

VILNIAUS PEDAGOGINIS UNIVERSITETAS
VILNIAUS UNIVERSITETO
TEORINĖS FIZIKOS IR ASTRONOMIJOS INSTITUTAS

Vygandas Laugalys

JAUNOS ŽVAIGŽDĖS IR TARPŽVAIGŽDINĖ EKSTINKCIJA
ŠIAURĖS AMERIKOS IR PELIKANO DEBESYSE

Daktaro disertacijos santrauka

Fiziniai mokslai, fizika (02 P),
astronomija, erdvės tyrimai, kosminė chemija (P 520)

Vilnius, 2009

Disertacija rengta 1995 – 2009 metais Vilniaus universiteto Teorinės fizikos ir astronomijos institute

Disertacija ginama eksternu.

Mokslinis konsultantas:

prof. habil. dr. Vytautas Straižys (Vilniaus universiteto Teorinės fizikos ir astronomijos institutas, fiziniai mokslai, fizika – 02 P, astronomija, erdvės tyrimai, kosminė chemija – P 520)

Disertacija ginama Vilniaus pedagoginio universiteto Fizikos mokslo krypties taryboje:

Pirmininkas:

habil. dr. Gražina Tautvaišienė (Vilniaus universiteto Teorinės fizikos ir astronomijos institutas, fiziniai mokslai, fizika – 02 P, astronomija, erdvės tyrimai, kosminė chemija – P 520)

Nariai:

prof. habil. dr. Antanas Bartkevičius (Vilniaus universiteto Teorinės fizikos ir astronomijos institutas, fiziniai mokslai, fizika – 02 P, astronomija, erdvės tyrimai, kosminė chemija – P 520)

doc. dr. Romualda Lazauskaitė (Vilniaus pedagoginis universitetas, fiziniai mokslai, fizika – 02 P, astronomija, erdvės tyrimai, kosminė chemija – P 520)

prof. dr. Valdas Šablinskas (Vilniaus universitetas, fiziniai mokslai, fizika – 02 P)

doc. dr. Audrius Bridžius (Fizikos institutas, fiziniai mokslai, fizika – 02 P, astronomija, erdvės tyrimai, kosminė chemija – P 520)

Oponentai:

dr. Rimvydas Janulis (Vilniaus universiteto Teorinės fizikos ir astronomijos institutas, fiziniai mokslai, fizika – 02 P, astronomija, erdvės tyrimai, kosminė chemija – P 520)

dr. Julius Sperauskas (Vilniaus universitetas, fiziniai mokslai, fizika – 02 P, astronomija, erdvės tyrimai, kosminė chemija – P 520)

Disertacija bus ginama viešame Fizikos mokslo krypties tarybos posėdyje 2009 m. gruodžio mėn. d. val. Vilniaus pedagoginio universiteto Fizikos ir technologijos fakultete. Adresas: Studentų g. 39, LT-08106 Vilnius, Lietuva

Disertacijos santrauka išsiuntinėta 2009 m. lapkričio d.

Disertaciją galima peržiūrėti Vilniaus pedagoginio universiteto ir Teorinės fizikos ir astronomijos instituto bibliotekose.

Darbo tikslas

Pagrindinis šio darbo tikslas yra fotometrinis Paukščių Tako rajono tyrimas Šiaurės Amerikos ir Pelikano ūkų kryptimi (galaktinė ilguma tarp $83^\circ - 87^\circ$) turint tikslą nustatyti jų nuotolius, tarpžvaigždinių dulkių debesų sukeliama ekstinkciją ir iširti, ar du padrikieji žvaigždžių spiečiai NGC 6997 ir Collinder 428 yra susiję su aplinkine žvaigždėdaros sritimi.

Pagrindiniai darbo uždaviniai

1. Atlikti žvaigždžių, šviesesnių už $V = 13$ mag, CCD fotometriją *Vilniaus* sistemoje $2^\circ \times 2^\circ$ dydžio žvaigždėdaros srityje Šiaurės Amerikos ir Pelikano ūkų kryptimi.
2. Atlikti silpnesnių (V iki 16–17 mag) žvaigždžių CCD fotometriją mažesnėse L935 dulkių debesies srityse.
3. Atlikti žvaigždžių CCD fotometriją dvejose srityse link padrikųjų žvaigždžių spiečių NGC 6997 ir Collinder 428.
4. Sukurti didelio tikslumo standartus CCD fotometrijai padikajame spiečiuje M67.
5. Patikrinti tarpžvaigždinės ekstinkcijos dėsnį (ekstinkcijos priklausomybę nuo atvirkštinio bangos ilgio) tiriamojoje srityje.
6. Suklasifikuoti stebėtas žvaigždes spektrinėmis ir šviesio klasėmis, nustatyti jų tarpžvaigždinę ekstinkciją ir iširti jos priklausomybę nuo nuotolio.
7. Nustatyti padrikųjų spiečių NGC 6997 ir Collinder 428 narius, jų amžius, nuotolius, ir išsiaiškinti, ar jie susiję su Šiaurės Amerikos ir Pelikano ūkų žvaigždėdaros sritimi.
8. Ieškoti dar nežinomų jaunų žvaigždžių šioje žvaigždėdaros srityje, taip pat žvaigždžių, kurios galėtų jonizuoti Šiaurės Amerikos ir Pelikano ūkus.

Mokslinis naujumas

1. Daugumai šios srities žvaigždžių daugiaspalvė fotometrija ir dvimatė spektrinė klasifikacija buvo atlikta pirmą kartą. CCD kameromis išmatuota apie 2600 žvaigždžių.
2. Pateiktas šviesą sugeriančios medžiagos pasiskirstymas skirtingose tamsaus debesies L935 srityse.
3. Nustatyta tarpžvaigždinė ekstinkcija, nuotoliai ir amžiai padrikųjų spiečių NGC 6997 ir Collinder 428 žvaigždėms. Žvaigždžių priklausomumas šiems spiečiams įvertintas atsižvelgiant į jų nuotolį, tarpžvaigždinį parausvėjimą ir nuotolį nuo spiečiaus centro. Nustatyta, kad spiečius Collinder 428 nėra fizinė žvaigždžių grupuotė.
4. Aptikta apie 30 jaunų žvaigždžių ir 13 galimų O spektrinės klasės žvaigždžių, kurios galėtų jonizuoti Šiaurės Amerikos ir Pelikano ūkus.
5. Nustatyta, kad tarpžvaigždinės ekstinkcijos dėsnis tyrinėtoje srityje bangų ruože tarp 350 nm ir 440 nm truputį skiriasi nuo vidutinio ekstinkcijos dėsnio Galaktikoje. Įvertintas spalvos ekscesų santykis artimojoje infraraudonojoje srityje $E_{J-H} / E_{H-Ks} = 2.0$ yra šiek tiek didesnis negu iki šiol naudotas kitų autorių darbuose.

Praktinė disertacijos svarba

1. Tarpžvaigždinės ekstinkcijos priklausomybės nuo nuotolio nustatymas tiriamąja kryptimi yra svarbus tyrinėjant objektus tiek Šiaurės Amerikos ir Pelikano žvaigždėdaros rajono viduje, tiek ir už jo ribų – išilgai vietinės spiralinės vijos.
2. Panaudojant JHK fotometrijos duomenis identifiukuota 13 žvaigždžių, kurios gali būti O spektrinės klasės. Tai gali padėti išspręsti seną problemą, kur yra Šiaurės Amerikos ir Pelikano ūkų jonizacijos šaltinis; tai galėtų padėti sukurti šios žvaigždėdaros srities evoliucijos modelį.
3. Gauti ekstinkcijos dėsnio tyrimo rezultatai galės būti panaudoti nustatant fizikines tarpžvaigždinių dulkių savybes tyrinėtoje srityje.
4. Sukurti didelio tikslumo *Vilniaus* sistemos fotometriniai standartai padrikajame spiečiuje M67 ateityje galės būti naudojami tiek redukcijoms iš instrumentinės į standartinę sistemą, tiek ir CCD lauko tolygumo tyrimui.

Gynimui pateikiami teiginiai

1. Sukurta metodika ženkliai sumažina sistematines paklaidas CCD fotometrijoje. Tai sudarė galimybę sukurti tikslias spiečiaus M67 HR diagramas *Vilniaus* fotometrinėje sistemoje. Jos yra svarbios tiriant žvaigždėdarą, žvaigždžių evoliuciją ir identifikuojant dvinares žvaigždes padrikuosiuose spiečiuose.
2. Tarpžvaigždinės ekstinkcijos dėsnis Šiaurės Amerikoje ir Pelikane ir dulkių debesyje L935 yra labai panašus į ekstinkcijos dėsnį, galiojantį žymiai platesnėje Gulbės žvaigždyno srityje. Nuo normalaus tarpžvaigždinės ekstinkcijos dėsnio jis skiriasi tuo, kad artimojo ultravioleto ir violetiniame spektro ruožuose rodo didesnę elektromagnetinių spindulių ekstinkciją.
3. Šiaurės Amerikos ir Pelikano ūką skiriantis tamsus debesis L935 yra 520 ± 50 parsekų nuotolyje nuo Saulės. Panašiam nuotolyje turėtų būti ir Šiaurės Amerikos ir Pelikano ūkai.
4. Padrikasis žvaigždžių spiečius NGC 6997 nėra susijęs su Šiaurės Amerikos ir Pelikano žvaigždėdaros rajonu, nes yra gerokai toliau. Žvaigždžių grupė, žinoma kaip Collinder 428, nėra tikras žvaigždžių spiečius.

Autoriaus įnašas

Autorius parinko optimalias tyrimo sričių ribas, dalyvavo visuose žvaigždžių CCD fotometrijos darbuose Molėtų astronomijos observatorijoje ir atliko visus duomenų redukcijas. Vieną stebėjimų sezoną autorius dalyvavo CCD fotometriniuose stebėjimuose JAV laivyno observatorijos Flagstafo stotyje Arizonoje, taip pat du kartus vykdė standartinių žvaigždžių stebėjimus Stiuardo observatorijos bazėje Maunt Lemone, Arizonoje. Įsisavino IRAF CCD fotometrinių duomenų redukcijos paketą ir sukūrė programas, būtinas tikslioms duomenų redukcijoms. Sukūrė metodiką, kuri ženkliai sumažina sisteminę paklaidą CCD fotometrijoje. Autorius taip pat dalyvavo klasifikuojant žvaigždes, tiriant tarpžvaigždinę ekstinkciją, studijavo literatūrą ir aktyviai dalyvavo ruošiant publikacijas.

1. ĮVADAS

Čia trumpai apžvelgiama tiriamoji sritis, jos padėtis Galaktikoje ir aptariama kas buvo žinoma iki šiol apie Šiaurės Amerikos ir Pelikano žvaigždėdaros rajoną.

Aptariama Galaktikos struktūra tiriamąja kryptimi ir paaiškinama, kodėl labai svarbu tiksliai žinoti nuotolius iki tarpžvaigždinių debesų ir žvaigždėdaros sričių. Trumpai aprašoma, kodėl iki šiol tarpžvaigždinių debesų nuotolių nustatymai šia Galaktikos kryptimi buvo mažo tikslumo.

Šiaurės Amerikos ūkui vardą davė Volfas (Wolf 1925), ūko numeris NGC kataloge yra NGC 7000. Greta esantis Pelikano emisinis ūkas (IC 5070) nuo jos atskirtas tamsaus debesies L935 (Wendkler 1968). Iš radio stebėjimų paaiškėjo, kad tai yra viena maždaug 3° skermens jonizuoto vandenilio H II sritis, pavadinta W80 (Westerhout 1958) arba DR 27 (Downes & Rinehart 1966). Tiek Šiaurės Amerikos, tiek Pelikano ūke yra jaunų žvaigždžių asociacijos, o tai liudija jog čia palyginti neseniai (prieš 5–10 mln. metų) vyko žvaigždėdaros procesas (Herbig & Bell 1988).

Ilgą laiką nuotolis iki šių ūkų buvo žinomas labai netiksliai: skirtingi metodai pateikdavo įvertinimus tarp 500 ir 1000 pc.

Pirmojoje H α emisinių žvaigždžių apžvalgoje (Herbig 1958) šioje srityje buvo aptiktos 68 jaunos žvaigždės. Vėlesni tyrimai jų atrado dar daugiau (Welin 1973, Tsvetkov 1975, Marcy 1980). Tačiau ilgą laiką nebuvo žinoma, ar čia taip pat formuojasi masyvios žvaigždės, galinčios jonizuoti aplinkinį ūką. Aptikti tokią žvaigždę (ar kelias žvaigždes) jau buvo stengtasi apie 50 metų, bet nesėkmingai. Tik neseniai pagaliau pavyko identifikuoti vieną O spektrinės klasės žvaigždę (Comerón & Pasquali 2005), kurios ultravioletiniai spinduliai gali jonizuoti ūkus.

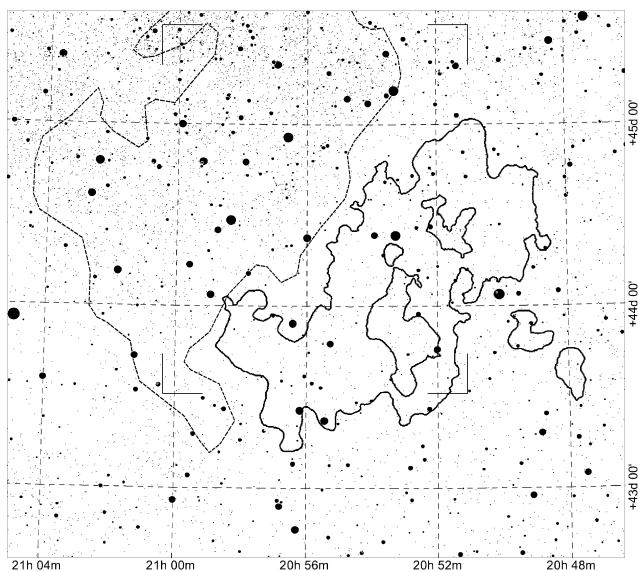
Ant Šiaurės Amerikos ir Pelikano ūkų projektuojasi trys galimi padrikieji žvaigždžių spiečiai NGC 6997, Collinder 428 ir Barkhatova 1. Pirmieji du iš jų ištirti šiame darbe.

2. STEBĖJIMŲ DUOMENYS IR REDUKCIJOS

2.1. Stebėjimai Maksutovo sistemos teleskopu

2000 m. Molėtų observatorijoje pirmą kartą žvaigždžių fotometrijai buvo pradėta naudoti CCD kamera, sumontuota ant 51/35 cm Maksutovo sistemos teleskopo. Tai Trømsø universiteto (Norvegija) termoelektriškai šaldoma Tektronix CCD kamera su šviesos imtuvu pajautrintu ultravioletinėje spektro srityje ir turinti 1024x1024 jautrių šviesai elementų (pikselių). Jautrus šviesai paviršius yra 25x25 mm dydžio, pikselio dydis 25x25 μm , lauko kampinis dydis $1.2^\circ \times 1.2^\circ$, o vienas elementas atitinka 4.25 kampo sekundės.

CCD nuotraukos buvo gautos 2000 ir 2002 m. $2^\circ \times 2^\circ$ dydžio Šiaurės Amerikos ir Pelikano ūkų srityje (2.1 pav.) per septynius *Vilniaus* sistemos 60 mm skersmens šviesos filtrus. Du iš jų (*U* ir *P*) yra stikliniai, visi kiti – interferenciniai. Ekspozicijų trukmė skirtinguose filtruose buvo nuo 0.5 iki 4 minučių. Lauko tolygumo korekcijai buvo naudotos sutemų dangaus nuotraukos. Redukcijai į standartinę sistemą panaudoti fotoelektriniai standartai iš Straizys ir kt. (1993) darbo, bei teorinės transformacijos lygtys. Galutiniame kataloge iš viso yra 690 žvaigždžių iki $V=13.2$ ryškio.

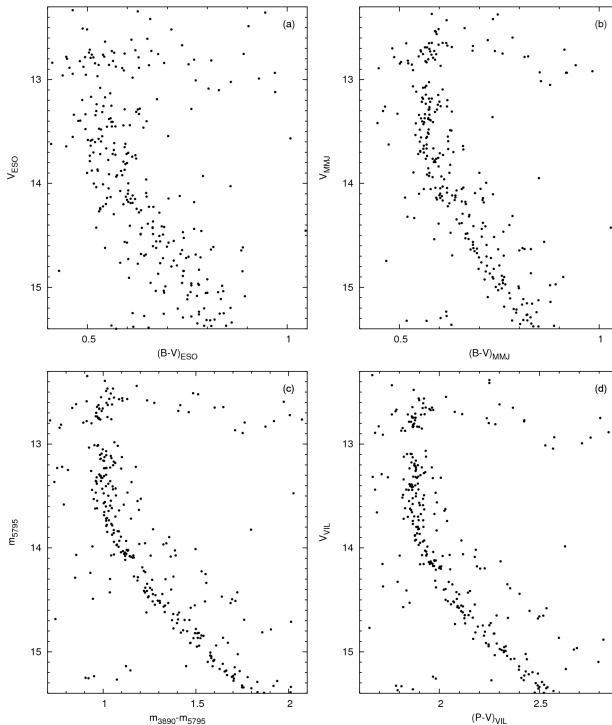


2.1 pav. Tirtos srities žvaigždėlapis. Stačiais kampais pažymėta fotometruota $2^\circ \times 2^\circ$ sritis. Punktyrine linija pažymėtas Šiaurės Amerikos ūkas, ištisine – tamsaus debesies L935 kontūras, atitinkantis ekstinkciją $A_V=5$ mag pagal Cambrėsy ir kt. (2002).

2.2. Stebėjimai Flagstaff 1 m teleskopu

Stebėjimai buvo atlikti su JAV laivyno Flagstafo stebėjimų stoties 1 m. teleskopu tarp 1994 ir 2001 metų. Buvo naudota skystu azotu šaldoma Tektronix CCD kamera su 2048x2048 pikselių, pikselio dydis 24x24 μm , atitinkantis 0.68 kampinės sekundės. Panaudoti *Vilniaus* sistemos *U*, *P*, *Y*, *V* ir *Cousins* sistemos *I* filtrai buvo stikliniai 80x80 mm dydžio, o *Vilniaus* sistemos *X*, *Z* ir *S* filtrai – 60 mm skersmens interferenciniai, kurie riboja matuojamojo lauko dydį iki 20 kampinių minučių. Espozicijų trukmė buvo 30 minučių *U*, *P* ir *X* filtruose, po 6 minutes *Y*, *Z*, *V* ir *S*, ir 3 minutės *I* filtre.

Šiame skyriuje detaliai aprašomi stebėjimai šiuo teleskopu bei nauja CCD duomenų redukcijos metodika. Aptariamas CCD redukcijų tikslumas su nauja metodika ir gautieji rezultatai palyginimi su kitų autorių paskelbtais duomenimis. Fotometrijos tikslumą galima įvertinti ir iš padrikos spiečiaus M67 HR diagramos, pateiktos 2.2 pav.



2.2 pav. Padrikos spiečiaus M67 HR diagramų, gautų pagal šiuos CCD matavimus: (a) ESO, (b) MMJ, (c) BATC ir (d) *Vilniaus*, palyginimas. Matoma žymiai mažesnė žvaigždžių sklaida *Vilniaus* sistemos diagramoje.

Šio spiečiaus žvaigždžių fotometrijos rezultatai *Vilniaus* sistemoje (Laugalys ir kt. 2004) 2.2 pav. palyginti su kitų autorių duomenimis, paskelbtais šiuose darbuose: Momany ir kt. (2001) *BV* sistemoje, ESO observatorija, Montgomery ir kt. (MMJ, 1993), Fan ir kt. (1996) *BATC* sistemoje. Pagal žvaigždžių sklaidos dydį pagrindinėje sekoje ir submilžinių sekoje bei aplink “spragas” pagrindinėje sekoje (ties $V \sim 13.0$ ir $V \sim 14.2$), galime spręsti apie vidinį CCD fotometrijos tikslumą. Maža taškų sklaida *Vilniaus* sistemos diagramoje patvirtima aukštą mūsų naudotos redukcijų metodikos tikslumą.

Galutinis M67 spiečiaus 412 žvaigždžių iki $V=16.0$ katalogas publikuotas straipsnyje Laugalys ir kt. (2004). Šios žvaigždės buvo naudojamos kaip CCD standartai redukuojant kitų sričių stebėjimus Flagstafo teleskopu.

Taip pat šiame skyriuje aprašomi NGC 6997, Collinder 428 ir keturių L935 sričių stebėjimai Flagstafo teleskopu. Iš viso išmatuota 620 žvaigždžių iki $V=17.5$ link padrikojo spiečiaus NGC 6997, 860 žvaigždžių iki $V=16.7$ link galimo spiečiaus Collinder 428 ir 430 žvaigždžių iki $V=17.5-18.0$ keturiose tamsaus debesies L935 aikštelėse.

2.3. Žvaigždžių fotometrinė klasifikacija

Žvaigždžių fotometrinė klasifikacija atliekama naudojant nepriklausančius nuo tarpžvaigždinio parausvėjimo Q -parametrus:

$$Q_{1234} = (m_1 - m_2) - (E_{12} / E_{34})(m_3 - m_4),$$

kur $m_1 - m_2$ ir $m_3 - m_4$ yra spalvos rodikliai, o E_{12} ir E_{34} yra jų spalvos ekscesai. Ekscesų santykis E_{12}/E_{34} , taip pat ir ekstinkcijos A_V ir eksceso E_{B-V} santykis priklauso nuo tarpžvaigždinės ekstinkcijos (ekstinkcijos priklausomybės nuo atvirkštinio bangos ilgio) dėsnio. Pagal mūsų tyrimus ekscesų santykiai šioje srityje yra artimi santykiui, atitinkančiam Gulbės ekstinkcijos dėsnį (Straizys, Corbally ir Laugalys 1999).

Žvaigždės klasifikuojamos lyginant stebėtos žvaigždės 14 Q -parametrų su jau žinomų 12000 žvaigždžių klasifikacijos Q -parametrų rinkiniu (Straizys ir Kazlauskas 1993).

Spalvos ekscesas E_{Y-V} , tarpžvaigždinė ekstinkcija A_V ir žvaigždžių nuotoliai d apskaičiuoti pagal šias formules:

$$E_{Y-V} = (Y - V) - (Y - V)_0,$$

$$A_V = R_{YV} E_{Y-V},$$

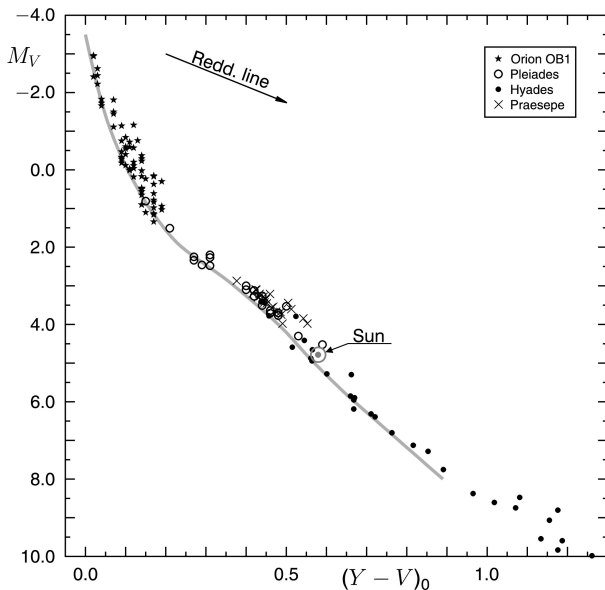
$$5 \log d = V - M_V + 5 - A_V.$$

Normalieji spalvos rodikliai ir absoliutiniai ryškiai paimti iš Straizio (1992) monografijos, koeficientas $R_{YV} = 1.32 R_{BV}$, ir normaliam ekstinkcijos dėsniumi jis lygus 4.16 (atitinkamai $R_{BV} = 3.15$).

Charakteringos nustatomų žvaigždžių parametrų tikslumo (2σ) vertės yra šios: spektrinės klasės tikslumas ± 1 poklasės, absoliutinio ryškio M_V tikslumas ± 0.5 mag, E_{Y-V} tikslumas ± 0.03 mag, A_V tikslumas ± 0.1 mag ir nuotolio tikslumas $\pm 20-25\%$.

2.4. Nulinio amžiaus žvaigždžių pagrindinė seka *Vilniaus* fotometrinėje sistemoje

Tikslesniam padrikųjų žvaigždžių spiečių amžiaus nustatymui pagal teorines izochronas buvo nutarta patikslinti nulinio amžiaus žvaigždžių pagrindinės sekos parametrus *Vilniaus* fotometrinėje sistemoje (2.3 pav.).



2.3 pav. Patikslinta M_V ir $(Y - V)_0$ diagrama nulinio amžiaus Saulės metalingumo pagrindinei sekai *Vilniaus* fotometrinėje sistemoje.

Vilniaus sistemos M_V ir $(Y - V)_0$ diagramoje nulinio amžiaus pagrindinė seka buvo sudaryta panaudojant fotoelektrinius Hiadų, Sietyno ir Prakarto spiečių bei Oriono OB1 asociacijos žvaigždžių matavimus ir apima žvaigždes nuo ankstyvų B iki M4 spektrinių klasių. Naujos kalibracijos rezultatai buvo paskelbti Kazlauskas ir kt. (2006) publikacijoje. Ši seka ir buvo panaudota padrikos žvaigždžių spiečiaus NGC 6997 amžiaus nustatymui.

3. DUJŲ IR DULKIŲ TARPŽVAIGŽDINIAI DEBESYS

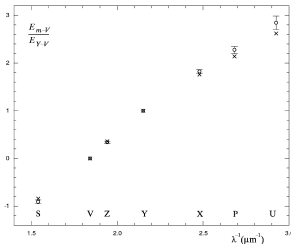
3.1. Tarpžvaigždinės ekstinkcijos dėsnis

Šiame skyriuje aprašomas ekstinkcijos dėsnio tyrimas Šiaurės Amerikos ir Pelikano srityje. Ekstinkcijos dėsnis buvo tirtas keliais metodais.

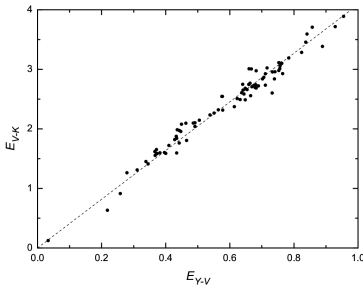
Visų pirma jis buvo nustatytas optinėje spektro srityje pagal 15 B0–B5 žvaigždžių fotoelektrinius matavimus *Vilniaus* fotometriniame sistemoje ir nustačius jų MK spektrines klases iš spektrų gautų Kitt Peak observatorijos 2.3 m teleskopu (Straizys ir kt. 1999). Šiai sričiai gauti ir normalaus ekstinkcijos dėsnio ekscesų saryšiai pavaizduoti 3.1 pav. Matyti, jog tarpžvaigždinė ekstinkcija *U* ir *P* filtrams yra stipresnė nei normaliam dėsniai ir yra artima dėsniai, žinomam kaip Gulbės dėsnis.

Artimoje infraraudonojo spektro srityje mes palyginome ekscesų E_{V-K} ir E_{Y-V} saryšį tarp 2MASS ir *Vilniaus* fotometrinės sistemos visoje Šiaurės Amerikos ir Pelikano srityje 83 fotoelektriškai klasifikuotoms B–A žvaigždėms (3.2 pav.). Gavome, jog ekstinkcijos ir eksceso santykis $R_{BV} = 3.46$, t.y. šiek tiek didesnis nei normaliam ekstinkcijos dėsniai ($R_{BV} = 3.15$, Straizys 1992).

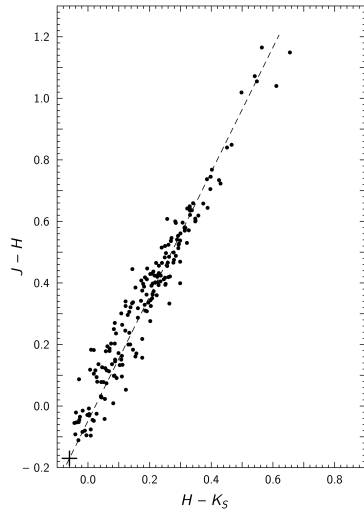
Ekstinkcijos dėsnio patikrinimui taip pat buvo panaudoti JHK_S fotometrijos duomenys iš 2MASS katalogo: diagramoje $J - H$, $H - K_S$ gauta parausvėjimo linija 193 O–B9.5 Šiaurės Amerikos ir Pelikano ir Cyg OB2 asociacijos žvaigždėms (3.3 pav.). Gautas koeficientas saryšiu $J - H = 2.024(H - K_S) - 0.048$ yra didesnis už daugelio autorių naudojamą ekscesų santykį, lygų 1.85.



3.1 pav. Ekscesų saryšiai *Vilniaus* sistemoje



3.2 pav. Ekscesų E_{V-K} ir E_{Y-V} saryšis tarp *Vilniaus* ir 2MASS JHK_S sistemų.

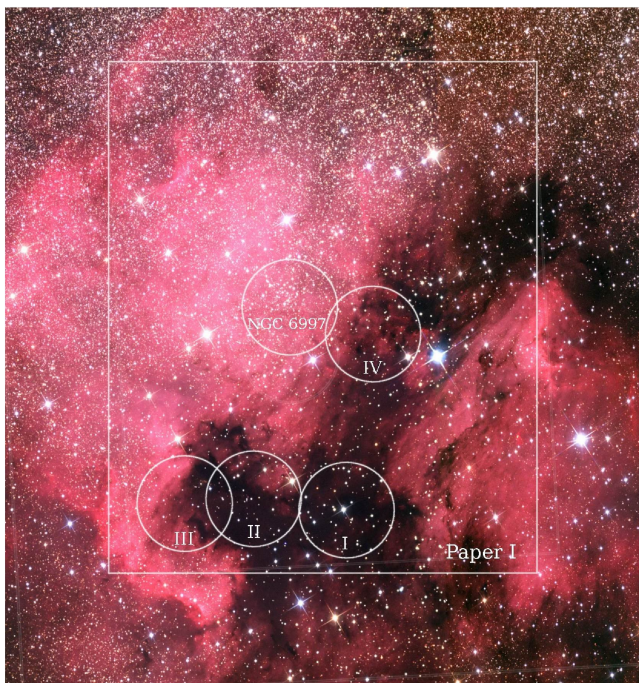


3.3 pav. Tarpžvaigždinio parausvėjimo linija 193 O–B9.5 Šiaurės Amerikos ir Pelikano srityje ir Cyg OB2 asociacijos žvaigždėms.

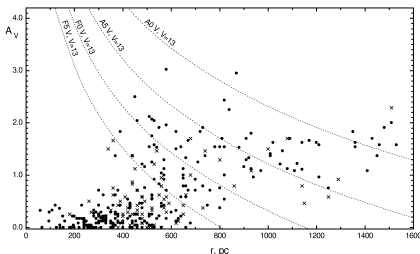
3.2. Tarpžvaigždinė ekstinkcija

Tarpžvaigždinė ekstinkcija $2^\circ \times 2^\circ$ dydžio Šiaurės Amerikos ir Pelikano ūkų srityje (3.4 pav.) žvaigždėms, šviesesnėms nei $V=13$, buvo tirta Maksutovo sistemos teleskopu. Ekstinkcijos priklausomybė nuo nuotolio šioje srityje 354 žvaigždėms parodyta 3.5 pav. skaidresnėje srityje, o 3.6 pav. – 242 žvaigždėms tamsaus debesies L935 srityje.

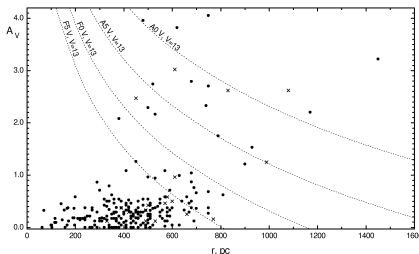
Iš abiejų grafikų matyti kad ekstinkcija staigiai pradeda didėti nuo ~ 400 pc. Atsižvelgiant į nuotolio nustatymo paklaidas, dulkių debesis turėtų prasidėti maždaug 550 pc nuotolyje. Taip pat matyti, jog ekstinkcija A_V skaidresnėje sklypo dalyje neviršija 2–3 ryškių, tačiau link dulkių debesies ji žymiai didesnė. Deja, dėl ribinio ryškio CCD fotometrijoje mes nematome žvaigždžių su ekstinkcija $A_V > 4$.



3.4 pav. Tirtos sritys Šiaurės Amerikos ir Pelikano ūkų rajone: $2^\circ \times 2^\circ$ dydžio sritis, kurioje CCD nuotraukos gautos Maksutovo sistemos teleskopu iki $V=13$ mag, ir keturios sritys tamsiaus L935 debesies fone, bei sritis žvaigždžių spiečiaus NGC 6997 kryptimi, kuriose nuotraukos gautos Flagstafo teleskopu iki $V=16-17$ mag.



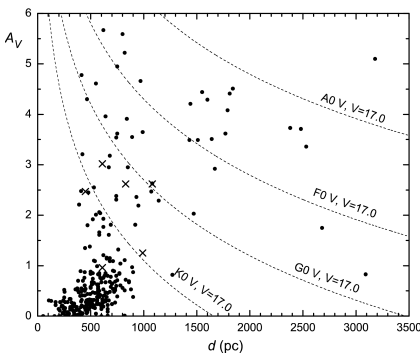
3.5 pav. Ekstinkcijos priklausomybė nuo nuotolio Šiaurės Amerikos ir Pelikano ūkų $2^\circ \times 2^\circ$ srities skaidresnėje dalyje. Šiame ir kituose paveiksluose punktyrinės linijos rodo ribinio ryškio sukkelto selekcijos efekto ribas.



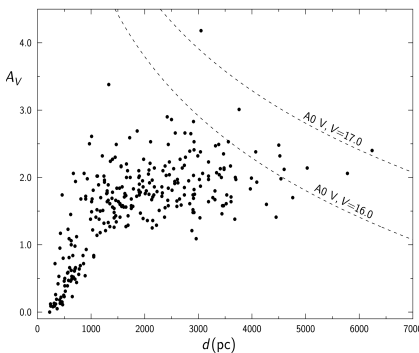
3.6 pav. Ekstinkcijos priklausomybė nuo nuotolio tos pat srities dalyje link dulkių debesies L935.

Flagstafu telekopu ištirta tarpžvaigždinės ekstinkcijos priklausomybė nuo nuotolio panaudojant žvaigždes iki ribinio ryškio $V=16-17$. Buvo parinktos keturios sritys link dulkių debesies L935 ir dvi sritys Šiaurės Amerikos ūko dalyje link spiečių NGC 6997 ir Collinder 428. Ekstinkcijos priklausomybė nuo nuotolio bendrai keturiom tamsiom aikštelėm parodyta 3.7 pav. ir šviesesnėje dalyje link Collinder 428 – 3.8 pav.

Iš viso 3.7 pav. panaudoti 289 žvaigždžių duomenys. Šiame grafike (kaip ir anstesniuose 3.5 pav. ir 3.6 pav.) matyti, jog ekstinkcija pradeda augti nuo ~ 400 pc ir skaidresnėse srityse pasiekia $A_V \sim 2$, tuo tarpu tamsiame debesyje ji siekia net $A_V \sim 4-5$ ryškius. Debesies pradžių gana tiksliai rodo staigus K–M nykštukių ekstinkcijos didejimas. Pagal jas nuotolis iki dulkių debesies yra 520 ± 50 pc.

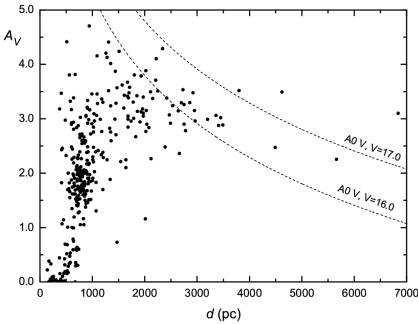


3.7 pav. Ekstinkcijos priklausomybė nuo nuotolio keturioms L935 aikštelėms.

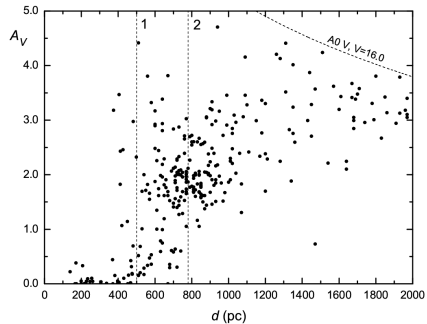


3.8 pav. Ekstinkcijos priklausomybė nuo nuotolio link spiečiaus Collinder 428.

Ekstinkcijos priklausomybė nuo nuotolio padrikojo žvaigždžių spiečiaus NGC 6997 kryptimi pavaizduota 3.9 pav. iki 2 kpc ir 3.10 pav. iki 7 kpc.



3.9 pav. Ekstinkcijos priklausomybė nuo nuotolio link NGC 6997 iki 7 kpc.



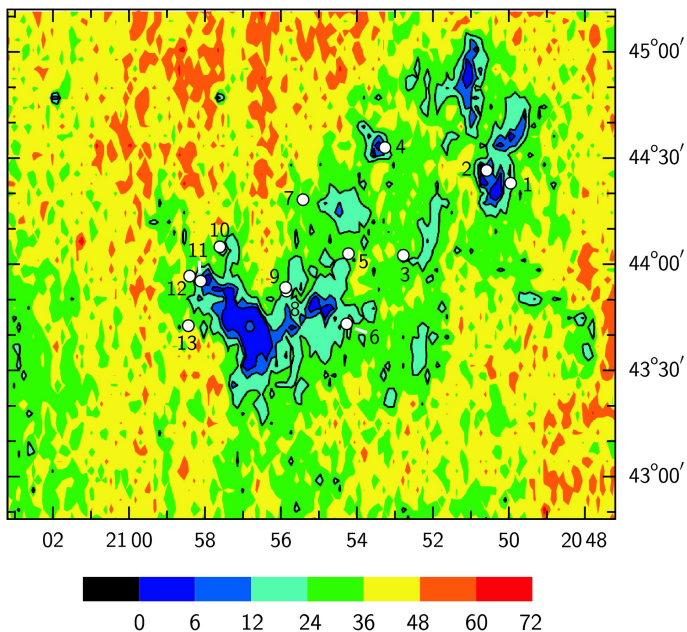
3.10 pav. Ekstinkcijos priklausomybė nuo nuotolio link NGC 6997 iki 2 kpc. Dvi vertikalios linijos žymi ūko pradžią ties 520 pc nuotoliu ir nuotolį iki spiečiaus ties 780 pc.

Iš 3.10 pav. matyti jog tarpžvaigždinė ekstinkcija didėja ir už debesies L935. Ties 1 kpc nuotoliu vidutinė ekstinkcija $A_V \sim 2.5$ mag, o ties 2 kpc ji pasiekia apie 3.0 mag. Tolimesnės ekstinkcijos eigos mes nematome dėl ribinio ryškio selekcijos efekto.

Galimas dalykas, kad ekstinkcija dar didėja iki 3 kpc (3.9 pav.), tačiau ties šiuo nuotoliu baigiasi Vietinė Galaktikos vija. Iki šio nuotolio mes nestebime jokio kito žymaus ekstinkcijos šuolio, kaip kad ties 500 pc. Pavyzdžiui, nėra jokio ekstinkcijos padidėjimo ties 1.7 kpc, kur turi prasidėti Cyg X debesų kompleksas. Tai gali būti paaiškinama tuo, kad kompleksas debesys telkiasi arčiau Galaktikos plokštumos.

Tiriamos srities kryptimi, ties maždaug 5–7 kpc nuotoliu, turėtume kirsti Persėjo spiralinę viją. Šiame nuotolyje, ekstinkcijai siekiant $A_V = 4$ mag, B0 V spektrinio tipo žvaigždės turėtų regimąjį ryškį $V = 13.4\text{--}14.1$ mag, o B5 V žvaigždės – 16.6–17.3 mag. Taigi, į mūsų katalogą galėtų taip pat patekti O klasės ir ankstyvų B poklasių žvaigždžių iš Persėjo spiralinės vijos. Mūsų kataloge tikrai randame apie 35 $V = 16.0\text{--}17.5$ ryškio O–B5 žvaigždės su $A_V = 3\text{--}5$ mag ekstinkcija. Deja, šių žvaigždžių U ir P ryškiai yra per silpni ir išmatuoti nepakankamu tikslumu, todėl negalime tiksliai žinoti jų šviesio klasės ir nustatyti jų nuotolius pakankamu tikslumu. Galbūt dalis jų galėtų priklausyti net Išorinei (Gulbės) vijai.

Tarpžvaigždinės ekstinkcijos pasiskirstymo visoje Šiaurės Amerikos ir Pelikano srityje (3.11 pav.) tyrimui taip pat buvo panaudota žvaigždžių infraraudonoji fotometrija 2MASS apžvalgoje. Tuo tikslu buvo suskaičiuotas žvaigždžių tankis K_s filtre $2' \times 2'$ dydžio laukeliuose. Iš viso panaudota 0.5 mln. žvaigždžių su fotometrinėmis paklaidomis $\sigma < 0.25$ mag.



3.11 pav. Žvaigždžių pasiskirstymo tankis pagal 2MASS apžvalgos žvaigždžių skaičiavimus artimajame infraraudonojo spektro ruože.

Pagal skirtingus vertinimus, pačiose tamsiausiose L935 debesies vietose tarpžvaigždinė ekstinkcija A_v gali pasiekti net 35 mag.

3.11 pav. pažymėtos 13 žvaigždžių, kurios galėtų jonizuoti Šiaurės Amerikos ir Pelikano ūkus. Jos detaliau bus aprašomos kitame skyriuje.

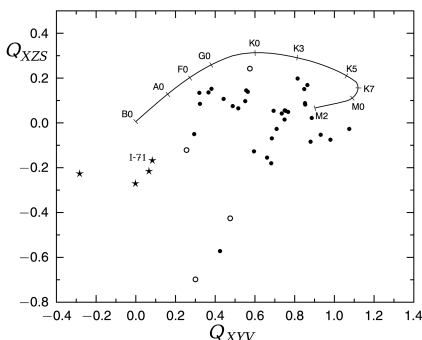
4. JAUNOS ŽVAIGŽDĖS

4.1. T Tauri ir žvaigždės su emisijos linijomis

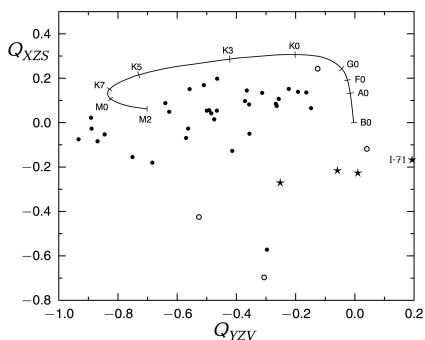
Šiaurės Amerikos ir Pelikano ūke yra žinoma žvaigždėdaros sritis – Cyg T1 asociacija, kuriai priklauso dešimtys $H\alpha$ emisinių ir T Tauri tipo žvaigždžių. Dalis jų yra Be žvaigždės ir nėra susijusios su žvaigždėdaros sritimi. Bet vėlyvų spektrinių klasių $H\alpha$ emisinės žvaigždės turėtų būti arba klasikinės T Tauri (su ekvivalentiniais $H\alpha$ pločiais $> 10 \text{ \AA}$), arba žvaigždės su silpna emisija, kartais vadinamos “post-T Tauri” žvaigždėmis.

Žinoma, kad *Vilniaus* fotometrinių sistema labai gerai tinka žvaigždžių su $H\alpha$ emisija identifikavimui (Straizys ir kt. 1998). Taip yra todėl kad S filtro pralaidumo maksimumas sutampa su $H\alpha$ linija. Jei $H\alpha$ linija yra emisijoje, spalvos rodiklis $V-S$ padidėja ir nuo tarpžvaigždinio parausvėjimo nepriklausantis $Q_{XZS} = (X - Z) - E_{X-Z}/E_{Z-S}(Z - S)$ parametras – sumažėja.

Iš Šiaurės Amerikos ir Pelikano rajone stebėtų žvaigždžių katalogų pagal Q -parametrų diagramas (4.1 pav. ir 4.2 pav.) buvo identifiukuota 40 žvaigždžių su galima emisija $H\alpha$ linijoje. Apie 30 iš jų galėtų būti naujos, dar nežinomos, emisinės žvaigždės. Jas reikėtų patikrinti spektroskopiškai.



4.1 pav. Nuo tarpžvaigždinio parausvėjimo nepriklausančių Q_{XZS} ir Q_{XYV} parametru diagrama. Taškais pažymėtos žvaigždės galimai turinčios $H\alpha$ emisiją, apskritimais – žinomos emisinės ir žvaigždutėmis – įtariamoms Be žvaigždės.



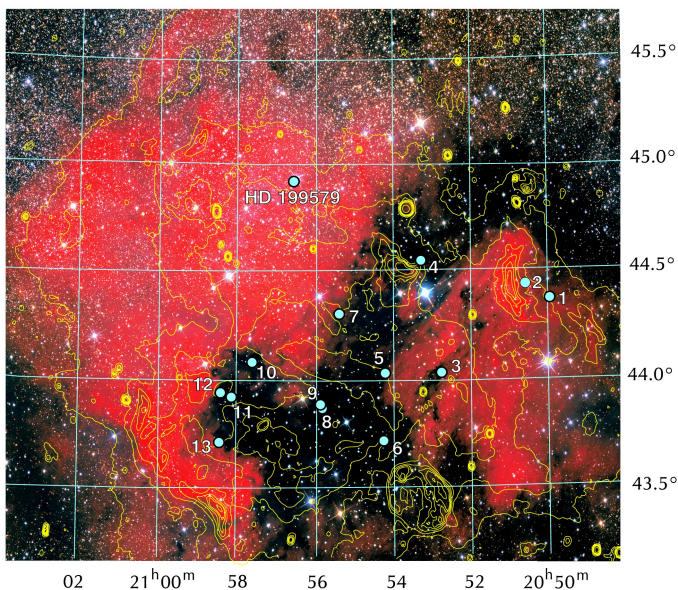
4.2 pav. Nuo tarpžvaigždinio parausvėjimo nepriklausančių Q_{XZS} ir Q_{YZV} parametru diagrama. Pažymėjimai tie patys, kaip ir 4.1 pav.

4.2. Šiaurės Amerikos ir Pelikano ūkus jonizuojančios žvaigždės

Praeityje ne kartą buvo bandoma aptikti šiuos ūkus jonizuojančią (-ias) jaunas karštas žvaigždes. Tiriant jonizuoto vandenilio H II sritį radio diapazone, buvo net pasiūlytos kelios galimos vietos, kur jos galėtų būti. Bet lig šiol bandymai jų (-as) aptikti nebuvo sėkmingi.

Neseniai Comerón ir Pasquali (2005), pasinaudodami 2MASS duomenimis, netoli Šiaurės Amerikos ir Pelikano ūkų geometrinio centro identifikavo 19 galimų ankstyvų tipų žvaigždžių. Vėliau iš gautų optinėje srityje spektrų, jie aptiko vieną jauną O5 V žvaigždę. Jei tai iš tikrųjų O5 V žvaigždė, tai tarpžvaigždinė ekstinkcija iki jos A_V siektų bent 9.2 mag, o nuotolis iki jos būtų 520 pc (jei priimtume jog jos absoliutinis ryškis $M_V = -4.5$). Deja, absoliutinį ryškį jai dar negalime tiksliai įvertinti ir nustatyti nuotolį iki jos. Bet kokiui atveju, ši žvaigždė tikrai gera kandidatė jonizuoti ūkui.

Mes pratęsėme jonizuojančios žvaigždės (-žių) paieškas visoje Šiaurės Amerikos ir Pelikano ūkų srityje $3^\circ \times 3^\circ$ su centru $20^{\text{h}}56^{\text{m}}, +44^\circ$. Pagal keletą fotometrinių kriterijų buvo atrinkta 13 labiausiai tikėtinų jaunų žvaigždžių iš 2MASS katalogo. Šių žvaigždžių padėtyms parodytos 4.3 pav. Panaudojus papildomus duomenis iš MSX, IPHAS ir DSS2 katalogų, kandidatų sąrašas sutrumpėjo iki 4 – 5, joms reiktų gauti spektrus artimoje infraraudojoje spektro srityje, nes optinėje spektro srityje jos yra per silpnos, nes jų šviesa V spinduliuose absorbuota 16-35 ryškiais.

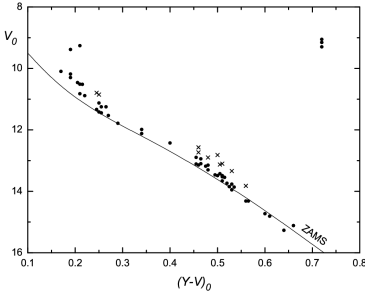


4.3 pav. 13 įtariamų O spektrinės klasės žvaigždžių, kurios galėtų jonizuoti Šiaurės Amerikos ir Pelikano ūkus. Radijo kontinumo izolinijos paimtos iš Kanados Galaktikos plokštumos apžvalgos.

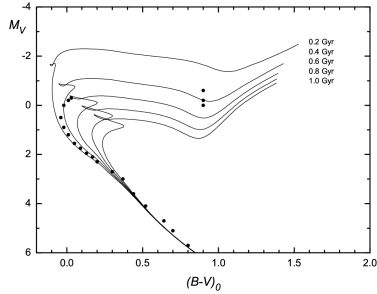
5. STEBĖTI PADRIKIEJI SPIEČIAI

Naudodami patikslintą nulinio amžiaus seką *Vilniaus* fotometrinei sistemai, ir dar papildomai pagal keletą kriterijų, atrinkome 47 labiausiai tikėtinas NGC 6997 spiečiaus nares (5.1 pav.). Vidutinis šių žvaigždžių nuotolis yra 780 pc. Pagal įvairių amžių teorines izochronas (Girardi ir kt. 2000), ir padrikojo spiečiaus NGC 6997 seką, apskaičiuotas spiečiaus amžius lygus 3.5×10^8 metų.

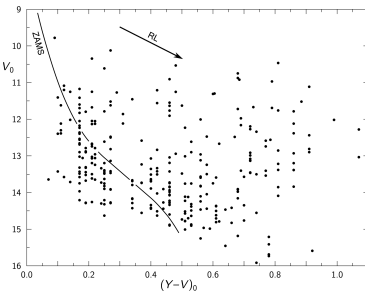
Taigi, šis spiečius niekaip nėra susijęs su Šiaurės Amerikos ir Pelikano ūkų žvaigždėdaros sritimi, nes jis yra žymiai senesnis už ją ir yra gerokai toliau nuo Saulės.



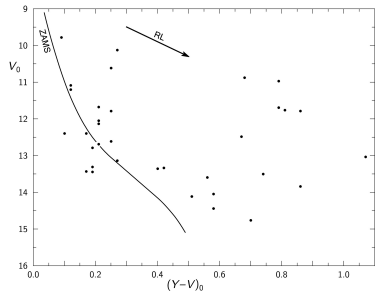
5.1 pav. Nulinio amžiaus seka ir 47 5.2 pav. Įvairių amžių teorines izochronos tikėtinos NGC 6997 spiečiaus narės. iš Girardi ir kt. (2000), ir padrikojo Galimos spiečiaus dvinarės žvaigždės spiečiaus NGC 6997 seka. pažymėtos x simboliu.



Kito galimo padrikojo žvaigždžių spiečiaus Collinder 428 HR diagramos, atmetus tarpžvaigždinio parausvėjimo poveikį, pavaizduotos 5.3 pav. – visoms 290 žvaigždžių, stebimų spiečiaus srityje, ir 5.4 pav. – 34 žvaigždėms su panašiais savaisiais judėjimais. Jokios spiečiaus pagrindinės sekos nei viename šių diagramų nematyti. Padaryta išvada, kad Collinder 428 nėra tikras spiečius, o tik skaidresnė properša tarpžvaigždiniam debesyje, pro kurią matomos tolimos žvaigždės.



5.3 pav. “Atbaltinta” HR diagrama žvaigždėms Collinder 428 kryptimi.



5.4 pav. Tokia pat diagrama 34 žvaigždėms su panašiais savaisiais judėjimais (Dias ir kt. 2006).

6. PAGRINDINIAI REZULTATAI IR IŠVADOS

6.1. Pagrindiniai rezultatai

Naudojant CCD fotometriją, ištirta Paukščių Tako sritis Šiaurės Amerikos ir Pelikano ūkų kryptimi. *Vilniaus* fotometrinėje sistemoje išmatuota 2600 žvaigždžių. Didesnė sritis, apimanti abu ūkus ir tarp jų esantį dulkių debesį L935 buvo eksponuojama Molėtų observatorijos plataus lauko Maksutovo sistemos teleskopu. Mažesnės sritys, turinčios svarbių objektų, buvo eksponuojamos JAV laivyno observatorijos Flagstafo stoties 1 m. teleskopu. Autorius sukūrė metodiką, kaip ženkliai sumažinti sisteminės redukcijos paklaidas ir padidinti CCD fotometrijos tikslumą. Tiksliai išmatuoti CCD fotometriniai standartai padrikajame spiečiuje M67 bus naudojami tolimesniuose stebėjimuose. Ekstinkcijos dėsnio tyrimui buvo gauti 33 O-B žvaigždžių spektrai Stiuarto observatorijos 2.3 m teleskopu. Taip pat buvo panaudota 2MASS infraraudonosios fotometrijos katalogas ir kiti duomenys. Iš CCD ekspozicijų *Vilniaus* sistemoje fotometrijos daugumai fotometruotų žvaigždžių nustatyta: spektrinė ir šviesio klasė (MK sistemoje), spalvos ekscesas, tarpžvaigždinė ekstinkcija ir nuotolis. Tiksliesniam padrikųjų spiečių amžiaus nustatymui iš naujo sukalibruota nulinio amžiaus pagrindinė seka *Vilniaus* fotometrinėje sistemoje. Ištirti du padrikieji žvaigždžių spiečiai esantys Šiaurės Amerikos ūko kryptimi ir patikrintas jų ryšys su aplinkine žvaigždėdaros sritimi. Aptikta apie 30 jaunų emisinių žvaigždžių ir 4 ar 5 žvaigždės, kurios galėtų būti ūkų jonizacijos šaltiniai.

Gauti šie pagrindiniai rezultatai:

1. *Vilniaus* fotometrinėje sistemoje (V iki 16 mag) tiksliau nei ± 0.01 mag nustatyti 412 padrikėjo spiečiaus M67 žvaigždžių ryškiai ir spalvos rodikliai *Vilniaus* fotometrinėje sistemoje. Šių standartų panaudojimas leidžia ženkliai sumažinti sisteminės paklaidas CCD stebėjimuose ir instrumentinės sistemos redukcijose į standartinę sistemą.
2. Šiaurės Amerikos ir Pelikano ūkų srityje išmatuoti 2600 žvaigždžių ryškiai ir spalvos rodikliai *Vilniaus* fotometrinėje sistemoje. Jų tarpe: (1) 690 žvaigždžių iki $V=13$ mag $2^\circ \times 2^\circ$ dydžio lauke; (2) 430 žvaigždžių iki $V=16-17$ mag keturiuose L935 debesies vietose; (3) 620 žvaigždžių aplink padrikąjį spiečių NGC 6997 ir (4) 860 žvaigždžių aplink galimą padrikąjį spiečių Collinder 428.
3. Tarpžvaigždinės ekstinkcijos dėsnis nustatytas iš 15 stipriai parausvėjusių žvaigždžių, esančių abėjuose ūkuose bei juos skiriančiame dulkių debesyje. Metodas remiasi O-B klasių žvaigždžių spalvos ekscesais *Vilniaus* fotometrinėje sistemoje, žinant šių žvaigždžių spektrines klases MK sistemoje.
4. Daugumai stebėtų žvaigždžių *Vilniaus* fotometrinėje sistemoje nustatytos jų spektrinės ir šviesio klasės, spalvos ekscesai, tarpžvaigždinė ekstinkcija ir nuotoliai. Vėliau šios žvaigždės buvo naudotos tiriant tarpžvaigždinės ekstinkcijos priklausomybę nuo nuotolio keliomis kryptimis ūkuose ir juos skiriančiame dulkių debesyje.
5. *Vilniaus* fotometrinės sistemos absoliutaus ryškio M_V ir spalvos rodiklio $Y-V$ diagramoje nustatyta nulinio amžiaus Saulės metalingumo pagrindinės sekos padėtis. Kalibracija paremta fotoelektriniais Hiadu, Sietyno ir Prakarto padrikųjų

spiečių ir Oriono OB1 asociacijos žvaigždžių stebėjimais. Teorinė 10 milijonų metų amžiaus žvaigždžių Victoria-Regina modelio isochrona gerai tinka spiečių žvaigždžių pagrindinei sekai.

6. Nuotolis iki padrikajo spiečiaus NGC 6997 nustatytas dviem būdais: (1) pritaikant teorinę izochroną prie fotometrinių matavimų, gautas 790 pc nuotolis ir (2) suvidurkinus individualiai nustatytus nuotolius 50-čiai tikimiausių spiečiaus narių, gautas 780 pc nuotolis. Vidutinė tarpžvaigždinė ekstinkcija iki spiečiaus yra $A_V = 1.92$ mag. Aproximuojant milžines ir pagrindinę seką teorinėmis izochonomis M_V ir $B - V$ diagramoje nustatytas šio spiečiaus amžius – 350 milijonų metų.
7. *Vilniaus* fotometrinėje sistemoje išmatuoti ryškiai ir spalvos rodikliai 860 žvaigždžių iki $V=16.7$ mag aplink galimą padrikąjį spiečių Collinder 428. Iš jų, 290-čiai žvaigždžių nustatytos spektrinės klasės, spalvos ekscesai, tarpžvaigždinė ekstinkcija ir nuotoliai. Pagal ekstinkcijos priklausomybę nuo nuotolio nustatyta, kad dulkių debesis prasideda už 540 parsekų, t.y. sutampa su dulkių debesies L935 nuotoliu. Mūsų gauti duomenys rodo kad Collinder 428 nėra padrikasis spiečius, o tik properša dulkių debesyje.
8. Pagal $J-H$ ir $H-K_s$ spalvos rodiklius identifiukuota 13 infraraudonųjų žvaigždžių, kurių spalvos rodikliai labai panašūs į stipriai parausvėjusių O spektrinės klasės žvaigždžių spalvos rodiklius. Tikėtina kad bent keturios ar penkios iš jų galėtų būti Šiaurės Amerikos ir Pelikano ūkų jonizacijos šaltiniai. Jei jos iš tikrųjų yra O spektrinės klasės, tai V spektro srityje tarpžvaigždinė ekstinkcija iki jų būtų $A_V = 16 - 35$ mag.
9. Iš mūsų stebėjimų buvo atrinkta 40 žvaigždžių su įtariama $H\alpha$ emisija, dauguma jų taip pat rodo infraraudonuosius ekscesus. Keturios iš jų yra žinomos jaunos žvaigždės, dar nepasiekusios pagrindinę seką. 2009 metais 19-oje iš jų $H\alpha$ emisija buvo patvirtinta spektroskopiniais stebėjimais (straipsnis ruošiamas spaudai).

6.2. Išvados

1. Pritaikius naują metodiką, įmanoma sistematines paklaidas *Vilniaus V* ryškyje sumažinti iki 1–2% visame 20' teleskopo regėjimo lauke. Tai rodo jog galima redukuoti CCD matavimus tikslumu, pakankamu gauti dvimatei klasifikacijai MK sistemoje.
2. Spiečiui M67 *Vilniaus* fotometrinėje sistemoje sudarytos labai tikslios HR diagramos, kuriose puikiai matomos evoliucijos greičio kitimų sukeltos pagrindinės sekos spragos. Jos gali būti panaudotos tiriant žvaigždžių evoliuciją ir dvinarės žvaigždes šiame spiečiuje.
3. Tarpžvaigždinės ekstinkcijos dėsnis Šiaurės Amerikos ir Pelikano ūkuose ir dulkių debesyje L935 yra panašus į dėsnį, kuris galioja žymiai platesnėje Gulbės žvaigždyno dalyje. Nuo normalaus ekstinkcijos dėsnio jis skiriasi tuo, kad ultravioletiniame ir violetiniame spektro ruožuose kiek stipriau sugeria šviesą.
4. Dulkių debesis L935, skiriantis Šiaurės Ameriką ir Pelikaną, prasideda už 520 ± 50 pc nuo Saulės.
5. Padrikasis spiečius NGC 6997 nėra susijęs su Šiaurės Amerikos ir Pelikano žvaigždėdaros sritimi – jis yra gerokai toliau ir yra daug didesnio amžiaus.

PUBLIKUOTI DARBAI:

1. Straižys V., Corbally C. J., Laugalys V. 1999, "Interstellar Extinction Law in the Vicinity of the North America and Pelican Nebulae", *Baltic Astronomy*, 8, 355
2. Laugalys V., Straižys V. 2002, "CCD Photometry and Classification of Stars in the North America and Pelican Nebulae Region. I. Molėtai Photometry", *Baltic Astronomy*, 11, 205
3. Laugalys V., Kazlauskas A., Boyle R. P., Vrba F. J., Philip A. G. D., Straižys V. 2004, "CCD Photometry of the M67 Cluster in the Vilnius System. II. New Photometry of High Accuracy", *Baltic Astronomy*, 13, 1
4. Laugalys V., Straižys V., Vrba F. J., Boyle R. P., Philip A. G. D., Kazlauskas A. 2006, "CCD Photometry and Classification of Stars in the North America and Pelican Nebulae Region. II. The Region of NGC 6997", *Baltic Astronomy*, 15, 327
5. Laugalys V., Straižys V., Vrba F. J., Boyle R. P., Philip A. G. D., Kazlauskas A. 2006, "CCD Photometry and Classification of Stars in the North America and Pelican Nebulae Region. III. The Dark Cloud L935", *Baltic Astronomy*, 15, 483
6. Kazlauskas A., Straižys V., Bartašiūtė S., Laugalys V., Černis K., Boyle R. P., Philip A. G. D. 2006, "Zero-age Main Sequence in the HR Diagram of the Vilnius Photometric System", *Baltic Astronomy*, 15, 511
7. Laugalys V., Straižys V., Vrba F. J., Černis K., Kazlauskas A., Boyle R. P., Philip A. G. D. 2007, "CCD Photometry and Classification of Stars in the North America and Pelican Nebulae Region. IV. The Region of a Supposed Cluster Collinder 428", *Baltic Astronomy*, 16, 349
8. Straižys V., Corbally C. J., Laugalys V. 2008, "2MASS Two-color Interstellar Reddening Line in the Direction of the North America and Pelican Nebulae and the Cyg OB2 Association", *Baltic Astronomy*, 17, 125
9. Straižys V., Laugalys V. 2008, "O-like Stars in the Direction of the North America and Pelican Nebulae", *Baltic Astronomy*, 17, 143
10. Straižys V., Laugalys V. 2008, "2MASS Two-color Interstellar Reddening Lines in the Inner Galaxy", *Baltic Astronomy*, 17, 253

Pranešimai tarptautinėse konferencijose:

1. Laugalys V. "Vilnius, 2MASS and IRAS Data Together", in the Stromvil workshop, Krakow, Poland, 2008 September 11
2. Laugalys V. "An Experience with Aperture and PSF Reductions of CCD Exposures from Flagstaff", in Stromvil workshop, Molėtai, 2006 August 28 - September 9
3. Boyle R. P., Janusz R., Philip A.G.D., Laugalys V., Kazlauskas A. "CCD Flatfielding for Stromvil Photometry in M67", in the American Astronomical Society Meeting 207, #29.06; Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 37, p.1212, 2005
4. Boyle R. P., Janusz R., Philip A.G.D., Laugalys V. "Automation and Iteration Methods for Processing CCD Stellar Photometry in the Stromvil System", in the American Astronomical Society Meeting 205, #153.02; Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 36, p.1602, 2004
5. Straizys V., Zdanavičius J., Zdanavičius K., Laugalys V., Kazlauskas A., Černis K., Boyle R. P., Philip A.G.D. "Interstellar Extinction in the MBM 12 Molecular Cloud Area in Aries", American Astronomical Society Meeting 205, #59.04; Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 36, p.1439, 2004
6. Laugalys V., Boyle R.P., Kazlauskas A., Vrba F. J., Philip A., G., D., Straizys V., "Accuracy of CCD Photometry: Open Cluster M67" in Dynamical and Chemical Evolution of Galactic Star Clusters, Taiwan, Chung-Li, National Central University, 2003 November 24 - 28
7. Laugalys V., Boyle R. P., Kazlauskas A., Vrba F. J., Philip A.G.D., Straizys V. "Large-Scale Errors in CCD Photometry of M67" in Stellar Photometry: Past, Present and Future, Lithuania, Vilnius 2003 September 17-20
8. Boyle R. P., Janusz R., Philip A.G.D., Kazlauskas A., Laugalys V. "Flatfielding Errors in Stromvil CCD Photometry" in Stellar Photometry: Past, Present and Future, Lithuania, Vilnius, 2003 September 17-20
9. Boyle R. P., Janusz R., Laugalys V., Philip A.G.D., "CCD Flatfield Correction by Differential Stellar Photometry: Automated Methods", in the American Astronomical Society Meeting 203, #04.02; Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 35, p.1207, 2003
10. Boyle R. P., Laugalys V., Philip A.G.D., "Flatfield Correction by Differential CCD Photometry in M67", in American Astronomical Society Meeting 201, #91.09; Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 34, p.1257, 2002
11. Corbally C., Straizys V., Laugalys V. "Interstellar Extinction Law in the Vicinity of the North America and Pelican Nebulae", in the American Astronomical Society Meeting 195, #74.01; Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 31, p.1478, 1999

LITERATŪRA

- Cambrésy L., Beichman C. A., Jarrett T. H., Cutri R. M. 2002, AJ, 123, 2559
- Comerón F., Pasquali A. 2005, A&A, 430, 541
- Dias W. S., Assafin M., Florio V., Alessi B. S., Libero V. 2006, A&A, 446, 949
- Downes D., Rinehart R. 1966, ApJ, 144, 937
- Fan X. H., Burstein D., Chen J.-S. et al. 1996, AJ, 112, 628
- Girardi L., Bressan A., Bertelli G., Chiosi C. 2000, A&AS, 141, 371
- Herbig G. H. 1958, ApJ, 128, 259
- Herbig G. H., Bell K. R. 1988, *Third Catalog of Emission-Line Stars of the Orion Population*, Bull. Lick Obs., No. 1111
- Kazlauskas A., Straižys V., Bartašiūtė S., Laugalys V., Černis K., Boyle R. P., Philip A. G. D. 2006, Baltic Astronomy, 15, 511
- Laugalys V., Kazlauskas A., Boyle R. P., Vrba F. J., Philip A. G. D., Straižys V. 2004, Baltic Astronomy, 13, 1
- Laugalys V., Straižys V., Vrba F.J., Boyle R. P., Philip A. G. D., Kazlauskas A. 2006, Baltic Astronomy, 15, 327
- Marcy G. W. 1980, AJ, 85, 230
- Momány Y., Vandame B., Zaggia S. et al. 2001, AA, 379, 436
- Montgomery K. A., Marschall L. A., Janes K. A. 1993, AJ, 106, 181
- Straižys V. 1992, *Multicolor Stellar Photometry*, Pachart Publ. House, Tucson, Arizona
- Straižys V., Corbally C. J., Laugalys V. 1999, Baltic Astronomy, 8, 355
- Straižys V., Eimontas A., Sūdžius J., Bartašiūtė S., Černis K. 1998, Baltic Astronomy, 7, 589
- Straižys V., Kazlauskas A. 1993, Baltic Astronomy, 2, 1
- Tsvetkov M. K. 1975, Astrofizika, 11, 579
- Welin G. 1973, AAS, 9, 183
- Wendker H. J. 1968, Z. Astrophys., 68, 368
- Westerhout G. 1958, Bull. Astron. Inst. Netherlands, 14, 215
- Wolf M. 1925, Astron. Nachr., 223, 89

YOUNG STARS AND INTERSTELLAR EXTINCTION IN THE NORTH AMERICA AND PELICAN NEBULAE

Summary

A Milky Way region in the direction of the North America and Pelican nebulae at the Galactic longitudes 83° – 87° is investigated using CCD photometry of 2600 stars in the seven-color *Vilnius* photometric system. For these stars photometric two-dimensional types (in the MK system), color excesses, interstellar extinctions and distances are determined. These data are used to investigate the interstellar extinction law, the dependence of interstellar extinction on distance, to search for emission line stars and to investigate open clusters in the area.

The thesis contains six sections and Appendix.

Section 1 describes the choice of the area for investigation and of Galactic structure in this direction.

Section 2 describes the applied methods of CCD observations, data reductions and photometric classification of stars. A method, which significantly reduces systematic errors in the CCD data, has been developed. CCD photometry of 690 stars brighter than about 13.2 mag has been obtained in the wide area of $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ region. Within and around this region in six smaller areas of 20' in diameter (4 in L935 dark cloud, NGC 6997 and Collinder 428) 2600 stars were observed with CCD camera down to the limiting magnitude of 16–17 mag.

In Section 3 the investigation of the interstellar extinction law and the interstellar extinction run with distance in the dust clouds are described. 15 stars of spectral types B0–B5 were used to determine interstellar extinction law in the investigated area. The run of interstellar extinction with distance is investigated. The distance to the L935 dark cloud, which separates North America and Pelican nebulae, is found to be 520 ± 50 pc.

Section 4 describes the search of young stellar objects and possible ionizing sources of the nebulae. About 40 stars in the L935 cloud, mostly K and M dwarfs, are suspected to have $H\alpha$ emission. Four or five stars are found to have a considerable probability of being O-type stars, contributing to the ionization of North America and Pelican.

Section 5 describes two open clusters, their properties and relation to North America and Pelican nebulae. A distance to the open cluster NGC 6997 is found to be 780 pc, the average value (for 50 probable cluster members) of interstellar extinction $A_V = 1.92$ mag and its age of 3.5×10^8 yr. It is found that Collinder 428 is not a real cluster but just a window among dust clouds.

Section 6 gives the main results and conclusions:

1. The application of the new method for determining of flatfielding corrections in the Flagstaff CCD exposures shows that large-scale errors in *Vilnius* V filter across the field of 20' do not exceed 1 – 2%. This proves that our method allows us to reduce CCD data with high accuracy.
2. High accuracy HR diagrams of the cluster M67 in *Vilnius* system are plotted. They can be used for investigation of stellar evolution and binary stars in the cluster.

3. The interstellar extinction law in the North America and Pelican area is similar to the law for a much wider area in Cygnus. It differs from the normal law by exhibiting somewhat stronger extinction in the violet and the near ultraviolet spectral regions.
4. The L935 dark cloud, which separates North America and Pelican nebulae, begins at a distance of 520 ± 50 pc from the Sun.
5. The open cluster NGC 6997 has no genetic relation to the star-forming region in the North America and Pelican nebulae being located behind it.

The Appendix gives the photometric data for all measured stars and their physical parameters determined in this investigation.

Trumpos žinios apie autorių

Vygandas Laugalys gimė 1972 m. sausio 17 d. Vilniuje. 1995 m. baigė Vilniaus Universiteto Fizikos fakultetą (astrofizikos specializaciją). 1995 m. įstojo į TFAI doktorantūrą. Nuo 2000 m. dirbo asistentu. 2002 m. priimtas TFAI Astronomijos observatorijos jaunesnioju mokslo darbuotoju. Šiose pareigose dirba ir dabar. Aktyviai dalyvauja CCD fotometrijos, žvaigždžių klasifikacijos, tarpžvaigždinės ekstinkcijos, žvaigždžių spiečių ir Galaktikos struktūros tyrimuose. Dirbo šiose užsienio observatorijose: Stiuardo (JAV, Arizona), Vatikano (JAV, Arizona) ir JAV laivyno stebėjimų stotyje Flagstafe (JAV, Arizona). 2001–2002 m. gavo fondo “World Federation of Scientists & International Center for Scientific Culture” stipendiją jaunam mokslininkui už temą “Artimų Žemei objektų astrometrija ir fotometrija” (“Astrometry and Photometry of Near-Earth Objects”). 2002–2005 m. dalyvavo Taivanie-Baltijos šalių padrikųjų žvaigždžių spiečių tyrimo projekte.