilginç gök cisimlerinin seçilmesi tek kriter değildi. Yıldızlar, kümelenmeden gökyüzü üzerinde iyi dağılmış olmalıdır, böylece gözlem süresi, seçilen her yıldızdan olası en iyi hassasiyetin beklenebileceği şekilde dağıtılabilir. Gözlem listesi sonlandırılmadan önce misyon simülasyonu birkaç kez kontrol edildi.



Şekil 3.7 Ana ızgaranın ve yıldız eşleyicinin yapısı (Turon ve Perryman, 1999).

118.332 yıldız (bunlardan yaklaşık 100 tanesi aslında gözlenemedi), 48 küçük gezegen, üç uydu (Europa, Titan, Iapetus) ve bir yıldızsı gökcismi (3C 273) içeriyordu.

Bunların çoğunun konumunun, yeni gözlemlerle ve mevcut verilerin derlenmesiyle iyileştirilmesi gerekiyordu. Gözlemler; meridyen dairelerini, astrografları ve Schmidt teleskoplarını kullanarak yapıldı. Ana ızgara üzerinde bir yıldızın konumunu belirlemede bir ızgara adımına eşit çok fazla hatayı önlemek amacıyla, uydu üzerinde durum kontrolünün hedefi, veri indirgeme konsorsiyumu için yıldızların çoğunluğu için 1″ ve 0″.5'ten daha iyiydi. Ek olarak, operasyonlar için, parlaklıkların $0^m.5$ bir hassasiyetle biliniyor olması gerekiyordu. Birçok yıldız için, güvenilir parlaklıklar ve renkler bulunmuyordu. Çoğunlukla Avrupa Güney Gözlemevi (ESO), İspanya ve diğer yerlerde olmak üzere çok sayıda yeni gözlem gerçekleştirildi. Hipparcos'un fotometrik ölçeklerini kalibre etmeye yönelik özel bir program tamamlandı. $0^m.5$'den daha büyük genlikleri bulunan küçük gezegenlere ve değişken yıldızlara yönelik gök günlüklerinin de sağlanması gerekiyordu. Birçok çift ve çoklu yıldız görsel ve fotoğrafik olarak yeniden gözlendi ve bir radyal hız programı başlatıldı. Toplanan bütün bilgiler, Hipparcos kataloğunda yayınlandı (Turon ve diğ., 1991).

Mevcut ve uygun olduğu zaman bütün yıldızlar için aşağıdakileri kapsar:

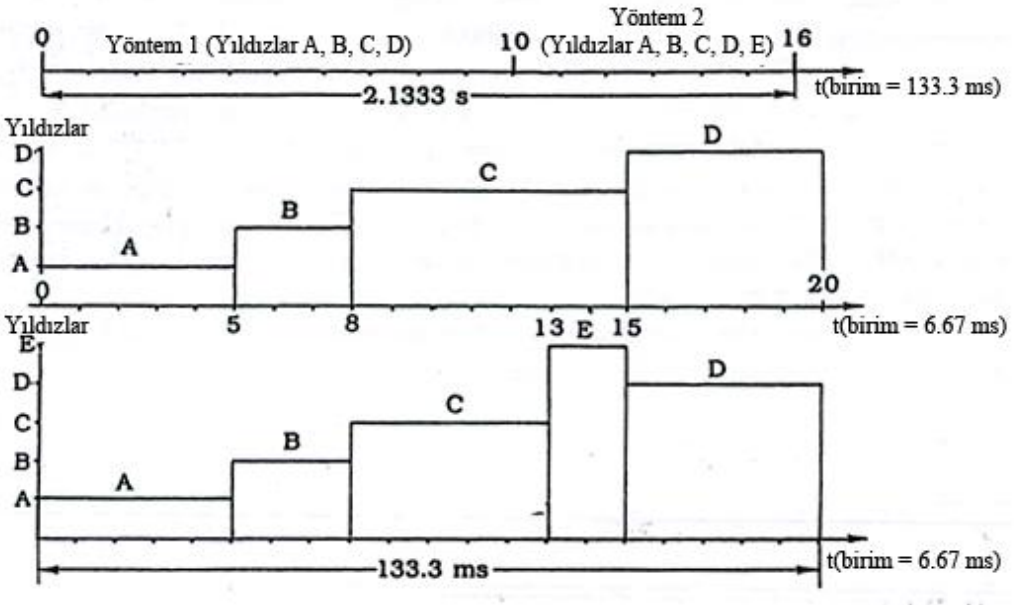
- Konum (J2000 ve B1950),
- Öz hareket,
- Paralaks,
- Hipparcos B ve V parlaklıkları,
- Tayf örneği,
- Radyal hız,
- DM veya HD numaraları,
- Çift veya çoklu yıldız bilgileri.

Kataloğun astrometrik kısmına ilişkin olarak, Hipparcos sonuçlarıyla karşılaştırılarak değerlendirilen ekvatoral koordinatlardaki ortalama hatalar 0″.3 olduğu için hedefler gerekenden çok daha iyi şekilde karşılandı (Turon ve diğ., 1992c).

Kataloğun bir *t* zamanında kullanılması için, Dünya'nın ve uydunun hareketlerinden kaynaklanan sapma için ve rölatif ışık sapması için konumların düzeltilmesi gerekmektedir.

3.6. GÖZLEM STRATEJİSİ

Belirli bir zamanda, birleştirilmiş görüş alanında birkaç program yıldızı bulunur. Bir saniyenin 32/15'i oranında bir gözlem zaman dilimi sırasında, ayrı gözlemlerin özenli bir sıralamasıyla maksimum 10 yıldız gözlendi. Gözlem zaman dilimi sırasında bir program yıldızı görüş alanına girmediği veya görüş alanından ayrılmadığı sürece, aynı yıldızlar 16 geçmeli tarama periyotları oluşturan aynı konfigürasyonlarda 16 kez gözlendi. Bir geçmeli tarama periyodu sırasında, her yıldız 1/1200 s'lik sekiz örnekleme periyodunun tam sayısında *(N)* gözlendi; *N* en azından kısmen az sayıdaki fotonları telafi etmek için sönük yıldızlar için büyüktür. Bir geçmeli tarama periyodu oluşturan 20 grup sekiz örnekleme periyodu, hiç kullanılmamış bir zaman kalmayacak şekilde yıldızlar arasında dağıtıldı. Giren veya çıkan yıldızlar olduğunda, bu yıldızlarla ve bu yıldızlar olmaksızın iki ya da üç farklı strateji benimsendi. dört yıldızın her zaman bulunduğu ve 10. geçmeli tarama periyodunda 5. bir yıldızın girdiği bu gözlem stratejisi Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Tek bir gözlem zamanı dilimi (2.133 s) boyunca Hipparcos gözlem stratejisi. A, B, C, D yıldızları, *N* sırasıyla 5, 3, 7 ve 5'e eşit olmak üzere bu sırada gözlenmektedir. E yıldızı görüş alanına girdiğinde, C yıldızının iki grup örnekleme periyodu E yıldızı tarafından kullanılır.

Ortalamada, parlaklığı 9^{m} olan bir yıldız, her gözlem zaman dilimi için 0.5 s ve görüş alanından her geçiş için 4 s gözlendi (Turon ve Perryman, 1999).

3.7. PARALAKSLAR VE HATALAR

3.7.1. Açık ve Küresel Kümelere Uzaklık

Uzaklık açısı ölçümleri ve öz hareket kullanılarak ulaşılan önemli bir sonuç en yakın açık küme Hyades'e olan kesin uzaklığın belirlenmesidir. Hyades'e olan uzaklık genellikle Kozmik Uzaklık Merdiveni olarak adlandırılan konuda önemli bir basamak niteliğindedir. Hipparcos'tan elde edilen verileri kullanarak gökbilimciler bu kümenin kütle merkezine olan uzaklığı 46.34±0.27 pc olarak hesaplamış bulunmaktadırlar. Bu yeni değer Hyades kümesinde bulunan yıldızların bir HR diyagramına tam olarak oturtulmasına ve aynı zamanda yıldız evrimi modellerinin test edilmesine olanak sağlamıştır. Bu da Hyades kümesinin 625 milyon yaşında olduğunu desteklemektedir. Belirgin bir HR diyagramına sahip olmak kesin paralaks ölçümü yapmak için, çok uzakta olsalar bile, diğer kümelere olan uzaklığın anakol çakıştırma tekniğiyle hesaplanmasına olanak verir.

Hipparcos ile elde edilen bir başka önemli bulgu ise diğer bir açık küme olan Pleiades'e olan uzaklığın tekrar ayarlanmasıdır. 115 pc de elde edilen uzaklık daha önce düşünülenden yaklaşık %15 daha yakındır; ki bu da küme yıldızları aslında düşünüldüğünden daha sönüktür. Bu sonuç anakol çakıştırma tekniği hakkındaki şüpheleri arttırmış ve metal bolluğundan başka faktörlerin de göz önünde bulundurulması gereğini ortaya çıkarmıştır. Bu konuda gökbilimciler arasındaki tartışmalar hala devam etmektedir.

İlk kez, bir açık kümenin (Hyades) üç boyutlu yapısı, Hipparcos'un trigonometrik paralakslarından belirlendi (Perryman ve diğ., 1998). Uzay hareketleri ve uzaklık temel alınarak, 39 tanesi yeni olmak üzere 218 yıldız küme üyesi olarak seçildi.

Gözlenen kütle merkezine olan uzaklık Hipparcos tarafından kütle merkezine 10 pc olacak şekilde tanımlandı; bu da 46.34±0.27 pc denk gelmektedir. Buradan uzaklık modülü $m-M=3^{m}.33\pm0^{m}.01$ olarak hesaplanır.

Hipparcos'un paralaks ve öz hareket değerleri göz önünde bulundurularak, yaklaşık 20 yakın açık küme, her bir aday yıldız için "Coravel" radyal hızı ulaşılabilir olduğunda, üyelik yeniden gözden geçirildi (Coravel, çapraz korelasyonla, yıldızların radyal hızlarını belirleyen bir Cassegrain türü spektrometredir.).

Orta seviyedeki Hipparcos astrometri verilerinden, değişik yaşlarda ve metal bolluğunda 10 kümenin ortalama uzaklığı belirlenmiştir. Buradaki doğruluk payı, rölatif olarak %10'dan daha iyidir. Rölatif doğruluk, sekiz ilave kümede de %10-20 arasında bulunmuştu. Bu sonuçlar, anakola uygunluk açısından tamamen yeni bir anlayış getiriyor (van Leeuwen 1997).

Kümelerin HR diyagramında anakoldaki pozisyonları birbiriyle kıyaslanarak, yaş ve helyum içeriği belirlendi. Bu da şu şekilde yapıldı: Yıldız evriminin teorik modelleri, her kümenin metal içeriğine uyarlandı. Ana zorluklardan biri teorik HR diyagramını, gözlemsel HR diyagramına dönüştürmekti. Örneğin; T_{eff}'yi B-V'ye, bolometrik mutlak parlaklığı Hp mutlak parlaklığına dönüştürme.

Gaia ile tüm gözlenebilir açık kümelerdeki tüm yıldızların uzaklıklarına gerçekten kesin bir doğrulukla erişilebilecektir. Bunun için 30 kümenin üç boyutlu yapısı ve gözlenebilir Galaktik açık kümelerin ortalama uzaklıkları incelenecektir.

Hipparcos ile, her bir derece kareye düşen yıldız yoğunluğu limitinden dolayı, küresel kümeleri gözlemlemek mümkün değildi. Buna rağmen uzaklıklar ve küresel kümelerin yaşları, aynı metal bolluğuna sahip alt cücelerin anakola uyarlanmasıyla geliştirildi (Reid 1997a). Sonuçlarda bazı yayılmalar hala mevcuttur. Ancak, Hipparcos uzaklıkları sistematik olarak yer tabanlı uzaklıklardan daha büyük ve Hipparcos'tan elde edilen yaşlar yer tabanlı gözlemlerden elde edilen yaşlardan daha küçük (en yaşlı küme için 12-14 Gyr arası; Tablo 3.2). 16-18 Gyr gibi Evren'in yaşından çok büyük değerler ihmal ediliyor.

Yayınlanan son altı bağımsız metot, 13±2 Gyr rehberliğinde, yeni Hipparcos tabanlı tespitler içeriyor (Chaboyer ve diğ., 1998).

Tablo 3.2 Hipparcos'un gözlemlediği en yaşlı küresel kümelerinin yaşları

(Turon ve Perryman, 1999).

Yöntem	Yazar(lar)	Yıl	Yaş (Gyr)	Yorumlar
Altcüceler	Reid	1997	12 →13	M92 → M5
	Gratton ve diğ.	1997	11.8±2.3	9 kümenin en yaşlısı
	Gratton ve diğ.	1998	12.3+2.1	-2.5
	Pont ve diğ.	1998	14±1.5	M92
	Cayrel ve diğ.	1997		
	Chaboyer ve diğ.	1998	14-15	$M_V(RR)=0^m.39\pm0^m.8$
			11.5±1.3	[Fe/H]= -1.9 dex
	Jimenez ve Padoan	1998	12.5±1.0	M55 (10.6±0.8 M5 için)
RR Lyrae	Fernley ve diğ.	1998	17.4±3.0	15.8 Fernley ve diğ. (1997)
Sefeidler	Feast ve Whitelock	1997	11	-

GAIA ile küresel kümelerdeki birçok yıldızın uzaklığı mükemmel bir şekilde tespit edilebilecektir. Ayrıca 10 kpc'den daha yakın 20 küresel küme için yatay kol yıldızları $V=15^m$den daha parlak olarak seçilecektir.

3.7.2. Trigonometrik Paralakslar Ve Işıma Gücü Kalibrasyonları

Hipparcos, trigonometrik paralakslardan tayin edilmiş temel uzaklıkları miktar ve kalite olarak ciddi bir şekilde geliştirmiştir. Dünya'dan $\sigma_\pi/\pi<\%1$ hassasiyetle sadece 10-20 yıldızın paralaksı bulunabilmişken, bu sayı Hipparcos için 442 olup, $\sigma_\pi/\pi<\%10$ hassasiyette bu sayı Dünya'dan yapılan gözlem için 1.000'e çıkarken, Hipparcos için bu sayı 22.396'dır.

3.7.3. Zonklayan Değişenler ve LMC Uzaklığı

Zonklayan üç tip değişenin - ki bunlar uzaklık ölçüsü kalibrasyonlarında kullanılıyor - yer tabanlı gözlemlerden trigonometrik paralaksları elde edilemiyor. Bunlar: Sefeidler, RR Lyraelar ve Mira yıldızları.

Bu yıldızların her bir tipi için 10'dan 20'ye kadar Hipparcos paralaksları, periyot - ışıma gücü ilişkisinin sıfır noktasını yeniden tartışmak için kullanılmıştı:

→ Sefeidler için: Feast (1998), Sandage ve Tamman (1998), Madore ve Freedman

(1998), Feast ve Catchpole (1997), Feast ve Whitelock (1997), Oudmaijer ve diğ. (1998) ve Luri ve diğ. (1998).

Tablo 3.3 Hipparcos ve GAIA ile ışıma gücü kalibrasyonları (Turon ve Perryman, 1999).

	Hipparcos	GAIA
σ_π/π<%1	442 yıldız	~18 × 10^6 yıldız 5-10 kpc'ye kadar (M_v<-5^m) 3-5 kpc'ye kadar (M_v<0^m) 1-2 kpc'ye kadar (M_v<5^m)
σ_π/π<%10	22.396	~150 × 10^6 yıldız 30-50 kpc'ye kadar (M_v<-5^m) 10-20 kpc'ye kadar (M_v<0^m) 2-5 kpc'ye kadar (M_v<5^m)
M_V'deki hata (V=10^m) π'deki hataya bağlı olarak	10pc'de 0^m.03 100pc'de 0^m.3	10 pc'de 0^m.0001 100 pc'de 0^m.001 10000 pc'de 0^m.1
Galaktik Yıldız Popülasyonları (σ_π/π<%10) Spiral Kollar İnce Disk Kalın Disk Halo Şişkin Bölge HR Diyagramı M_V limiti Anakol Beyaz cüce	 Az sayıda yıldız Çok sayıda yıldız Az sayıda yıldız Az sayıda yıldız Hiç yıldız yok -4^m B4'e kadar Çok az sayıda	 Tüm yıldızlar Tüm yıldızlar Tüm yıldızlar Tüm yıldızlar Çok sayıda yıldız Tüm $M_v$ler Tüm spektrel tipler Çok sayıda
Açık kümeler σ_π/π<%1 σ_π/π<%10 σ_π/π<%10-20 Küresel Kümeler Sefeidler RR Lyrae	 1 10 8 Yok 10, P=2-36 gün 12	 Tümü σ_π/π<%10 her yıldız için ~20 σ_π/π<%20 her yıldız için ~40 tüm yıldızlar, tüm periyotlar (σ_π/π<%1) 5-8 kpc'ye kadar (σ_π/π<%10) tüm Galaksi LMC (σ_π/π<%15) (σ_π/π<%1) 3-5 kpc'ye kadar (σ_π/π<%10) tüm Galaksi

→RR Lyrae için: Fernley ve diğ. (1998), Tsujimoto ve diğ. (1997), McNamara (1997) ve Luri ve diğ. (1998).

→Mira ve uzun periyotlu değişenler için: van Leeuwen ve diğ. (1997), Whitelock ve diğ. (1997).

Tablo 3.4: Zonklayan üç tip değişenin uzaklık ölçüsü kalibrasyonları

(Turon ve Perryman, 1999).

Nesneler	Yazar(lar)	Yıl	(M-m)	Yorumlar
Sefeidler	Feast ve Catchpole	1997	18.70±0.10	
	Paturel ve diğ.	1997	18.72±0.05	
	Madore ve Freedman	1998	18.44±0.35	
			18.57±0.11	Başka bir örnek için
	Luri ve diğ.	1998		Sadece sıfır noktası çözümü
				Sıfır noktası + eğimli yer
	Oudmaijer ve diğ.	1998		L-K korelasyonu
	Pont	1998		[-0.03] sistematik
RR Lyrae	McNamara	1997	18.57±0.03	
	Fernley ve diğ.	1998	18.26±0.15	1997'de 18.31±0.10
	Luri ve diğ.	1998	18.37±0.23	
	Udalsky	1998	18.13±0.07	
	Popowski ve Gould	1998	18.33±0.08	
Mira ve uzun periyotlu değişenler	Van Leeuwen ve diğ.	1997	18.54±0.18	
	Whitelock ve diğ.	1997	18.60±0.18	
	Bergeat ve diğ.	1998	18.50±0.17	
Alt cüceler ve küresel kümeler	Reid	1997	18.65±0.10	
	Gratton ve diğ.	1997	18.60±0.07	
	Gratton ve diğ.	1998	18.54±0.12	
Kırmızı yığın yıldızları	Stanek ve diğ.	1998	18.065±0.031	±0.09 sistematik
	Udalski	1998	18.13±0.07	OGLE2 RR Lyrae
	Girardi ve diğ.	1998	18.28±0.18	Metal bolluğu etkisi
	Cole	1998	18.36±0.17	Yaş ve metal bolluğu etkisi
Yatay kol yıldızları	Gratton	1998	18.37±0.10	Metalce fakir bölgedeki HB yıldızları
			18.42±0.12	
Tüm yöntemler gözden geçirilerek	Walker	1998	18.55±0.10	

Hipparcos verilerinden elde edilen uzaklıklar ve birçok başka içerik (yer tabanlı gözlemler, yıldız evrimi modelleri) Tablo 3.4'te verilmiştir. Bu sonuçlar, başka modellerden bulunmuş uzaklık modülleriyle karşılaştırılmalıdır. Burada, her yöntemdeki hatalara bağlı olarak değişik sonuçlar elde etmek mümkündür.

Öncelikle, Büyük Macellan Bulutu'nun ihmal edilemez bir yoğunluğu vardır ve sefeidler ile yatay kol yıldızlarının bulunduğu bölgenin uzaklıkları arasındaki fark ve bu bölgenin dışındaki alanın belki birkaç kpc'ye kadar uzaması da bu sonucu etkiliyor olabilir.

İkinci önemli etki, yıldızlararası kızarmanın çok düzensiz olması ve E(B-V)'nin uç noktalarda $0^m.29$ olarak ölçülmesidir (Walker, 1998).

Bir başka önemli etken de, metal bolluğu değişiminin [Fe/H]=0.2 dex'e kadar ulaşmasıdır (-0.15, -0.34 dex, Walker, 1998).

Periyot – ışıma gücü ilişkisine karşılık renk ve metal bolluğu ilişkisine mükemmel bir örnek ve esas dağılım ilişkisini belirlemek için daha kapsamlı bir temel hazırlayarak, tüm Galaktik sefeidler, RR Lyrae ve mira değişenleri, uzaklıkları %1-%10 doğrulukla Gaia ile belirlenebilecektir.

Dahası, çok daha uzak bir mesafede, uzaklık hesabı yapmak, çok büyük bir adımdır. Sefeidlerin, periyot – ışıma gücü ilişkisinin Evrenselliğinin ilk testine ve Macellan Bulutlarında direk uzaklık belirlemelerine bağlı olarak Büyük Macellan Bulutu'ndaki sefeidlerin trigonometrik paralaksları belirlenebilecektir.

Hipparcos, yer tabanlı trigonometrik gözlemlerine göre, yaygın olarak daha fotometrik ve spektroskopik mutlak kadir kalibrasyonları için kullanılabilir temelleri miktar ve nicelik yönünden geliştirerek ilerleme sağlamıştır.

Uzaklıkları, yakındaki açık kümelere kadar geliştirme ve soğuk alt cüceler üzerinden küresel kümelerin mutlak kadirleri, anakol ve yatay kol fitlemeleri ve bir kaç Gyr'den daha genç küresel kümelerin yaşının hesaplanması sağlandı.

Diğer yandan, renk ve metal bolluğunun etkisi hesaba katılınca, periyot-ışıma gücü ilişkisinin iyi bir kalibrasyonunu elde etmek için zonklayan değişen yıldızların belirlenen güvenilir uzaklıklarının sayısı çok küçük oluyor. Büyük Macellan Bulutu hala bazı farklılıklar gösterdiği için ortaya çıkan uzaklıklar belirlenmiştir.

Gaia, seyrek parlak yıldız türleri, şişkin bölge ve küresel kümelerdeki çok yoğun bölgeler dahil olmak üzere, Samanyolu içinde ışıma gücü kalibrasyonlarını tüm yıldız popülasyonlarına kadar genişletecektir.

Dahası, parlak yıldızların trigonometrik paralakslarını kullanarak ve sefeidlerin periyot-ışıma gücü ilişkisinin Evrenselliğini test ederek, Büyük Macellan Bulutuyla uzaklık ölçme imkanı getirecektir.

3.7.4. Hata Kesintileri

Astrofizik uygulamalarında uzaklıklar, mutlak parlaklıklar ve hızlar gibi türetilmiş büyüklükler, paralakslar ve öz hareketler gibi gözlenen büyüklüklerin yerine kullanılır. Gözlenen değerler tesadüfî hatalar ve seçim etkilerinden etkilendikleri için doğru bir istatistiksel işlem kullanılmadığı takdirde astrofiziksel büyüklüklerin tahminleri yanlı olabilir.

Yıllar boyunca birçok makale, trigonometrik paralakslardan yıldız parlaklıklarının belirlenmesinde ortaya çıkabilecek çeşitli yanlılıklara bağlı kalmıştır.

Hipparcos kataloğunun eşi görülmemiş doğruluğu ve homojen verileriyle, bu yanlılıkların etkili biçimde dikkate alınması için bir fırsat olabilirdi.

Aksine, paralaksa bağlı hataya ilişkin örnek kesintilerin paralakstan türetilen büyüklüklerin yanlı tahminlerine yol açtığı iyi bilinir iken güncel makalelerin çoğunda, örnek seçimleri genel olarak paralaksa bağlı kesinliği esas almıştır (π_H'nin Hipparcos paralaksını ve δ'nın resmi kesinliğini ifade ettiği δ/π_H'yi esas almıştır). Ayrıca, δ/π_H'ye ilişkin çeşitli edinilmiş sınırlar ortaya çıkan mutlak parlaklığa ilişkin beklenen hassasiyet ile örneğin boyutu arasında yalnızca bir dengedir ve bu nedenle herhangi bir istatistiksel kritere bağlı değildir. "Gözlenen" göreli hataya ilişkin bir kesintinin ortaya çıkan örnek için dolaylı olarak ne ifade ettiği aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

1. $1/\pi_H$'ye ilişkin kesinti, yaklaşık hacim-sınırlı bir örnek oluşturmalıdır ancak $1/\pi_H$ üzerindeki hata, dolaylı olarak bu büyüklüğe ilişkin bir etkiyi ifade eden mutlak parlaklığa ilişkin hatayla bağıntılıdır.
2. Verilen bir $1/\pi_H$ için, hassasiyet δ temel olarak foton gürültüsü nedeniyle olmaktadır; böylece daha parlak yıldızlar tercihe bağlı olarak seçilir.
3. Verilen görünürdeki bir parlaklık için, δ ayrıca (Hipparcos tarama kanunu nedeniyle) tutulum enlemine bağlıdır ve böylece uzamsal bir seçim ilave eder.
4. Kullanılan δ değerleri hassasiyetin "gerçek" değerleri değil, tahmini değerlerdir. Dolayısıyla, δ/π_H kesintiyi istatistiksel olarak daha karmaşık hale getiren iki rastgele değişkenin kombinasyonudur.

5. İlk örneğin (kesilmeden önce) Hipparcos kataloğunun içindekileri temsil etmesi de göz önünde bulundurulmalıdır. Oldukça iyi tanımlanmış "Araştırma"nın dışında, kataloğun oluşturulduğu diğer seçenekler her zaman açık değildir (örn. komşu yıldızlar için kinematik bir etki). Diğer yıldızların reddedilmesine yol açan başka gözlem sorunlar da meydana gelebilirdi.

Son etkisi ise, aslında popülasyona ilişkin olarak örneğin temsil edilebilirliği hakkında hiçbir bilgi olmamasıdır. Paralakslar kullanılarak bu örnekten hesaplanmış herhangi bir istatistik, muhtemelen birinin popülasyonu için elde etmeyi isteyeceği büyüklüğün yanlı bir tahmini olacaktır. Üstelik, özel olarak örneğin özelliklerine uyarlanmamış bir sonsal etki düzeltme işlemi uygulanırsa sonucun doğruluğu neredeyse hiç tahmin edilemez. Bu, söz konusu varsayım gerçekçi olmayabilirken tekdüze bir yıldız yoğunluğu varsayan Lutz-Kelker (1973) düzeltme olayını örnekler. Bu yeterli olsa bile, düzeltmenin güven aralığı çok geniş olmayabilir (Koen, 1992). Böylece mutlak parlaklığa ilişkin hassasiyet oldukça yetersiz olacaktır.

Genel olarak, daha küçük tesadüfî hatalardan fayda sağlamak umuduyla paralaksa bağlı hatada yuvarlama yapmak en sonunda daha büyük sistematik hatalar verir. Ayrıca, yüksek bağıl hataları bulunan yıldızların reddedilmesi, tesadüfî hataların azaltılabileceği büyük miktarda veriyi işe yaramaz hale getirir. Bu çalışmanın sonucunu tahmin ederken, gözlenen paralakslar üzerinde hiçbir seçimin yapılması gerekmediği unutulmamalıdır. Ayrıca, Hipparcos katalogunda daha parlak yıldızların gözlem listesinin açıkça tanımlanmış örneklerden yararlanmak amacıyla tanımlandığı da unutulmamalıdır. Bu uygulandığında, görünürdeki parlaklığa ilişkin seçim daha sonra tahmin prosedüründe dikkate alınabilir. Bu seçimin etkisi "Malmquist etkisi"dir.

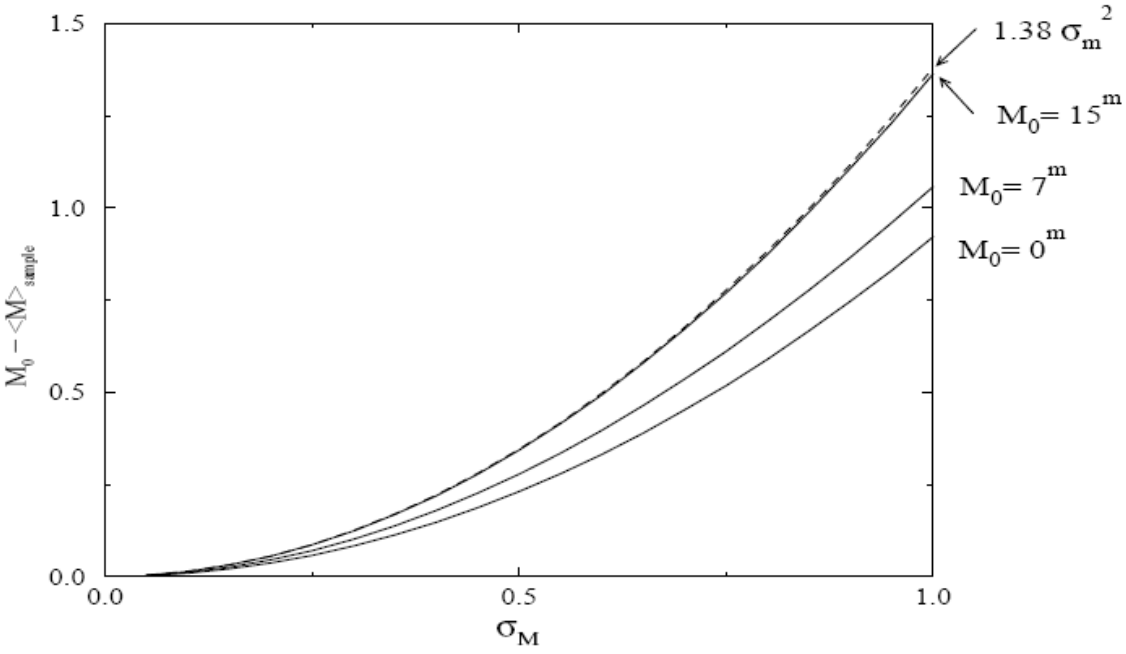
3.7.4.1. *Malmquist Etkisi*

Yıldızların herhangi bir sonlu örneği, tanım gereği, görünürdeki parlaklıkta sınırlıdır. Bazı durumlarda, δ/π_H'deki bir limit gibi, başka daha kısıtlayıcı bir kesinti olması halinde bu limit göz ardı edilebilir. Ancak biri, yıldızların bir örneğini kısıtlarken herhangi bir kısıtlama uygulanmasını mümkün olduğunca önlemek istiyorsa, en azından görünürdeki bir parlaklık limitiyle kalır. Dolayısıyla, böyle bir kesintinin astrofiziksel büyüklüklerin tahmini üzerinde sahip olabileceği etkilerin anlaşılması önemlidir.

En basit görünürdeki bir parlaklık kesintisi durumu, belirgin bir görünürdeki parlaklık limiti bulunan örneğin durumudur. Bu durum ilk olarak, bazı kısıtlayıcı hipotezler kapsamında Malmquist (1936) tarafından araştırılmıştır.

1. Farklı mutlak parlaklıkların Gauss dağılımı: $M \rightarrow N\,(M_0,\ \delta_M)$
2. Tekdüze bir uzaysal dağılım (r^2 olarak uzay yoğunluğu).

Kadirce parlaklıkları tam olan yıldızların, mutlak parlaklıklarında oluşan yanlılığı gidermek için kullanılan düzeltmeye "Malmquist Etkisi" denir ve buna bir örnek Şekil 3.9.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9: Mutlak parlaklıkların bir Gauss dağılımı, uzaysal dağılım için Z_0=200 pc ile üstel bir disk ve görünürdeki bir parlaklık limiti $m_{lim}=15^m$ durumunda Malmquist etkisi. Klasik Malmquist düzeltmesi (kesikli çizgi) karşılaştırma için verilmiştir (Arenou ve Luri, 1998).

Temel popülasyonun ortalama mutlak parlaklığı M_0, kesilen örneğin mutlak parlaklığı $\langle M \rangle$ bu değerden farklı olurken, etkilenmiştir. Dolayısıyla, biri böyle bir örneği temel popülasyonun mutlak parlaklığını tahmin etmek için kullanırsa, trigonometrik paralaksların kullanımı doğru olsa bile, elde edilen değer etkilenmiş olacaktır. Görünürdeki parlaklık kesintisinden kaynaklanan bir örneğin ortalama mutlak parlaklığındaki bu etki, Malmquist etkisi olarak bilinir. Malmquist, bu etkinin değerini yukarıda bahsedilen hipotezler kapsamında hesaplamıştır:

$$\langle M \rangle \approx M_0 - 1.38\,\sigma^2_M \qquad (3.1)$$

Malmquist düzeltmesi verilen iki hipotez kapsamında geçerlidir. Bu nedenle Malmquist düzeltmesi, görünürdeki bir parlaklık kesintisi bulunduğunda doğrudan uygulanmamalıdır. Düzeltme, temel popülasyonun mutlak parlaklık dağılımı ve uzamsal dağılımına bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Ayrıca, görünürdeki parlaklık kesintisi düzgün değilse, etki de farklı olacaktır. Bu durum, Hipparcos araştırmasının kullanışlı hale geldiği yerdir.

3.8. HIPPARCOS PARALAKS HATALARININ GENEL ÖZELLİKLERİ

Türetilen büyüklüklere ilişkin tesadüfî paralaks hatalarının etkisi göz önüne alınmaksızın genel olarak Hipparcos hatalarının genel özellikleri aşağıdaki gibidir:

- Gauss hataları,
- Gauss dışı hatalar,
- Küçük ölçekli sistematik hatalar.
- Tesadüfî paralaks hataları göz önüne alındığında:
- Tesadüfî paralaks hatalarının etkisi,
- Doğrusalsızlık etkisi,
- Gözlenen verilere ilişkin kesinti etkisi de hesaba katılmalıdır.

Hipparcos kataloğu, temel parametrelerin trigonometrik paralakslardan çıkarılması gerektiğinde araştırmacının karşılaşabileceği çeşitli istatistiksel sorunları gösterir.

Hipparcos hataları, en azından büyük ölçeklerde, fark edilebilir bir etki olmaksızın Gauss hataları gibi düşünülebilir. Küçük ölçeklerde, ölçümler arasındaki korelasyon etkisinin dikkate alınması gerekir. Formal hata tarafından verildiği gibi sıfır ortalama ve dağılımla, tesadüfî paralaks hataları simetrik olmasına rağmen, nadiren bazı durumlarda örneğin ikililikten kaynaklanan birkaç aykırı gözlem olur.

Yanlış bir şekilde dikkate alınmaları halinde tesadüfî hatalar yanlış yönlendirici olabilir. Özellikle, paralaksların uzaklığa veya mutlak parlaklığa dönüştürülmesi dikkatle yapılmalıdır. Üstelik, gözlenen paralaksa dayanan kesintiler de önlenmelidir. Hipparcos kataloğu, ayrıca yere-bağlı trigonometrik paralaksları da değerlendirecektir ki bu durum

SIM veya Gaia gibi yeni uzamsal projeler başlatılana kadar belirsiz yıldızlara dair bilgimizi genişletecektir. Ancak her durumda, tesadüfî ölçüm hatalarının yine de dikkate alınması gerekecektir.

3.8.1. Gauss Hataları

Çeşitli makalelerde (örn. Arenou ve diğ., 1995, 1997), genel olarak Hipparcos paralakslarının tesadüfî hatalarının Gauss hataları olarak düşünülebileceği gösterilmiştir. Bu durum, örneğin bu paralakslar benzer hassasiyetli yere bağlı değerlerle veya normalize farkları (olağan hataların karelerinin toplamının karekköküne bölünmüş paralaks farkları) kullanan fotometrik tahminleri kullanarak uzak yıldızlarla karşılaştırıldığında görülebilir. Paralaks hatalarının bu özelliği daha sonra, gerçek paralakslar göz önünde tutularak gözlenen paralaksların şartlı kanununu kullanan parametrik yaklaşımlarda tam olarak kullanılabilir.

3.8.2. Gauss Dışı Hatalar

Gauss davranışları nedeniyle, Hipparcos kataloğundaki tesadüfî hataların elbette astrometrik parametreleri 1 δ hata seviyesinden büyük ölçüde sapma gösteren birkaç yıldız oluşturması beklenir böylece elbette birkaç yüz yıldızın, mesela gerçek paralaks değerinden 3 mas sapma gösteren, gözlenen bir paralaksı olması beklenir. Bu Hipparcos gibi geniş kapsamlı bir katalogda olabilecek mantıksal bir sonuçtur.

Ancak birkaç durumda, Hipparcos verilerine ilişkin hatanın beklenilenden daha fazla olması gibi durumlar meydana gelebilir.

Çift ve Çoklu Yıldız Eki (DMSA, bkz. ESA, 1997) dışında, Hipparcos kataloğunun çoğunluğunu tek olduğu varsayılan yıldızlar oluşturmaktadır.

Aykırı değerlerin belirgin bir kaynağı bu şekilde saptanamamış kısa süreli ikilik olabilir çünkü bu durumda yıldız astrometrik yolu tam olarak varsayılan tekli yıldız modeline uymayacaktır (beş parametre: konum (α, δ), paralaks, doğrusal öz hareket (α, δ)).

3.8.3. Küçük Ölçekli Sistematik Hatalar

Hipparcos uydusunun çalışma şekli, belirli küçük bir alandaki yıldızların, diğer bakış alanındaki aynı tümleyen yıldız kümesiyle birlikte sıklıkla gözlendiğini dolaylı olarak ifade ediyor. Bu durum, birkaç derece karedeki yıldızların astrometrik parametreleri arasındaki korelasyonları ortaya koyar; ancak oldukça düşük gökyüzü yoğunluğu nedeniyle açık yıldız kümeleri haricinde bu bir sorun oluşturmaz. Bu etkinin üzerine Lindegren (1988) tarafından uydu fırlatılmadan önce çalışma yapılmıştır ve Lindegren ve diğ. (1997) ve Arenou (1997) tarafından nihai sonuçların kullanılarak doğrulanmıştır.

Özel bir veri indirgeme işleminin, daha sonra küme yıldızları için kullanılması gerekiyordu. Bu işlem van Leeuwen (1997) tarafından yapılmıştır ve bu amaçla Platais ve diğ. (1998)'de ayrıntılarıyla belirtildiği gibi açısal korelasyonlar ayarlanmıştır.

Korelasyon etkisinin bilinmesine ve dikkate alınmasına rağmen, kümeleri tek bir kez gerçekleştirmek adına, bunun bireysel küme üyeleri için sistematik bir hata anlamına gelebileceği muhtemelen fark edilmedi. Ancak Hipparcos verilerinin iki farklı konsorsiyum tarafından indirgendiğini ve sistematik hatanın muhtemelen ikisi için de aynı olmadığını; böylece iki kümenin birleşmesinin (Arenou, 1997) muhtemelen etkiyi azalttığını unutmamak gerekir.

3.8.4. Tesadüfî Paralaks Hatalarının Etkisi

Bir yıldızın astrometrik öğelerinin astrofiziksel bir amaçla kendileriyle pek ilgileri yoktur. Aksine, ilgi büyüklükleri; uzaklık, mutlak parlaklık, yarıçap, yaş veya uzamsal hızdır. İlişkili hatalarıyla birlikte, gözlenen bir paralaks ve öz hareket düşünüldüğünde bu büyüklüklerin yansız tahminlerini elde etmek kolay değildir. Örneğin; Lutz-Kelker (1973) tarafından, gözlenen paralaksa bağlı hataya dayalı bir örnek seçiminin ortalama mutlak parlaklık üzerine bir etki uygulayacağı gösterilmiştir.
Aslında Lutz-Kelker, etkinin paralaksın her değerinde meydana geleceğini düşündü. Bu etki şunlardan kaynaklanır:

- Mutlak parlaklık (veya uzaklık, v.b.) ve paralaks arasında doğrusal olmayan ilişki,

- Gözlenen paralaksa dayalı kesinti, tekdüze olmayan doğru paralaks dağılımı.

Bu iki konu aşağıda tartışılmaktadır ve paralaks hatalarının etkisi literatürden alınan örneklerin kullanımı yoluyla gösterilmektedir. Mutlak parlaklık için doğru olan, bahsedilen diğer büyüklükler için de eşit derecede doğrudur. Açıkça görünmesine rağmen, $\sigma/\pi_H \alpha 1/\pi_H$ olduğunu ve böylece "gözlenen" bağıl hataların bir etkiye, yüksek dağılım ve "gözlenen" uzaklığa ait olanlara orantılı çarpıklığa uğradığını belirtmeye değer. Sözde Lutz-Kelker etkisi meydana gelir çünkü "gözlenen" bağıl hatada bulunan tesadüfî hata "gözlenen" mutlak parlaklığa ilişkin hatayla bağıntılıdır.

3.8.5. Doğrusalsızlık Etkisi

Paralakslara yönelik bir simetrik hata kanunundan başlayarak, uzaklık veya mutlak parlaklık gibi türetilen büyüklüklere ilişkin hata kanunu bu özelliği serbest bırakır. Paralaksa ilişkin olarak onların doğrusalsızlığı nedeniyle bir etki beklenir ve bu durum, gözlenen paralaks sıfır veya negatif olduğunda benzer tahminlerin tanımlanmaması ve böyle verilerin reddedilmesine yol açmasıyla güçlendirilir.

3.8.6. Gözlenen Verilere İlişkin Kesinti Etkisi

Doğrusalsızlıktan kaynaklanan etki sistematik olarak (ancak küçük bağıl hatalar için sınırlı bir etkiyle) meydana gelecekken, en büyük etki olan "gözlenen" bağıl hataya ilişkin kesintiden kaynaklanan etki hiçbir kesinti yapılmaması halinde önlenebilir. Bir kesinti prosedürü kullanan Hipparcos verilerine dayanan güncel literatürdeki çalışmaların önemli bir kısmı genellikle bağıl paralaks hatasını ve bazen yalnızca negatif paralaksların reddedilmesini esas aldı. Yalnızca en hassas mutlak parlaklıkları seçme umuduyla, Lutz-Kelker etkisi nedeniyle sadece ortalamaları etkilenmez, üstelik bu ortalamaya ilişkin olarak edinilen hassasiyet daha kötü olur.

4. BULGULAR

4.1. HIPPARCOS VERİLERİ

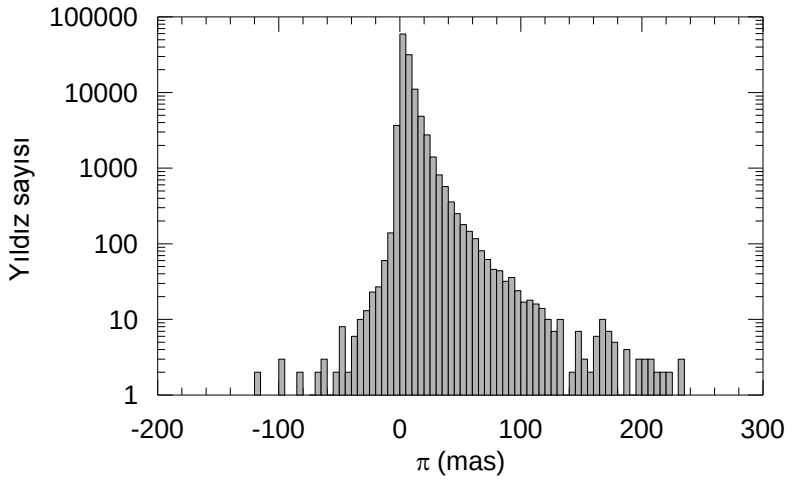
Bu çalışmada, yeni indirgenmiş Hipparcos kataloğundaki (van Leeuwen, 2007) anakol yıldızlarının hassas hesaplanmış trigonometrik paralaksları dikkate alınarak Güneş civarındaki anakol yıldızları için elde edilecek ışıma gücü fonksiyonunun literatürde verilen önceki ışıma gücü fonksiyonlarıyla karşılaştırılması hedeflenmiştir. Işıma gücü fonksiyonunun elde edilmesinde kullanılan fotometrik sistem duyarlı ölçülmüş mutlak parlaklık tayininde önemlidir.

Bu amaç doğrultusunda yeni indirgenmiş Hipparcos kataloğundaki yıldızların verileri VizieR servisinin web ara yüzü[8] kullanılarak elde edilmiştir. VizieR servisinde I/311 numarasıyla kayıtlı katalog içinde 117.955 yıldız bulunmaktadır. Çalışmamızda duyarlı mutlak parlaklıklar tayin edilmek istendiğinden katalogdan trigonometrik paralaksları yeterince duyarlı olan yıldızların seçilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, katalogdaki yıldızların trigonometrik paralaksları analiz edilmelidir. Şekil 4.1'de yeni indirgenmiş Hipparcos kataloğunda bulunan 117.955 yıldızın mili yay saniyesi (mas) cinsinden trigonometrik paralakslarının frekans dağılımı gösterilmiştir. Şekilden görüleceği gibi trigonometrik paralaksları negatif ($\pi < 0$ mas) olan, yani paralaksları aşırı hatalı tayin edilmiş, toplam 4013 kaynak bulunmaktadır. Söz konusu yıldızlar, ana örnekten çıkarılmış ve istatistiğe girecek yıldız sayısı 113.942 olmuştur. Trigonometrik paralaksları pozitif olan fakat ölçüm hataları büyük olan yıldızların da istatistiğe girecek örnek içinden çıkartılması gerekmektedir. Bu nedenle, Şekil 4.2'de 113.942 yıldızın rölatif paralaks hatalarını içeren bir diyagram oluşturulmuştur.

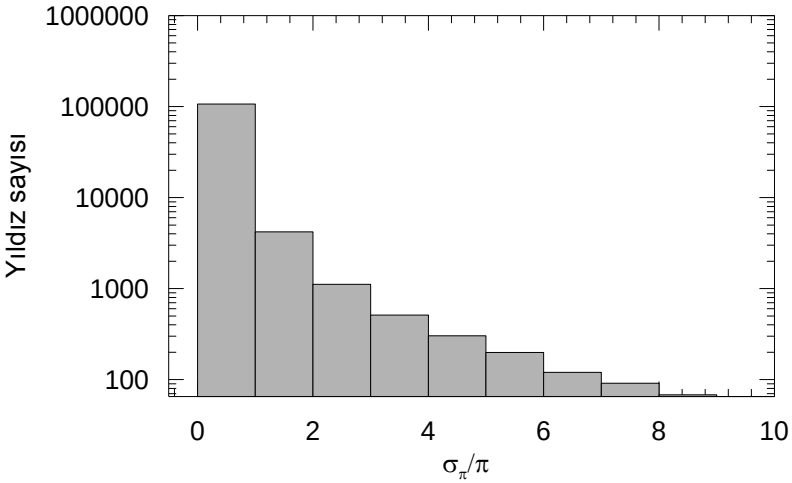
Şekil 4.2'den görüleceği gibi rölatif paralaks hataları $\sigma_\pi / \pi = 10$ değerine kadar varan uzaklık hatası aşırı büyük yıldızların varlığı dikkat çekmektedir. Bu değer, bir yıldızın uzaklığındaki hatanın ölçüm değerinin 10 katına vardığını gösterir ve bu türden büyük ölçüm hatalarına sahip yıldızların örnekten çıkartılması gerekir.

[8] http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR

Rölatif paralaks hatası $\sigma_\pi / \pi < 1$ olan yıldızlar örneğin %94'üne denk gelmektedir. Bu değer, çalışmanın duyarlı yapılmasına olanak verecek istatistiksel anlamlılığa sahiptir. Rölatif paralaks hatası $\sigma_\pi / \pi < 1$ olan yıldızların sayısı 106.867'dir.



Şekil 4.1Yıldız sayısı paralaks (π) dağılımı diyagramı.

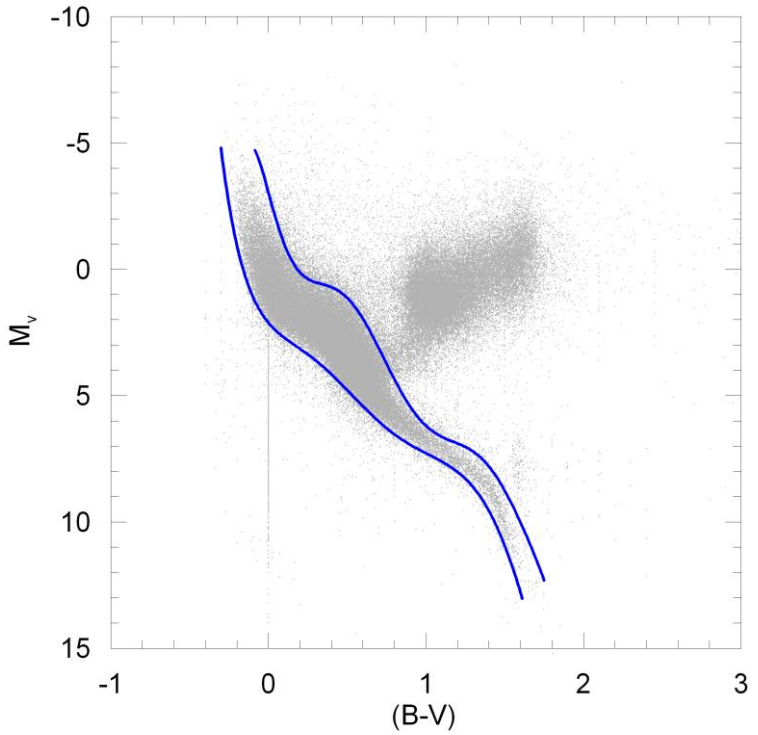


Şekil 4.2 Yeni indirgenmiş Hipparcos kataloğundaki yıldızların rölatif paralaks (σ_π / π) hatalarının dağılımı.

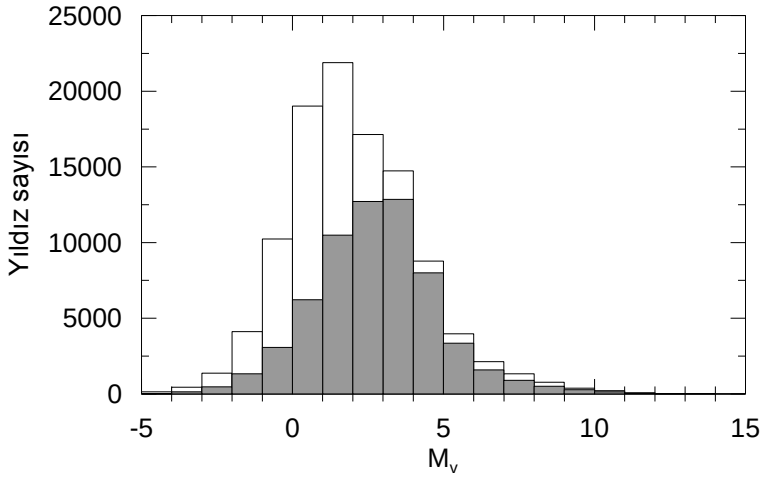
4.2. ANAKOL YILDIZLARININ BELİRLENMESİ

Çalışmamızda anakol yıldızlarının Güneş civarındaki ışıma gücü fonksiyonunun elde edilmesi planlandığından yeni indirgenmiş Hipparcos kataloğundan anakol yıldızlarının seçiminin yapılması gerekir. Yeni indirgenmiş Hipparcos kataloğundaki anakol yıldızlarının seçiminde Bilir ve diğ. (2008)'nin yöntemi kullanılmıştır. Bilir ve diğ. (2008) Hipparcos yıldızlarının (B-V) – M_V renk parlaklık diyagramını oluşturmuşlar ve bu diyagram üzerinde ince disk yıldız popülasyonunu ifade eden eş yaş eğrilerini

işaretlemişlerdir. Eş yaş eğrilerinin seçiminde anakol örneğini temsil eden yüzey çekim ivmesi $4 < \log g < 5$, metal bolluğu $-3 \leq [M / H] \leq 0.2$ dex ve teorik disk yaşı için de $1 \leq t \leq 10$ Gyr aralıkları dikkate alınmıştır. Eş yaş eğrileri, Padova grubundan alınmıştır (Mariago ve diğ., 2008). Benzer yöntem, yeni indirgenmiş Hipparcos kataloğundaki rölatif paralaks hataları $\sigma_\pi / \pi < 1$ olan 106.867 yıldıza uygulanmıştır. Yıldızların görünen V parlaklığı ve trigonometrik paralaksları bilindiği için M_V mutlak parlaklığı Pogson bağıntısıyla hesaplanmıştır. Hipparcos uydusu Güneş civarındaki rölatif olarak yakın yıldızları incelediği için yıldızlararası ortamın neden olduğu kızarma çok az veya hiç yoktur. Bu nedenle, yıldızların kızarmaları bu çalışmada dikkate alınmamıştır. Şekil 4.3'te söz konusu yıldızların (B-V) – M_V renk parlaklık diyagramı ve disk anakol yıldızlarının yerlerini belirten alt ve üst sınırlar gösterilmiştir. Şekil 4.3, dikkatlice incelendiğinde örnekteki çoğu yıldızın anakol yıldızların bulunduğu bölgede yer aldığı geriye kalan yıldızların ise özellikle alt dev ve dev kolunda bulunduğu görülmektedir. Bilir ve diğ. (2008)'nin anakol yıldızlarının belirlenmesinde kullandıkları yöntem, bu çalışmadaki anakol yıldızlarının seçiminde başarılı olmuştur. Çizgiler arasında kalan anakol yıldızlarının sayısı 621.77'dir. Anakol örneği belirlendikten sonra, yıldızların mutlak parlaklık dağılımları Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Şekil 4.4'ten görüleceği gibi istatistik dışı kalan yıldızlar genellikle renk parlaklık diyagramı üzerinde evrimleşmiş yıldızların ($M_V < 4$) bulunduğu yerden çıkarılmıştır.



Şekil 4.3 Yeni indirgenmiş Hipparcos kataloğundaki rölatif paralaks hataları $\sigma_\pi / \pi < 1$ olan 106.867 yıldızın M_V - (B-V) renk parlaklık diyagramı. Düz katı çizgiler Bilir ve diğ. (2008)'nin anakol yıldızlarının seçiminde kullandığı sınırları göstermektedir.



Şekil 4.4 Örnek içinde yer alan (içi boş) ve anakol örneği seçimi yapıldıktan sonra elde edilen yıldızların (içi dolu) mutlak parlaklık dağılımları.

4.3. IŞIMA GÜCÜ FONKSİYONU

Yerel yıldız ışıma gücü fonksiyonu, yani Güneş komşuluğundaki yıldızların sayısı, Galaksinin geçmişi boyunca, gerçek parlaklığın bir fonksiyonu olarak, yıldız oluşumu geçmişinin, başlangıç kütle fonksiyonunun kimyasal, dinamik, yıldız ve zaman evrimlerinin, bir sonucudur. Modern astrofiziğin büyük bir kısmı parlaklık fonksiyonunun düzgün tayin edilmesine dayalıdır. Bu değerin yıldızları düzgün şekilde temsil edebilmesi için yeterince büyük bir hacim içerisinde tam olması gerekmektedir; ayrıca istatistiksel ağırlığının yüksek olması gerekir ve son olarak hidrojen yanma sınırına kadar tam olmalıdır.

Yıldız ışıma gücü fonksiyonu sadece bir uzay hacmindeki tüm yıldızların hassas bir sayımıyla tanımlanabilir. Sönük görünen yıldızların büyük örnekleri için hassas uzaklık ve görünen parlaklıkların bulunması çok önemlidir: eksiklikleri nedeniyle ışıma gücü fonksiyonları tayin edilememiştir. Ender bulunan veya kısa ömürlü cisimler için çok büyük hacimlere ihtiyaç vardır. Sönük sınır parlaklıklar ise gerçek parlaklığı düşük olan nesneler için gereklidir.

Işıma gücü fonksiyonu; belirli bir uzaklık aralığı için hesaplanan yıldız yoğunluğuyla mutlak parlaklık arasındaki bağıntıdır. Söz konusu uzaklık aralığı yerine çoğu zaman Güneş civarı alınır. Örnekteki anakol yıldızların ışıma gücü fonksiyonunu hesaplanmasında kullanılan mutlak kadirler Bölüm 4.2'te bahsedilen yöntem ile elde edilmiştir. Mutlak kadirleri belirlenen yıldızlar ardışık sırada bulunan birim mutlak kadirler aralıklarına göre sıralandı ve her bir mutlak kadir aralığına düşen yıldız sayıları belirlendi. İlgili veriler Tablo 4.1'in ilk dört sütununda verilmiştir. Tablo 4.1 detaylı incelendiğinde örnekteki anakol yıldızların mutlak kadirlerinin $-5 < M_V < 11$ aralığında yer aldığı görülüyor. Dağılım içinde en büyük frekans $1 < M_V < 2$ aralığında bulunur ve bu değer A tayf sınıfına denk gelir.

Birim hacimdeki yıldız sayısı, yıldız yoğunluğu olarak tanımlanır (eşitlik 4.1). Güneş'ten itibaren belirli uzaklık aralıklarına karşılık gelen hacimler hesaplanır ve bu uzaklık aralıklarındaki yıldız sayısı bu hacme bölünür; bulunan bu değerler veya logaritmaları ile mutlak parlaklıklar arasındaki bağıntı ışıma gücü fonksiyonunu verir.

$$\Phi = N / \Delta V \tag{4.1}$$

$$\Delta V = \frac{4}{3}\pi r^3 \tag{4.2}$$

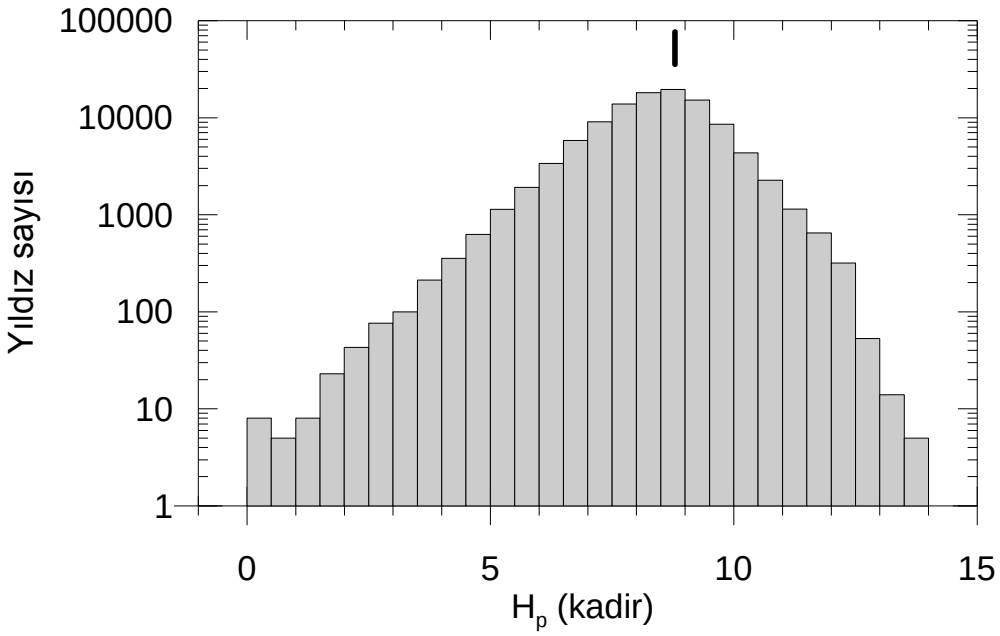
Yukarıdaki bağıntılarda N, belirli uzaklık aralıklarına karşılık gelen ΔV hacmindeki yıldız sayısını, r uzaklığı ifade etmektedir. Bölüm 4.2'de bahsedildiği gibi, yıldızların görünen V parlaklığı ve trigonometrik paralaksları bilindiğinden M_V mutlak parlaklığı aşağıda verilen Pogson bağıntısıyla hesaplanır.

$$V - M_V = 5 \log r - 5 \tag{4.3}$$

Hipparcos uydusu Güneş civarındaki rölatif olarak yakın yıldızları incelediğinden yıldızlararası ortamın neden olduğu kızarma çok az veya hiç yoktur. Bu nedenle, yıldızların kızarmaları bu çalışmada dikkate alınmamıştır.

Güneş civarındaki ışıma gücü fonksiyonun tayininde yıldız uzaklıklarının tamlığı önemlidir. Yıldız uzaklıklarının tamlığı incelenen fotometrik sistemin en parlak ve en sönük yıldızlarının belirlenmesiyle bulunabilir. Örneği oluşturan Hipparcos yıldızlarının H_p görünen parlaklık dağılımı Şekil 4.5'te gösterilmiştir. Hipparcos yıldızların H_p görünen parlaklığı 0^mden başlayıp 14^me kadar uzanmaktadır. Örnekteki yıldızlar
H_p = 8.75 parlaklığında bir maksimumdan geçerek sönük parlaklıklara doğru azalmaktadır.

Maksimum yıldız sayına denk gelen bu parlaklık Hipparcos örneğinin sönük limit parlaklığın Hp = 8^m.75 olduğunu gösterir. Ardışık mutlak kadir aralıklarındaki uzaklık tamlıkları M_{V1} - M_{V2} = 5log r - 5 bağıntısıyla hesaplanmış ve Tablo 4.1'in dördüncü sütununda verilmiştir. Beşinci sütunda tamlık sınırı içinde bulunan yıldızların sayıları, altıncı sütunda ise uzaklık tamlığı sınırları içinde oluşan uzay hacmin, 4.2 eşitliği sayesinde, kpc^3 birimindeki değeri verilmiştir. Tablo 4.1'in sekizinci sütununda eşitlik 4.1 ile hesaplanmış uzay yoğunluğunun logaritmik değeri, yani log Φ + 10 gösterilmiştir. İlgili tablonun son sütununda ise literatürde Güneş civarındaki tek yıldızlar için hesaplanmış logaritmik uzay yoğunluğu değerleri (Φ^*) verilmiştir (Cox, 2000).

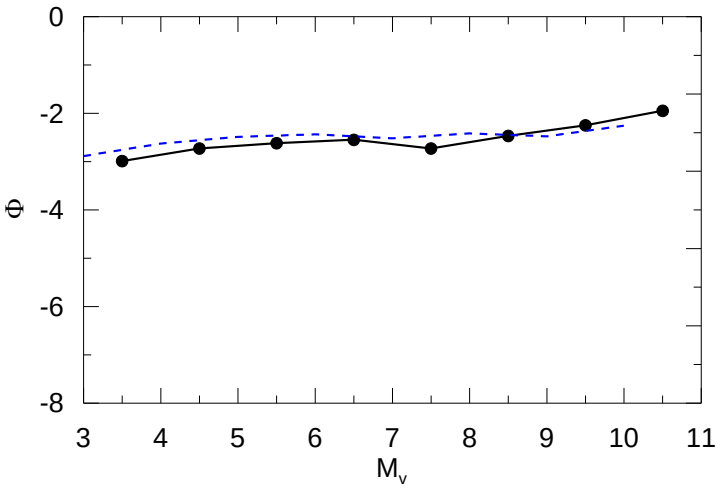


Şekil 4.5 Yıldız sayısı- H_P diyagramı. Kalın çizgi Hipparcos örneğinin limit parlaklığını gösterir.

Bu çalışmada yeni indirgenmiş Hipparcos kataloğundaki anakol yıldızları için elde edilen ışıma gücü fonskiyonuyla literatürde Güneş civarındaki tek yıldızlar için verilen ışıma gücü fonksiyonun karşılaştırılması Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Şekil 4.6'dan da görüleceği gibi iki ışıma gücü fonksiyonu arasında çok büyük bir fark yoktur. Bu çalışmada elde edilen ışıma gücü değerleri $M_V < 9$ mutlak parlaklık aralıklarında Cox'unkinden (2000) daha küçük iken, $M_V > 9$ mutlak parlaklık aralıklarında ise daha büyüktür. Yeni indirgenmiş Hipparcos kataloğundaki yıldız paralakslarına ait hatalar bir önceki Hipparcos kataloğuna göre oldukça düzeltilmiştir. Sonuç olarak; Hipparcos'un ilk kataloğundaki paralaksları bir miktar hatalı olduğundan bu değerlerden elde edilen Güneş civarındaki ışıma gücü fonksiyonu hatalıdır. Bu nedenle tez çalışmasında yeni indirgenmiş Hipparcos kataloğu verileri kullanıldığından elde edilen ışıma gücü fonksiyonu literatürdekinden daha duyarlıdır.

Tablo 4.1 Güneş civarı anakol yıldızları için ışıma gücü fonksiyonu tayininde kullanılan parametreler. Burada M_1 - M_2 ardışık mutlak kadir aralıklarını, < M > ardışık mutlak kadir aralıklarına denk gelen ortalama mutlak kadiri, N ardışık mutlak kadir aralığındaki yıldız sayısını, $r_{tamlık}$ söz konusu mutlak kadir aralığındaki pc birimindeki tamlık uzaklığını, $N_{tamlık}$ tamlık uzaklığı içinde bulunan yıldızları, ΔV tamlık sınırı içindeki uzay hacmini (pc^3), log Φ + 10 bu çalışmada hesaplanan ışıma gücü değerini ve Φ^* da literatürde (Cox 2000) Güneş civarı için verilen ışıma gücü fonksiyonunu gösterir.

M_1-M_2	<M>	N	$r_{tamlık}$	$N_{tamlık}$	ΔV	log Φ + 10	Φ^*
3-4	3.5	14867	112	6030	5.88E+06	-2.99	-2.89
4-5	4.5	8814	71	2775	1.50E+06	-2.73	-2.63
5-6	5.5	3997	45	909	3.82E+05	-2.62	-2.49
6-7	6.5	2144	28	261	9.20E+04	-2.55	-2.44
7-8	7.5	1339	18	46	2.44E+04	-2.73	-2.52
8-9	8.5	782	11	19	5.58E+03	-2.47	-2.41
9-10	9.5	382	7	8	1.44E+03	-2.25	-2.32
10-11	10.5	212	4	3	2.68E+02	-1.95	-2.14



Şekil 4.6 Yeni indirgenmiş Hipparcos kataloğundan bu çalışmada anakol yıldızları için elde edilen ışıma gücü fonksiyonu (kalın çizgi) ve literatürde verilen ışıma gücü fonksiyonu (kesikli çizgi).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Dünya tabanlı enstrümanlarla karşılaştırıldığında uzay astrometrisinin avantajları açıkça görülmektedir:

- Görüntünün, Dünya üzerinde olduğundan çok daha doğru şekilde tanımlanan – ve dolayısıyla analiz edilen – sabit bir kırınım modeli olması için atmosferik kırılma ve türbülans olmaması,
- Benzer şekilde, enstrüman yön değiştirdiğinde alanın merkezinin görüntü konumunu değiştiren mekanik torkların olmaması,
- Tek bir enstrümanla tüm gökyüzünü gözleme olanağı.

Ancak uzay tabanlı astrometrinin kısıtlamaları da vardır: bunlardan en önemlisi bir uydunun yöneliminin sabit olmaması ve Dünya tabanlı bir enstrümanın uzayda iyi izlenen bir hareketi olur iken uydunun hareketinin hızlı ve düzensiz bir şekilde değişebilmesidir. Diğer problemler ise öncelikle yapısal olarak teknik problemlerdir; ancak elbette Hubble Uzay Teleskobu'nda olduğu gibi aynı teleskobu paylaşmamaları halinde aynı platform üzerindeki diğer deneylerin varlığına engel olurlar. Bu nedenle, uyduların özel olarak astrometriye adanması gereklidir. Yeni bir proje ortaya çıkana kadar, fırlatılan tek astrometrik uydu Hipparcos'tur ve görevini tamamlamasına rağmen, elde ettiği verilerden hala yeni çalışmalar yapılabilmektedir.

Bu tez çalışmasında, yeni Hipparcos verilerine ait rölatif paralaks hataları küçüldüğünden, orijinal Hipparcos kataloğundan elde edilen ışıma gücü fonksiyonunun yeniden elde edilmiştir. Gerçekten ışıma gücü fonksiyonunda biçimsel olarak bir değişim olmamakla beraber, daha duyarlı ışıma gücü değerleri elde edilmiş ve literatüre kazandırılmıştır.

KAYNAKLAR

ANKARA ÜNİVERSİTESİ, http://astronomy.science.ankara.edu.tr/old/astro/turkce_ast/ders/genel_ders/win_ders14.html [Ziyaret Tarihi: 22 Ocak 2011]

ANKARA ÜNİVERSİTESİ, http://derman.science.ankara.edu.tr/kitap/46.html [Ziyaret Tarihi: 22 Ocak 2011]

ARENOU, F., LINDEGREN, L., FROESCHLE, M., GOMEZ, A.E., TURON, C., PERRYMAN, M.A.C., WIELEN, R., 1995, Zero-point and external errors of HIPPARCOS parallaxes, *Astronomy and Astrophysics*, 304, 52.

ARENOU, F., 1997, Improvement on Astrometric Parameters using HIPPARCOS Intermediate Data, *The First Results of Hipparcos and Tycho, 23rd meeting of the IAU, Joint Discussion* 14, 25 August 1997, Kyoto, Japan, meeting abstract.

ARENOU, F., LURI, X, 1998, Distances and Absolute Magnitudes From Trigonometric Parallaxes, *astro-ph/9812094v1*.

BACCHUS, P., LACROUTE, P., 1974, IAU SYMP. 61, 277

BATUT, T., 1989, *On-Ground Photometric Calibration*, The HIPPARCOS Mission. Pre-Launch Status. Vol. I: The Hipparcos Satellite, European Space Agency, Paris, ESA SP-1111., p.251

BEC-BORSENBERGER, A., 1992, *Ephemerides of the 48 HIPPARCOS minor planets for the year 1992*, Astronomy and Astrophysics Supplement Series (ISSN 0365-0138), vol. 93, p. 11-60.

BERNACCA, PİER L., 1986, *Processing of scientific data from the ESA astrometry Satellite HIPPARCOS*, Proceedings of the 3rd FAST Thinkshop: Fundamental Astronomy by Space Techniques Consortium, held in Bari, Italy, November 3-6, 1986, Padova: University, Department Astronomy, and Grasse: CERGA.

BİLİR, S., KARAALİ, S., AK, S., YAZ, E., CABRERA-LAVERS, A., COŞKUNOĞLU, K. B., 2008, Luminosity-colour Relations for Thin-disc Main-sequence Stars, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 390, 1569.

CANUTO, E.; DONATİ, F.; BELFORTE, P.; BERNACCA, P. L.; VAN LEEUWEN, F., 1989, *Analysis of the Star Mapper Data*, The HIPPARCOS Mission. Pre-Launch Status. Vol. III: The Data Reductions, European Space Agency, Paris, ESA SP-1111., p.51

CHABOYER, B., DEMARQUE, P., KERNAN, P. J.; KRAUSS, L. M., 1998, The Age of Globular Clusters in Light of Hipparcos: Resolving the Age Problem?, *Astrophysical Journal*, 494, p.96

CLAUSEN K., 1989, Launch and Early Orbit, *The HIPPARCOS Mission. Pre-Launch Status. Vol. I: The Hipparcos Satellite, European Space Agency, Paris,* ESA SP-1111, p.265

CLAUSEN K. ve PERRYMAN M.A.C, 1990, The HIPPARCOS Mission, *Acta Astronautica*, 22, p. 229-248.

COX, A. N., 2000, *Allen's Astrophysical Quantities*, AIP Press; Springer, New York, ISBN: 0387987460.

EGGEL, H., 1989, *The Detectors*, The HIPPARCOS Mission. Pre-Launch Status. Vol. I: The Hipparcos Satellite, European Space Agency, Paris, ESA SP-1111, p.95.

EGRET, D., HECK, A, 1998, *Harmonizing Cosmic Distance Scales in a Post-Hipparcos Era*, ASP Conf. Series.

EVANS, D. W., VAN LEEUWEN, F., PENSTON, M. J., RAMAMANİ, N., HOG, E., 1992, *HIPPARCOS photometry - NDAC reductions*, Astronomy and Astrophysics 258, 1, p. 149-156.

EUROPEAN SPACE AGENCY, http://astro.estec.esa.nl/GAIA [Ziyaret Tarihi: 3 Ekim 2010]

EUROPEAN SPACE AGENCY, http://sci.esa.int/science-e/www/area/index.cfm?fareaid=20 [Ziyaret Tarihi: 24 Temmuz 2010]

EUROPEAN SPACE AGENCY, http://wwwhip.obspm.fr/heritage/hipparcos/introsp1136/ [Ziyaret Tarihi: 4 Mayıs 2009]

EUROPEAN SPACE AGENCY, http://www.rssd.esa.int/index.php?project=Hipparcos [Ziyaret Tarihi: 9 Şubat 2010]

EUROPIAN SPACE AGENCY, 1997, *The Hipparcos and Tycho Catalogues*, Eur. Space Agency Spec. Publ, ESA Publ. Div. ESTEC Noordwijk, The Netherlands, 1200.

FEAST, M., 1998, The Absolute Magnitudes of Cepheids and the Extragalactic Distance scale, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 293, p. L27, L28.

FEAST, M. W., CATCHPOLE, R. M., 1997, The Cepheid period-luminosity zero-point from HIPPARCOS trigonometrical parallaxes, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 286, 1, p. L1-L5.

FEAST, M., WHITELOCK, P., 1997, Galactic Kinematics of Cepheids from HIPPARCOS proper motions, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society,* 291, p. 683

FERNLEY, J., BARNES, T. G., SKİLLEN, I., HAWLEY, S. L., HANLEY, C. J., EVANS, D. W., SOLANO, E., GARRİDO, R., 1998, The Absolute Magnitude of RR Lyraes from Hipparcos Parallaxes and Proper Motions, *Astronomy and Astrophysics*, 330, p.515-520

GRATTON, R. G., 1997, Ages of Globular Clusters from Hipparcos Parallaxes of Local Subdwarfs, *Astronomical Journal*, 491, p.749

GRATTON, R. G., 1998, The Absolute Magnitude of Field Metal-Poor Horizantal Branch Stars, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 296, 3, pp. 739-745.

GRENON, M., MERMILLIOD, M., MERMILLIOD, J. C., 1992, The HIPPARCOS Input Catalogue. III – Photometry, *Astronomy and Astrophysics*, 258, 1, p. 88-93

HARRIS, H.C., DAHN, C.C., MONET, D.G., 1997, *Accurate Ground-Based Parallaxes to Compare with HIPPARCOS,* Proceedings of the ESA Symposium `Hipparcos - Venice '97', 13-16 May, Venice, Italy, ESA SP-402, p. 105-108

HEGRET, D., HECK, A, 1999, *Impact on Cosmic Distance Scale, Harmonizing Cosmic Distance Scales in a Post-Hip Era, Global Space Astrometry*, ASP Conference Series, Vol. 167.

HOG, E., BASTIAN, U., EGRET, D., GREWING, M., HALBWACHS, J. L., WICENE C, A., BAESSGEN, G., BERNACCA, P. L., DONATI, F., KOVALEVSKY, J., 1992, TYCHO data analysis - Overview of the adopted reduction software and first results, *Astronomy and Astrophysics* 258, 1, p. 177-185.

JAHREISS, H., CRIFO, F., REQUIÈME, Y., 1992, New Proper Motions for the Hipparcos Stars, *In: Highlights of Astronomy*, 9, p. 399.

JAHREISS, H., Jahreiss, H., Requieme, Y., Crifo, F., Schwan, H., Röser, S., Bastian, U, 1995, Comparison of Ground-based Proper Motions from Meridian Observations and Astrographic Catalogue Plates with HIPPARCOS Proper Motions, *Astronomy and Astrophysics*, 304, 127.

Koen, C., 1992, Confidence Intervals for the Lutz-Kelker Correction, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society,* 256, 1, p. 65-68.

KOVALEVSKY, J., 1980, *Celestial Mechanics*, Symposium on Star Catalogues, Positional Astronomy and Celestial Mechanics, 22, p. 153-163.

KOVALEVSKY, J., 1985, *Processing of scientific data from the ESA astrometry Satellite HIPPARCOS,* Proceedings of the 2nd FAST Thinkshop: Fundamental Astronomy by Space Techniques Consortium, held in Marseille, France, January 21-25, 1985, Grasse: CERGA

KOVALEVSKY, J., 1986, *The Third FAST Thinkshop*, Processing of Scientific Data from the ESA Astrometry Satellite HIPPARCOS, Proceedings of the 3rd FAST

Thinkshop: Fundamental Astronomy by Space Techniques Consortium, held in Bari, Italy, Padova: University, Department Astronomy, and Grasse: CERGA, 1986, p.3.

KOVALEVSKY, J., FALİN, J. L., PİEPLU, J. L., BERNACCA, P. L., DONATİ, F., FROESCHLE, M., GALLİGANİ, I., MİGNARD, F., MORANDO, B.,PERRYMAN, A. C., SCHRİJVER, H., VAN DAALEN, D. T.,VAN DER MAREL, H., VİLLENAVE, M.,WALTER, H. G., BADİALİ, M., BORRİELLO, L., BROUW, W. N., CANUTO, E., GUERRY, A., HERİNG, R., HUC, C.,IORIO-FILI, D., LACROUTE, P., LATTANZİ, M.LE POOLE, R. S., MURGOLO, F. P., PRESTON, R. A., RÖSER, S., SANSO, F., WİELEN, R., BELFORTE, P., BERNSTEİN, H.H., BUCCİARELLİ, B., CARDİNİ, D., EMANUELE, A., FASSİNO, B., LENHARDT, H., LESTRADE, J. F., PREZİOSO, G., TOMMASİNİ MONTANARİ, T., 1992, The Fast Hipparcos Data ReductIon Consortium: Overview of the Adopted Reduction Software, *Astronomy and Astrophysics*, 258, p. 7-17.

KOVALEVSKY J. ve diğ. 1995, Modern Astrometry, *Astronomy and Astrophysics Library*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 3-540-42380-X

KOVALEVSKY, J., 1998, First Results From Hipparcos, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 26, 96-129.

KOVALEVSKY, J., 1998, First Results From Hipparcos, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 36, p 99-130.

LINDEGREN, L., 1988, A correlation study of simulated Hipparcos astrometry, *The European astrometry satellite HIPPARCOS*, Scientific aspects of the Input Catalogue preparation II, p. 179 – 188.

LİNDEGREN, L., 1991, HIPPARCOS Data Reduction Overview, *(Infrared and radio astronomy, and astrometry; Proceedings of Symposia 7, 8, and Topical Meeting of the COSPAR 28th Plenary Meeting*, The Hague, Netherlands, June 25-July 6, 1990. A91-34526 14-89) Advances in Space Research, 11, 2, p. 25-34.

LINDEGREN, L., van LEEUWEN, F., PETERSEN, C., PERRYMAN, M.A.C., SODERHJELM, S., 1992, Positions and Parallaxes from The Hipparcos Satallite-A First Attempt At A Global Astrometric Solution, *Astronomy and Astrophysics*, 258, 1, p. 134-141.

LINDEGREN, L. ve diğ., 1994, *GAIA: Global Astrometric Interferometer for Astrophysics*, Amplitude and Intensity Spatial Interferometry II Proc. SPIE Vol. 2200, p. 599-608

LINDEGREN, L., PERRYMAN, M.A.C.,1996,GAIA:Global astrometric interferometer for astrophysics, *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 116, p.579-595

LINDEGREN, L., PERRYMAN, M.A.C., 1997, *GAIA: Global astrometric interferometer for astrophysics*, Proceedings of the ESA Symposium `Hipparcos - Venice '97', 13-16 May, Venice, Italy, ESA SP-402 (July 1997), p. 799-802

LINDEGREN, L.,MIGNARD, F., SODERHJELM, S., BADIALI, M., BERNSTEIN, H. H., LAMPENS, P., PANNUNZIO, R., ARENOU, F., BERNACCA, P. L., FALIN, J. L., FROESCHLÉ, M., KOVALEVSKY, J.,MARTIN, C., PERRYMAN, M. A. C., WIELEN , R. 1997, Double star data in the Hipparcos Catalogue, *Astronomy and Astrophysics*, 323, L53-L56

LURI, X. GOMEZ, A. E.; TORRA, J.; FİGUERAS, F.; MENNESSİER, M. O. 1998, The LMC Distance from Hipparcos RR Lyraes and Classical Cepheid Data, *Astronomy and Astrophysics*, 335, p. L81-L84.

LUTZ T. E., KELKER D. H., 1973, On the Use of Trigonometric Parallaxes for the Calibration of Luminosity Systems: Theory, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 85, No. 507, p.573

MADORE, B. F., FREEDMAN, W. L., 1998, HIPPARCOS Parallaxes and the Cepheid Distance Scale, *Astrophysical Journal*, 492, p.110.

MALMQUIST, K. G., 1936, Investigations on the stars in high galactic latitudes II. Photographic magnitudes and colour indices of about 4500 stars near the north galactic pole, *Stockholms Observatoriums Annaler*, 12, p.7.1-7.130

MATTEI, J., FOSTER, G., 1997, Amateurs and the HIPPARCOS Mission, *Sky and Telescope*, 94, 1, p. 30.

MARIGO, P., GIRARDI, L., BRESSAN, A., GROENEWEGEN, M. A. T., SILVA, L., GRANATO, G. L., 2008, Evolution of Asymptotic Giant Branch Stars. II. Optical to Far-infrared Isochrones with Improved TP-AGB Models, *Astronomy and Astrophysics*, 482, 883.

MC NAMARA, D.H., 1997, The Absolute Magnitude of The RR Lyrae Stars, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 109, p.857-867.

MENNESSİER, M. O.; BARTHES, D.; BOUGHALEB, H.; FİGUERAS, F.; MATTEİ, J. A., 1992, Computation of Ephemerides For Long-Period Variable Stars For the HIPPARCOS mission, *Astronomy and Astrophysics*, 258, 1, p. 99-103.

MIGNARD, F., FROESCHLE, M., FALIN, J. L., 1992, Hipparcos main mission photometric processing, *Highlights of Astronomy*, 9, p.418.

MIGNARD, F., FALIN, J. L., FROESCHLE, M., 1992, *HIPPARCOS First Results in the Double Star Photometry*, Complementary Approaches to Double and Multiple Star Research, ASP Conference Series, Vol. 32, IAU Colloquium 135, 1992, H.A. McAlister and W.I. Hartkopf, Eds, p. 421.

MIGNARD, F., SÖDERHJELM, S., BERNSTEIN, H., PANNUNZIO, R., KOVALEVSKY, J., FROESCHLE, M., FALIN, J. L., LINDEGREN, L., MARTIN, C., BADIALI, M., CARDINI, D., EMANUELE, A., SPAGNA, A., BERNACCA, P. L., BORRIELLO, L., PREZIOSO, G., 1995, Astrometry of Double Stars with HIPPARCOS, *Astronomy and Astrophysics*, 304, 94.

MORO, D., MUNARI, U., 2000, The Asiago Database on Photometric Systems (ADPS). I. Census parameters for 167 photometric systems, *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 147, p. 361-628.

NASA, http://heasarc.gsfc.nasa.gov/W3Browse/all/hipparcos.html [Ziyaret Tarihi: 6 Ocak 2010]

OUDMAİJER, R D.; GROENEWEGEN, M A. T.; SCHRİJVER, H, 1998, The Lutz-Kelker bias in trigonometric parallaxes, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 294, p. L41-L46.

PERRYMAN, M. A. C., 1989, Hipparcos Astrometry from Space, *Nature*, v340, Issue 6229, p. 111-116.

PERRYMAN, M. A. C., HASSAN, H., BATUT, T., BOCK, K. D., BURROWS, C. J., CLAUSEN, K., DAVIES, P. E., DHERBECOURT, A., EGGEL, H., ERRİNGTON, A., FİEBRİCH, H. K., VAN DER HA, J., HÜHN, K., JÁKEL, E., JUNG, G., VAN KATWIJK, K., VAN DER LAAN, T., PACE, O.,RATIER, G., ROLLS, C., SETZKE, M., STRADA, P., VAGHI, S., WILLS, R. D., 1989, *The Hipparcos mission. Pre-launch status Volume I*: *Hipparcos satellite*, European Space Agency, Paris (France), ISBN 92-9092-016-5

PERRYMAN, M. A. C., TURON, C., ARENOU, F., ARGUE, A. N., BECORSENBER GER, A., CHARETON, M., CRÉZÉ, M., CRIFO, F., DOMMANGET, J.,EGRET, D.; FI GUERAS, F.; GÓMEZ, A.,GRENON, M., JAHREISS, H., KOVALEVSKY, J., LINDE GREN, L., MENNESSIER, M. O., MERMLLIOD, J. C., MORİN, D., NICOLET, B., P RÉVOT, L., RÉQUIÈME, Y., WENGER, M., 1989, *The Hipparcos mission. Pre-launch status. Volume II: The Input Catalogue*, European Space Agency, 75738 - Paris (France), 298 p., ISBN 92-9092-016-5.

PERRYMAN, M. A. C., LIDEGREN, L., MURRAY, C. A.,HØG, E.,KOVALEVSKY, J., AMORETTI, M., ANDREASEN, G. K., BADIALI, M., BELFORTE, P., BERNACCA, P. L., BERTANI, D.; BETI, B.;BORRIELLO, L., BUCCIARELLI, B., CANUTO, E., C ARDINI, D.; CARLUCCI, D., CETICA, M., VAN DAALEN, D., DIDELON, P., DON ATI, F., DUPIC, J., EGRET, D., EMANUELE, A., FALIN, J. L., FASSINO, B.,FROES CHLÉ, M., GALLIGANI, I., GREWİNG, M., HANSEN, P. C., HUC, C., IORİO-FİLİ, D., LATTANZİ, M., VAN LEEUWEN, F., LESTRADE, J. F., VAN DER MAREL , H., MCLEAN, B. J., MIGLIACCIO, F.,MIGNARD, F., MORANDO, B., MURGOLO, F. P., PETERSEN, C., PIEPLU, J. L., PRESTON, R. A., PREZIOSO, N., RÖSER, S., S ÖDERHJELM, S., SANSÒ, F., SCALES, D., SCHIRONE, M. G., SCHRIJVER, H.,TO MMASINI, T., VARGAS, A., WALTER, H. G., 1989, *The Hipparcos mission. Pre-launch status. Volume III: The data reductions.*, European Space Agency, 75738 - Paris (France), 523 p., ISBN 92-9092-016-5.

PERRYMAN, M. A. C., 1991, HIPPARCOS - Revised mission overview, *Infrared and radio astronomy, and astrometry*, Topical Meeting of the COSPAR 28th Plenary Meeting, June 25-July 6, 1990, Netherlands, ISSN 0273-1177, 11, 2, 1991, p. 15-23.

PERRYMAN, M. A. C., HOG, E., KOVALEVSKY, J., LINDEGREN, L., TURON, C., BERNECCA, P.L., CREZE, M., DONATI, F., GRENON, M., GREWING, M., 1992, In-Orbit Performance of The Hipparcos Astrometry Satallite, *Astronomy and Astrophysics*, 258, 1, p. 1-6.

PERRYMAN, M. A. C., 1992, The Hipparcos Astrometry Satellite-two years after launch, *Highlights of Astronomy*, Vol. 9, p.383

PERRYMAN, M. A. C., HOG, E., KOVALEVSKY, J., LİNDEGREN, L., TURON, C., BERNACCA, P. L., CREZE, M., DONATİ, F., GRENON, M., GREWİNG, M., 1992, In Orbit Performance of the Hipparcos Astrometry Satellite, *Astronomy and Astrophysics*, 258, 1.

PERRYMAN, M. A. C., ve diğ., 1997, The HIPPARCOS Catalogue, *Astronomy and Astrophysics*, 323, L49-L52.

PERRYMAN, M. A. C., 1997, The Hipparcos catalogue contents, *Hipparcos Venice '97 Symposium*. 13-16 May, Venice, Italy, ESA SP-402 (July 1997)

PERRYMAN, M.A.C., 1997, *The Hipparcos and Tycho catalogues*, European Space Agency, Publications Division, Noordwijk, Netherlands, ISBN: 9290923997 (set)

PERRYMAN, M.A.C., LINDEGREN, L., TURON, C., 1997, The Scientific Goals of The GAIA Mission, *Proceedings of the ESA Symposium `Hipparcos - Venice '97'*, 13-16 May, Venice, Italy, ESA SP-402 (July 1997), p. 743-748

PERRYMAN, M. A. C., BROWN, A. G. A., LEBRETON, Y., GOMEZ, A., TURON, C., CAYREL, G., MERMILLIOD, J. C., ROBICHON, N., KOVALEVSKY, J., CRIFO, F., 1998, The Hyades: distance, structure, dynamics, and age, *Astronomy and Astrophysics*, v.331, p.81-120.

PLATAIS, I., VAN LEEUWEN, F., 1998, A Search for Star Clusters from the HIPPARCOS Data, *The Astronomical Journal*, 116, 5, p. 2423-2430.

RATIER, G., BATUT, T., 1989, *The Modulating Grid, The HIPPARCOS Mission*, Pre-Launch Status. Vol. I: The Hipparcos Satellite, European Space Agency, Paris, ESA SP-1111, p.75.

RATIER, G. ve diğ., 1992, The Hipparcos Payload's in Orbit Performance, *European Space Agency Bulletin*, No. 69, p. 27 - 32

REID, I. N., 1997, Hipparcos Subdwarf Parallaxes - Metal-rich Clusters and the Thick disk, *arXiv:astro-ph/9710311*

REID, I. N., 1997,Younger and Brighter-New Distances to Globular Clusters Based on Hipparcos Parallax Measurements of Local Subwafs, *Astronomical Journal*, 114, p.161

SANDAGE, A., TAMMANN, G. A., 1998, Confirmation of Previous Ground-based Cepheid P-L Zero-points using HIPPARCOS Trigonometric Parallaxes, *Monthly*

Notices of Royal Astronomical Society, 293, p. L23-L26.

SCHRIJVER, H., VAN DER MAREL, H., 1992, Geometrical Calibration and Aassessment of the Stability of the HIPPARCOS Payload, *Astronomy and Astrophysics*, 258, 1, p. 31-34.

SODERHJELM, S., EVANS, D. W., VAN LEEUWEN, F., LİNDEGREN, L., 1992, Detection and Measurement of Double Stars with the HIPPARCOS Satellite - NDAC Reductions, *Astronomy and Astrophysics*, 258, 1, p. 157-164.

STANEK, K. Z., GARNAVICH, P. M., 1998, Distance to M31 with The Hubble Space Telescope and Hipparcos Red Clump Stars, *Astrophysical Journal Letters*, 503, p.L131-L134.

STRADA, P., 1989, *The Attitude and Orbit Control System, The HIPPARCOS Mission*. Pre-Launch Status. Vol. I: The Hipparcos Satellite, European Space Agency, Paris, ESA SP-1111, p.165.

TSUJIMOTO, T., MIYAMOTO, M., YOSHII, Y., *The Absolute Magnitude of RR Lyrae Stars*, Proceedings of the ESA Symposium `Hipparcos - Venice '97', 13-16 May, Venice, Italy, ESA SP-402 (July 1997), p. 639-642

TURON, C., ARENOU, F., BAYLAC, M.O., BOUMGHAR, D., CRIFO, F., GÓMEZ, A., MAROUARD, M., MEKKAS, M., MORIN, D., SELLIER, A., 1991, The HIPPARCOS INCA database, *Databases and on-line data in astronomy,* p. 67-78.

TURON, C. ve diğ., 1992, The Hipparcos Input Catalogue I-Star Selection, *Astronomy and Astrophysics*, 258, 1, p. 74-81.

TURON, C., CEREZE, M., EGRET, D., GOMEZ, A., GRENON, M., 1992, The Hipparcos Input Catalogue Volumes 1 – 7, European Space Agency, Paris (France), ISBN 92-9092-120.

TURON, C., ARENOU, F., EVANS, D. W., VAN LEEUWEN, F., 1992, Comparison of the first results from the HIPPARCOS Star Mappers with the HIPPARCOS Input Catalogue, *Astronomy and Astrophysics*, 258, 1, p. 125-133.

TURON, C., PERRYMAN, M. A. C., 1999, Global Space Astrometry: Impact on cosmic distance scale, *ASP Conference Series*, vol. 167.

VAN DER MAREL, H., PETERSEN, C., 1989, *Great-Circle Reductions: Implementation and Simulations, The HIPPARCOS Mission*. Pre-Launch Status. Vol. III: The Data Reductions, European Space Agency, Paris, ESA SP-1111, p.34.

VAN DER MAREL, H., PETERSEN, C., 1992, HIPPARCOS great-circle reduction - Theory, results and Intercomparisons, *Astronomy and Astrophysics*, 258, 1, p. 60-69.

van KATWİJK, K., 1989, *Overview of the Hipparcos Payload*, The HIPPARCOS Mission. Pre-Launch Status. Vol. I: The Hipparcos Satellite, European Space Agency, Paris, ESA SP-1111, p.57.

van LEEUVEN, F., 1997, HIPPARCOS and the H-R diagram, *The Observatory*, 117, p. 201-204.

van LEEUWEN, F., FEAST, M. W., WHITELOCK, P. A., YUDIN, B., 1997, First Result of Hipparcos Trigonometrical Parallaxes of Mira-type Variables, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 287, 4, p. 955-960.

van LEEUWEN, F. ve diğ., 1997, The Hipparcos Mission: photometric data, *Astronomy and Astrophysics*, 323, p.L61-L64.

van LEEUWEN, F., 2007, Validation of the New Hipparcos Reduction, *Astronomy and Astrophysics*, 474, 653.

WALKER, A.R. 1998, CCD Photometry of Galactic Globular clusters. IV. The NGC 1851 RR Lyrae Variables, *Astrophysical Journal*, 116, p. 220.

WALTER, H. G. ve diğ., 1993, Developments in Astrometry and Their Impact on Astrophysics and Geodynamics, Proc. IAU Symp. 156, 15-19 September 1992, Shanghai, China, p. 11-18.

WHITELOCK, P. A., VAN LEEUWEN, F., FEAST, M. W., 1997, The Luminosities and Diameters of Mira Variables from HIPPARCOS Parallaxes, *Proceedings of the ESA Symposium `Hipparcos* - Venice '97', 13-16 May, Venice, Italy, ESA SP-402 (July 1997), p. 213-218.

ÖZGEÇMİŞ

Adı : Özge
Soyadı : (AVCIL) BORA
Doğum Tarihi : 06/01/1984
Doğum Yeri : İSTANBUL

Öğrenim

Lise	: Kemal Hasoğlu Lisesi (YDA)	(1997 - 2001)
Üniversite	: İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü	(2002 - 2007)
	Anadolu Üniversitesi İktisat Fakültesi Uluslararası İlişkiler	(2010 - ……)
Yüksek Lisans	: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı	(2007 - 2011)

Yabancı Dil :İngilizce

Katıldığı Toplantılar

1) 7. Ulusal Gökyüzü Gözlem Şenliği, 2004, TUG (Tübitak Ulusal Gözlemevi), Saklıkent-Antalya.
2) 8. Ulusal Gökyüzü Gözlem Şenliği, 2005, TUG, Saklıkent-Antalya.
3) Amatör Astronomi Sempozyumu, 2005, İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul.
4) 15.Ulusal Astronomi Kongresi, 2006, İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul.
5) Uluslararası katılımlı Amatör Teleskop ve Teleskop Aynası Yapım Çalıştayı, 2007, İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul.
6) Uluslararası katılımlı 2.Amatör Astronomi Sempozyumu,2007, İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul.
7) Astrofizik Yaz Okulu, 2007, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.
8) İstanbul Kültür Üniversitesi 6.Temel Bilimler Lisansüstü Yaz Okulu (IRAF ve Tayfsal İndirgeme), 2008, İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul.
9) 16. Ulusal Astronomi Kongresi ve 5. Ulusal Öğrenci Astronomi Kongresi, 2008, Çanakkale 18 Mart Üniversitesi, Çanakkale.
10) 17. Ulusal Astronomi Kongresi, 2010, Çukurova Üniversitesi, Adana.