
Égitestek megjelenítésének kérdései az Io példáján

Merk Zsófia

Eötvös Loránd Tudományegyetem
Informatikai Kar
Térképész szak

TÉMAVEZETŐ:

Márton Mátyás

egyetemi tanár
ELTE IK Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék

Budapest, 2012

1.	BEVEZETÉS	3
2.	A BOLYGÓTÉRKÉPEZÉSRŐL ÁLTALÁBAN	4
2.1.	Koordinátarendszerek.....	4
2.2.	Vetületek.....	4
2.3.	Névrajz.....	5
2.4.	Jelkulcs.....	5
2.5.	Alaptérképek.....	6
2.6.	Térképajták.....	6
3.	AZ IO, A JUPITER HOLDJA.....	7
3.1.	Koordináta rendszere.....	8
3.2.	Vetülete.....	8
3.3.	Névrajza.....	8
3.4.	Térképi alapok.....	8
4.	TÉRKÉPI MEGJELENÍTÉS	9
4.1.	Tematika.....	9
4.2.	Módszertan	10
5.	VIRTUÁLIS MEGJELENÍTÉS	13
5.1.	Tematika.....	13
5.2.	Módszertan.....	13
6.	ÖSSZEFOGLALÁS	15
7.	HIVATKOZÁSOK.....	16

1. BEVEZETÉS

Dolgozatom témáját egy lehetőség adta. Másfél évvel ezelőtt módom nyílt részt venni egy planetáris enciklopédia térképeinek elkészítésében. Ennek keretében az volt a feladatom, hogy különböző égitestek térképeit kellett megszerkesztenem, a kiadó meghatározott szabványai szerint. Mivel gyerekkorom óta élénken érdeklődöm a vulkánok iránt, így választásom Naprendszerünk legaktívabb holdjára, az Ióra esett, amelynek példájával próbáltam bevezetést nyújtani a bolygókutatás világába.

Hazánkban még kevésbé ismert tudományág a bolygókutatás, így fontosnak tartom ennek minél szélesebb körben való ismertetését. Miután hazánkban ez kevés támogatottsággal bír, illetve kevés szakember dolgozik a témában, így a forrásanyagok mennyisége és minősége is nagymértékben nehezíti az olvasók feladatát, akik esetlegesen érdeklődnének a bolygótudományok iránt.

Jelen dolgozatomat úgy építettem fel, hogy az első részben általános ismereteket gyűjtöttem össze, melynek alapján az olvasó tájékozódhat, a bolygótérképek legfontosabb tulajdonságai felől, mint például azok tematikus tartalmáról, vetületeikről, a térképeken alkalmazott névrajzról. Majd egy kis áttekintő elemzést adok a választott égitest, vagyis az Ió legfontosabb tulajdonságairól. A következő részben ismertetem azokat a módszereket, eljárásokat, programokat, melyek segítségével elkészítettem az Ió kétoldalas, általános térképét, a sarkokat ábrázoló meridiánokban hossztartó térképeit, illetve az áttekintő, tematikus térképét. Mivel ezek a térképek nyomtatásba kerülnek, a hagyományos, papír alapú térképek elkészítésénél fontos tényezőket, a nyomdatechnikai eljárásokat is vázoló. Végül, az utolsó fejezetben egy új megjelenítési módszert mutatok be, amellyel még szemléletesebben, térben, 3D-s virtuális glóbuszként ábrázoltam az égitestet.

Fontosnak tartottam, hogy a megszokott formában, vagyis papíralapú térképként is és a manapság egyre divatosabb és egyre nagyobb teret nyerő virtuális világban, egy 3D-s forgatható gömb segítségével is bemutathassam Naprendszerünk egy érdekes égitestét.

2. A BOLYGÓTÉRKÉPEZÉSRŐL ÁLTALÁBAN

2.1. Koordinátarendszerek

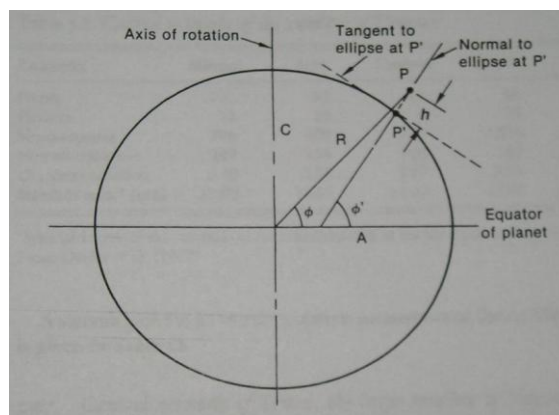
Három alapvető koordinátarendszer-típust tudunk megkülönböztetni: a testhez kötött, forgó koordinátarendszereket, a nem forgó, testhez kötött koordináta-rendszereket, illetve az inerciális koordinátarendszereket. A testhez kötött, forgó rendszernek az adott égitesten van a középpontja, és ezzel együtt forog (ha nem, akkor nem forgó típus), míg az inerciális rendszer a tér bizonyos pontjain van rögzítve. A Planetary Data System (PDS), a testhez kötött, forgó koordináta-rendszerek két típusát különíti el: a **planetocentrikus** és a **planetografikus** rendszereket (NASA, 2006).

A. Planetocentrikus rendszer

A planetocentrikus rendszer középpontja a test tömegközéppontjában van. A planetocentrikus szélesség az a szög, amelyet az egyenlítő síkja és az a vektor zár be, ami a P pontot és a koordináta-rendszer középpontját köti össze. A szélességi fokok az északi félgömbön pozitívak, ahol az északi irányt a Föld impulzusmomentumvektora jelöli ki. A hosszúsági fokok kelet felé növekszenek, így ez egy jobb kezű rendszer (NASA, 2006). Ilyen égitest például, melyen ezt a rendszert használják a Vénusz (Gazetteer of Planetary Nomenclature, 2012).

B. Planetografikus rendszer

A planetografikus rendszer középpontja a test tömegközéppontjában van. A planetografikus szélesség az a szög, amelyet az egyenlítő síkja és az a vektor zár be, ami keresztülmegy a P ponton, és ahol a vektor egy kéttengelyű ellipszoid alapfelületnek a normál vektorja. A planetografikus hosszúságok direkt forgás esetén nyugat felé, míg retrográd forgásnál kelet felé növekednek (NASA, 2006). Ilyen égitestek, amelyeken ezt a rendszert használják például: a Nap, a Jupiter, a Szaturnusz, a Neptunusz és az Uránusz (Shirley and Fairbridge, 1997).



1. ábra

A P pont planetocentrikus szélessége (ϕ) és planetografikus szélessége (ϕ')

Fontos különbség a földi fokhálózathoz képest, hogy miközben földi rendszer a Földet a kezdő meridiántól keletre és nyugatra, 180° -ra osztja, addig a többi égitesten, holdon, a hosszúságok skálája $0-360^\circ$ között mozog. Ez alól a szabály alól a Nap, a Föld és a Hold képez kivételt, mivel itt a földi mintát követve $-180^\circ - +180^\circ$ -ig terjed a skála (NASA, 2006; Mosher, 2009).

2.2. Vetületek

A Föld és más égitestek, holdak felszínét térképi vetületek segítségével tudjuk a térkép sík lapjára vetíteni. Az alapfelület a bolygók, holdak tekintetében általában gömb, de egyes esetekben ez lehet forgási ellipszoid is, a képfelület pedig a vetület fajtájától függően lehet a sík vagy síkba fejthető felület, mint a kúp- és a hengerpalást (Zentai, 2000). Attól függően, hogy mi a térkép rendeltetése, fontos a megfelelő vetület megválasztása.

A. Mercator-vetület

Ez az a vetület, amelyet a bolygótérképszet minden méretarányban használ. Mivel szögtartó vetület, könnyen megfeleltethető egymásnak az egyes űrszonda felvételek, és az ebben a vetületben készült térkép alakzatai (pl.: leggyakoribb alakzatok, mint a kráterek, kör alakúak maradnak ebben a vetületben) (Greeley and Batson, 1990).

B. Poláris sztereografikus vetület

Szögtartó vetület és általában az égitestek pólusainak környezetét szokták ebben a vetületben ábrázolni (Veverka, 1985).

C. Négyzetes hengervetület

Hasonlóan a Mercator-vetülethez, ezt a vetülettípust is gyakran használják. A leképezés síkba történik. Nem szögtartó, nem területtartó, hanem általános torzulású. Hátránya, hogy a sarkok környékét nagy torzulással ábrázolja (Gede szóbeli közlés, 2012).

További, ritkábban és inkább speciális igényű bolygótérképek készítésénél alkalmazzák a Lambert-féle azimutális területtartó, a Lambert-féle szögtartó kúp- és a transzverzális Mercator-féle vetületeket.

2.3. Névrajz

A. Hivatalos névrajz

A bolygók névrajzáról általánosságban elmondható, hogy fő témája a híres emberek vagy a mitológia. Minden égitestnek külön témakört állapítottak meg. A legtöbb esetben az istenek, istennők és hősök történeteinek szereplőiről, helyszíneiről kapják nevüket a képződmények (például a Jupiter egyik holdján, a Callistón, az északi mítoszok hőseiről nevezték el a krátereket). De akadnak olyan témák is, mint például egyes szerzők művei [az Enceladuson Burton: Arabian Nights (Ezeregy éjszaka) című művének helyszíneiről és szereplőiről kapták a nevüket a különböző felszíni formák] vagy hírességek (mint a Merkúr esetében, ahol a kráterek híres költők, festők, zenészek után neveztették el). A hivatalos névadás nyelve a latin (Hargitai, 2006). Ilyen hivatalos nevek például a Caloris Planitia, amely a Vénusz vagy a Nile Montes, amely az Io képződménye.

B. Nem hivatalos névrajz

Nem hivatalos névrajznak szokás nevezni a geológiai elnevezéseket. Leggyakrabban ezek a nevek asztronautáktól, csillagásztól vagy más tudósoktól (geológusok) származnak, elsősorban a könnyebb megjegyezhetőség miatt alakulnak ki. Ilyen nem hivatalos, ám ismert nevek, például a Hold esetében a Straight Wall vagy a Marson a Giant's Footprints (Hargitai, 2006).

2.4. Jelkulcs

A térképezés számára mind a planetológiai, mind a geológiai tematikához az United States Geological Survey (Egyesült Államok Geológiai Szolgálat) egységes jelkulcsrendszert készített el, amely segítséget nyújt a digitális térképek jelkulcsának elkészítéséhez. Ez a standard tartalmazza a pontszerű, a vonalas és a felületi objektumok szimbólumait, színkészleteit, mintázatait. Alapvetően a földi jelkulcs alapján készült el, így a térképolvasó gyorsabban és könnyebben tudja értelmezni a bolygótérképeket (Nass et al., 2010).

2.5. Alaptérképek (Források)

Alapvetően háromféle módszerrel tudunk információkat nyerni az adott égitest felszínéről.

- A. **Terepi felméréssel:** Terepi felmérésre eddig csak a Marson (pl.: Opportunity) és a Holdon (pl.: Lunohod, Apollo-expedíciók) került sor.
- B. **Fotómozaikokkal:** Az űrszondák által készített felvételeket felhasználhatják fotómozaik-térképek készítéséhez. Ezek végterméke lehet fekete-fehér és színes kép is.
- C. **Domborzatmagassági mérésekkel:** A domborzat vizsgálatához a leggyakrabban kétféle módszert alkalmaznak a bolygókutatásban:

a. Árnyék hossz-mérés

A napsugarak beesési szögének és a vetett árnyék hosszának ismeretében trigonometriai összefüggésekkel meghatározható az alakzat magassága. Ezt a módszert akkor tudják jól alkalmazni, ha a vetett árnyék elég hosszú (Hargitai, 1999). Árnyék hossz-méréssel a kráterek mélységét, peremének magasságát vagy a Hold hegyeinek magasságát határozzák meg.

b. Lézeres magasságmérés

A lézeres magasságmérő (laser altimeter) olyan műszer, amely megméri az keringő műhold és a megfigyelt bolygó vagy hold felszíne közötti távolságot. A távolságot a kibocsátott lézernyaláb teljes oda-vissza útja alatt eltelt idejének méréseivel tudják meghatározni.

Természetesen léteznek másfajta magasságmérési módszerek, ilyen például a **Sztereo 3D módszer**, amelyet egyre szélesebb körben használnak, illetve **Fotoklinometria módszere**.

2.6. Térképfajták

A. Radartérkép

A radarmérésekkel a vizsgált égitest felszínét lehet feltérképezni. A fényesség árnyalata, amely lehet sötét, illetve világos, a felszín szemcseméretétől függ. A szemcseméretből pedig következtetni lehet a felszín anyagának tulajdonságára.

B. Geológiai térkép

A geológiai térképeken a strukturális egységeket (a felszínformákat, mint például kráterek, hegyek) és az anyagi egységeket (például a síkságok anyagai vagy a hegységek anyagai), illetve ezek korát (kráterszámlálással vagy települési törvények segítségével) ábrázolják általában, standard jelkulcs alapján, amelyhez segítséget nyújt a USGS által összefoglalt FGDC Digital Cartographic Standard for Geologic Symbolization (Federal Geographic Data Committee) (Cassis, 2012; Williams et al., 2011).

C. Topográfiai térkép (Általános domborzati térképek)

A globális topográfiai térképek, vagyis az általános domborzati térképek tudják talán a legszemléletesebben és legegyszerűbben bemutatni, hogy az adott bolygónak, holdnak milyen a felszíne. Ahogyan a földi térképek esetében, itt is szükségesek az egyes objektumok magassági adatai. Ennél az oknál fogva csak olyan égitestekről készítettek *globális* topográfiai térképet, ahol a lézeres magasságmérési eljárással vagy radar segítségével magassági adatokat tudtak gyűjteni. Ezután általában készítenek egy digitális domborzati modellt, ahol a magasságokhoz különböző színeket rendelnek.

A másik elterjedt topográfiai térkép-típus, mikor árnyékolással hangsúlyozzák az egyes felszínformákat.

D. Hőképek

A hőképeken belül is két típust lehet elkülöníteni. Az egyik típusa a *termális infravörös hőkép*, amelynél a vizsgáló eszköz (például a Hubble űrteleszkóp), a felszín hő kibocsátását méri fel, ebből pedig következtetni tudnak a felszín hőmérsékletére. A másik típusa a *visszavert infravörös hőkép*, mikor a napfény fényvisszaverődését mérik az infravörös tartományban. Ilyenkor megfigyelik, hogy az egyes területek hogyan adják le a hőt. Attól függően, hogy gyorsabban vagy lassabban, tudnak következtetni a felszín hőtartó képességére vagy éppen anyagi tulajdonságaira (például a víz nagy hőkapacitású, azaz lassan adja le a hőt, hasonlóan, mint a bazaltos területek, a homok viszont gyorsan hűl le) (Mellon et al., 2002).

3. Az Io, a JUPITER HOLDJA

Az Iót Galileo Galilei (1564–1642) fedezte fel 1610-ben, amely a legbelső a Jupiter körül keringő négy Galilei-hold közül (Lopes and Spencer, 2007). Nevét a görög mitológiában ismert Io, Inakhosz argoszi király lányának neve után kapta, aki Zeusz egyik kedveseként volt ismert (Zeusz = Jupiter, aki körül kering a hold). Felfedezése és tanulmányozása nagyban hozzájárult a kopernikuszi Nap-középpontú világnézet népszerűsítéséhez. Bár kevesen tudják, de az Io mozgásának megfigyelésével sikerült Olaf Römernek megbecsülni a fény sebességét (Varga, 1996).

Az Io méretét tekintve nem sokkal nagyobb, mint a Hold, a maga 3630 km-es átmérőjével, $8,94 \times 10^{22}$ kg tömegével, ami a Föld tömegének 0,015-szerese (Varga, 1996). Tengelye körül 1,769 földi nap alatt fordul körbe, ami pontosan megegyezik a keringési idejével. Ebből következik az a tulajdonsága, hogy a Jupiter felé mindig ugyanazt az oldalát mutatja, hasonlóan a mi Holdunkhoz (NASA, 2012).

Az Io igen erős vulkanikus aktivitást mutat, felszínén változatos képződmények sora (kalderák, hegyek, lávavavak) található. Ezért az erős vulkanizmusért a Jupiter és a többi Galilei-hold által keltett, a hold belsejében lejátszódó árapálysúrlódás okozta hő a felelős (ELTE, 2012). A hold legfőbb alkotó elemei a kén és más, szilikáttartalmú anyagok. Felszínén nem találunk olyan krátereket, amelyek becsapódás útján jöttek volna létre, így arra következtetnek a tudósok, hogy felszíne folyamatosan megújul (Hargitai, 1999).

Az első komoly megfigyeléseket és képeket az Ióról, a Voyager–1 készítette. 1977. szeptember 5-én indították útjára. Indítása után nem egészen két év múlva, 1979 márciusára elérte a Jupiter holdrendszerét.

A Voyager–2-t 1977 augusztusában bocsátották fel, két héttel korábban, mint ikerpárját. Az űrszonda 1979 júliusában közelítette meg a Jupitert és holdjait. Újból lefényképezte a Jupiter holdakat, így képei lehetőséget adtak a Voyager–1 képeivel való összevetésre. Az Ióról készített képeken jól látható, hogy a Voyager–1 óta felszíne milyen sokat változott (NASA, 2012).

Az utolsó űrszonda, amely részletes megfigyelést végzett az Ióról a Galileo űrszonda volt. A Jupitert 1995 decemberében érte el, amikor megkezdte a Galilei-holdak megfigyelését is (NASA, 2012). Az űrszonda többször is elhaladt az Io mellett, így sok, jó minőségű képet tudott készíteni. Ezek a képek jó alapot szolgáltatnak a Voyager-felvételekkel való összehasonlításhoz. A Galileo és a Voyagerek által készített képeket használják fel az Io fotómozaik térképeinek készítéséhez.

2020-ra tervezi a NASA (National Aeronautics and Space Administration - Nemzeti Repülési és Űrhajózási Hivatal) és az ESA (European Space Agency - Európai Űrügynökség) közösen a *Europa Jupiter System Mission* nevet viselő programot, amely keretében tanulmányozni fogják a Jupitert és a négy nagy holdját, köztük az Iót is (ESA, 2009).

3.1. Koordináta rendszere

Az Io esetében is, akárcsak a többi Galilei-holdnál, a planetografikus koordinátarendszert használják helymeghatározáshoz (Gazetteer of Planetary Nomenclature, 2012). Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a térképeken a koordináta-rendszer, nyugati hosszúságokat használ. Skálája 0° – 360° -ig terjed, a kezdő meridiánját, vagyis a 0° -ot pedig az Io Jupiter szub-jupiter pontján áthaladó hosszúsági kör jelöli ki. Az Io esetében nem lehet a 0° -ot valamilyen alakzathoz kötni, mert nagyon magas a felszín újraképződés-értéke (resurfacing) a holdon [1cm/év], így gyorsan változik a felszíne (Williams et al., 2012).

3.2. Vetületei

Attól függően, hogy milyen célt szolgál a térkép, az annak legjobban megfelelő vetületet alkalmazzák. Az előző részben felsorolt vetületek itt is érvényesek, mégis a legtöbb publikációra kerülő teljes, Iót ábrázoló térkép henger vetületben (Mercator-vetületben), illetve a sarkok környéke sztereografikus vetületben készül. Ilyen felépítésű többek között a Geologic Map of Io (Williams et al., 2012).

3.3. Névrajza

Mint minden bolygó és hold esetében, az Iónak is van meghatározott témaköre, ami alapján felszíninformái, régiói és geológiai egységei neveiket kapják. Ahogyan azt korábban említettem, az Io a görög mitológia egyik alakjáról kapta nevét, így a hold nagyobb alakzatait ebből a témakörből nevezték el. Így például: a hegyek onnan kapták a nevüket, ahol Io utazása során járt [Caucasus Mons (a Kaukázusról), Egypt Mons (Egyiptomról) stb.] (Hargitai, 1999). Az újabb, jobb minőségű űrszonda-felvételek érkezésével egyre több objektumot, egységet tudtak azonosítani a tudósok, így szükség volt nagyobb névanyag kialakítására. Így az Io-mítosz mellett különböző kultúrák tűz-, vihar-, nap-, vulkánisteneinek, illetve mitikus kovácsainak nevét használhatják fel a névadás során (Hargitai, 1999). Például: Pele – a vulkánok hawaii istennője, Loki – norvég kovács (Gazetteer of Planetary Nomenclature, é. n.).

3.4. Térképi alapok

Az Ióról készített térképek alapját a Voyager–1, –2 és a Galileo űrszondák felvételei szolgáltatták. A Voyagerek az Io felszínének 35%-át fedték le jó minőségű képekkel, majd a Galileo-űrszonda felvételeivel együttesen már a felszín 95%-a volt elérhető (Hargitai, 1999). Az űrszondák képeiből az előző fejezetben említett módszerek segítségével fotómozaik-térképek készültek. Ezeket a fotómozaik térképeket felhasználhatják különböző tematikus térképek készítéséhez is (például az Io geológiai térképe).

4. TÉRKÉPI MEGJELENÍTÉS

4.1. Tematikák

A. Térképi alap

A térképi alapot a nagy felbontású Voyager, illetve a színes Galileo mozaik képeiből állították össze, amit négyzetes hengervetületben ábrázolnak (Albers, 2004).

B. Névanyag

Az Io névanyaga, más égitestekével együtt a USGS internetes oldaláról érhető el. Az itt szereplő névanyag minden Ión megtalálható objektum, régió nevét tartalmazza, és az adatbázisból ingyenesen letölthető (Gazetteer of Planetary Nomenclature, 2012). Ezek a fájlok tartalmazzák a névanyagot és ezen objektumok pontos helyének koordinátáit is, így ha ezt, illetve a térképi alapot a Global Mapper programban megnyitjuk, automatikusan a valóságnak megfelelően fognak elhelyezkedni.

C. Vetület

Leggyakrabban a legkönnyebben kezelhető vetületet, a négyzetes hengervetületet használják a bolygótérképek készítésénél. A kiadó a nagyobb méretű általános térkép, illetve a kisméretű tematikus térkép esetében is ezt a vetülettípust választotta az É 60°–D 60° szélességi körök közötti területek ábrázolására. Mivel ez a vetület a sarkok környékén erősen torzít, az északi, illetve a déli félteke 60°–90°-a közötti területet meridiánban hossztartó síkvetületben ábrázoltam.

D. Koordináta-hálózat

Megegyezés alapján a koordináta-hálózat sűrűségét nem 10°-ra készítettem, hanem 30°-ra. Így áttekinthetőbb maga a térkép tartalma is. A térkép keretét, illetve az Egyenlítőt az ún. létrás fokbeosztással ábrázoltam, amelynek egységei 10°-os osztásokra oszlanak, ezzel is megkönnyítve a pontosabb azonosítást. Az Io esetében a 0° hosszúsági fokot a Jupiter felőli oldalon található szub-jupiter pont határozza meg. A térképi ábrázolásnál ezt vettem figyelembe, így a térképen a könyv gerincére esik ez a vonal, innen halad tovább jobbra és balra a fokszámok megírása, 360°-, illetve 180°-ig.

E. Színezés, mintázat

Színezést a kis tematikus térkép esetében használtam. Itt a színek, illetve mintázatok jelenítik meg az egyes anyagokat. A színhasználatnál figyeltem arra, hogy az a lehető legjobban hasonlítson a térképi alap színeihez. A mintázat elkészítésénél pedig maga az anyag tulajdonságát vettem alapul (pl. a kis szemcseméretű, porózus anyagok mintázata pöttyös).

F. Szimbólumok, jelek

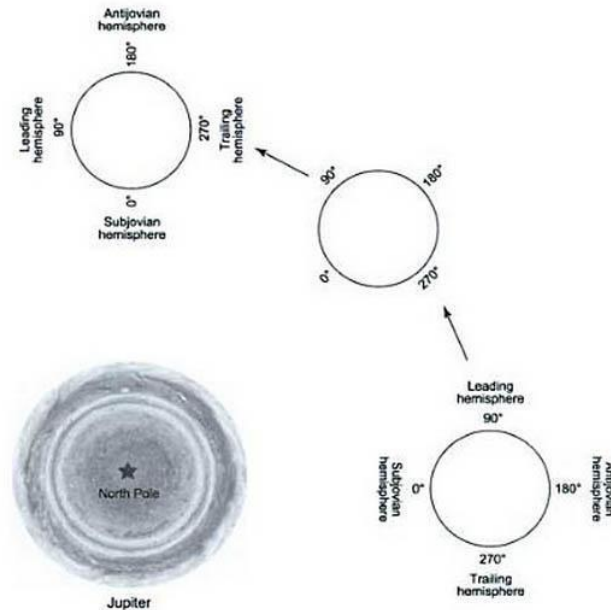
A térképen az aktív kitörési központokat, a hegyeket, illetve egyes objektumok pontos helyét jelöltem külön szimbólummal. Itt a jelet úgy választottam meg, hogy abból könnyen következtetni lehessen a tartalmára. A térképkészítés során a vulkánokat, kitörési központokat a jellemző csillag alakzattal jelöljük. Ezen a térképen piros csillaggal utalok az aktivitásra. A hegyek ábrázolásánál csak ott használtam a már megszokott háromszög alakzatokat, ahol az adatbázisból magassági adatokat is tudtam hozzá kapcsolni. A hegyek, illetve tholusok (nagy kiterjedésű, lapos pajzsvulkánok) esetében minta után – amely több korábbi National Geographic kiadványban is szerepelt –, a pontos helyet hajlított nyíl alakzattal definiálom (The National Geographic Society, 1969/2004).

G. Féltekék megírása

Négy különböző állású féltekét tudunk az Ión megkülönböztetni, ezeket a következő ábra mutatja be. Ezeknek a nagy térképre való felhelyezése a tájékozódást fogja segíteni. Ezek határait nyilakkal jelzem, illetve az egyes hemiszférákat szintben (külön sorban) is elkülönítettem.

H. Magassági adatok

A térképen magassági adatokat is ábrázoltam. A magassági adatoknál az *Io Mountain Database* adatbázisát használtam (Schenk and Hargitai, 2001). A térképen megjelenő, illetve az adatbázisban megtalálható hegysek legnagyobb mérhető magasságát tüntettem fel, mivel az egyes hegyeket, hegysegeket többféle módszerrel is felmérték, amelyek eltérő adatokat eredményeztek.



2. ábra

A képen a Jupiter körül keringő Europa elnevezésű hold féltekéinek neveit láthatjuk

I. A kis térkép tematikája

A kis térkép tematikájának a diffúz lerakódásos területek (Areas of diffuse deposits) ábrázolását választottam (Williams et al., 2011). Az egyes területek ábrázolása után a csoportokat különböző színekkel, illetve mintával láttam el. Mivel ez egy szemléltető (áttekintő) térkép szerepét tölti be, itt nem alkalmaztam a nagy térképnél használt térképi alapot (a színek ütköztek volna egymással) és az ún. létrás fokbeosztást sem a kereten, illetve az Egenlítőn.

4.2. Módszertan

Első és legfontosabb feladat az volt, hogy a térképek alapfotóját, illetőleg a teljes névanyagát beszerezsem. Ezeket a már fent említett honlapokról ingyenesen le tudtam tölteni. Munkám során kétféle programot használtam.

A. Global Mapper v12.02

Ezzel a programmal készítettem el a letöltött fotótérképből a négyzetes hengervetületű térképi alapot és a két meridiánban hossztartó vetületű sarkot ábrázoló térkép alapját. Elsőként a képet georeferáltam, vetületbe illeszttem, illetve koordináta-hálózatot helyeztem rá. Ezután behívtam a letöltött névanyag *.kmz fájlját is, majd végül az egészet exportáltam egy raszteres képpé (GeoTIFF), illetve elmentettem DXF-fájlként. Exportálásnál van arra lehetőség a Global Mapperben, hogy a különböző adatcsoportokat külön rétegekként mentsem el, így amikor ezt a fájlt megnyitom CorelDrawban, az adatcsoportok már külön rétegeken jelennek meg. Exportálás során beállítottam a koordináta-háló megjelenítését, azt, hogy milyen szélességeket, illetve hosszúságokat mentsem el a térképen. Mivel a nagy térkép egyik jellegzetessége, hogy a kiadvány margóján kívül is folytatódik, egészen a lapok széléig, a térkép mentése során mérete nemcsak 0°-tól 360°-ig terjed ki, hanem a kifutó részekre még plusz 30°-ot jobbról is és balról is hozzátettem. Ezt a műveletet Gede Mátyás segített kivitelezni. Ezek után hasonló eljárással a sarkok környékét is georeferáltam (meridiánban hossztartó vetületet alkalmazva), majd mentettem 50°-tól 90°-ig a képet.

B. CorelDRAW X3

a. Nagy térkép

Munkám legnagyobb részét a CorelDRAW X3-as programmal végeztem el. A korábban elmentett alaptérképeket itt behívva, neki is láthattam a munkának. Elsőként beállítottam a lapméretet, majd elhelyeztem a nagy, négyzetes hengervetületű térképet, a margókat figyelembe véve. A koordinátavonalak ezen a térképen 30°-ként következnek, így a feleslegeseket eltávolítottam. Mivel a nagy térkép esetében a kiadó az é. sz. 60°-tól a d. sz. 60°-ig kérte a térképi tartalmat, elsőként minden ezeken kívül eső koordinátavonalat, nevet, illetve pontot leválogattam róla. Majd ezt követően elkészítettem az ún. létrás fokbeosztású keretet, amely a térkép két oldalán az é. sz. 60°-ától a d. sz. 60°-ig, illetve alsó és felső keretvonalán a 0°-tól a 360°-ig fut körbe, illetve az Egyenlítőt is ilyen módon jelenítettem meg. Ennek a lehető legpontosabb illeszkedése miatt egy 30°-os osztást pontosan lemérve három egyenlő részre osztottam, amelyeket ezután egymás után összeillesztettem, amíg körbe nem értem, illetve a jellegzetes egymást követő fekete-fehér színeket is ekkor állítottam be. A még jobb szemléltethetőség miatt ezt a skálát további két 0,2 pontos vonallal határoltam. A keret sarkainak kapcsolódásánál az egyes vonalakat egymásra húztam, így jól illeszkednek egymáshoz. Ezek után állítottam be a keret, illetve az egyenlítői vonal vastagságát 1 pontosra, majd a többi koordinátavonalat 0,5 pontosra.

A következő lépésként a foksámokat írtam meg, illetve illesztettem a keret mellett meghúzott illesztő vonalhoz. Minden számot azonos távolságra helyeztem el a kerettől. A számok igazításánál a következő szabályt alkalmaztam: egyjegyű számok a vonal tengelyénél, a kétjegyű számok a vonal két oldalán helyezkedjenek el, illetve a háromjegyű számok középső számjegye legyen a vonal tengelyénél.

A következő nagyobb feladatot a névrajz elhelyezése, formázása jelentette. Elsőként beállítottam a különböző felszínforma-típusokra előírt szabványokat (betűméret, stílus, szín). Ezek után nekiláttam a nevek elhelyezésének. Itt azt a szabályt követtem, hogy lehetőség szerint minden nevet jobbra, illetve ha ez nem volt kivitelezhető, az objektum alá helyezzek. Ez alól a szabály alól egyedül a *fluctusok* (lávafolyások) kivételek, amelyeket folyásuk irányvonala alapján íveltem, illetve a 0° hosszúsági kör vonala. Mivel a 0° az enciklopédia gerincének vonalában van, e vonal közelében található neveket helyzetüktől függően jobbra vagy balra igazítottam. Mivel a térkép tartalma elég sűrű volt, így a *pateraneveket* (az Ióra jellemző felszínforma, amely hasonlít a kalderákhoz) rövidítettem és P.-tal helyettesítettem.

Azon hegységek alá, amelyek az *Io Mountain Database* adatbázisában megtalálhatók voltak, magassági adatokat is rendeltem. Ezeket a magassági értékeket a hegységek nevei alá helyeztem, méghozzá úgy, hogy a név és a hegyet ábrázoló szimbólum (háromszög), illetve érték, a hegységnév első betűje alatt kezdődjön el. Általánosságban törekedtem arra, hogy a nevek ne fedjék ki az adott felszínforma képét. Ennél az oknál fogva a szerkesztővel úgy egyeztünk meg, hogy a hegységek és a *tholusok* pontos helyét hajlított nyíl alakzat fogja megmutatni. Ehhez megszerkesztettem a nyilat, majd elhelyeztem a térképen. Az elhelyezésnél a név kezdőbetűjének talpához igazítottam. Az egyhangúság elkerülésére a nyilak két irányban, lefelé és felfelé 45°-os szögben állnak. További szimbólumok jelölik (piros csillag) az aktív kitörési központokat, amelyeket a szimbólumkarakter funkcióból érhettem el, a paterákat egy fekete kitöltésű kör alakzat jelöl, illetve a fent már említett hegységek jelölésére szolgáló enyhén nyújtott háromszög. A szimbólumokat – a kitörési központok jeleként szolgáló csillag kivételével – saját kezűleg készítettem el. Miután a névrajz elkészült, a koordinátahálózatot metsző neveknél a vonalat megszakítottam, illetve a kifedés területét kivágtam belőle.

Legvégül a térkép alján szereplő hemiszféra megírásokat készítettem el. A nyilak segítségével próbáltam az egyes szférák határait jelölni, illetve azzal, hogy az összetartozó párok egy sorban helyezkednek el. A kiadó kérésére az alaptérképet a könyv lapjának széléig kell kifuttatni úgy, hogy a vágó élen 3 mm túlnyúlása legyen.

b. Kis tematikus térkép

A tematikus térkép esetében a teljesen nyers nagy térkép koordinátahálóját, illetve alaptérképét másoltam át és kicsinyítettem le. Itt a kisebb méret miatt nem alkalmaztam az ún. létrás fokbeosztású keretet. Az Egyenlítő, a 0° hosszúsági kör esetében pedig egyszerű 1 pontos vonalvastagsággal oldottam meg a kiemelés. A foksámok megírásánál hasonlóan jártam el, mint a nagy térkép esetében. Ezek után kezdtem el az egyes

lerakódások területeit körberajzolni. Egy-két esetben bonyolultabb formáknál (Loki) több alakzatot kombinálva értem el a térképi formáját. Miután megrajoltam ezeket, az öt lerakódástípusnak megadtam a tulajdonságait. Elsősorban színekkel dolgoztam, mert ez a térkép, amolyan áttekinthető (átnézeti) szereppel bír. A színek megválasztásánál törekedtem a térképi alap színeit átvenni (ez 3 típus esetében történt meg). A másik két típusnál mintázatos kitöltést alkalmaztam, amit szerkesztéssel hoztam létre. A kitöltések elkészítése után a *Prometheus*, *Pele*, *Loki* és a *Ra Patera* neveit vittem fel a térképre, fontosságukat hangsúlyozva.

c. Két poláris térkép

Mivel a térkép 50°-tól 90°-ig ábrázolja a területet, leválogattam (mindkét térkép esetében) a 60°-on kívül eső neveket, objektumokat, vonalakat. Ezután, mint a nagy térképre is, ide is készítettem egy ún. létrás fokbeosztású keretet. Mivel itt a nagy térképnél használt módszert nem tudtam alkalmazni, a problémát úgy oldottam meg, hogy a 60° szélességi kör vonalát minden 10°-os koordinátaháló-metszésnél megszakítottam. Mikor az összesnél ezt elvégeztem, az egészet kijelölve a *szétbontás* gombra kattintottam. Így ezek mind önálló egységet alkottak. Minden második kijelölésével, majd színezésével, kialakult a „létra”. Hasonlóan a nagy térképhez, itt is a „létra” két oldalára ráhelyeztem a 0,2 pontos kontúrként szolgáló vonalat. A névanyag, a fokszámok, illetve szimbólumok igazítása, elhelyezése a már fent leírt módszerek alapján itt is ugyanúgy történt. Mindkét félgömb esetében a sarkpont helyére beillesztettem a féltekét jelölő N (North) illetve S (South) jelöléseket. Ahol szükséges volt, a koordinátahálót megszakítottam, illetve a lefedett területet töröltem.

A térképet a Global Mapper egy négyzet alakú képpé alakítja. Ahhoz, hogy egy kör alakú térképet láthassunk, sablont kell készíteni erre a négyzetes képre. A sablont úgy készítettem el, hogy a „létra”-vonal külső ívét határoló körvonalat másoltam, majd beillesztettem ugyanoda. Majd a téglalaprajzoló eszközzel készítettem egy akkora téglalapot, amely kifedi a négyzetes térképet. Az objektumkezelőben a téglalapot és a beillesztett körvonalat kombinálva, illetve egy fehér színt adva, megkaptam a sablont, amely csak a 60° és 90° között ábrázolt területet teszi láthatóvá. Miután minden térképet elkészítettem, egy olyan lapra helyezem, amelynek az adatait már korábban beállítottam. Jobb oldalra a tematikus térkép, illetve a jelkulcs, magyarázatok, a baloldalra pedig a két sarkot ábrázoló térkép került elhelyezésre.

5. VIRTUÁLIS MEGJELÉNÍTÉS

5.1. Tematikák

A. Alaptérkép

A virtuális gömb elkészítéséhez szükséges térképi alapot a hagyományos módon, a már előző fejezetben leírt és elkészített térkép adta. Így tehát a 3 térképrészletből (2 sarkot ábrázoló és a nagy négyzetes hengervetületű térképek) készítettem egy nagy „térképet” (amely gyakorlatilag egy kép állomány), amelyet különböző transzformációkkal, TIFF-fájlként mentettem el. Mind jelrendszerében, mind stílusában megegyezik a virtuális gömb textúrája, a papír alapú térképpel.

B. Vetület

A gömböm textúráját adó *lo* térkép vetülete négyzetes hengervetület. A térkép az é. sz. 60° és a d. sz. 60° közötti területet ábrázoló térkép négyzetes hengervetületű, míg a sarki területeket ábrázoló térképek először meridiánokban hossztartó vetületűek, majd a teljes textúra részeként már négyzetes hengervetületűek.

C. Koordináta-hálózat

A papíralapú térképpel szemben a sarkvidéki területeket ábrázoló két meridiánban hossztartó vetületű térkép szerkesztésénél eltávolítottam mind az északi mind a déli területeken a 60. fok és a 90. fok közötti szélességi köröket. Így az egész textúrán, vagyis a térképi alapon a koordináta-hálózat sűrűsége egységesen 30°-os.

5.2. Módszertan

A virtuális gömb elkészítése során két fő programot, illetve egy segédprogramot használtam. A következő részben ismertetem az egyes munkafázisokat és a programokat.

A. CorelDRAW X6

Munkám egyik jelentősebb részét a már jól ismert Corel DRAW programmal végeztem el. Elsőként az alaptérképként szolgáló *lo térkép.crd* állományt nyitottam meg. Az állomány a nyomtatásba kerülő változatának minden résztérképét tartalmazta. Míg ez a térkép nyomtatásra (ábrázolása síkban) készült, addig a virtuális gömb textúráját adó térkép térbe, gömbre készül. Ha tanulmányozzuk a földgömbök névírását, megfigyelhetjük, hogy a gömb térképének olvasása során, az északi sarktól indulva a déli sarkig, a nevek megírása egyenes állású. Ez azt jelenti, hogy nincs szükség a földgömb déli részének megfigyelésénél a gömböt megfordítani, hogy a neveket elolvashassuk. Tehát az első feladatomban az volt, hogy **a két sarkvidéki területet ábrázoló térkép** esetében a névanyagot *ívelten* illetve az *olvasási iránynak megfelelően* helyezzem el.

Ezt követően eltávolítottam a **nagy térkép** jobb oldalán található fokszámok megírását. A baloldalon találhatóakat megtartottam, ezzel lehetséges a szélességi fokok értelmezése. A fokszámok eltávolítását elvégeztem a sarkokat ábrázoló két kis térképnél is.

A két kis térkép esetében (amelyek a papíralapú térkép részei) a koordináta-háló sűrűsége 10°-os volt. A térkép többi részén a fokhálózat sűrűsége csak 30° volt. Így az északi, illetve a déli féltekét ábrázoló térképen is, eltávolítottam a felesleges szélességi köröket.

A munkák végeztével a térképet JPG formátumba exportáltam. Az exportálás folyamatánál a program által ajánlott alapbeállításokat fogadtam el.

B. Paint

Ezzel a programmal végeztem el a legegyszerűbb feladatot, az egyes térképrészletek kivágását. Így került kivágásra a hengervetületű térkép, illetve a két sarkvidéki terület térképe. A művelet elvégzése után minden térképrészletet JPG formátumba mentettem el.

C. Global Mapper v12.02.

A munkák oroszlánrészét ezzel a programmal végeztem. Elsőként a nagy térkép JPG formátumú állományát formáztam meg. Megnyitás után georeferáltam a képet, megadtam a sarokpontok koordinátáit, majd végül négyzetes hengervetületbe transzformáltam át. Ezután az *Export Raster Image* funkcióval elkészítettem el az állomány GeoTIFF formátumát. Exportálás során, az exportálandó területet az é. sz. 60°-tól a d. sz. 60°-ig terjedő tartományban állapítottam meg.

Ezután következtek a sarkvidéki területek térképei. Ezek elkészítése egy kicsivel több időt igényelt, mivel a térképi alapok itt meridiánban hossztartó vetületben voltak megadva. Megnyitás után georeferáltam ezeket is, elsőként meridiánban hossztartó vetületbe, majd miután koordinátákat rendeltem az kép pontjaihoz, elvégeztem egy plusz transzformációt. A *Configuration menüpont* részeként a *Projection* fülre kattintva, a vetületet átállítottam négyzetes hengervetületre. A művelet után egy hosszú téglalap alakú térképet kaptam, amelyet ha a nagy térkép TIFF-fájljával együtt megnyitok, pontosan illeszkedik. Mind a két kis térkép esetében ugyanígy jártam el. Ezen művelet végeként hasonlóan a nagy térkép elkészítéséhez, exportáltam a kapott képeket GeoTIFF-formátumba.

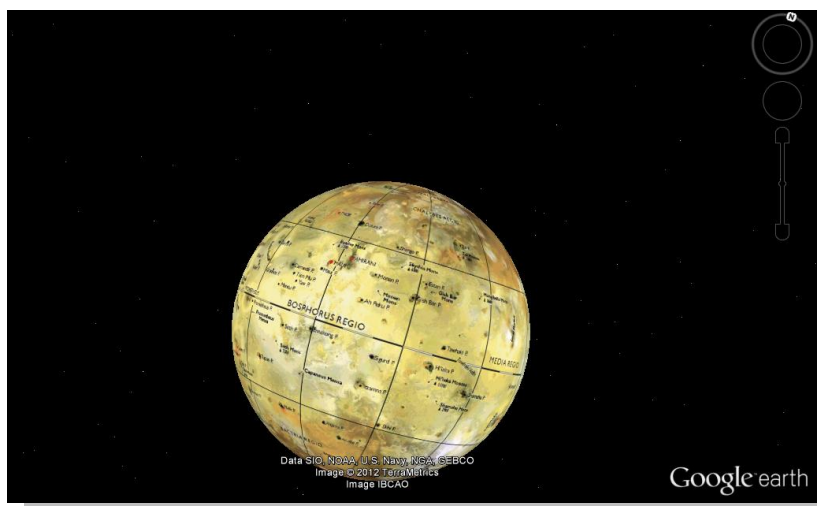
Miután mind a három térkép TIFF-fájlja elkészült, egyszerre megnyitottam őket a Global Mapper segítségével. Ekkor megkaptam az lo teljes felszínének a képét egy vetületben, amelyet ezután exportáltam KMZ-formátumba, amit a Google Earth segítségével könnyedén megnyithatunk.

A Google Earthben megnyitva a térkép .KMZ fájlját, megjelenik az lo 3D-s forgatható gömbje.

További lehetőségként elkészítettem az lo gömbjét a Virtuális Glóbuszok Múzeumába [Márton M. (alapító szerk.) 2007] is. A VGM-ről, céljairól részletes képet kaphat az érdeklődő Márton M.–Gede M.–Zentai L. (2008)-ban megjelent tanulmányából.

A Virtuális Glóbuszok Múzeuma számára a kész térképet a Global Mapperben először JPG-formátumba exportálom, de úgy, hogy a *Gridding* fülénél található *Rows* és *Column* lehetőségeknél beírom, hogy 1 sorba és 4 oszlopként exportáljon. További beállításként az é. sz. 50°-tól a d. sz. 50°-ig terjedő területet exportálom csak. Ezután a sarkvidéki területek következnek. Itt először áttranszformálok meridiánban hossztartó vetületbe (Azimuthal Equidistant). Ekkor az egész térkép ebbe a vetületbe kerül, minek következtében csak az érintett sark és szűk környezete olvasható. Majd ezután exportálom a képet az é. sz. 90°-tól a d. sz. 50°-ig. Ezt a műveletet mindkét pólus képével elvégzem.

Végül az erre elkészített program segítségével – amelyet az ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszékén fejlesztettek ki –, megnyitom.



6. ÖSSZEFOGLALÁS

Dolgozatom célja az volt, hogy létrehozzak egy olyan magyar nyelvű ismeretanyagot, amellyel betekintést nyújtok az olvasónak Naprendszerünk égitestjeinek ábrázolásába, vagyis a bolygótérképészet világába. Ismertessem azokat a módszereket, szabványokat, illetve lehetőségeket, amelyek segítségével képesek vagyunk a Földön kívüli területeket a térkép lapján, illetve a virtuális világban háromdimenziós formában is, a lehető legszemléletesebben megjeleníteni.

EREDMÉNYEK:

A Tudományos Diákköri Dolgozatom eredményeként sikerült egy sokak számára kevésbé ismert égitestről, különböző témájú térképeket készíteni, továbbá a bolygótérképészet angol nyelvű tudományos cikkeinek fordításával és értelmezésével egy összefoglaló irodalmat létrehozni, amely így már magyar nyelven is elérhető. Röviden ismertettem az Io legfontosabb tulajdonságait, sajátosságait is, és elemeztem, hogy milyen fontos tényezők alapján készülnek Naprendszerünk égitestjeiről térképek.

Munkám során egy előre meghatározott követelményrendszerhez igazodva kellett számtalan térképészeti problémát megoldanom. Mindezek eredményeképpen az elkészült térképek nyomtatásba is kerülnek majd, amelyek a Springer's *Encyclopedia of Planetary Landforms* című kiadványában fognak megjelenni (Hargitai and Keresztúri, 2014). Végül, de nem utolsó sorban, elkészítettem az Io háromdimenziós forgatható gömbjét is, amely a Virtuális Glóbuszok Múzeumának legújabb tagja lett, és megjeleníthető a Google Earth segítségével is.

7. HIVATKOZÁSOK

1. ábra:

Greeley Ronald; Batson Raymond M. (1990) Planetary Mapping, p.150.

2. ábra:

McKinnon WB, Khurana K (eds) Europa. University of Arizona Press. Doggett T.; Greeley R.; Figueredo P.; Tanaka K. Geologic stratigraphy and evolution of Europa's surface. in: Pappalardo RT (2009)

Cassis Nikki (2012) https://asunews.asu.edu/20120319_iomap (letöltés: 2012-04-15)

Crown David A.; Greeley Ronald; Craddock Robert A.; Schaber Gerald G. (1992) Geological Map of Io <http://astrogeology.usgs.gov/PlanetaryMapping/DIGGEOL/galsats/io/io.pdf> (letöltés: 2011-11-02.)

ELTE (2012) Csillagászati Tanszék, Planetológia - A Naprendszer leírása <http://astro.elte.hu/icsip/planetologia/jupiter/index.html>

ESA (2009) European Space Agency news http://www.esa.int/esaCP/SEMPHGWX3RF_index_0.html (letöltés: 2012-03-23)

Gazetteer of Planetary Nomenclature (2012) Planetary Names: Coordinate Systems for Planets and satellites <http://planetarynames.wr.usgs.gov/TargetCoordinates> (letöltés: 2012-03-20)

Gazetteer of Planetary Nomenclature (é.n.) Planetary Names: Io <http://planetarynames.wr.usgs.gov/Page/IO/target> (letöltés: 2012-03-20)

Albers Steve (2004) Planetary Maps (Global Images) <http://laps.noaa.gov/albers/sos/sos.html> (letöltés: 2012-01-13)

Gazetteer of Planetary Nomenclature (2012) Planetary Names: Io nomenclature.kmz <http://planetarynames.wr.usgs.gov/Page/IO/target> (letöltés: 2012-01-30)

Gazetteer of Planetary Nomenclature (2012) Planetary Names: Coordinate Systems for Planets and satellites <http://planetarynames.wr.usgs.gov/TargetCoordinates> (letöltés: 2012-03-20)

Greeley Ronald; Batson Raymond M. (1990) Planetary Mapping, p. 62-66, p. 147.

Hargitai Henrik (2006) Planetary Maps: Visualization and Nomenclature p. 155, p. 158-162 <http://emc.elte.hu/~hargitai/hargitai/planmaps.pdf> (letöltés: 2012-02-17)

Hargitai Henrik (1999) Iográfia, avagy egy új világ felfedezése <http://planetologia.elte.hu/1cikkek.phtml?cim=1iografia.html> (letöltés: 2012-02-24)

Lopes Rosaly M.C.; Spencer John R. (2007) Io After Galileo. Praxis Publishing, Chichester, UK, p. 22

Márton Mátyás [alapító szerk.] (2007): Virtuális Glóbuszok Múzeuma <http://vgm.elte.hu>

Márton Mátyás–Gede Mátyás–Zentai László (2008): Föld- (és ég-) gömbök 3D-s előállítás. (Virtuális Glóbuszok Múzeuma és digitális virtuális restaurálás). *Geodézia és Kartográfia*, 2008/1–2, pp.: 36–428

Mellon Michael T.; Jakosky Bruce M.; Kieffer Hugh H.; Christensen Philip R. (2000) High-Resolution Thermal Inertial Mapping from the Mars Global Surveyor Thermal Emission Spectrometer (available online: 2002) <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019103500965035>

Mosher Jim (2009) WikiSpace: Selenographic Coordinates
<http://themoon.wikispaces.com/Selenographic+Coordinates> (letöltés: 2012-02-17)

NASA (2012) Solar System Exploration Io: Facts&Figures
<http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Jup Io&Display=Facts>

NASA Planetary Data System (2006) Chapter2. Cartographic Standards
<http://pds.nasa.gov/documents/sr/Chapter02.pdf> (letöltés: 2012-02-17)

Schenk Paul, Hargitai Henrik (2001) Io mountain Database online
<http://planetologia.elte.hu/io/index.phtml?nev=definitions>

Schenk Paul; Hargitai Henrik (2001) Io mountain Database online
<http://planetologia.elte.hu/io/index.phtml?nev=name>

Shirley James H.; Fairbridge Rhodes Whitmore (1997) Encyclopedia of Planetary Sciences: Coordinate Systems p.158-159

The National Geography Society (1969/2004) National Geographic: The Earth's Moon
<http://planetologia.elte.hu/ipcd/ipcd.html?cim=natgeo>

Varga Zoltán (1996) Galilei-holdak <http://www.cab.uszeged.hu/local/naprendszer/galih.htm> (letöltés: 2012-03-10)

Veverka Joseph (1985) Planetary Geology in the 1980s. Cornell University, Washington, D.C.,
<http://history.nasa.gov/SP-467/ch6.htm> (letöltés: 2012-03-18)

Williams David A.; Keszthelyi Laszlo P.; Crown David A.; Yff Jessica A.; Jaeger Windy L.; Schenk Paul M.; Geissler Paul E.; Becker Tammy L. (2012): USGS: Geologic Map of Io
<http://pubs.usgs.gov/sim/3168/>

Williams David A.; Keszthelyi Laszlo P.; Crown David A.; Yff Jessica A.; Jaeger Windy L.; Schenk Paul M.; Geissler Paul E.; Becker Tammy L. (2011): Volcanism on Io: New insights from global geologic mapping, Icarus 214 (2011) 91–112
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019103511001710>