



Változócsillagok

T Ursae Minoris: egy mira csillag gyorsan csökkenő periódussal

Bevezetés

A mira csillagok periódusváltozásának tanulmányozása rendkívül fontos a csillagfejlődési modellek ellenőrzése és továbbfejlesztése szempontjából. A Naprendszerünk környékén található mira csillagok vizsgálata azt mutatja, hogy egy adott mira periódusa a csillag tömegének (vagy ami ezzel egyenértékű, a korának) és kémiai összetételének függvénye. A mirákra tapasztalati úton ma már elég pontos periódusfényesség relációkat határoztak meg, és a kutatásokból úgy tűnik, hogy a cefeida csillagokhoz hasonló lassú, evolúciós jellegű periódusváltozás nem figyelhető meg. A mirák esetében gyakran kimutatott, szabálytalannak tűnő periódusingadozás elsősorban a csillag légkörében lezajló véletlenszerű változásokkal kapcsolatos.

A csillagfejlődési modellek szerint azonban van a mira állapotnak egy olyan szakasza, amikor a csillag periódusa jelentős mértékben megváltozik, ez pedig az ún. *hélium-fellobbanás* időszak. Talán érdemes itt egy pillanatra megállni és részletesebben megvizsgálni, hogy miről is van szó. A mirák „szülőcsillagai” a mi Napunkhoz hasonló, egy-két naptömegű csillagok. Ezek a csillagok életük jelentős részét a Hertzsprung–Russell-diagramon fősorozati csillagként töltik, belsejükben a hidrogén-hélium magfúzió termeli az energiát. Amikor a csillag magjában a hidrogén koncentrációja csökken, az energiatermelés már nem a héliumban gazdag magban, hanem az azt körülvevő gömbhéjban történik. E folyamat során a csillag belsejében egy egyre növekvő, héliumban gazdag mag jön létre. Eközben a csillag burkában az energiát transzport konvektív formája lesz domináns, ami lehetővé teszi, hogy a hidrogénegető héjban felszabaduló energia gyorsabban kijusson a csillag felszínére. Ekkor a csillag átmérője jelentősen megnövekszik, felszíni hőmérséklete pedig lecsökken: a csillagból vörös óriás lesz.

Amikor a csillag magjának tömege az egész csillag tömegének már egy jelentős részét teszi ki, a nagy hidrosztatikai nyomás miatt a mag hirtelen összehúzódik és felmelegszik. Az összehúzódás során a magban a hőmérséklet eléri a hélium-szén magreakció beindulásához szükséges értéket, ami a He–C fúzió hirtelen beindulását eredményezi. Ez a folyamat a csillag belső szerkezetét is átformálja és jelentős luminozitás-változást is okoz. A kisugárzott fényteljesítmény megváltozását nem úgy érzékeljük, hogy a csillag felfényesedik vagy elhalványodik, hiszen a luminozitás 10%-os megváltozása csupán kb. $0^{m,1}$ -s fényváltozást jelent, hanem a csillag periódusának változásából, ami viszont (mint azt majd később látni fogjuk) rendkívül jelentős lehet.

Ezután a rövid elméleti kitérő után térjünk vissza a címben jelzett csillaghoz, és nézzük meg, mit mutat a T UMi analízise.

Megfigyelések

A T UMi egy régóta ismert M4e-M6e színképosztályú mira csillag. A GCVS 1985-ös kiadása az alábbi adatokat közli róla: periódusa 301 nap (a katalógus megjegyzése szerint a csillag periódusa kismértékben ingadozott 1904 és 1975 között). A fényváltozás szélsőértékei 7^m – 15^m . Az analízishez felhasznált adatokat a francia AFOEV és japán VSOLJ adatbázisból vettük (az AFOEV adatsor természetesen a magyar megfigyelők adatait is tartalmazza!). A teljes adatsor (JD 2427130–2449250) összesen 2258 megfigyelést tartalmaz. A negatív (halványabb mint...) és a nagyon kilógó adatokat kihagytuk a feldolgozásból. A tíz napos átlagolással készített fénygörbe összesen 1058 pontot tartalmaz. Ennek egy — számunkra a későbbiekben fontos — része látható az 1. ábrán. Az átlagpontok hibája kb. 0,3 magnitúdó.

Eredmények

A periódusmeghatározást a Meteorban korábban bemutatott feldolgozásokból is ismert diszkrét Fourier transzformációval végeztük. A fénygörbe első szakaszát a GCVS-ben közölt periódus ellenőrzésére használtuk, az általunk kapott eredmény jól egyezik a katalógusban erre az időszakra megadott értékkel. Mivel a csillag a fénygörbe második szakaszán jelentős periódusváltozást mutatott, ezért ezt a részt 4 darabra vágtuk, és a négy szakaszra is meghatároztuk az aktuális periódusokat. Az eredményeket az 1. táblázatban soroltuk fel.

Intervallum	Aktuális periódus (nap)
2436690-2438990	314,5
2439000-2442980	314,5
2443000-2445990	304,9
2446000-2449250	283,2

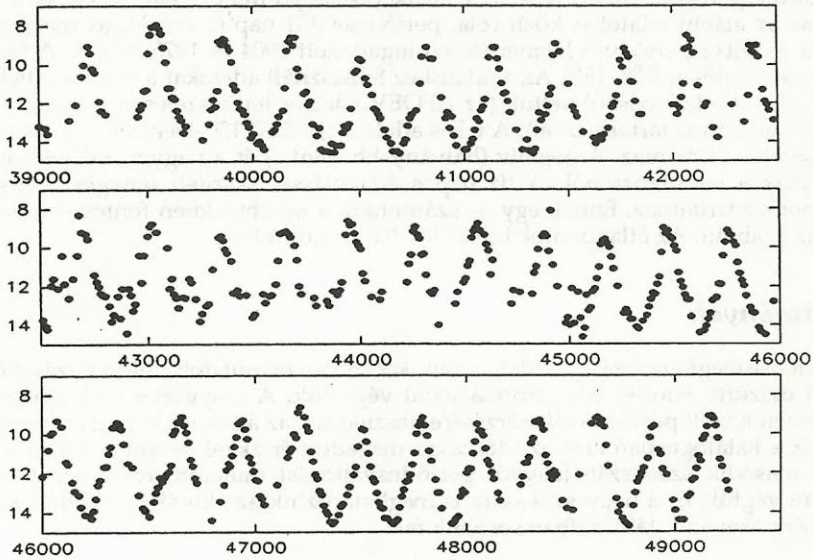
1. táblázat. A T UMi aktuális periódusai JD 2436690 és 2449250 között

A korábbi (pl. Y Lyn, Z UMa) feldolgozásoknál már ismertetett matematikai eljárással elkészítettük a csillag wavelet-térképét (2. ábra), amely szintén jól mutatja az erőteljes perióduscsökkenést. A 3. ábrán a maximumtól maximumig terjedő egyedi ciklushosszakat tüntettük fel az idő függvényében. Ez az ábra is megerősíti, hogy a T UMi periódusa MJD 43000 után hirtelen elkezdett csökkenni. A kimutatott periódusváltozás valóban figyelemre méltó: az elmúlt 16 évben a csillag periódusa 315 napról 280 napra csökkent, azaz mintegy 30 nappal lett rövidebb!

A kapott eredmények értelmezése

A hasonló mértékű periódusváltozás nem tekinthető általánosnak a mira csillagok körében. Vannak ugyan olyan mirák, amelyeknek O–C diagramja elég jelentős periódus-ingadozásokra utal, ezekben az esetekben azonban a periódus átlagos értéke hosszabb időskálán nem változik számottevően, vagyis, amint azt a bevezetőben is említettük, csupán szeszélyes ingadozásokról van szó. Ezidáig három miráról sike-

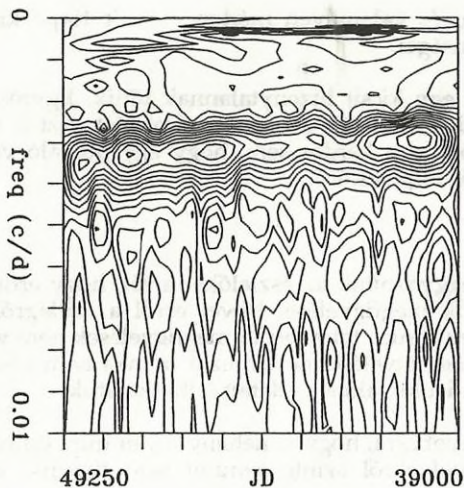
rült hasonló mértékű periódusváltozást kimutatni. Az R Hya perióduscsökkenése kb. 250 évvel ezelőtt kezdődött, azóta a csillag periódusa 500 napról 388 napra csökkent! Az R Aql ciklushossza az elmúlt 80 évben 320 napról 284 napra csökkent. A harmadik ilyen csillag a W Dra, melynek periódusa viszont lassú növekedést mutat, 257-ről 278 napra nőtt a pulzáció periódusa az elmúlt 90 évben.



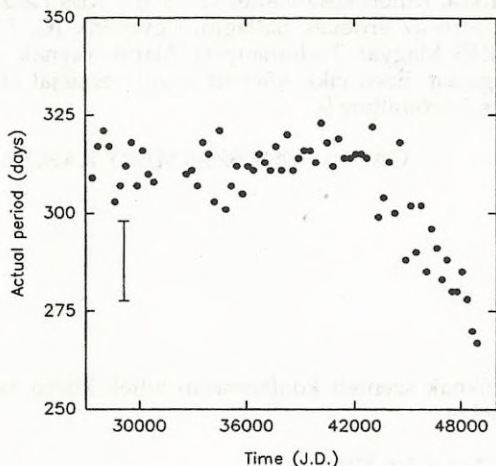
1. ábra: A T UMi átlag fénygörbéje JD 2439000 és 2449250 között. A körök mérete a megfigyelési hibákat mutatja

A fenti jelenségekre Wood és Zarro ausztrál csillagászok dolgoztak ki számítógépes modelleket. Eredményeik szerint a csillagok periódusának ilyen jelentős megváltozását a héj-héliumfellobbanás beindulásakor fellépő luminozitásváltozás okozza. Az általuk végzett számításokra hagyatkozva az alábbiakban foglalhatjuk össze a héj-héliumfellobbanás beindulásakor lejátszódó folyamatokat.

Mint azt a bevezetőben említettük, a héj-héliumfellobbanás beindulását a nagy hidrosztatikai nyomás alatt összehúzódó mag felmelegedése okozza. Amikor a magas hőmérséklet és a nagy nyomás hatására a He-C magreakció beindul, a mag körüli héjban a hidrogén magfúzió nem képes a korábbi hatásokkal energiát termelni, ami azt eredményezi, hogy a csillag felszíni luminozitása lecsökken. Mivel a modellszámítások és a megfigyelések alapján a kisebb luminozitáshoz rövidebb periódus tartozik, ezt a fázist a csillag periódusának lecsökkenéséből lehet kimutatni. A He-C reakció által termelt energia azonban előbb-utóbb elkezd növelni a felszíni luminozitást, vagyis egy idő után növekedni kezd a csillag periódusa. Természetesen ez a periódusnövekedés sem tart a végtelenségig, a maximális felszíni luminozitás elérése után a kisugárzott fényteljesítmény és vele együtt a periódus is lassan csökken.



2. ábra. A T UMi felülnézeti wavelet térképe



3. ábra. A T UMi periódusának időbeli változása. A szakasz a ciklushossz meghatározásának tipikus hibáját mutatja

dusa akár 200 napra is lecsökkenhet! *A csillag fokozott észlelése tehát nagyon fontos lenne!*

Röviden érdemes megemlíteni egy másik lehetséges magyarázatot is a T UMi periódusváltozásával kapcsolatban. Az Arcibói Observatórium munkatársa, Lewis szerint azok a mira csillagok, amelyek nem OH mézerek, valószínűleg kettős-csillagok: a mira csillag körül egy fehér törpe kísérő kering. A T UMi-ről nagy biztonsággal állítható, hogy nem OH mézer, azaz nem lehet kizárni azt a lehetőséget

Az előbbieken említett három mira közül az R Aql és az R Hya feltehetően ebben az utóbbi állapotban van, míg a W Dra még a maximális luminozitás elérése előtti fázisban lehet, hiszen a periódusa (és a luminozitása) növekszik.

Hogyan illeszthető bele ebbe a képbe a T UMi periódusváltozása? Számításaink azt mutatják, hogy a T UMi perióduscsökkenésének üteme sokkal gyorsabb, mint a másik két csillagé. Az elmélet szerint ilyen gyors ütemű csökkenés a hélium-fellobbanás beindulásakor lép fel. Ez az eredmény azért is érdekes, mert ezek szerint idejekorán, a flash ciklus kezdetekor sikerült a csillagot megfigyelni.

Azt is megvizsgáltuk, hogy az elmélet alapján meddig folytatható a T UMi periódusának csökkenése, és mi lehet a legrövidebb periódus értéke. Természetesen ezek az eredmények meglehetősen bizonytalanok, az elmélet szerint ugyanis minél nagyobb a héliumban gazdag mag kezdeti tömege, annál rövidebb a flash ciklus időtartama, és annál gyorsabb a ciklus kezdetén fellépő perióduscsökkenés.

A fentieket figyelembe véve úgy tűnik, a csillag periódusa még néhány évtizedig csökkeni fog, és csak ezután indul meg a ciklushossz növekedése. Azt is érdemes megjegyezni, hogy az elmélet szerint a T UMi periódusa

sem, hogy a T UMi egy kettőscsillag, és valamilyen módon a fehér törpe kísérő zavaró hatása okozza a megfigyelt jelenséget.

Ez a magyarázat azonban ma még egy kicsit bizonytalannak tűnik. Egyrészt a megfigyelések oldaláról még kevés adat támasztja alá Lewis elméletét. Azt is meg kell említeni, hogy még nem tisztázott az a kérdés sem, hogy egy pulzáló vörös csillagra milyen hatással lehet egy fehér törpe kísérő.

Záró megjegyzések

Reméljük, ezzel a cikkel is sikerül meggyőznünk az észlelőket arról, hogy érdekes eredményeket hozhat a mira csillagok megfigyelése. Mivel erről a csillagról az utóbbi években fotografikus ill. fotoelektromos fotometriai megfigyelések nem vagy alig történtek, az amatőrcsillagászok megfigyelései nélkül ez a munka nem készíthetett volna el. Ezért köszönet illet mindenkit, akinek adatait felhasználtuk.

Külön is szeretnénk felhívni a figyelmet arra, hogy jó néhány olyan mira csillag is szerepel a VCSSZ programjában, amelyekről szinte semmit sem tudunk, ezek észlelése szintén rendkívül fontos lenne!

Köszönetünket fejezzük ki a francia AFOEV és a japán VSOLJ vezetőinek, hogy adataikat hozzáférhetővé tették számunkra. Külön köszönettel tartozunk Kiss Lászlónak (Ksl), aki felhívta figyelmünket erre az érdekes csillagra. Egyikünk (G. J.) ezúton is szeretné megköszönni az MHB Magyar Tudományért Alapítványnak a kutatómunkához nyújtott anyagi támogatást. Ezen cikk bővített angol verzióját elküldtük az Astronomy and Astrophysics folyóirathoz is.

GÁL JÁNOS – SZATMÁRY KÁROLY

Változós hírek

Új kataklizmikus változónevek

Az idei padovai, kataklizmikus változóknak szentelt konferencián tették közzé az alábbi végleges változócsillag elnevezéseket:

V1419 Aql	=	Nova Aql 1993
V705 Cas	=	Nova Cas 1993
V493 Lyr	=	S10930
V2295 Oph	=	Nova Oph 1993
V4327 Sgr	=	Nova Sgr 1993
V4332 Sgr	=	Nova Sgr 1994 (No. 1)

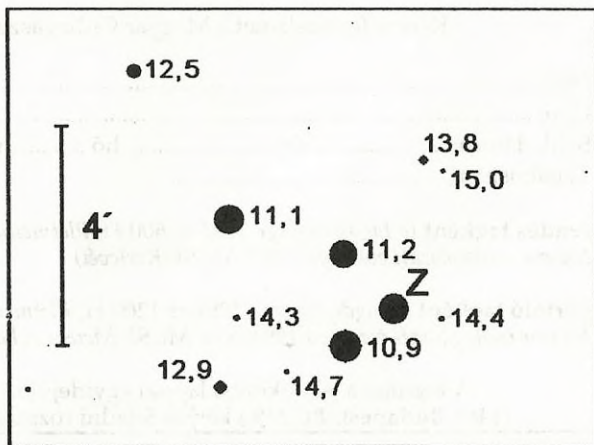
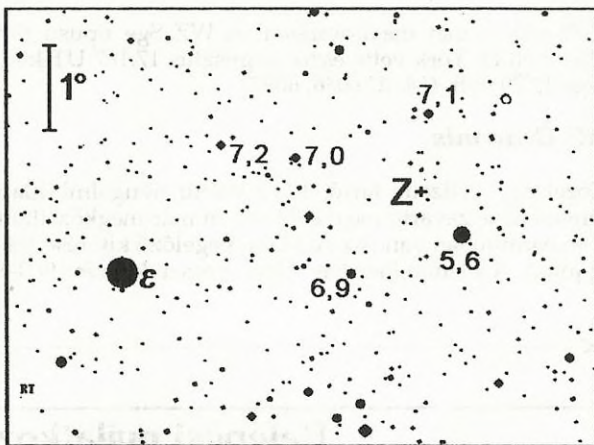
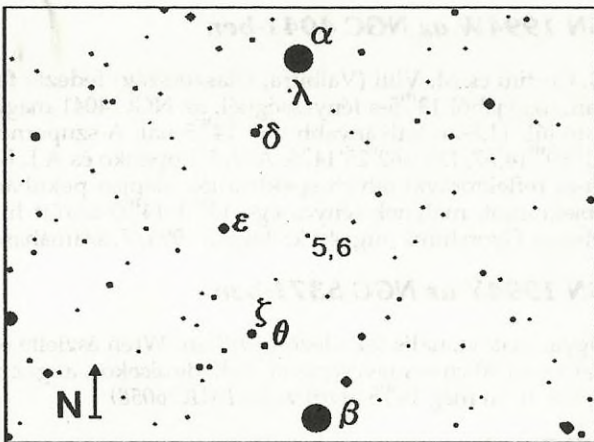
Ezeket a változókat magyar amatőrök is szokták észlelni, így az egységes adatkezelés kedvéért célszerű áttérni ezen elnevezések használatára. (Ksl)

Új RCB típusú változócsillag!

Az *Astronomical Journal* júliusi számában jelent meg Benson, Clayton, Garnavich és Szkody cikke a Z UMi-val kapcsolatban. 1992 áprilisától kezdve észlelték a csillagot V szűrővel. 1993 késő nyarán 6 magnitúdós elhalványodást figyeltek meg, és a november 20,54 UT-kor felvett spektrum megerősítette a már korábban kialakult gyanújukat. Az erős szén- és gyenge hidrogénvonalak, illetve a fénygörbén tapasztalható kis amplitúdójú pulzáció RCB típusú változóra utalt.

A mellékelt térképet Kaszás Gábor készítette a Hubble Guide Star Catalog alapján. Az összehasonlító fényessége éppen ezért kis pontossággal ismert, így kellően kritikus szemmel kell tekinteni az adatokat. Mindhárom térképen észak van fölfelé. A Z UMi augusztus közepén halványabb volt 12,5 magnitúdónál. Harvard-száma 1510+83. A GCVS-ben egyébként M: típusba lett besorolva (még a 30-as évekből származó forrásmunkákra alapozva), 11–14^p fényváltozási határokkal.

Ksl



SN 1994W az NGC 4041-ben

G. Cortini és M. Villi (Valbura, Olaszország) fedezte fel július 29,85 UT-kor vizuálisan, nagyjából $13^m,5$ -s fényességnél, az NGC 4041 magjától kb. $1'$ -cel É-ra. Az objektum júl. 11,8-án halványabb volt $14^m,5$ -nál. A szupernóva koordinátái (1950,0): RA = $11^h 59^m 14^s,67$, D = $+62^\circ 25' 14'',6$. A.V. Filippenko és A.J. Barth a Lick Observatórium 3 m-es reflektorával felvett spektrumok alapján pekuláris II-es típusba sorolta be az objektumot, melynek fényessége $13^m,3$ – $14^m,0$ között hullámlzott. Az SN1994W-ről a Meteor Gyorshírek aug. 4-i keltezésű 1994/7. számában értesítettük észleelőinket.

SN 1994Y az NGC 5371-ben

Ugyancsak vizuális felfedezés: William Wren észlelte elsőként, a McDonald Observatórium 90 cm-es távcsövével. Felfedezésekor, augusztus 19,15 UT-kor $15^m,0$ -s, míg július 31-én még $16^m,5$ alatti volt. (IAUC 6058)

UZ Bootis

1978 után ismét maximumban! A WZ Sge típusú törpe nóva kitörését először az USA-beli D. York vette észre augusztus 17,167 UT-kor, $13^m,9$ -nál. Maximális fényessége $12^m,0$ volt. (IAUC 6056, 6057)

AG Draconis

Közel egy évtizede tartó, $10^m,0$ körüli nyugalmi állapotát június elején kezdődött fényesedése zavarta meg: a hó végén már megközelítette a $8^m,0$ -t, és még lapzártakor is maximumban van. Az AG Dra megelőző kitörése 1985 közepén történt, akkor $9^m,0$ -ig jutott. A jelenlegihez hasonlóan hosszú kitörés 1980–81-ben zajlott. (Mzs)

✂

Belépési nyilatkozat

Kérem felvételemet a Magyar Csillagászati Egyesületbe

Név:

Cím:

Szül. dátum: év hó nap

Telefonszám:

rendes tagként (a tagdíj összege 1994-re 600 Ft, illetmény:
Meteor csillagászati évkönyv 1994, MCSE Körlevél)



pártoló tagként (a tagdíj összege 1994-re 1200 Ft, illetmény:
Meteor csillagászati évkönyv 1994 és az MCSE Meteor c. havi folyóirata)



A tagdíjat a jelentkezési lappal egyidejűleg az MCSE címére
(1461 Budapest, Pf. 219.) kérjük feladni rózsaszín postautalványon!