

Соња Видојевић

(Математички факултет, Београд)

Дејан Сандић

(Географски факултет, Београд)

Кристина Рацковић и Анђелка Станојковић

(студенти, Математички факултет, Београду)

ДИГИТАЛИЗАЦИЈА ЗВЕЗДАНИХ КАРАТА И ПОВЕЗИВАЊЕ С БАЗАМА ПОДАТАКА

Сажетак. Приказани су први резултати примене програмског пакета за географске информационе системе (ГИС) у астрономији. Извршена је комплетна дигитализација специфичног картографског материјала – звезданих карата. Обављени су следећи кораци: скениран је картографски материјал, издвојени су метаподаци, уклоњене су деформације скенираног материјала, извршен је трансфер података са скенираног материјала у просторну базу података и, на крају, препознати небески објекти су повезани с астрономским и библиографским базама података доступним на интернету.

Увод

Израда небеских карата има своје концептуалне и практичне проблеме и у неким случајевима се историјски разилазила с географском картографијом. Један од најбољих примера су звездане карте северне небеске полулопте „*Catalogus Britannicus*”, трећи том „*Historia Coelestis Britannica*“ (Flamsteed, 1725), које је израдио британски краљевски астроном Џон Флемстид (John Flamsteed, 1646-1719) на основу својих посматрања обављених уз помоћ телескопа. Ове звездане карте се одликују изузетном тачношћу и прецизношћу (10") и то је оно што их је издвојило од географске картографије која у то време није могла да постигне такву тачност.

Приликом пројектовања небеске сфере на раван јавља се проблем јер, закривљеност сфере радијуса R је $1/R^2$, док је закривљеност равни 0. Гаусова *Theorema Egregium* (URL¹ 1) нам каже да две изометријске површи имају исту закривљеност. Одавде следи да сфера и раван нису изометријске. Другим речима, не постоји начин да се сфера преслика на раван тако да растојања међу свим тачкама на сфери остану неизмењена на равни, тј. деформације су неизбежан пратилац географских, па тако и звезданих карата. Деформишу се површине, удаљености и углови. Координатна мрежа сферног координатног система пројектована на раван назива се картографском мрежом и служи као основа на коју се наносе небески објекти. Теоријски, картографских пројекција има бесконачно много, али класификација се може обавити на основу деформације коју елиминишу.

¹ Uniform Resource Locator

У литератури (на пример: Hinks, 1921; Lee, 1944; Snyder, 1987) постоји неколико стотина различитих картографских пројекција које обично носе имена својих аутора (Ламбертова, Постелова, итд), али се у пракси користи свега неколико десетина. Међутим, на старим звезданим картама није уписан податак о врсти пројекције којом је рађена, тако да долазимо до једног од највећих проблема у дигитализацији звезданих карата - проблема препознавања картографске пројекције. Препознавање се врши на основу изгледа картографске мреже, тј. на основу облика и међусобних односа линија које је чине. Када се по елементима картографске мреже препозна пројекција у којој је урађена звездана карта, остаје још да се одреди конструкциони пол. То је обично тачка најближа центру конкретног простора: небески пол код екваторског координатног система, или зенит код хоризонтског (према: Тадић, 2004).

Препозната пројекција и конструкциони пол омогућавају да се координате небеског објекта, прочитане са звездане карте, трансформишу у жељени координатни систем. У астрономији је то обично небески екваторски координатни систем – сферни координатни систем где је положај тачке одређен с два угла: ректасцензијом (α) и деклинацијом (δ). Међутим, да би ова информација била недвосмислена, неопходно је одредити епоху на коју се координате односе, а затим извршити редукцију на епоху фундаменталног каталога који служи као основа за препознавање небеских објеката (за детаље види: Грин, 1998, глава 12). За конкретну реализацију овог пројекта као основна база података о положајима небеских тела коришћен је фундаментални каталог FK5 (Fricke, 1988) који се у електронском облику може преузети с интернета (URL 2). Када се небески објекат једнозначно идентификује, из FK5 се преузима његов идентификатор на основу кога се формира упит (query, енг.) који се даље прослеђује специјализованим базама података на интернету. Ми смо одабрали две базе података: једну библиографску базу и једну базу астрономских података о небеским објектима. ADS (Astronomical Data System), URL 3, је библиографска база података која садржи више од 5,9 милиона библиографских јединица организованих у три групе: астрономија и астрофизика, физика и електронска издања или скенирани чланци – arXiv (URL 4). Центар астрономских података у Стразбуру (Француска) CDS (Centre de Données de Strasbourg) се бави прикупљањем и дистрибуцијом тих података и информација широм света (URL 5). Центар је смештен у тамошњој Астрономској опсерваторији. У њему се налази база података SIMBAD (the Set of Identifications, Measurements, and Bibliography for Astronomical Data) – светска референтна база идентификатора, мерења и библиографија астрономских података. Циљеви CDS су да сакупи све корисне информације у вези астрономских објеката у електронском облику, тј. посматрачке податке који потичу са земаљских и космичких опсерваторија широм света, да се подаци учине квалитетнијим кроз критичко вредновање и поређење, да учини податке доступним астрономима широм света, и да спроведе истраживања користећи те податке.

Практична реализација

За разлику од дигитализације монографских и серијских публикација код којих се процес дигитализације може завршити на креирању метаподатака о дигитализованом материјалу, или на додатној обради скенираног материјала уз помоћ рачунарских програма за аутоматско препознавање текста, код дигитализације картографског материјала проблем се значајно усложњава јер карта, поред визуел-

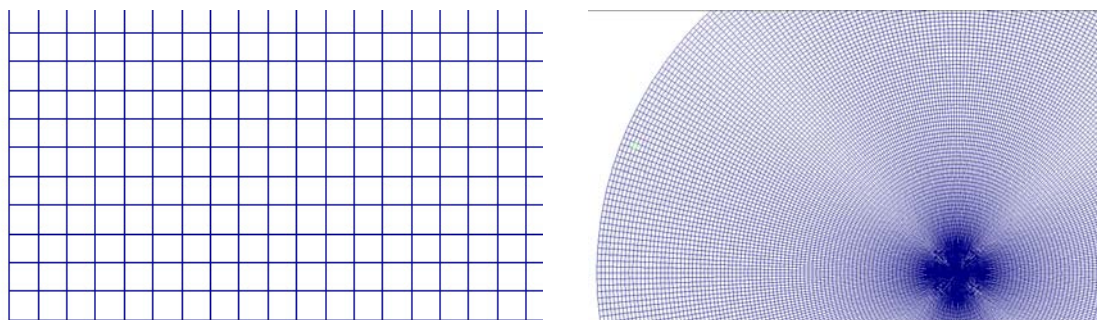
не информације, носи са собом и податке који се користе за различите врсте прорачуна и анализа. Постојање потребе да се приликом дигитализације сачувају управо те информације додатно усложњава процес дигитализације картографског материјала и захтева да се донесе одређени број одлука о томе шта ће се и како дигитализовати.

Да би се у потпуности дигитализовао картографски материјал неопходно је обављање следећих корака: 1) скенирање картографског материјала, 2) сређивање метаподатака који се односе на скенирани материјал, 3) отклањање деформација скенираног материјала, 4) трансфер података са скенираног материјала у просторну базу података, 5) повезивање података смештених у просторној бази с астрономским базама података.

Прва два корака су идентична дигитализацији архивских докумената – тиме су аналогне информације преведене у дигиталне. Потребно је водити рачуна да резолуција скенирања буде довољна за раздвајање најситнијих тачака, односно најтањих линија на звезданој карти. С обзиром на то да код нас не постоји одговарајући стандард, скенирање је обављено у складу с препорукама које су дате Стручним упутством за израду дигиталног катастарског плана Републичког геодетског завода Републике Србије које се може наћи на интернет адреси URL 6. Трећи корак у процесу дигитализације је тачка где процес дигитализације астрономских, или било којих других карата почиње да се разликује од класичног процеса дигитализације управо због обиља информација које садрже. Карте, поред визуелне информације, садрже и информацију о простору, односима објеката у простору као и о особинама сваког појединачног објекта који се налази на карти. Републички геодетски завод и овде даје препоруке за конструисање модела података којим су дефинисане класе и њихов просторни приказ, атрибути, правила, релације и картографски приказ, као и одговарајуће операције над подацима (URL 6).

Један од проблема који се јављају приликом дигитализације је деформација папира до које долази током времена, тзв. усука и растега папира. Оне се манифестују у промени димензија листа папира на коме је карта одштампана. Додатну деформацију у финално скенирани материјал уноси и сам уређај за скенирање. Утицај ових грешака се отклања у процесу отклона деформације папира и геореференцирања звездане карте. Појам „геореференцирање“ је преузет из картографске праксе и представља поступак повезивања положаја дигиталних информација (тачака) на скенираној слици с одговарајућим положајем на површини Земље (на пример, географска ширина и географска дужина); у случају дигитализације звезданих карата та површина је небеска сфера.

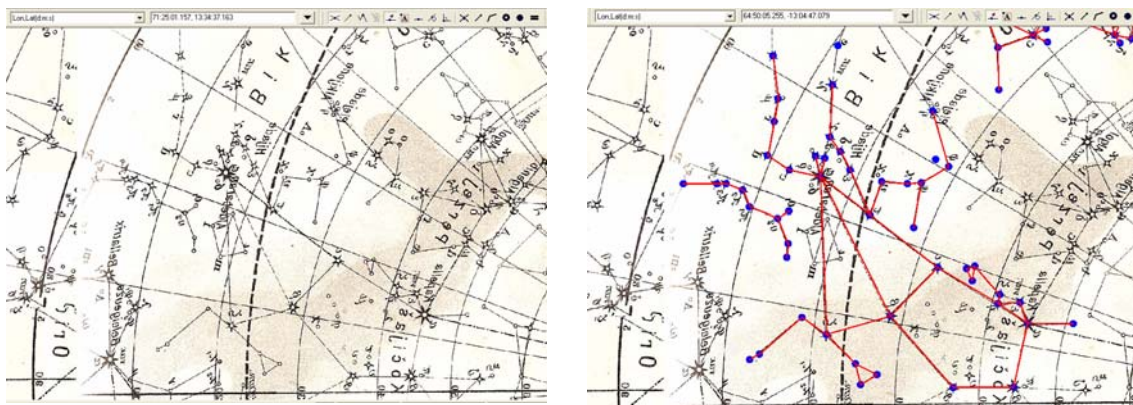
Да би овај процес могао да се изведе, потребно је да знамо врсту картографске пројекције која је коришћена за израду звездане карте. Како постоји већи број врло сличних пројекција неопходно је тачно утврдити о којој се пројекцији ради. Тек након овога се може приступити процесу геореференцирања и отклона деформација које постоје у скенираном материјалу. Поступак отклона деформације скенираног материјала се изводи тако што се прво генерише мрежа димензије 360x90 где је основна ћелија димензија 1x1 и представља један квадратни степен. Трансформација ове правоугаоне мреже у мрежу која одговара, на пример, азимутно-еквидистантној пројекцији (слика 1), извршена је уз помоћ компјутерског пакета програма за географске информационе системе GeoMedia Professional (URL 7) који производи компанија Intergraph.



Слика 1. Трансформација правоугаоне мреже (лево)
у мрежу која одговара азимутно-еквидистантној пројекцији (десно).

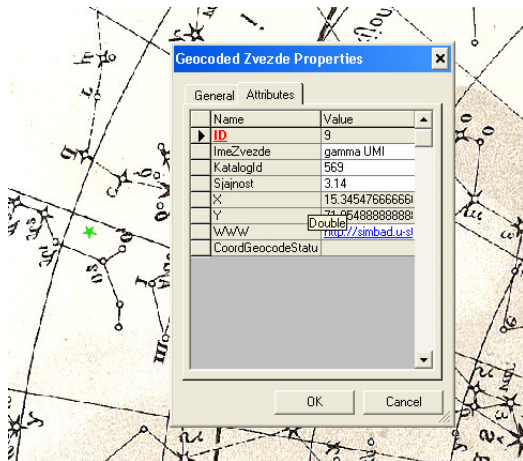
Након генерисања степене мреже која представља јужну или северну небеску хемисферу, приступа се отклону деформација и геореференцирању скениране звездане карте. Поступак се изводи тако што се бирају парови тачака где једна елемент пара представља тачку на скенираној карти неба, а други одговара тачки на математички генерисаној мрежи. Да би поступак геореференцирања био успешан неопходно је дефинисати најмање три пара тачака, а ако желимо да смањимо грешку која је настала услед усука и истега папира и процеса скенирања, број оваквих парова треба повећати.

После обављеног геореференцирања, приступа се прецртавању (векторизацији) карте уз помоћ пакета програма GeoMedia Proffesional (слика 2). Овај пакет омогућава дефинисање скупа атрибута за сваку класу елемената, као и унос вредности атрибута у базу података приликом прецртавања за сваки објекат. Скуп атрибута је потребно дефинисати пре почетка дигитализације, што не значи да се он накнадно не може мењати по потреби (слика 3).

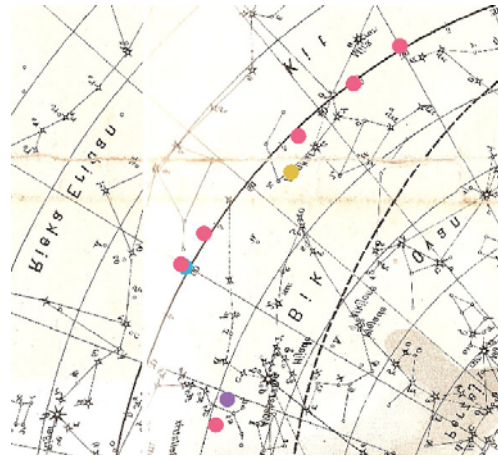


Слика 2. Геореференцирана карта неба (лево), карта неба
на коју су додати прецртани (векторизовани) слојеви (десно).

Добро дефинисани и пажљиво одабрани скупови атрибута за сваки појединачни објекат у каснијој фази обраде омогућавају креирање тематских карата. Пакет програма дозвољава коришћење произвољног броја атрибута приликом креирања тематских карата. Можемо, на пример, одабрати распон привидних величина звезда (један елемент из скупа унетих атрибута), као атрибут за креирање тематске карте. Резултат је приказан на слици 4.

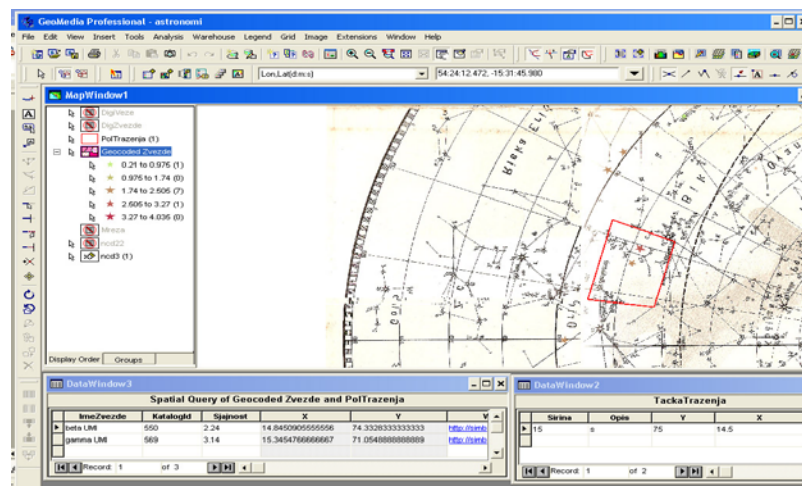


Слика 3. За сваки дигитализовани небески објекат уноси се скуп атрибута.



Слика 4. Тематска карта креирана на основу распона вредности атрибута који описује привидну величину звезда.

Дигитализацијом звезданих карата добијамо електронске карте на којима је поред атрибутних могуће вршити и просторне упите као и комбинацију атрибутних и просторних услова у креирању упита. На слици 5 је приказан изглед екрана с дефинисаним упитом за претраживање звездане карте.



Слика 5. Изглед екрана пакета програма GeoMdia Proffessional с упитом и резултатом претраживања звездане карте.

Екран је подељен на три дела: звездану карту, табелу с резултатима претраживања, и део у коме се дефинишу области у којима се врши претраживање. У доњем десном делу екрана се налази табела у којој се дефинишу зоне претраживања тако што се дефинишу координате тежишта правоугаоника и димензије његових страна у степенима. На основу овако дефинисаних просторних граница, у прозору који се налази у доњем левом делу екрана, добијамо листу каталожних идентификатора и координата звезда (ректасцензија и деклинација) издвојених према задатом критеријуму, а које се налазе у границама овако дефинисаног дела неба. Резултате оваквих упита, каталожке идентификаторе или координате, је могуће проследити као упит специјализованим базама података о небеским објектима које постоје на интернету чиме добијамо додатне сетове информација за сваки појединачни небески објекат.

Литература

- Flamsteed, John, *Historia Coelestis Britannica*, Vol III, London, 1725.
- URL 1: Weisstein, Eric W. *Gauss's Theorema Egregium*. From Math World – A Wolfram Web Resource, 1999, преузето 1. јуна 2007, <http://mathworld.wolfram.com/GaussTheoremaEgregium.html>
- Hinks, A. R. *Map Projections*, 2nd rev. ed. Cambridge, England: Cambridge University Press, 1921.
- Lee, L. P. *The Nomenclature and Classification of Map Projections*, Empire Survey Rev. 7, 190–200, 1944.
- Snyder, J. P. *Map Projections – A Working Manual*, U. S. Geological Survey Professional Paper 1395. Washington, DC: U. S. Government Printing Office, 1987.
- Тадих, М.: *Математичка географија*, Београд, Завод за уџбенике и наставна средства, 2004.
- Грин, Р. М.: *Астрономија, класика у новом руху*, Београд, Vesta Co, 1998.
- Fricke, W. et al: *Fifth fundamental catalogue (FK5)*. Part 1: The basic fundamental stars, Veroeffentlichungen des Astronomischen Rechen – Instituts Heidelberg, vol. 32, p. 1–106, 1988.
- URL 2: Roman, N. G., [ADC/SSDOO], rev. Ochsenbein, F. [CDS], 13. jun 1995, преузето 1. јуна 2007, <http://cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/Cat?I/149A>
- URL 3: NASA's Astrophysics Data System, Harvard–Smithsonian Center for Astrophysics, преузето 1. јуна 2007, <http://adsabs.harvard.edu/>
- URL 4: Cornell University, New York State, преузето 1. јуна 2007, <http://arxiv.org/>
- URL 5: ULP/CNRS – CDS, Strasbourg, France, преузето 1. јуна 2007, <http://cdsweb.u-strasbg.fr/>
- URL 6: Републички геодетски завод, Стручно упутство за израду дигиталног катастарског плана, верзија, 2.0, 18. мај 2006, преузето 1. јуна 2007, http://www.rgz.sr.gov.yu/template1.asp?PageName=dkp_20&MenuID=none&LanguageID=2
- URL 7: Intergraph Corporation, 2007, преузето 1. јуна 2007, <http://www.intergraph.com/geomedia/>

Sonja Vidojević, Dejan Sandić
Kristina Racković and Anđelka Stanojković

STAR MAPS DIGITIZATION AND CONNECTION WITH DATA BASES

First results of application of geographical information systems (GIS) in astronomy are presented. Complete digitalization of specific cartographic material – star maps is performed. The next steps are done: scanning of cartographic material, managing metadata, removing deformations of scanned material, transferring data from scanned material into specific spatial data base, and, at the end, connection recognized celestial objects to astronomical and bibliographical data bases existing on the internet.

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