

С. Л. Парновский, д-р физ.-мат. наук,
Астрономическая обсерватория Киевского университета имени Тараса Шевченко

МЕТРИКА ОДНОРОДНОЙ КОСМОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТИПА I ПО БИАНКИ С ПРОИЗВОЛЬНЫМ УРАВНЕНИЕМ МАТЕРИИ

Найдена метрика однородной космологической модели типа II по Бианки с произвольным уравнением материи, заполняющей Вселенную.

S. L. Parnovsky, Dr. Sci,
Astronomical observatory of National Taras Shevchenko University of Kyiv

METRIC OF THE HOMOGENEOUS ANISOTROPIC MODEL OF BIANCHI TYPE I WITH AN ARBITRARY EQUATION OF STATE

We find the metric of the homogeneous anisotropic model of Bianchi type II with an arbitrary equation of state. Its particular cases are the Kasner metric, the Heckmann-Schücking one and the metric with the cosmological constant.

УДК 521.9

П. Лазоренко, канд. фіз.-мат. наук,
В. Карбовський, наук. співроб.,
Л. Свачій, канд. фіз.-мат. наук,
ГАО НАН України,
М. Буромський, інж.,
С. Кас'ян, інж.
КНУ імені Тараса Шевченка, Київ

АСТРОМЕТРИЧНИЙ ОГЛЯД НЕБА В ЗОНІ $+2^{\circ}$ – $+5.5^{\circ}$ ОТРИМАНИЙ НА ТЕЛЕСКОПІ МАК

Приводиться опис попередніх результатів астрометричного огляду неба на комплексі МАК в період 2010–2014 рр., який проводився спільно Головною астрономічною обсерваторією НАН України та Астрономічною обсерваторією Київського національного університету імені Тараса Шевченка. За 118 ночей спостережень отримано біля 6 млн. зображень небесних об'єктів до 17^m в фільтрі V для екваторіальної зони $\delta = +2.0^{\circ} \pm 5.5^{\circ}$. Отримано попередній каталог положень КМАС2.0. За оцінками внутрішньої точності положень зір становить 50–90 мілісекунд дуги для зір $V < 14^m$ та 80–250 мілісекунд дуги для зір $14^m < V < 16^m$.

Ключові слова: ПЗЗ спостереження, астрометричний каталог зір, фотометрія зір.

Вступ. В 2010 році була продовжена довготермінова програма спостережень зірок на астрометричному комплексі МАК з новою ПЗЗ-камерою Aropgee Alta U47 в екваторіальній зоні неба ($\delta = 2.0^{\circ} + 5.5^{\circ}$) з 4-кратним переkritтя [1, 3] (рис. 1). Вона була розпочата в 2002 році з метою створення опорного астрометричного каталогу. Програма має на меті поширення опорної системи Hipparcos-Tycho на зорі до $V = 17^m$, та отримання їх фотометричних характеристик. Створення вказаного каталогу є важливою проблемою, актуальність якої зберігається і надалі до отримання нових каталогів за допомогою космічних місій, таких, наприклад, як GAIA [2].

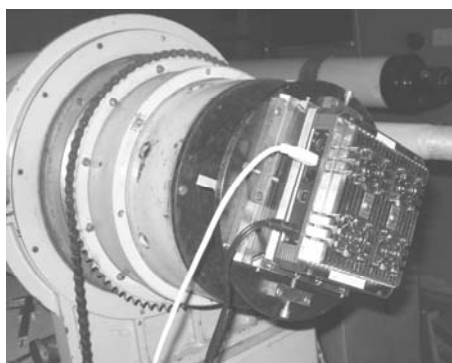


Рис. 1. ПЗЗ-камера Aropgee Alta U47 встановлена на МАК в 2010 р.

За період роботи комплексу з 2010 по 2014 рр. було проведено 118 ночей спостережень, отримано біля 35000 знімків неба розміром $19.3' \times 19.3'$ в екваторіальній зоні ($\delta = +2.0^{\circ} + 5.5^{\circ}$) та створений архів спостережень, що має об'єм близько 72 Гб, та містить біля 6 млн. зображень об'єктів.

Обробка ПЗЗ-зображень зоряних полів на МАК. Проведена обробка спостережуваних даних, включала в себе підготовку великого комплексу комп'ютерних програм для здійснення цілого ряду операцій, таких як фільтрація шумів знімків неба, врахування плоского поля (flat-fielding), виявлення зображень зір на ПЗЗ-кадрах, ототожнення опорних зір, обчислення інструментальних координат та зоряних величин, внесення інструментальних редукцій, контроль наявності систематичних похибок, залежних від зоряної величини, редукція до екваторіальних координат.

Етапи обробки даних, та створення каталогу положень КМАС2.0 показані на рис. 2.

Для підвищення ймовірності виявлення гранично слабких зірок $16-17^m$, відліки інтенсивності пікселів згладжувались фільтром 3×3 і як критерій виявлення зірки було прийнято величину перевищення усередненого відліку над фоном на 1.1σ , де σ – середньоквадратична величина флуктуації фону у не згладженому зображенні. Проте деякі флуктуації фону помилково реєструвались як дійсні зірки. Кількість таких фіктивних зірок різко зростала при гранично слабких зображеннях зірок.

Також суттєвий вклад в кількість фіктивних зірок вносили різного роду артефакти на знімках неба (рис. 3а, б, в, г).

В ПЗЗ-камері Aropgee Alta U47 відсутній антиблумінг, тому зображення зірок яскравіших 8.5^m "розтікалось" по стовпцям і строкам ПЗЗ-матриці із-за переповнення зарядових пакетів, даючи велику кількість фіктивних зірок (рис. 3а). Також різного роду блики (рис. 3б,в) та сліди від мікрометеоритів (рис. 3г) поповнювали список фіктивних зірок.

На останньому етапі створення каталогу виконувалась крос-ідентифікація з каталогом NOMAD [4] з метою вилучення фіктивних зірок від цих артефактів, можливих у випадку одиначної реєстрації зображення.

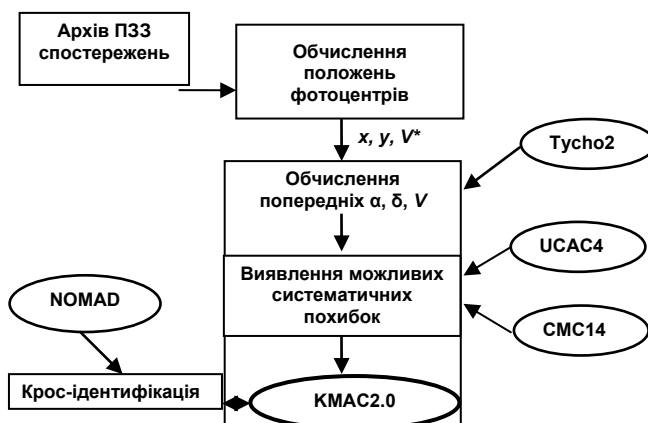


Рис. 2. Основні етапи створення каталогу

Положення фотоцентрів x, y виявлених зірок та їх інтенсивності V^* обчислювались апроксимацією відліків пікселів двомірним Гаусовим профілем. У випадку розходження ітераційних обчислень (при відхиленнях форми профілю від зіркоподібного), використовувався метод зваженого центра мас. Профілі зображень яскравих зірок мають, симетричну форму по координаті Y та X з типовим Гаусовим параметром розмиття $\sigma=1,3-2,2$ пікселя, що відповідає розміру зображень $\text{FWHM} = 2,9''-5,1''$.

Після виявлення фотоцентрів зображень здійснювались обчислення ПЗЗ координат та їх інструментальних зоряних величин, ототожнення опорних зірок Tycho2, обчислення екваторіальних координат, контроль систематичних похибок положень каталогу шляхом порівняння з іншими каталогами.

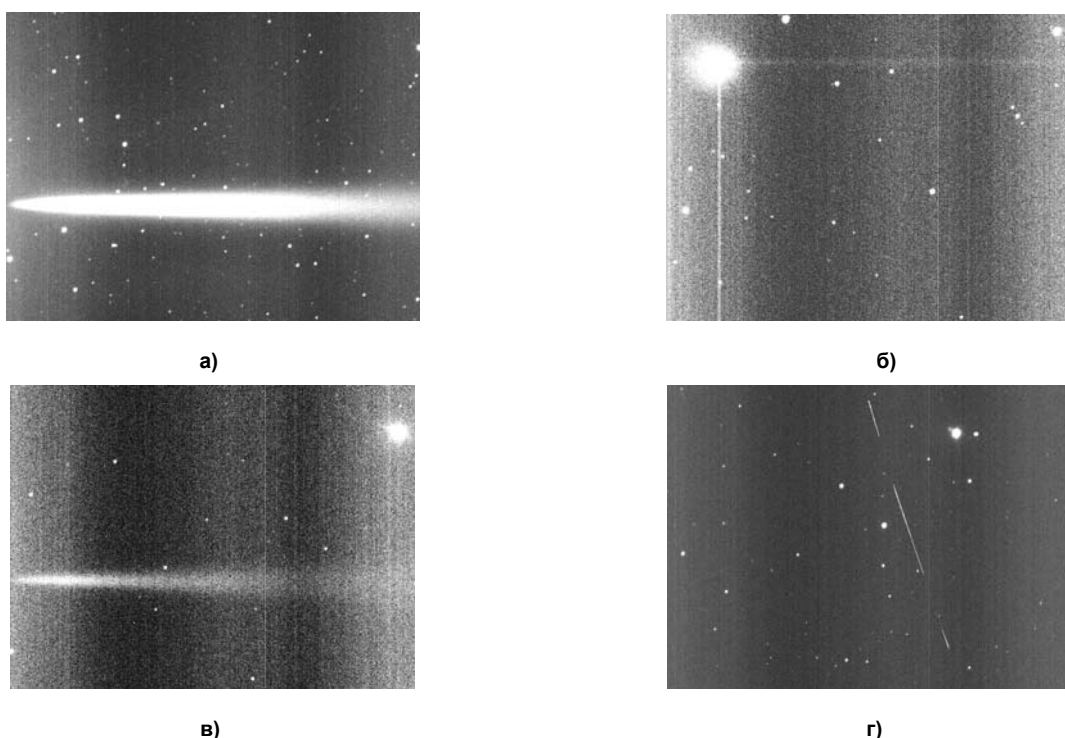


Рис. 3. Артефакти на знімках неба

Редукція до ICRF. Під час обробки скановані ділянки неба розбивались на окремі полоски таким чином, щоб на кожній з них містилось від 20 до 40 зірок опорного каталогу Tycho2 [5]. Після ототожнення з цим каталогом виконувалось порівняння вимірних координат фотоцентрів x, y з тангенційними координатами по формулам зв'язку:

$$\xi = (\alpha_T - \alpha_0) \cos \delta_0 \quad (1)$$

$$\eta = \text{tg}(\delta_T - \delta_0)$$

що відповідають TDI режиму спостережень біля екватора: де α_T, δ_T – положення зірки по каталогу Tycho2; α_0, δ_0 – координати центру сканованої області неба. Використовувалась модель перетворення координат

$$\xi = y + A_0 + A_1 y + \dots + A_n y_n + Bx \quad (2)$$

$$\eta = x + C_0 + C_1 y + \dots + C_n y_n + Dx$$

Найкращі результати з мінімальними нев'язками різниць $y-\xi$ та $x-\eta$ досягнуті при $n = 6$. З коефіцієнтами A, B, C, D редукційної моделі (2) були обчислені координати ξ, η вимірних фотоцентрів всіх зірок, з наступним перетворенням в α, δ по формулам, оберненим до (1).

Порівняння положень (α, δ) отриманого каталогу КМАС2.0 з каталогами UCAC4 [7,8] та СМС14 [6] дало в систематичному відношенні близькі результати. Середньоквадратичні величини різниць "КМАС2.0 – UCAC4" та "КМАС2.0 – СМС14" характеризують похибки положень каталогу КМАС2.0 по зовнішній узгодженості, а систематичні складові цих різниць можуть вказувати на систематичні похибки нашого каталогу. Як видно з графіків (рис. 4а, б та рис. 5а, б) амплітуда систематичних похибок положень незначна і не враховувалась в кінцевому варіанті КМАС2.0.

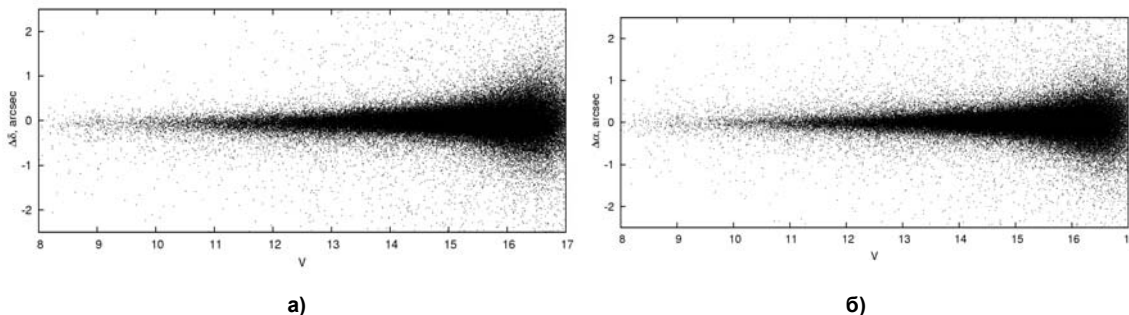


Рис. 4. Порівняння положень (α, δ) каталогу КМАС2.0 з UCAC4

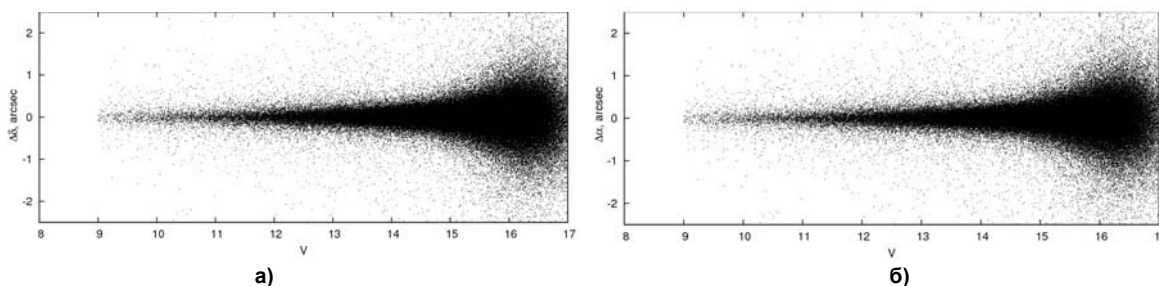


Рис. 5. Порівняння положень (α, δ) каталогу КМАС2.0 з СМС14

Похибки положень σ'_α і σ'_δ одного спостереження в залежності від V приведені в лівій частині табл.1. В її правій стороні приведені ймовірні похибки каталогу σ_α і σ_δ .

Таблиця 1. Похибки одного спостереження σ' , похибки каталогу σ по внутрішній узгодженості і кількість зірок каталогу в данному інтервалі зоряних величин N

V	N	σ'_α	σ'_δ	σ_α	σ_δ
8	343	0.101"	0.105"	0.069"	0.071"
9	2434	0.098	0.095	0.067	0.065
10	6009	0.093	0.094	0.063	0.064
11	14133	0.095	0.094	0.065	0.064
12	31031	0.110	0.109	0.076	0.075
13	66063	0.128	0.129	0.087	0.088
14	137161	0.156	0.157	0.106	0.107
15	260387	0.232	0.233	0.160	0.161
16	60837	0.503	0.484	0.346	0.334
17	253707	0.817	0.922	0.563	0.635

В табл. 2 приведені верхні оцінки похибок положень σ_α і σ_δ каталогу по зовнішній узгодженості отримані із порівняння з UCAC4.

Таблиця 2. Похибки каталогу КМАС2.0 по зовнішній узгодженості

V	σ_α	σ_δ	σ_V
8	0.162"	0.167	0.737 ^m
9	0.154	0.159	0.352
10	0.147	0.154	0.122
11	0.139	0.146	0.119
12	0.139	0.144	0.132
13	0.137	0.141	0.152
14	0.151	0.152	0.202
15	0.258	0.260	0.251
16	0.619	0.621	0.345
17	0.953	0.960	0.492

Отриманий попередній каталог положень КМАС2.0 містить 1 млн. 750 тис. зірок, розповсюджує опорну систему Tycho-Hipparcos до граничної зоряної величини МАК $V = 17$ mag і забезпечує середню щільність біля 1400 зірок на квадратний градус, що значно більше ніж 1–5 зірок Tycho2.

Список використаних джерел

1. Карбовський В.Л., Лазоренко П.Ф., Андрук В.М., Клецюнок В.В., М.О. Литвин, К.О. Богатирьов, Денисюк О.В. Київський меридіанний аксіальний круг з новою ПЗЗ-камерою. // Кінематика і фізика небесних тіл. 2011 р. т. 27, N 4, С. 66–74.
2. Jordan S. The Gaia Project – technique, performance and status // Astronomische Nachrichten. – 2008. – Vol. 329. – P. 875.
3. П.Ф. Лазоренко, В.Л. Карбовський, М.І. Буромський, С.І. Касьян, Л.М. Свачий. Астрометричний каталог зірок в екваторіальній зоні КМАС2. // Кінематика і фізика небесних тіл. 2015 р. т. 31, N 5, с. 61–71.
4. Zacharias N., Monet D.G., Levine S., Urban S., Gaume R., et al. NOMAD Catalog // VizieR On-line Data Catalog, I/297, (Zacharias+ 2005).
5. Høg E, Fabricius C., Makarov V.V. et al. The Tycho-2 Catalogue of the 2.5 million brightest stars // Astron. and Astrophysics – 2000. – 355, – L27–30.
6. Carlsberg Meridian Catalog 14 // <http://cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/Cat?I/304>. – 2006.
7. Zacharias N., Finch C.T., Girard T.M., et al. The fourth US Naval Observatory CCD astrophotography catalogue (UCAC4) // Astron. J. – 2013. – 145, № 6, P. 44–49.
8. Norbert Zacharias, Charlie Finch, Marion Zachari, Terry Girar UCAC4 status AAS 218, Boston, May 2011

Надійшла до редколегії 10.10.15

П. Лазоренко, канд. фіз.-мат. наук
В. Карбовський, научн. сотр.,
Л.Свачий, канд. фіз.-мат. наук
ГАО НАН України, Київ,
Н. Буромський, вед. инж.,
С. Касьян, инж.
КНУ імені Тараса Шевченка, Київ

АСТРОМЕТРИЧЕСКИЙ ОБЗОР НЕБА В ЗОНЕ $+2^{\circ} - +5.5^{\circ}$ ПОЛУЧЕННЫЙ НА ТЕЛЕСКОПЕ МАК

Приведено описаніе предварительных результатов астрометрического обзора неба на комплексе МАК за период 2010–2014 гг., который проводился совместно Главной Астрономической обсерваторией НАН Украины и Астрономической обсерваторией Киевского национального университета имени Тараса Шевченко. За 118 ночей наблюдений получено около 6 млн изображений небесных объектов до 17^m в фильтре V для экваториальной зоны $\delta = +2^{\circ} + 5.5^{\circ}$. Получен предварительный каталог положений КМАС2.0. По оценкам внутренняя точность положений звезд составляет 50–90 миллисекунд дуги для звезд $V < 14^m$ и 80–250 миллисекунд дуги для звезд $14^m < V < 16^m$.

Ключевые слова: ПЗС наблюдения, астрометрический каталог звезд, фотометрия звезд.

P. Lazorenko, Ph. D. in Phys. and Math. Sci.
V. Karbovsky, Researcher,
L. Svachiy, Ph. D. in Phys. and Math. Sci.
MAO NAS of Ukraine, Kyiv,
M. Buromsky, Principal Eng.,
S. Kasyan. Eng.
Taras Shevchenko National University of Kyiv

ASTROMETRIC SKY SURVEY OF THE ZONE $+2^{\circ} - +5.5^{\circ}$ WITH THE TELESCOPE MAC

We describe the results of the astrometric sky survey with the telescope MAC which was performed in 2010–2014 by the Main Astronomical observatory of NAS of Ukraine and Astronomical observatory of Taras Shevchenko Kiev national University. We obtained about 6 million of images of the sky objects to 17^m in equatorial zone $\delta = +2^{\circ} + 5.5^{\circ}$. All images were obtained during 188 night observational series with use of V-band filter. Now we obtained the preliminary version of KMAS2.0 catalogue. We estimate that precision of positions for bright $V < 14^m$ stars is 50–90 milli-arcsecond and for fainter $14^m < V < 16^m$ stars it is about 80–250 milli-arcsecond.

Keywords: CCD observation, astrometric catalogue of star, star photometry.

УДК 524.7

С. Парновський, докт. фіз.-мат. наук,
І. Ізотова, канд. фіз.-мат. наук

Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Тараса Шевченка

КОМПАКТНІ ГАЛАКТИКИ ВИСОКОЇ СВІТНОСТІ: АПРОКСИМАЦІЇ ФУНКЦІЇ СВІТНОСТІ LOG-НОРМАЛЬНИМ РОЗПОДІЛОМ ТА ФУНКЦІЄЮ САНДЕРСА

На основі даних про випромінювання вибірки близько 800 компактних галактик високої світності в ультрафіолетовому континуумі та рекомбінаційній лінії H α у зонах іонізованого водню розглянуто функцію світності. Показано, що функції світності галактик можуть бути задовільно описані log-нормальним розподілом або функцією Сандерса. Наведено параметри розподілів та їх довірчі інтервали.

Вступ. Функція світності (ФС) є дуже важливою статистичною характеристикою населення галактик. Було показано, що ФС, визначені за випромінюванням галактик у емісійній лінії H α у областях іонізованого водню (зони HII) [11] та ультрафіолетовому (УФ) діапазоні [19] задовільно описуються функцією Шехтера (ФС) [16], яка відома у математичній статистиці як гамма функція. У той же час показано, що ФС галактик, визначені за їх випромінюванням у діапазонах, які є хорошими індикаторами процесів зореутворення, – 60 мкм у далекому інфрачервоному [10, 15, 17] та радіо- [12, 18], незадовільно апроксимуються функцією Шехтера. Відхилення функцій світності досліджуваних галактик від ФС констатують у роботах [3, 9] за даними випромінювання в УФ діапазоні: спостерігається надлишок галактик високої світності.

У роботі [13] для вибірки LCGs – компактних галактик високої світності – за даними випромінювання у емісійній лінії H α у областях іонізованого водню HII та далекому і близькому ультрафіолетовому континуумі також отримано незадовільну апроксимацію функції світності функцією Шехтера в силу надлишку числа галактик на яскравому кінці (області високих світностей). Зазначимо, що цей результат було отримано з належним врахуванням під час обчис-