

**АСТРОМЕТРИЈСКИ ЗНАЧАЈ ПОСМАТРАЧКИХ ПОДАТАКА,
ДОБИЈЕНИХ ПОМОЋУ ЗЕМЉИНИХ ВЕШТАЧКИХ САТЕЛИТА
TYCHO И HIPPARCOS**

СОФИЈА САЦАКОВ И ДУШАН ШАЛЕТИЋ

Астрономска опсерваторија, Волгина 7, 11050 Београд

Резиме. У овом чланку се говори о вештачким сателитима Hipparcos и Tycho, њиховом значају, задацима, карактеристикама, кретању, управљању, мерењима и обради добијених података из посматрања као и везивању мерених података за вангалактичке објекте.

Један од највећих по важности астрометријских пројеката реализује се последњих тридесет година овога века. Задатак пројекта названог Hipparcos је, да се одреде положаји, сопствена кретања и паралаксе великог броја звезда. Сателит је добио назив на основи скраћенице High Precision Parallax Collecting Satellite, тако да није случајно добило име грчког астронома Хипарха, који је у другом веку пре наше ере открио прецесију и саставио први каталог звезда. Основну идеју о вештачком сателиту Земље (ВСЗ) Hipparcos дао је P. Lascarotte 1966. год. У програм Европске свемирске агенције (ЕСА) уврштен је 1980 год, а лансиран 1989. године.

Идеја о извођењу посматрања помоћу ВСЗ, привукла је на себе пажњу јер та реализација решава многе проблеме садашње земаљске астрометрије.

Као прво, нестаје досадашњи проблем утицаја атмосфере, која повлачи са собом неке важне појаве, као што су рефракција, атмосферска дисперсија, апсорпција светлости, погоршање видљивости, што у данашње време смањује могућности инструмената постављених на Земљи.

Друго, ВСЗ Hipparcos омогућава добијање посматрачких података у једном координатном систему тј. добијају се истородна посматрања по целој небеској

сфери.

Треће, искључује се утицај гравитационог поља Земље, сва могућа савијања инструмента, напрезања у фундаменту, што захтева сталну контролу параметара оријентације инструмента.

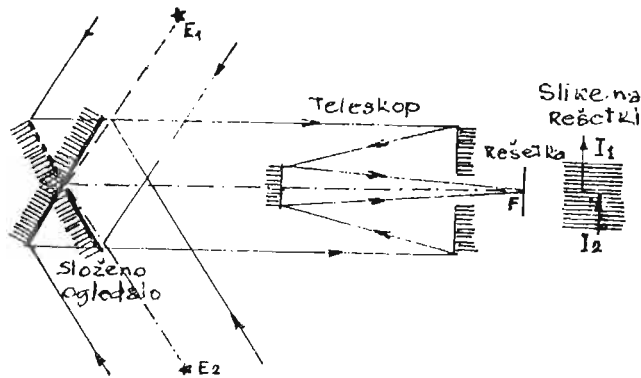
Четврто, отпада неопходност обрачунавања параметара обртања Земље, „нетачност“ познавања истих, која се јавља, као основни узрок погоршања нетачности упоришног координатног система током времена.

Пето, могу се вршити мерења положаја звезда у току целог дана — 24 часа, па је зато и могуће у току 2,5 године извршити посматрања више од 100 000 звезда четири пута (400 000 мерења звезда).

Међутим, није све тако ружичасто, постоје и технолошки проблеми, као што су читавање температуре на ВСЗ, контрола оријентације ВСЗ и др.

У списак посматрања укључени су објекти до $m_v = 13$ из разних предложених програма. Резултати посматрања ће имати велики утицај на многе области астрономије, даће једнородан и високе тачности упоришни координатни систем, заснован на звезданим положајима, вредности паралакса звезда, а и омогућиће се прекалибровање скале космичких растојања као и повезивање са скалом маса и светлости звезда. Подаци о сопственим кретањима звезда ће омогућити прецизирање питања звездане динамике и еволуције звезда. Тако добијен упоришни систем са густином око две звезде на квадратни степен, моћи ће се повезати помоћу посматрања са ВСЗ „Space Telescope“ са инерцијалним упоришним системом координата, заснованим на посматрањима квазара или радиоизвора помоћу дугобазичне интерферометрије (Very Long Base Interferometry VLBI).

Да би се постигао циљ, висока тачност у астрономији тј. одредили астрометријски параметри звезда по целој небеској сфери са истом тачношћу, принцип мерења треба да омогући одређивање великих углова (реда радијана) са тачношћу око $0''001$. У томе циљу телескоп постављен на ВСЗ Hipparcos обједињује у фокалној равни два поља вида која на небеској сфери стоје под углом од 58° . Оригиналношћу Hipparcos-а је у томе, што се користе три методе на један комплементаран начин. Угаона референца се користи углом $\gamma/2$ који

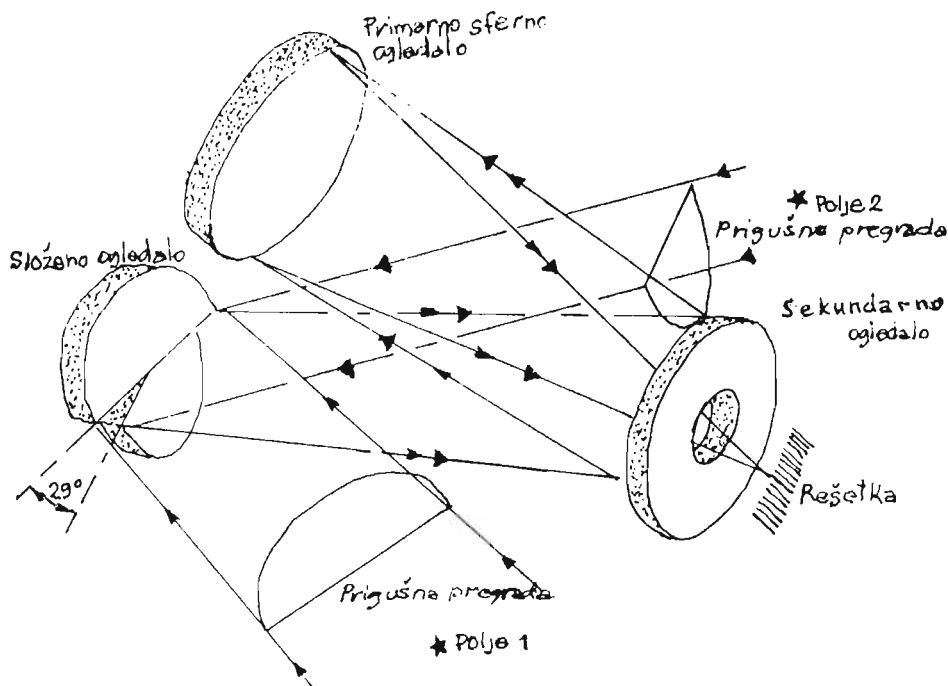


Слика 1.

образују два приљубљена огледала, која одбијају према једној истој фокалној равни лик два звездана поља раздвојена углом γ (који се зове угао базе). Углови се мере ротацијом или поређењем са еталоним, док се мали углови мере поређењем фазе модуларације ликова на решетки, као у случају астрометријског фотометра (сл. 1).

Оригиналношћ вештачког сателита Hipparcos је у томе што се напред поменуће методе користе на један комплементаран начин.

Једна решетка са паралелним празнинама модулише светлост док се сателит обрће полако око једне осе управне на раван слике, и паралелна је с линијом пресека комплексног огледала (сл. 2).



Слика 2.

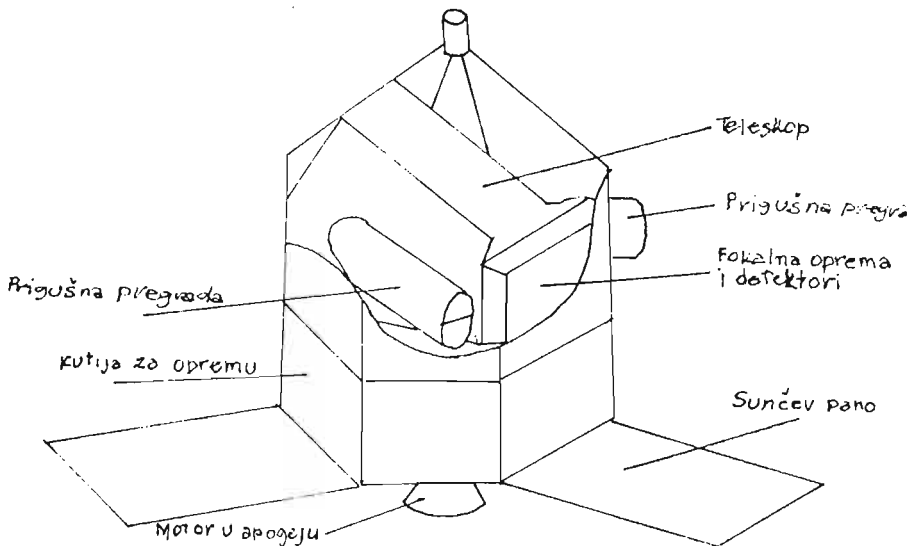
Резултати анализе кривих модуларација, омогућују да се одреди привидно растојање звезда, а да се не додаје угао базе, ако звезде нису у истом пољу. Тако се повезују у сваком тренутку објекти смештени на удаљености приближно 2γ . Сателит при кретању око Земље обрће се и око своје осе, па се добија и велики број веза између звезда, које се користе за одређивање положаја звезда на небу. Ротација сателита се не користи директно при мерењу углова, али познавање оријентације сателита у сваком тренутку је неопходно и доприноси да се дође до решења, користећи додатне захтеве и параметре геометријске обраде посматрања. Ове податке треба добити из посматрања звезда на решетки и то секундној решетки тзв. „репер звезди“.

Промене правца осе обртања специјалним начином, омогућава да се постигне потпуно покриће небеске сфере посматрањима звезда. Велики круг по небеској сфери се опише за $2^h 8^m$, док сателит изврши дневно 11,25 обрта око Земље. Оса обртања је нагнута под углом од 43° , усмерена у правцу Сунца и описује прецесиони круг за 57 дана. Активно сканирање целе небеске сфере биће извршено пет пута, што омогућава да се добију тачније координате звезда, сопствена кретања и паралаксе. Регистрација посматрања се реализује истовремено решеткама са пукотинама постављеним тако, да су пукотине распоређене управно на правац сканирања.

У току обраде посматрања, појављују се грешке тражених резултата, које се отклањају узастопним сканирањем а познавајући положај осе сателита са тачношћу $0''1$. У току времена посматрања, оријентација сателита треба да је позната са тачношћу од $1''$. Зато су у фокалној равни телескопа у сателиту уведена два допунска система картирања звезда, која се састоје из неколико зареза специјалних геометријских облика.

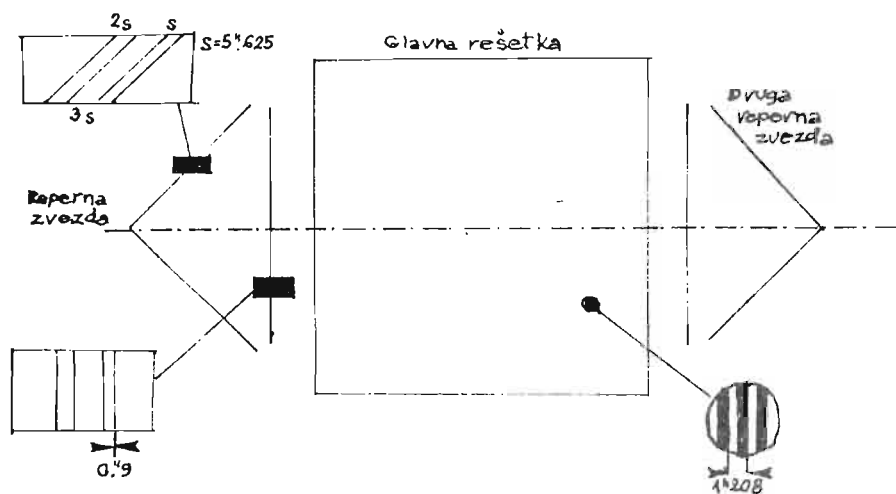
Карактеристике сателита

Тежина сателита је око 1 200 kg. У доњем делу се налазе три издужења која носе сунчеве ћелије и сателитски модул који обухвата апогејски мотор, калкулатор на палуби сателита, систем контроле оријентације, одашиљач, пријемник итд. У горњем делу се налази оптички прибор, екрани који штите два огледала од паразитске светлости и усмерени су у два звездана поља (сл. 3).



Слика 3.

Комплексно огледало пречника 29 cm је пресечено на два дела која стоје под углом од 29° . Стабилност овога угла је уствари фундамент за инструмент, који се у току 24 часа мења у границама десетохиљадитог дела лучне секунде. Такође постоји одлична термичка контрола у сателиту инструмената. Целокупно коришћено поље је пречника од $1^\circ 8$, са једним сферним огледалом $f = 140$ cm, Шмитовом корективном плочом која се састоји из делова Шмитовог огледала. У жижи огледала налазе се решетке (сл. 4). Главна решетка се састоји из 2688 прореза, чије су ивице дебљине 22 mm и дају на небу поље размере $0^\circ 9 \times 0^\circ 9$. Сваки корак решетке износи на небу $1'' 208$, док је величина прореза $0'' 47$. Лик решетке се помоћу оптичког система, који се налази на једном осетљивом лежају фотоелектричног пријемника, претвара у електронски лик. Кад се накупи мноштво емитованих електрона, добија се једна мешавина модулација свих звезда у пољу вида. Да би се то избегло постављен је један дисектор ликова који не дозвољава да се издвоји више од једног малог дела електронског лика пречника од око $30''$.



Слика 4.

Користећи струје специјалне намене лик звезде се смешта тако, да део који окружује звезду, чија се модулација жели регистровати пада у шупљину. Тако прикупљени електрони се броје са учестаношћу од 1200 Hz.

Са сваке стране од главне решетке налазе се репери звезда, који се састоје из две групе од по четири прореза, ширине $0'' 91$ и висине $40'$, док је удаљеност њихових центара $5'' 625$, $16'' 875$ и $11'' 25$.

Једна група је састављена од паралелних прореза на решетки, док је друга од зубаца, под углом од 45° . Светлост која продире у један од репера, прелази преко дихроичне оштрице која одбија светлост у два фотомултипликатора. Ова оштрица игра улогу филтра, који је приближно еквивалентан филтру В система UVB на једном од фотомултипликатора и филтру V истог система на другом. Два фотомултипликатора су размерена на синхрон начин по 600 Hz.

У прихваћеној варијанти конструкције пријемног дела телескопа, предвиђено је коришћење решетака система картирања за допунска одређивања координата од 400 000 до 1 000 000 звезда са малом тачношћу положаја од $0''.01$ до $0''.03$. Применјена је фотометрија на све те звезде у плавој (В) и видљивој (V) области и то са тачношћу око $0''.1$. Тај експериментат је назван *Tycho* и придодат је овом основном пројекту 1982. године.

Исте године 1982. Е. Хог предложио је да се на ВСЗ *Hipparcos* врше посматрања и у ултравиолентној области (у систему U) као допуна посматрања у В и V. Ако звездане величине у U области одредимо са тачношћу од $0^m.1$ до $0^m.2$ тада је могуће „формирати“ звезде по параметрима U-V, као „противтег“ дијаграму В-V. Ово ће омогућити откривање белих патуљака, проучавање црних рупа, као и двојних звезда са променљивом плавом компонентом.

Од предложених шест оптичких система, одабран је систем AU-reflektive Schmidt, пошто је задовољио постављене критеријуме: мале препреке при пролазу светлости, минимум асиметричне аберације, мала осетљивост на остатак светлости, довољна имуност на расипању светлости, одређен степен кривине фокалне површине, могућност примене у космичкој техници итд.

Кретање и команда управљања сателита по небу

Сателит *Hipparcos* у току 2,5 године треба да се креће по целом небу и да га снима. Да би се све предвиђено успешно извршило потребно је да у току рада термички услови и сметње фона буду што је могуће приближније константној величини, а то поставља услов, да оса ротације сателита, заклапа константан угао са правцем Сунца. Значи, сателит се обрће око своје осе за 2^h8^m , док звезда прелази поље главне решетке за $19^\circ 2'$, а оса ротације обрне се око Сунца за 56 дана и заклапа са његовим правцем угао од 43° . Услед привидног кретања Сунца по небеском своду пребрисавање ВСЗ *Hipparcos* се понавља сваких 56 дана са помаком од 57° .

На сателит делује већи број сила од којих најважније потичу од Сунчевог зрачења, реакције жirosкопа, и у мањој мери утицаја гравитације због привлачења Земље. Сателит на својој путањи око Земље, остављен сам себи, брзо отступа од свог номиналног држања и то у просеку $10'$ за десетак временских минута, а никако не би смело да буде више. За обртно кретање сателита даје се импулс млазевима гаса, чији се интензитет регулише помоћу рачунара који се налази на самом сателиту. Ову улогу контроле обављају жirosкопи, чије се кретање стално контролише посматрањем пролаза звезда кроз „звездани репер“. Знајући координате 60 000 звезда и тренутке њиховог пролаза кроз решетке, добија се веза између параметара држања у датом тренутку, која омогућава да се коригују показивања жirosкопа.

Ово одређивање се ради са тачношћу од $1''$, што је исто, као и код координата звезда коришћених за стављање у погон у произвољном тренутку млазева гаса, и за управљање дефлектора дисектора ликова, да се не би посматрало више од једне звезде, чији је положај добро познат у пољу.

Мерење и обрада добијених података из посматрања

Програм Hipparcos садржи око 120 000 звезда. Приликом мерења присутне су четири звезде у два видна поља јер се не може истовремено посматрати модулација свих звезда. Треба их посматрати у низу.

Посматрачко време је подељено на кратке интервале и подешава се тако, да током једног периода од $2/15$ временске секунде, све звезде које се налазе у пољу вида буду посматране $1/75$ секунде и то сјајније, док оне слабијег сјаја, нешто дуже. Овај низ посматрања се понавља 16 пута, па се добијају износи за сваку звезду, подељени на један референтни период од $32/15$ секунде, који се региструје у том низу симболом T4. Један такав период садржи 2560 износа на 1200 Hz, а то представља модулацију светлости звезда, чији је период незнатно већи од осам елементарних износа.

На основи напред наведеног, може се закључити да из T4 проистиче, да се група посматраних звезда може мењати у низу изласка неких звезда и уласка других у поље вида. Једна звезда се посматра у осам низова T4, док пролази кроз поље вида. Сви подаци мерења шаљу се на Земљу у Центар који се бави обрадом и анализом добијених резултата.

Међутим, има тешкоћа око обраде, јер није могуће да се обради „en bloc“ подаци, које сателит шаље на Земљу током 2,5 године од 20000 битова у секунди обраде. У прво време, обрађује се један много мањи скуп података и из њих извлаче мање компликоване информације, које у ствари представљају суштину података. Једна од предности у овом послу је и та, што се фон неба полако мења при кретању сателита, па се узело као решење да се анализирају подаци током времена T од неких 10-11 часова, што одговара пет обрта сателита.

Пођимо од тзв. тренутног великог круга држања — то је велики круг који повезује центре два поља вида сателита — изабере се један референтни велики круг (РВК) који је у ствари тренутни круг у средини разматраног периода. Услов је да при кретању сателита и снимању неба, тренутни кругови никад не заклапају са РВК угао већи од $1^\circ 5'$. Редукција на велики круг се састоји у томе, да се после посматрања пројекција геометријског положаја звезде своди на велики круг.

Приликом редукције посматрања звезда, полази се од једног тзв. улазног каталога који садржи положаје, сопствена кретања и паралаксе најбоље одређених звезда у данашње време. Положаји су средњи и сведени на екватор и екваторијалну J 2000 и представљају референтни систем у коме су дати сви посматрачки подаци. При обради посматрачког материјала мора се строго водити рачуна, да се сателит не обрће само око своје осовине и Земље, већ да има стално унапред одређен један привидни правац.

Зато је потребно, да се израчуна за сваки тренутак посматрања t (средина од T4) положај звезде. Треба извршити неопходне поправке како би се положаји посматраних звезда свели на тренутак t. То значи, да треба извршити свођење свих посматрања једне звезде током времена T на један, једини положај; бира се за сваку звезду један средњи тренутак T_0 ових посматрања и рачуна се њен

геометријски положај, тј. положај у улазном каталогу, на који утичу једино промене паралакса и сопствених кретања звезда.

Везивање са вангалактичким објектима

Постојање шест слободних параметара на сфери има за последицу да је референтни систем представљен положајима и сопственим кретањима, одређеним редукцијом података добијених са Hipparcos-а у потпуности кохерентан и нема везе са референтним системима како кинематичким, тако ни динамичким. Међутим, следећи ту кохеренцију, може се прећи са Hipparcos-овог репера на сваки други репер који материјализује један референтни систем дат заменом јединственог вектора правца звезде за епоху \vec{E}_0 , његовим производом преко једне фиксне ротације

$$\vec{E}'_0 = R\vec{E}_0 .$$

Пошто се израчуна положај E_t , у тренутку t и примењујући ту ротацију пропорционалну времену, имамо

$$\vec{E}'(t) = R'(t - t_0) \cdot \vec{E}_0$$

Ротацијом за мале углове имамо релацију

$$\vec{E}'(t) = (R + R'(t - t_0)) \cdot \vec{E}_0$$

Вредности R и R' се одређују упоређивањем положаја одређеног броја звезда у два референтна система решавањем помоћу методе најмањих квадрата. Пошто у FK5 програм Hipparcos има велики број звезда лако се могу трансформисати из тога програма у систем FK5.

Потребно је имати директна мерења положаја звезда програма Hipparcos-а у једном вангалактичком референтном систему. Ради се о радио звездама које се посматрају помоћу VLBI, чији су положаји и сопствена кретања одређени у односу на вангалактичке радиоизворе са истом или већом тачношћу од оних добијених из Hipparcos-ових мерења.

Положаји звезда програма Hipparcos-а посматрају се релативном методом, а положаји квазара уз помоћ свемирског телескопа, што омогућава да се добију годишње варијације удаљености звезда од квазара са тачношћу $0''.002$ у току једне до три године. Информације о положајима нису поуздане, ако је положај квазара измерен помоћу интерферометра и ако се дозволи да дође до поклапања радио и оптичког положаја. Што се тиче сопственог кретања оно има мању тачност због несигурности оријентације пола свемирског телескопа одређеног положајима „реперних звезда“, које могу имати грешке више лучних секунди. Сама варијација угаоне удаљености квазара је ослобођена ове грешке.

Међутим, ако постоје добро очуване фотграфске плоче, које датирају од пре четрдесет и више година, поређења положаја звезда програма Hipparcos у односу на галаксије са којима су мерене на каснијим плочама, даће нам сопствена кретања чија се тачност може проценити на $0''.005$.

Ако се нађе довољан број таквих посматрања, она ће дати један прилог који није занемарљив за везивање каталога Hipparcos за један вангалактички репер.

Скуп ова три типа података, омогућује да се надамо, да ће положаји, сопствена кретања и паралаксе звезда бити одређене са тачношћу реда величине стотог дела лучне секунде односно лучне секунде годишње.

Програм Tycho

У прихваћеној варијанти конструкције пријемног дела телескопа предвиђено је коришћење решетака, система „картирања“ ради допунских одређивања координата од 400000 до 1 000 000 звезда, са мањом тачношћу положаја ($0''.01 - 0''.03$), као и примену фотометрије на све те звезде у плавим (B) и видљивим (V) областима, са тачношћу око 0.1^m . Тај је експеримент назван Tycho припојен је 1982 године основном пројекту, што је знатно раширило област примене података, добијених помоћу ВСЗ Hipparcos.

Треба рећи да је пројекат Tycho — пуштање астрометријског ВСЗ са задатком одређивања координата великог броја звезда — био предложен на самом почетку предлога пројекта Hipparcos и затим је нашао своје важно место, као део овог интересантног пројекта. Пројекат Tycho назван је у част Тихо Брахеа (1546 - 1601).

Супротно главној решетки Hipparcos-а на којој се захваљујући дисектору ликова, не посматра више од једне звезде одједном, репер звезда прима фотоне, који потичу од свих звезда које пролазе кроз решетке. Главна мисија користи само један мали део непрекидног регистровања фотона од стране два фотомултипликатора на B и V и то програмских звезда, које се користе за одређивање стабилности. Процењује се да постоји око 500 000 звезда које емитују употребљив сигнал; то су све оне чије су B и V магнитуде $m \leq 10.5$.

Програм Tycho има за циљ да извуче максималан проценат тако прикупљених података. Процењујући интензивност у сваком од B и V канала, одредиће се магнитуда свих звезда у фотометријским системима B и V, као последица индекса боје и њихове промене у функцији времена. Истовремено ће се одредити положаји звезда (α, δ), сопствена кретања (μ_α, μ_δ) и паралакса (π).

Обрада посматрачког материјала

Како постоје подаци о посматраним звездама у основном каталогу, врше се посматрања звезда и одређују одговарајући тренуци пролаза. Ако су рачуни предвиђања пролаза били добри, директно се приступа идентификацији звезда, а за свако посматрање звезда акумулирају се времена проласка, која ће се користити при коначној обради.

Паралелно се врше пребројавања у сваком каналу и оцењује се интензивност флукса зрачења, што уз поређења са посматрањима звезда омогућује, да се одреде магнитуде В и V, као и индекси боје В-V ових звезда, са њиховим евентуалним временским променама.

Очекује се после 2,5 године посматрања звезда да ће се добити тренуци пролаза сваке идентификоване звезде, кроз једну од две групе прореза. Један од првих задатака је, да се при главној обради одреди стабилност у сваком тренутку, са тачношћу која превазилази неколико хиљадитих делова лучне секунде дуж пребрисавања, а више од десетог дела у другим правцима.

Пођимо од једначине

$$\Theta(\lambda, \xi, \Psi(t), \theta(t), \phi(t), \gamma, A, A', B, B', c) = 0$$

која повезује за тренутак t три параметра положаја сателита Ψ, θ, ϕ . Остале величине су познате и експлицитне у односу на све остале параметре. Коefицијенти A, A', B, B', c — су коefицијенти трансформације решетка — поље. Пет астрометријских параметара ($\alpha_0^0, \delta_0^0, \mu_\alpha^0, \mu_\delta^0, \omega_0$), представљају варијацију координата у функцији времена

$$\begin{aligned} \alpha &= \alpha_0^0 + \Delta\alpha_0 + (\mu_\alpha^0 + \Delta\mu_\alpha) \cdot (t - t_0) + p_\alpha(r(t), \alpha_0, \beta_0) \cdot (\omega_0 + \Delta\omega) \\ \delta &= \delta_0^0 + \Delta\delta_0 + (\mu_\delta^0 + \Delta\mu_\delta) \cdot (t - t_0) + p_\delta(r(t), \alpha_0, \beta_0) \cdot (\omega_0 + \Delta\omega) . \end{aligned}$$

где су p_α и p_δ паралактички коefицијенти дати за тренутак t који зависе од вектора \vec{r} који повезује барицентар Сунчевог система са сателитима, а α_0^0 и δ_0^0 ректасцензија и деклинација једне звезде Σ за епоху t_0 , дате улазним каталогом; μ_α^0 и μ_δ^0 је сопствено кретање звезде, док је ω_0 референтна паралакса.

Тежине се уводе на основи астрометријских параметара у току одређивања тренутака пролаза.

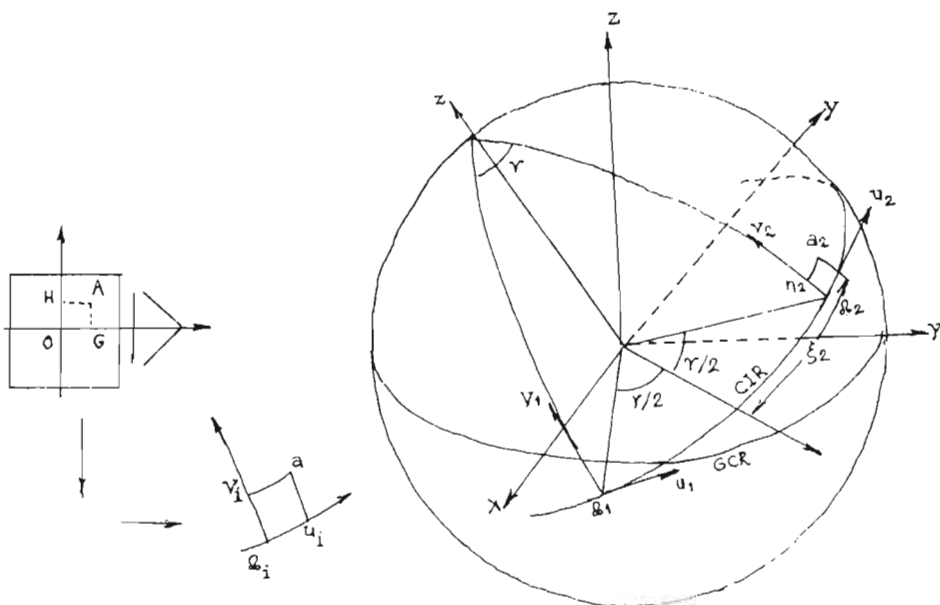
Вредност D_k , $k = 1, 4$ (коefицијенти A, A', B, B') може да варира са временом, па је неопходно да се поступак обави у два различита времена и да се реше ове једначине.

Разматраће се заједно посматрања обављена током једног или више дана. Увешће се хипотеза, да поправке астрометријских параметара звезда имају једну средњу вредност која је једнака нули и тада решавати једначине по D_k .

Тако се добијају за целу мисију скупови основних вредности $D_k(t)$ инструментских параметара.

Поправке које се примењују на пет астрометријских параметара, могу се добити решавањем система једначина које се односе на неку звезду нпр. „i“ и ту се замењују вредности $D_k(t)$.

Овај двоструки поступак може се применити, ако се процени да коришћени еталони нису довољно прецизни, са приближним подацима улазног каталога. Сваких шест или дванаест месеци врше се одређивања и анализе резултата посматрања звезда (сл. 5).



Слика 5.

Тачност астрометријских резултата Тучо-а је мања од оне, која се добија из главне мисије. Разлика долази због различите дужине трајања посматрања.

Анализирајмо резултате посматрања звезде $m = 9.0$, која је прошла кроз главну решетку 100 пута, средње време посматрања је четири секунде у једном пролазу; астрометријски параметри су одређени из 400 sec посматрања. Због вертикалне димензије, која је редукована на регистру звезда, звезда ће проћи нешто више од 75 пута. Трајања посматрања кроз сваки прорез за $0^{\circ}03$. Како има осам прореза, сваки пролаз звезде кроз њих не даје простора за више од 0.24 sec корисног посматрања, што износи за целу мисију приближно 20 секунди.

Однос тачности је пропорционалан квадратном корену из односа броја прикупљених фотона, што се може сматрати и да је то само функција односа трајања корисног посматрања. Проистиче, да ако добијена тачност на главној решетки износи $0''002$ оно што се може очекивати за Тучо је реда величине

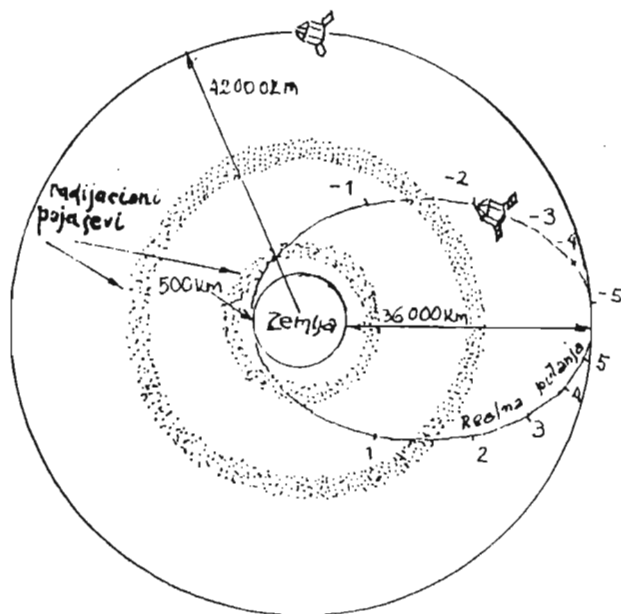
$$0''002 \cdot \sqrt{20} \approx 0''009$$

За слабе звезде привидне величине нпр. $m = 10.0$, тачност износи $0''.016$. Однос сигнал-шум тежи 1,5 за звезде чија је магнитуда $m = 10.5$, што је и граница могућности овог експеримента.

Реализација мисије Hipparcos

Познавање положаја, сопствених кретања, паралаксе, боје и магнитуде звезда програма Hipparcos-а, било је недовољно, па је требало организовати и посматрања са Земље у циљу побољшавања истих. Одабрано је од предложених 215 000 звезда 120 000 за овај програм, које задовољавају постављене услове од стране Конзорцијума INCA (Input Catalogue) који се састоје у следећем:

1. стварање базе података, који се односе на све тражене звезде (положаји, сопствена кретања, магнитуде, спектре, променљивост и двојност) и њихово коришћење при новим посматрањима;
2. посматрање положаја 8 000 звезда и 63 мале планете помоћу фотоелектричних и визуалних меридијанских кругова у Бордоу, Београду, Букурешту, Ла Палми, Токију и мерењу близу 135 000 звезда методама астрометријских инструмената. Тачност ових мерења је већа од $0''.2$ по свакој координати. Оваква посматрања омогућавају одређивање приближне магнитуде;
3. поновиће се фотометријска посматрања више од 12 000 звезда, као и 4 000 променљивих звезда;
4. извршиће се идентификација двојних и вишеструких звезда улазног каталога, као и њихова бројна допунска посматрања;



Слика 6.

Вештачки сателит Земље (ВСЗ) Hipparcos лансиран је 8 августа 1989 године помоћу ракете Аријана 4 на елиптичку путању са апогејом од око 35 900 км. Одмах по лансирању је уследио квар на мотору, и све што је могло да се уради било је да се повећа перигеј да би избегао утицај атмосфере (сл. 6). Период обртања износи $10^h 40^m$, а ексцентричност $e = 0.72$.

Нова путања има велики број недостатака, што се озбиљно одражава на ток мисије.

- 1.- Како Земља ротира око своје осе, сателит није више стално видљив са једне исте станице, па је изгубљено од 10% до 15% посматрачког времена, због немогућности преноса на једну од три станице у Аустралији, Немачкој или Америци.
- 2.- Када се сателит нађе у близини перигеја, осећа се дејство спрега сила, због чега морају да се повећају млазеви гаса, па услед тога и нема довољно звезда које пролазе кроз звездани репер између два гасна улаза, да би се добила довољно прецизна стабилност. Ово смањује век трајања резервоара гаса, који је предвиђен за пет година.
- 3.- Радијациони појасеви кроз које пролази сателит представљају једну велику густину електрона и јона са врло великом брзином. Када они продиру кроз оптику пријемника брзином која превазилази брзину светлости, емитује се зрачење, познато под именом **Черенковљево зрачење**. Ово зрачење потиче од разлике у брзини између честице и електромагнетног поља, повезаног са њом па његова енергија успорава ове честице. У случају Hipparcos-а ово се зрачење прима репером звезда. Будући да се пребројавања врше са фреквенцијом већом од 10 КHz или 15 КHz, а сигнал већине звезда за одређивање стабилности се гуши у шуму, па у перигеју није више могуће да се одреди стабилност са неопходном тачношћу од $0''1$. Овај недостатак не дозвољава да се на сателиту коректно усмерава дисектор ликова, а такође ни посматрања на главној решетки нису више могућа. Ова два ефекта су веома важна и о њима треба водити строго рачуна.
- 4.- Постојање бројних некохерентности корака решетке, реализује се смањењем тачности редуције података на сфери.
- 5.- Првом редуцијом података добијених за 15 месеци омогућено је побољшање положаја звезда улазног каталога за фактор 5 до 50 при рачунању посматраних звезда.
- 6.- Редуција посматрачких података добијених за шест месеци даје фактор 2 до 5 и то за звезде, чија су сопствена кретања и паралаксе познати са тачношћу на неколико стотих лучне секунде.
- 7.- Потребно је вршити и додатна рачунања у циљу добијања што више информација из мисије Hipparcos-а.
 - a) одређивање величина звезда почев од интензивности коефицијената модулације добијених на главној решетки.
 - b) израчунавање положаја малих планета укључених у програм посматрања, почев од координата на великом кругу — то су они који су добијени у сваком Т4.
 - c) у програмима који дозвољавају, да се да априорни еталон за изврстан број

инструментских параметара, се ради тако, што се једном недељно редукује скуп посматрачких података који одговарају ВРК (велики референтни круг) и другим програмима који користе априори изабране податке.

Референце

- Hemenway, P.: 1982, *Abh. Hamburg, Sternwarte*, 10, No 3, 139-143.
- Hog, E.: 1980, *Mitt. Astron. Ges.*, No 48, 127-146.
- Kovalevsky, J.: 1984, *Space Sci. Rev.* 39, No 1-2, 1-63.
- Kovalevsky, J.: 1986, *Manuscr. geod.* 11, No 2, 89-96.
- Kovalevsky, J.: 1990, *Astrométrie moderne*, Lecture Notes in Physics, 358, Springer - Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 195-234.
- Lacroute, P.: 1982, *Sci Aspects Hipparcos Space Astrometry Mission. Proc. Int. Colloq, Strasburg, 22-23 febr. 1982.* 3-12.
- Perryman, M. A. C.: 1983, *Surv. South. Galaxy. Proc. Workshop, Leiden Observ. Aug. 4-6, 1982.* Dordrecht e. a. 281-284.
- Schmidt-Kaler, T.: 1982, *Sci. Aspects Hipparcos, Space Astrometry Mission. Proc. Int. Colloq. Strasburg, 22-23 Febr. 1982.* Paris, 91-92.
- Schuyler, M.: 1985, *ESA Bull* No 42, 22-29.
- Walter, H. G.: 1982, *Sci. Aspects Hipparcos, Space Astrometry Mission. Proc. Int. Colloq. Strasburg, 22-23 Febr. 1982.* Paris, 65-67.

**ASTROMETRIC SIGNIFICANCE OF OBSERVATIONAL DATA
OBTAINED FROM THE TYCHO AND HIPPARCOS ARTIFICIAL
SATELLITES**

SOFIJA SADŽAKOV AND DUŠAN ŠALETIĆ

Astronomical Observatory, Volgina 7, 11050 Belgrade

Abstract. The article deals with the artificial satellites Tycho and Hipparcos, their significance, tasks, features, motion, control, measurements and data reduction, as well as relation of the measured data to extragalactic objects.