

**Соња Видојевић и Стево Шеган**  
(Математички факултет, Београд)

## ДИГИТАЛИЗАЦИЈА ПОСМАТРАЊА АСТРОНОМСКЕ ОПСЕРВАТОРИЈЕ У БЕОГРАДУ

**Сажетак.** Дат је научни и културни значај дигитализације астрономских посматрања Астрономске опсерваторије у Београду забележених на посматрачким обрасцима и решење за on-line и off-line унос и приступ подацима кроз поновни рачун омогућена је контрола добијених резултата. Кроз пример редукције посматрања која су обављена у Служби времена АОБ на малом пасажном инструменту „Askania“, Бамберговог типа ( $D=100\text{ mm}$ ,  $F=1000\text{ mm}$ ), одређена је лонгитуда места посматрања апсолутном методом Мајеровим формулама. Могућност за локалну и регионалну сарадњу и сарадњу са ЕУ путем укључивања у IVOA (International Virtual Observatory Alliance).

**Кључне речи:** дигитализација, база података, астрономска посматрања, одређивање лонгитуде

Астрономска опсерваторија у Београду (<http://www.aob.bg.ac.yu/>) је најстарији научни институт у Србији. За скоро 120 година рада којих се, у оквиру различитих посматрачких служби, сакупљен је огроман посматрачки материјал. Део тог материјала је објављиван у публикацијама Астрономске опсерваторије, а део се још увек налази убележен у посматрачке обрасце, посматрачке свеске, или је архивиран у виду скица, цртежа на ортографским мрежама, на фотографским плочама и сл. Од великог је значаја, како историјског и културног тако и научног, да се ти подаци сачувају од пропадања или уништавања, јер тренутак који је забележен више се не може поновити. Захваљујући научно-технолошком напретку раније добијени резултати могу да се провере и поправи њихова тачност. Посебан значај има дигитализација посматрања појава које захтевају посматрања у дугим временским интервалима. Тако се, на пример, могу поправљати путањски елементи двојних и вишеструких система звезда, њихови периоди обиласка, или сопствена кретања. Такође, могу се искористити за решавање данас веома актуелног проблема униформности атомске скале времена, односно успоравања Земљине ротације. Ово су само неки примери за које су потребне серије посматрања на дугим временским интервалима.

Модерни облици дигитализација су важни за очување астрономских посматрања. Дигитализација је комплексан процес преноса података на савремене медије уз одговарајућу стручну обраду и организацију. Скенирање, или неки други вид превођењења података у електронску форму, је само једна од фаза. Дигитализација се спроводи и кроз развој програмске и физичке мреже информационих система. Крајњи циљ је њихово адекватно повезивање и представљање стручној и широкој јавности кроз мултимедијалне презентације.

Да би се дигитализација успешно обавила потребно је обезбедити експертску подршку у свим фазама; ангажовање кадрова и примена резултата савремених технолошких истраживања је стандардна претпоставка.

Дигитализовани садржаји су погодан објекат за проучавање и савременим и конвенционалним технологијама чиме се пружа могућност постављања нових стандарда, унапређења рада и утиче на промену начина обављања истраживања. За већ дигитализована посматрања потребно је решити проблеме преузимања, конвертовања, допуњавања и укључивања постојећих дигитализованих података којима располаже АОБ. Према нашим сазнањима, АОБ поседује одређену количину дигитализованог посматрачког материјала у ASCII формату, који треба укључити у дигитализацију, јер, једном дигитализовани подаци представљају изузетно вредан и погодан материјал за најразноврсније облике научно-стручне обраде (статистичка обрада, развој специјализованих експертних система итд).

Међународна астрономска унија IAU (International Astronomical Union, <http://www.iau.org/>) је 1948. године на VII генералном заседању у Цириху оформила комисију 41 за историју астрономије (Commission 41, History of Astronomy, <http://www.astro.uni-bonn.de/~pbrosche/iaucomm41/>). На XXI генералном заседању 1991. у Буенос Аиресу је усвојена резолуција (<http://www.astro.uni-bonn.de/~pbrosche/iaucomm41/wg/archives.html>) по којој IAU подржава иницијативу комисије 41 (Proceedings of the Twenty-First General Assembly, p.77):

- да се успостави регистар о свим постојећим астрономским архивама од историјског интереса;
- да се одговорност за чување, конзервацију и, где је то могуће, каталогизацију свих архива, пренесе на опсерваторије и друге релевантне институције;
- да пронађе институције које ће доделити простор и фондове за одржавање успостављених регистара и публиковати их;

Комисија 5, такође у оквиру IAU, која је задужена за документацију и астрономске податке (Commission 5, Documentation and Astronomical Data, <http://cdsweb.u-strasbg.fr/IAU/>), предложила је резолуцију о слободном приступу астрономским архивама (Resolution on freedom of access to astronomical archives, <http://www.atnf.csiro.au/people/rnorris/WGAD/Resolution.htm>). На XXV генералном заседању 2003. у Сиднеју, резолуција је прихваћена од стране IAU. Овим смо добили јасне смернице у погледу даљег рада.

У јуну 2002. године формирана је за астрономску заједницу значајна организација – Међународни савез виртуелних опсерваторија IVOA (International Virtual Observatory Alliance, <http://www.ivoa.net>). Њен задатак је да олакша међународну координацију и сарадњу неопходну за развој алата, система и организационе структуре да би се омогућило коришћење астрономских архива које су интегрисане у Виртуелну опсерваторију. Број чланова IVOA је у сталном порасту, тренутно стање се може видети на Интернет адреси <http://www.ivoa.net/pub/members/>. IVOA тесно сарађује са Комисијом 5 IAU. Ради се на формирању радне групе за виртуелне опсерваторије у оквиру ове комисије. Колики значај IAU придаје виртуелним опсерваторијама види се и по томе што се за XXVI заседање IAU у Прагу (август 2006) предвиђа специјална седница о VO (Special Session 3: The Virtual Observatory in Action: New Science, New Technology, and Next Generation Facilities, <http://www.astronomy2006.com/special-sessions.php#sps3>). Један од најважнијих задатака IVOA је стандардизација у оквиру W3C (World WideWeb Consortium, <http://www.w3.org/>), групе која је одговорна за формирање и предлагање стандарда за представљање података на Интернету, с тим што документи W3C нису званични стандарди, већ само препоруке; корисницима се препушта да одлуче да ли ће их поштовати. Препорука за мета-језик XML

(eXtensible Markup Language, <http://www.xml.com/>) дата је 1998. године и још увек је актуелна. XML је добро структуриран језик, подаци се представљају у облику дрвоидне структуре, где сваки чвор дрвета може да се третира као нови објекат што омогућава да се подаци описани у XML-у могу, релативно једноставно, третирали као и објекти у објектно-оријентисаним језицима. Увођењем појма ентитета, у XML-у се омогућава рад са било којом врстом објеката: графичким, табеларним, линковима и сл. XML и пратеће технологије карактерише дескриптивност, прецизан опис и валидација података, чиме се олакшава процес обраде и смањује могућност грешака током обраде. Подаци описани у XML-у су независни од платформе на којој се користе, што XML-у даје велику предност када се зна да постоји велики број различитих типова рачунара--платформи који се користе на Интернету. Ово је један од важнијих разлога што је XML са пратећим технологијама постигао широко распрострањену употребу. Избор ових технологија је гаранција да ће подаци у будућности моћи лако да се обрађују, трансформишу и користе. За дигитализацију посматрања АОБ потребно је неколико XML технологија. Пре свега технологија XML Schema (<http://www.w3.org/TR/xmlschema11-2/>) која служи за прецизан опис података уз наметање одређених ограничења (дозвољене етикете, скупови из којих се узимају вредности, ...) која су у овом случају пожељна. Једноставнији рад са обрасцима обезбеђује Xforms технологија (<http://www.xml.com/pub/a/2001/09/05/xforms.html>), формирање упита за базу података омогућава технологија XML Query (<http://www.w3.org/TR/xquery/>) (слично као SQL).

IVOA је за свој основни стандард изабрала XML, а специфичности астрономских података дефинисане су кроз низ препорука:

– VOTable Format Definition (<http://www.ivoa.net/Documents/REC/VOTable-10040811.html>) — XML стандард за дефинисање структуре табела и размену података који су представљени у виду скупа табела. У складу са општим XML правилом називи елемената и атрибута су case-sensitive (разликују велика и мала слова). Величина табела није унапред задата, што омогућава креирање табела произвољних димензија.

– The UCD1+ controlled vocabulary (<http://www.ivoa.net/Documents/REC/UCDlist-20051231.html>) — контролисани речник за описивање података базиран на W3C стандарду за документацију и адаптиран за потребе IVOA. UCD1+ је ниска знакова која садржи такозване речи раздвојене тачка-зарезом (;). Реч је састављена од такозваних атома раздвојених тачком (.). Хијерархија од најнижег нивоа ка највишем је: атом – реч – сложена реч. Све UCD1+ речи су подељене у 12 главних категорија, на пример: *obs* (observation) – у оквиру ове категорије налазе се речи које описују посматрање (име посматрача, услови посматрања, временске прилике, ...), *pos* (positional data) – све величине у вези са положајем објекта на небеској сфери, *time* (time) – величине везане за време (старост, датум, период, ...) итд. Те категорије представљају главни атом речи.

– An IVOA Standard for Unified Content Descriptors (<http://www.ivoa.net/Documents/REC/UCD/UCD-20050812.html>) — формални речник за описивање астрономских података. На речник је примењена *рестрикција* у смислу превенције нагомилавања термина и синонима, и *контрола* у смислу превазилажења двосмислености колико је год то могуће. Речник је креиран тако да буде флексибилан и разумљив и људима и компјутерима.

- Astronomical Data Query Language (ADQL) (<http://www.ivoa.net/Documents/WD/ADQL/ADQL-20050624.pdf>) — језик за постављање упита базиран на SQL92 (програмски језик за рад са релационим базама података). Развијено је неколико стандардних протокола за приступ астрономским базама података, као што је, на пример, SIAP за податке са слика, SSAP за спектралне податке, ADQL за приступ подацима из астрономских каталога, итд.

Са друге стране, у оквиру UNESCO-а (<http://whc.unesco.org/en/initiatives/32/>) у току је укључивање астрономије у светско наслеђе (“Astronomy and World Heritage“, [http://whc.unesco.org/en/decisions/&id\\_decision=318](http://whc.unesco.org/en/decisions/&id_decision=318)), а 2009. година је проглашена годином астрономије (<http://unesdoc.unesco.org/images/0014-/001413/141314e.pdf>). Такође, под окриљем UNESCO-ве канцеларије у Венецији (UNESCO Office in Venice, или познатија као UNESCO ROSTE -- Regional Office for Science & Technology for Europe (<http://www.unesco.org/venice>), у земљама Југоисточне Европе организован је низ скупова са циљем да се направи стратегија за очување културног и научног наслеђа ових земаља. Представљање података у дигиталном облику је један од начина за очување културног и научног наслеђа. На нашим просторима дигитализацијом научне и културне баштине координира Национални центар за дигитализацију (<http://www.ncd.matf.bg.ac.yu>) који је проистекао из иницијативе 2001. године.

Астрономска посматрања несумњиво представљају део националне и светске научне, а у ширем смислу и културне баштине. Зато су предузети први кораци дигитализације астрономских посматрања Астрономске опсерваторије у Београду. Ради се о нумеричким подацима који су добијени током посматрања на разним астрономским инструментима АОБ. Поступак дигитализације астрономских посматрања одвија се у неколико фаза.

У првој фази извршена је анализа постојећег стања посматрачких образаца и свески на АОБ, утврђено је да постоји око 30 различитих врста посматрачких образаца и око 10 врста посматрачких свески. Извршено је скенирање свих пронађених (непопуњених) посматрачких образаца из архиве АОБ. Овај корак је учињен да би се унос података олакшао тиме што ће компјутерски дизајнирани обрасци имати идентичан изглед као оригинални, те неће долазити до недоумица који податак у које поље треба сместити. За креирање дигитализованих образаца изабран је пакет програма Adobe Acrobat Professional 7.0 (Acrobat PDF forms, <http://www.adobe.com/products/acrobatpro/>), јер компанија Adobe има традицију у успостављању, подржавању и унапређивању документационих стандарда и зато што је Adobe компанија активни члан кључних тела, радних група и индустријских асоцијација које развијају стандарде, укључујући и стандарде базиране на XML технологији која је за нас од есенцијалног значаја, јер се за представљање података преко IVOA препоручује управо XML технологија (<http://www.ivoa.net/xml/index.html>). За свако поље обрасца могуће је дати детаљно упутство за попуњавање које се појављује после постављања курсора на поље.

Друга фаза је избор архитектуре образаца која омогућава превенцију у настајању грешака приликом уноса, јер је свако поље прецизно дефинисано у зависности од природе самог податка који треба унети. На пример: ако у поље треба унети ректасцензију небеског тела, тада се из контролисаног речника (The UCD1+ controlled vocabulary) изабере ознака *pos.eq.ra* која одговара ректасцензији, и дефинишу граничне вредности унетог податка (од 0 до 360 степени), или ако је у питању деклинација, тада поље има ознаку *pos.eq.dec*, и мора бити

означено, тј. мора садржати позитиван или негативан предзнак и, такође, граничне вредности (од 0 до 90 степени) и слично. Сви рачуни се врше симултано са уносом података. Ово омогућава проверу тачности израчунатих вредности које су убележене на обрасцима. Раније су на АОБ постојала радна места са називом „калкулатор“; задатак људи калкулатора је био да врше разне рачуне „ручно“ или уз помоћ примитивних рачунских машина и треба отклонити могуће њихове грешке. По завршетку попуњавања обрасца, подаци се у виду XML датотеке прослеђују серверу, уколико је попуњавање текло у on-line режиму, или се унос података врши у локалу (off-line), а затим се попуњени обрасци путем електронске поште проследе на одговарајућу адресу. Тако добијени подаци могу да се конвертују и у друге облике записа, на пример у xls (Microsoft Excel), HTML, XHTML, ASCII формат и сл.

Из до сада изнетог може се закључити да за дигитализацију астрономских посматрања АОБ није неопходна специјална опрема. Довољан је ПЦ стандардних карактеристика, програм Adobe Reader који је бесплатан. On-line приступ Интернету није неопходан, а база података би могла да се постави на постојећи сервер. Ово је окосница треће фазе, која у овом тренутку представља и крајњи циљ и привремену дигитализацију.

Дигитализацију посматрања представимо на примеру одређивања лонгитуде Астрономске опсерваторије у Београду помоћу Мајерових формула. Одређивање лонгитуде повезано је са одређивањем месног звезданог времена у тренутку пролаза изабране звезде кроз меридијан преко формуле  $\lambda = s - S$ , где је  $\lambda$  лонгитуда места посматрања,  $s$  је месно звездано време, а  $S$  гриничко звездано време. За добијање лонгитуде неопходно је познавање поправке часовника, тј. часовничког стања, које се изводило у Служби времена. За добијање овог резултата коришћени су: мали пасажни инструмент „Askania“, Бамберговог типа ( $D = 100$  мм,  $F = 1000$  мм), систем од три кварцна часовника и електромеханички хронограф који током пролаза звезде бележи време контаката окуларног микрометра и секундне импулсе на истој папирној траци. Хронографска трака са свим регистрованим контактима за све пролазе се, по завршеном посматрању, препарира и чита. Аритметичка средина одговарајућих парова контаката, са обрачунатом паралаксом хронографа, даје најбоље време пролаза звезде кроз бесколимациону линију малог пасажног инструмента.

Серију меридијанских пролаза одабраних звезда сачињава десетак такозваних часовних звезда, које се посматрају у горњем пролазу и једна звезда у доњем пролазу (доњи пролаз се не користи за извођење часовничког стања и служи за контролу). Посматрачке серије се формирају селекцијом звезда, из радног каталога од око 300 звезда које су сортиране по растућим вредностима ректасцензија.

Величине: часовничко стање ( $C_p$ ), привидна ректасцензија посматране звезде ( $\alpha$ ) и регистровани тренутак њеног пролаза кроз бесколимациону линију малог пасажног инструмента ( $T$ ), повезује најважнија релација меридијанске астрономије - Мајерова формула (за горњи пролаз):

$$C_p = \alpha - [T + A \sin(\varphi - \delta) \sec \delta + I \cos(\varphi - \delta) \sec \delta + C \sec \delta + R \sec \delta].$$

На АОБ се величина  $C_p$  изводила једним специфичним поступком који је омогућавао најбрже израчунавање помоћу скромних рачунских помагала (за детаље видети [3]). Дигитализацијом посматрања је омогућено да се сва израчунавања

поново изврше (тима се врши провера тачности израчунатих података), а поступак се може изабрати тако да даје најбоље резултате, јер више нема препрека у рачунању. По одређивању часовничког стања, односно по налажењу поправке за часовник, израчунавамо поправљено месно и гриничко звездано време, чија разлика нам даје лонгитуду места посматрања.

У наредном периоду у дигитализацију астрономских посматрања могу да се укључе и садржаји који имају другачију форму као што су, на пример, посматрања Сунца и Сунчеве активности на ортографским мрежама, фотометријаска и спектроскопска посматрања, полариметријска посматрања и сл. Такође се могу укључити и подаци других институција које су имале, или имају везе са примењеном астрономијом као што су, Хидрографски институт, Војногеографски институт, затим разне геодетске институције и слично. Овим би било извршено повезивање на локалном нивоу, следећа фаза би била стварање националне виртуелне опсерваторије и повезивање са сличним институцијама у Југоисточној Европи, а крајњи циљ је укључивање у Међународни савез виртуелних опсерваторија (IVOA). Са друге стране, биле би задовољене и препоруке, тј. циљеви Националног центра за дигитализацију (<http://www.ncd.matf.bg.ac.yu/casopis/07/002/NCD07002.pdf>) чиме бисмо се укључили у процес очувања националне културне и научне баштине.

### Литература

0. Блажко, С. Н.: 1979, *Курс практичкој астрономији*, Наука, Москва.
1. Ђурковић, П. М.: 1968, *Седамдесет пет година рада Астрономске опсерваторије у Београду*, Симпозијум астронома Југославије, Публикације Астрономске опсерваторије у Београду **12**, 15–52.
2. Јовановић, М.: 1975, *Анализа мерних података UT0-UTC часовне службе Астрономске опсерваторије у Београду*, у: Зборник радова Националне конференције југословенских астронома – 1973, Београд, Публикације Астрономске опсерваторије у Београду, **20**, 90–97.
3. Мијајловић, Ж.: 2002, *О неким подухватима у области дигитализације у последњој деценији*, Преглед НЦД **1**, 12–27.
4. Огњановић, З.: 2002, *Национални центар за дигитализацију*, Преглед НЦД **1**, 3–11.
5. Тошић, Д.: 2003, *XML-технологије и дигитализација*, Преглед НЦД **3**, 1–12.
6. UNESCO: 2005, *Recommendations for Coordination of Digitisation of Cultural Heritage in South-Eastern Europe*, Преглед НЦД **7**, 2–7.

**Sonja Vidojević and Stevo Šegan**  
(Faculty of Mathematics, Belgrade)

### OBSERVATIONAL FORMS OF ASTRONOMICAL OBSERVATORY IN BELGRADE

**Abstract:** Cultural and scientific importance of AOB astronomical observation digitalization recorded at observation forms. One solution for on-line and off-line data input and observational data access. Recalculation and control of obtained results. Example of observation reduction performed by Time service on little passage instrument (D=100 mm, F=1000 mm). Determining the longitude of observation location by absolute method with Mayer's formulas for reduction of observation moment to meridian. Possibilities for local and regional cooperation and opening the way to cooperation with UE by joining the IVOA (International Virtual Observatory Alliance).

[sonja@alas.matf.bg.ac.yu](mailto:sonja@alas.matf.bg.ac.yu)  
[ssegan@matf.bg.ac.yu](mailto:ssegan@matf.bg.ac.yu)