

УДК 004.932

МЕТОД ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОТОЖДЕСТВЛЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ЦИФРОВЫХ КАДРОВ ОДНОЙ СЕРИИ

Н. Ю. ДИХТЯР^{1*}, Я. С. МОВСЕСЯН¹, В. Е. САВАНЕВИЧ²

¹ Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, УКРАИНА

² Ужгородский национальный университет, Ужгород, УКРАИНА

*email: movsesian.iana@gmail.com

АННОТАЦИЯ В статье разработан вычислительный метод предварительного отождествления измерений цифровых кадров одной серии. Разработанный вычислительный метод предназначен для нахождения начального приближения параметров попарного соответствия (паросочетания) между двумя множествами измерений, соответствующих одной и той же области небесной сферы. Метод предварительного отождествления измерений цифровых кадров одной серии используется для последующего сложения данных кадров.

Ключевые слова: измерения кадров, цифровой кадр, предварительное отождествление, начальное приближение.

METHOD FOR IDENTIFICATION A PRELIMINARY MEASUREMENTS OF DIGITAL FRAMES OF THE ONE SERIES

M. DIKHTYAR^{1*}, YA. MOVSESIAN¹, V. SAVANEVYCH²

¹ Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, UKRAINE

² Uzhhorod National University, Uzhhorod, UKRAINE

ABSTRACT The computational method for identification a preliminary measurements of digital frames of the one series is developed. This computational method is used to determine of the initial approximation the parameters of pairwise matching between the two sets measurements that correspond to the same region of the sky. One of the most important cases for the practice of identifying is the case of mutual identification of a series of frames formed about the same time on a single telescope CCD camera without changing its angle of rotation. The position of celestial objects on the frame formed in this way, as a rule, differs only in the shift parameter (parameters turning near-zero, and the scale is the same from frame to frame). Shift parameters are common to all measurements of the two frames and characterize the relative position of the frame relative to each other on the celestial sphere, which are the required parameters matching between the two sets of measurements. In order to ensure the sustainability of the method for identification a preliminary measurements of digital frames of the one series, is performed a uniform distribution of candidates-measurements in pairwise matching on the entire frame. The preliminary identification of the series frames can be used for the subsequent addition of the data frames and for converting the coordinate measurements of the coordinate system of the current frame in the coordinate system of the base frame. The method of measurements preliminary identification of digital frames of one series is used for the subsequent addition of the data frame.

Keywords: measurements of frames, digital frame, preliminary identification, the initial approximation.

Введение

Отождествление изображений серии между собой и эталонными изображениями продолжает оставаться сложной задачей, которой посвящено большое количество работ [1, 2, 3, 4], которые, в том числе учитывают специфику предметной области решаемой задачи. Одной из таких быстро развивающихся предметных областей является разработка вычислительных методов автоматической обработки серий астрономических изображений.

Анализ литературы

В работе [1] проведен подробный анализ существующих методов отождествления цифровых изображений. Это, прежде всего, стробовые методы и методы, основанные на переборе гипотез о сочетании измерений кадра и формуляров каталога с учетом их пропуска и наличия ложных.

Кроме того, в работе [1] разработан оригинальный вычислительный метод отождествления измерений кадра с формулярами каталога. Данный метод отождествления позволяет найти попарное соответствие между совокупностью сформированных на кадре измерений и множеством объектов звездного каталога, принадлежащих той же области небесной сферы, что и сформированный кадр. Задача отождествления сведена к задаче о назначениях на двудольном графе и сформулирована следующим образом. Задано множество измерений кадра $\Omega_1 = \{\Theta_{11}, \dots, \Theta_{Q1}\}$, каждое из которых может быть отождествлено с некоторыми из формуляров каталога $\Omega_2 = \{\Theta_{12}, \dots, \Theta_{Q2}\}$. Вес отождествления измерения Θ_{j1} и формуляра Θ_{j2} при этом будет равен $\ln \alpha_{j_1 j_2}$:

$$a(\Theta_{infrj(k)}, \Theta_{jn(k)}) = \begin{cases} N_{\hat{\Theta}_{i(m)}}(\hat{\Theta}_{jn(k)}, \sum infrjn(k)), \\ \text{если в } \Omega_{frame2} \text{ есть пара } j(k), \\ C, \text{ в противном случае,} \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{где } N_{\hat{\Theta}_{i(m)}}(\hat{\Theta}_{jn(k)}, \sum infrjn(k)) = \frac{1}{(2\pi)^{N_{fr}} \det(\sum infrjn(k))} \times \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\hat{\Theta}_{i(k)} - \hat{\Theta}_{j(k)}\right)^T \Sigma_{infrjn(k)}^{-1} \left(\hat{\Theta}_{i(k)} - \hat{\Theta}_{j(k)}\right)\right), \quad (2)$$

m – номер рассматриваемой пары «измерение-формуляр»;

$i(k)$ и $j(k)$ – номера измерения кадра и формуляра каталога из m -й отождествляемой пары;

$\sum infrjn(k) = \sum catjn + \sum frin$ – суммарная корреляционная матрица ошибок параметров i -го измерения n_{fr} -го кадра по объекту, соответствующему j -му формуляру n каталога и k -ой отождествленной паре «измерение-формуляр»;

$\sum frin, \sum catjnc$ – корреляционные матрицы i -го измерения n_{fr} -го кадра и j -го формуляра n_c -го каталога.

Задача отождествления сводится к задаче о назначениях со свойством существования однозначного решения. Для этого множества измерений кадра и формуляров каталога дополняются фиктивными измерениями и формулярами так, чтобы их количество было равным. Таким образом, указанная задача о назначениях характеризуется квадратной матрицей с элементами (1), дополненной элементами $\ln C$, соответствующими парам с нулевой вероятности отождествления измерений объектов, и весом $n \ln C$, где $n \gg 1$, для вероятности отождествления фиктивных формуляров:

$$\Pi_{adj}(\Omega_{catk}) = \begin{pmatrix} \ln a_{11} & \ln a_{12} & \ln a_{13} & \ln a_{14} \\ \ln a_{21} & \ln a_{22} & \ln a_{23} & \ln a_{24} \\ \ln a_{31} & \ln a_{32} & \ln a_{33} & \ln a_{34} \\ \ln a_{41} & \ln a_{42} & \ln a_{43} & \ln a_{44} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \ln a_{11} & \ln a_{12} & n \ln C & n \ln C \\ n \ln C & \ln a_{22} & \ln a_{23} & n \ln C \\ \ln a_{31} & n \ln C & n \ln C & n \ln C \\ n \ln C & \ln a_{42} & n \ln C & n \ln C \end{pmatrix} \quad (3)$$

где $\ln a_{infrjn(k)}$ – вес отождествления пары, состоящей из i -го измерения кадра Ω_{cat1} и j -го формуляра n -го каталога Ω_{frame2} .

Можно показать, что задача о назначениях на двудольном графе сводится к такому выбору элемен-

тов столбцов квадратной матрицы по одному с каждой строки и каждого столбца, который обеспечивает максимальный суммарный вес выбранных элементов. Иными словами имеет место задача максимизации общего веса назначений:

$$\sum_{k=1}^H \ln a_{kj_2(k)} \rightarrow \max \quad (4)$$

Однако функция правдоподобия (4) является полимодальной. Предложенный в работе [1] метод отождествления, основанный на решении задачи о назначениях венгерским методом, находит экстремум критерия (4), ближайший к используемому начальному приближению. Чтобы отождествление обладало в среднем минимальными ошибками отождествления необходимо, чтобы используемое начальное приближение было в окрестности глобального максимума критерия (4).

Цель работы

Целью статьи является разработка метода предварительного отождествления, который может быть использован для получения начального приближенного решение задачи отождествления измерений кадров и формуляров звездного каталога.

Постановка задачи

Необходимо найти начальное приближение параметров попарного соответствия (паросочетания) между двумя множествами измерений, сформированных на двух кадрах и соответствующих одной и той же области небесной сферы. Одним из значимых для практики случаев отождествления является случай взаимного отождествления кадров серии, сформированных примерно в одно и то же время на одном телескопе одной ПЗС – камерой без изменения угла ее поворота. Положение небесных объектов на кадрах, сформированных таким образом, как правило, отличается только параметрами сдвига (параметры поворота околонулевые, а масштаб является неизменным от кадра к кадру). Параметры сдвига общие для всех измерений двух кадров и характеризуют взаимное расположение кадров относительно друг друга на небесной сфере, являясь искомыми параметрами паросочетания между двумя множествами измерений.

Изложение основного материала

Суть метода предварительного отождествления измерений цифровых кадров одной серии. При предварительном отождествлении измерений цифровых кадров одной серии целесообразно избежать глобального перебора паросочетаний измерений этих кадров. Для этого необходимо учесть неизменность параметров сдвига от пары к паре. При этом можно решить задачу предварительного отождествления выдвинув (перебрав) гипотезы о принадлежно-

сти измерений различных кадров одному и тому же объекту. Каждой такой гипотезе о паросочетании соответствуют оценки сдвига, условные по гипотезе о соответствии одному и тому же объекту пары «измерение-измерение» по одному измерению каждого кадра:

$$\Delta_{xi} = x_{1(i)} - x_{2(i)}; \quad (5)$$

$$\Delta_{yi} = y_{1(i)} - y_{2(i)}. \quad (6)$$

где $x_{1(i)}, y_{1(i)}, x_{2(i)}, y_{2(i)}$ – координаты измерений одного и того же i - го объекта (оценки координат объекта) на первом и втором отождествляемых кадрах в системе координат базового кадра серии.

При этом безусловной оценкой параметров сдвига между измерениями положения одного и того же объекта на различных кадрах можно считать ту условную оценку, которая соответствует гипотезе о сочетании пар измерений разных кадров с наибольшим весом. В качестве веса указанных гипотез можно использовать количество подтверждений N_{ack} . Количество подтверждений является количеством круговых областей (стробов) подтверждения, которым принадлежит (поставлено в соответствие) не менее одного измерения другого кадра. Область (стробов) подтверждения имеет наперед заданный радиус R_{rej} и центр с координатами измерения первого кадра с прибавленными к ним значениями сдвигов (5), (6).

В общем случае кадры достаточно разряжены и разнообразны в том смысле, что отдельные их части не похожи между собой. В этом предположении можно не проверять все гипотезы о сочетании измерений двух кадров. Достаточно найти первую гипотезу, в которой количество подтверждений будет выше наперед заданного минимально допустимого количества подтверждений N_{min_ack} (рис 1, 2).

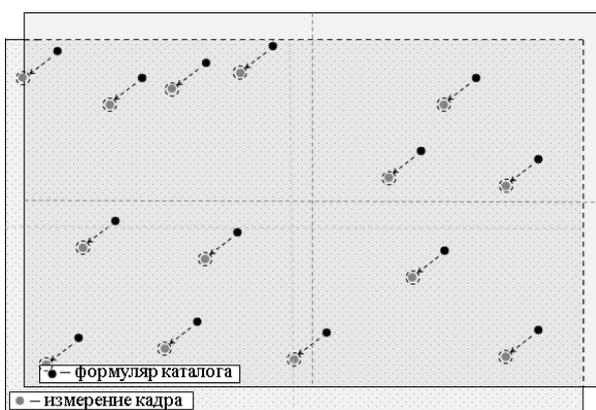


Рис. 1 – Определение параметров сдвига между измерениями кадров (правильное отождествление)

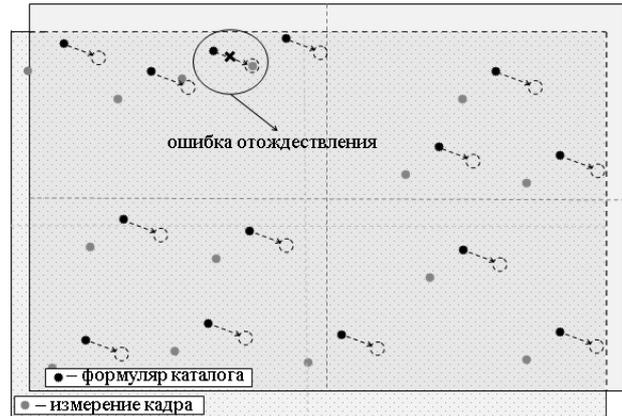


Рис. 2 – Определение параметров сдвига между измерениями кадров (неправильное отождествление)

Учет возможности формирования ложных измерений. При отождествлении кадров серии используются измерения звезд, которые имеют нулевое видимое движение. Объекты с ненулевым видимым движением (например, объекты Солнечной системы, искусственные спутники Земли) в этой связи считаются ложными. Также ложные измерения могут соответствовать артефактам изображений или выбросам шума изображений и быть сформированы из-за ошибок программы внутрикадровой обработки кадров. В предположении об отсутствии ложных измерений было бы достаточно проверить только гипотезы о соответствии одного измерения первого кадра одному измерению второго. Однако выбранное для такого исследования измерение кадра может быть ложным. Так как частоту появления ложных измерений пользователи стабилизируют на достаточно низком уровне, то вероятность того, что для проведения предварительного отождествления будут последовательно выбраны два и тем более три ложных измерения как первых объектов пар ничтожно мала. При реализации метода для поиска соответствующих измерений второго кадра используются не более трех измерений первого кадра.

Равномерное распределение измерений, используемых при предварительном отождествлении. Одним из необходимых требований к методу предварительного отождествления является его устойчивость к разного рода дестабилизирующим факторам. В первую очередь к таковым следует отнести возможное наличие на одном из кадров яркого трека искусственного спутника земли (ИСЗ), эффект перетекания заряда. При попадании в кадр яркого ИСЗ его изображение может засветить кадр, сформировав на нем большое количество ложных измерений (Рис. 3, 4). Те же последствия для предварительного отождествления имеют эффект перетекания заряда. Кроме того, изображения самых ярких звезд кадра, как правило, имеют ряд других особенностей, которые приводят к снижению показателей точности оценки их положения, что делает их нежелательными кандидатами в опорные звезды (Рис 5, 6).

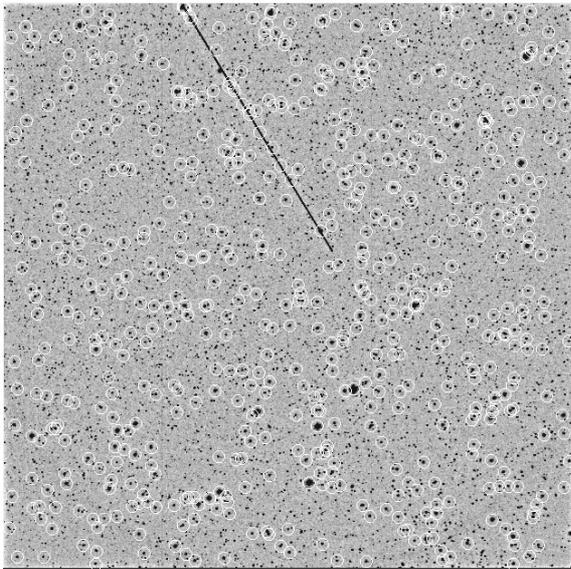


Рис. 3 – Отображение на цифровом кадре самых ярких звезд

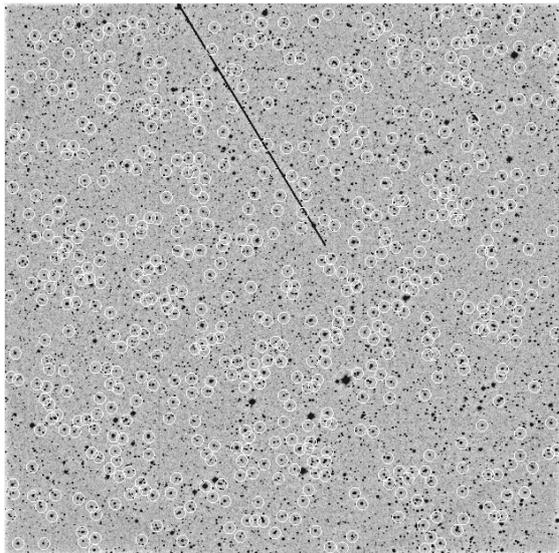


Рис. 4 – Отображение на цифровом кадре самых ярких опорных звезд

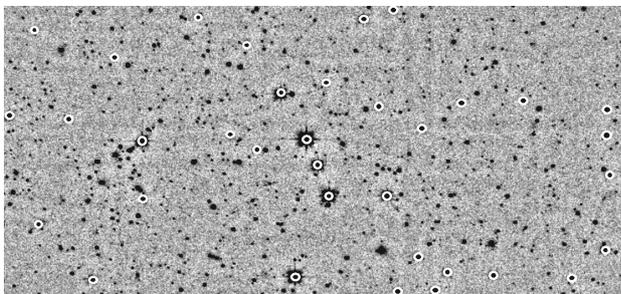


Рис. 5 – Отображение на цифровом кадре самых ярких звезд

С целью обеспечения устойчивости результатов метода предварительного отождествления кадр разбивается на наперед заданное количество областей

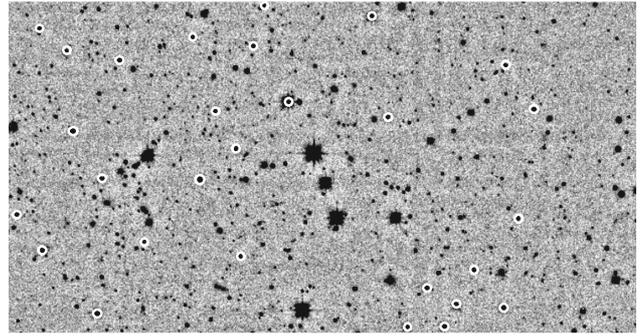


Рис. 6 – Отображение на цифровом кадре самых ярких опорных звезд

одинакового размера $M_{reg} \times M_{reg}$. Из каждой такой области выбирается одинаковое наперед заданное количество самых ярких объектов N_{mea_reg} . Таким образом, выбранные измерения будут равномерно распределены по кадру, что поможет максимально снизить вероятность ошибок предварительного отождествления. Такой выбор измерений для предварительного отождествления позволит, например, исключить из рассмотрения большое количество ярких ложных измерений вызванных перетеканием заряда большой звезды или яркого трека ИСЗ.

Финальная оценка параметров сдвига между кадрами метода предварительного отождествления цифровых кадров одной серии. Так как положения объектов на каждом кадре определяются с ошибками, то параметры сдвига, можно определить точнее, усреднив параметры сдвигов в каждой отдельной паре изображений объекта на двух кадрах:

$$\bar{\Delta}_x = \sum_{i=1}^{N_{ident}} \Delta_{xi} / N_{ident} ; \quad (7)$$

$$\bar{\Delta}_y = \sum_{i=1}^{N_{ident}} \Delta_{yi} / N_{ident} , \quad (8)$$

где N_{ident} – количество пар, используемых при оценивании параметров сдвига кадров относительно друг друга.

Вычислительный метод предварительного отождествления измерений кадров одной серии. Для формирования предварительной оценки параметров сдвига между измерениями кадров производится следующая последовательность операций.

1. Кадр разбивается на совокупность $M_{reg} \times M_{reg}$ равных по площади областей (участков). Формируется множества самых ярких измерений кадра. Для этого с каждой области выбирается равное наперед заданное количество N измерений с самыми высокими оценками яркости соответствующих им гипотетических объектов.

2. Выбирается очередное измерение из наперед выбранного множества самых ярких измерений первого кадра. Таких измерений выбирается не более

трех. Если в процессе функционирования метод в четвертый раз выходит на данный пункт (пытается выбрать четвертое измерение) производится аварийный выход из него с выдачей сообщения о сбое отождествления. Опыт говорит, что обычно это связано с большими ошибками в оценке координат привязки центра отождествляемого кадра.

3. Исследуемому измерению первого кадра ставится в соответствие очередное измерение (организуется цикл по исследуемым измерениям второго кадра) второго кадра из наперед выбранного множества измерений второго кадра. Тогда, согласно выражениям (5), (6) предварительно вычисляется условная по гипотезе о паре оценка параметров сдвига.

4. Для каждой выбранной пары (пункты 2, 3) оценивается вес очередной гипотезы о соответствии пар. Для этого каждое измерение первого кадра сравнивается с каждым измерением второго кадра. Предварительно к координатам измерений первого кадра прибавляются параметры сдвига (5), (6). На основе отклонений между измерениями первого и второго кадров определяется факт попадания измерений второго кадра в области (стробы) подтверждения.

Если достаточное количество измерений второго кадра попало в области (стробы) подтверждения, то гипотеза считается подтвержденной (переход на пункт 5). Если нет, то гипотеза о параметрах сдвига считается ложной и осуществляется переход (на пункт 3) к следующему измерению второго кадра. При исчерпании наперед выбранного множества измерений второго кадра производится переход к следующему измерению первого кадра (на пункт 2). Если и это множество исчерпано – выдается сообщение о невозможности отождествления измерений первого и второго кадров.

5. Вычисляется предварительная оценка параметров сдвига (7) и (8).

После успешного выполнения выше описанной последовательности операций, выполняется переход к решению задачи отождествления измерений двух исследуемых кадров методом максимального правдоподобия [5, 6].

При проведении исследований предполагались следующие значения констант разработанного вычислительного метода: радиус областей (стробов) подтверждения $R_{rej} = 20$ пикселей; минимально допустимое количество подтверждений $N_{min_ack} = 70\%$; количество областей одинакового размера, на которое делится кадр $M_{reg} \times M_{reg} = 4 \times 4$; количество самых ярких измерений области кадра $N_{mea_reg} = N_{mea} / M_{reg}^2 = 3$.

Выводы

В статье разработан вычислительный метод предварительного межкадрового отождествления измерений кадров одной серии. Разработанный метод

используется для получения начального приближения задачи отождествления, то есть для нахождения начального приближения параметров попарного соответствия (паросочетания) между двумя множествами измерений, сформированных на двух кадрах и соответствующих одной и той же области небесной сферы. С целью обеспечения устойчивости результатов метода предварительного отождествления, в работе производится равномерное распределение измерений-кандидатов в паросочетания по всему кадру. Предварительное отождествление кадров серии [9] может использоваться для последующего сложения данных кадров и для пересчета координат измерений из системы координат текущего кадра в систему координат базового кадра.

Список литературы

1. Дихтяр, Н. Ю. Метод отождествления астрономических измерений CCD-кадра с формулярами звездного каталога / Н. Ю. Дихтяр, Я. С. Мовсесян, В. Е. Саваневич, А. Б. Брюховецкий // *Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т»*. – X. – 2015. – Вып. 67. – С. 197-215.
2. Hogg, D. W. Automated Astrometry / D. W. Hogg, M. Blanton, D. Lang et al. // *Astronomical Data Analysis Software and Systems XVII*, R. W. Argyle, P. S. Bunclark, and J. R. Lewis, eds. – 2008. – ASP Conference Series 394. – P. 27 – 34.
3. Lang, D. Astrometry.net: Blind astrometric calibration of arbitrary astronomical images / D. Lang, D. W. Hogg, K. Mierle et. al. // *Astron.J.* – 2010. – 139:1782. – 46 p.
4. Lang, D. Measuring the undetectable: Proper motions and parallaxes of very faint sources / D. Lang, D. W. Hogg, S. Jester et. al. // *The Astronomical Journal*. – 2009. – Volume 137, Issue 5. – P. 4400-4411.
5. Einicke, G. A. Iterative Smoother-Based Variance Estimation / G. A. Einicke, G. Falco, M. T. Dunn, D. C. Reid // *Signal Processing Letters, IEEE*. – 2012. – Volume:19, Issue 5. – P. 275-278.
6. Harris, J. «Maximum Likelihood Method». Handbook of Mathematics and Computational Science. / Harris, J. W Stocker, H. // *New York: Springer-Verlag*. – 1998. – 824 p.
7. Savanevych, V. E. A new method based on the subpixel Gaussian model for accurate estimation of asteroid coordinates / V. E. Savanevych, O. B. Briukhovetskiy, N. S. Sokovikova, M. M. Bezkravnyy, I. B. Vavilova, Yu. M. Ivashchenko, L. V. Elenin, S. V. Khlamov, Ia. S. Movsesian, A. M. Dashkova, A. V. Pogorelov // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. – 2015. – T. 451 (3). – С. 3287-3298.
8. Саваневич, В. Е. Сравнительный анализ показателей точности позиционных ПЗС-измерений малых тел солнечной системы программными обеспечениями CoLiTec и Astrometrica / В. Е. Саваневич, А. Б. Брюховецкий, Ю. Н. Иващенко, И. Б. Вавилова, М. М. Безкровный, Е. Н. Диков, В. П. Власенко, Н. С. Соковикова, Я.С. Мовсесян, Н.Ю. Дихтяр, Л.В. Еленин, А.В. Погорелов, С.В. Хламов // *Кинематика и физика небесных тел* – 2015. – в печати.
9. Саваневич, В. Е. Метод сложения ПЗС-кадров с накоплением сигнала от астероида со слабым блеском и

ненулевым видимым движением на серии ПЗС-кадров / **В. Е. Саваневич, А. М. Кожухов, А. Б. Брюховецкий, В. П. Власенко** // *Системы озброєння та військова техніка*. – 2010. – Вип. 3(23). – С. 154 - 159.

Bibliography

1. **Dikhtyar, N. Yu., Movsesyan, Ya. S., Savanevich, V. E., Bryukhovetskiy, A. B.** Metod otzhdzhestvleniya astronomicheskikh izmereniy CCD-kadra s formulyarami zvezdnogo kataloga. *Otkrytye informatsionnye i komp'yuternye integrirovannye tekhnologii: sb. nauch. tr. Nats. aerokosm. un-ta im. N. E. Zhukovskogo «Khar'k. aviats. in-t»*, 2015, **67**, 197-215
2. **Hogg, D. W., Blanton, M., Lang, D.** et al. Automated Astrometry. *Astronomical Data Analysis Software and Systems XVII*, R. W. Argyle, P. S. Bunclark, and J. R. Lewis, eds., 2008, ASP Conference Series 394, 27 - 34
3. **Lang D., Hogg D.W., Mierle K. et. al.** Astrometry.net: Blind astrometric calibration of arbitrary astronomical images // *Astron.J.*, 2010, 139:1782, 46 p.
4. **Lang D., Hogg D. W., Jester S. et. al.** Measuring the undetectable: Proper motions and parallaxes of very faint sources. *The Astronomical Journal*, 2009, **137** (5), 4400-4411.
5. **Einicke, G.A., Falco, G., Dunn, M. T., Reid, D. C.** Iterative Smoother-Based Variance Estimation. *Signal Processing Letters, IEEE*, 2012, **19**(5), 275-278.
6. **Harris, J. W., Stocker, H.** «Maximum Likelihood Method». *Handbook of Mathematics and Computational Science*, New York: Springer-Verlag, 1998, 824 p.
7. **Savanevych, V. E., Briukhovetskiy, O. B., Sokovikova, N. S., Bezkrivnyy, M. M., Vavilova, I. B., Ivashchenko, Yu. M., Elenin, L. V., Khlamov, S. V., Movsesian, Ya. S., Dashkova, A. M., Pogorelov, A. V.** A new method based on the subpixel Gaussian model for accurate estimation of asteroid coordinates. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 2015, **451** (3), 3287-3298.
8. **Savanevich, V. E., Bryukhovetskiy, A. B., Ivashchenko, Yu. N., Vavilova, I. B., Bezkrivnyy, M. M., Dikov, E. N., Vlasenko, V. P., Sokovikova, N. S., Movsesyan, Ya. S., Dikhtyar, N. Yu., Elenin, L. V., Pogorelov, A. V., Khlamov, S. V.** Sravnitel'nyy analiz pokazateley tochnosti pozitsionnykh PZS-izmereniy malykh tel solnechnoy sistemy programmnyimi obespecheniyami CoLiTec i Astrometrica. *Kinematika i fizika nebesnykh tel*, 2015, v pechati.
9. **Savanevich, V. E., Kozhukhov, A. M., Bryukhovetskiy, A. B., Vlasenko, V. P.** Metod slozheniya PZS-kadrov s nakopleniem signala ot asteroida so slabym bleskom i nenulevym vidimym dvizheniem na serii PZS-kadrov. *Sistemi ozbroenya ta viys'kova tekhnika*, 2010, **3**(23), 154 - 159.

Сведения об авторах (About authors)

Диктяр Николай Юрьевич – аспирант кафедры Электронных вычислительных машин, Харьковского национально-го университета радиоэлектроники, г. Харьков, Украина; e-mail: mdihtyar@gmail.com

Диктяр Микола – postgraduate, Department of Electronic Computers, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine; e-mail: mdihtyar@gmail.com

Мовсесян Яна Самвеловна – ученая степень, ученое звание, отдел/кафедра, место работы, город; e-mail: movsesian.iana@gmail.com

Movsesian Iana – postgraduate, Department of Electronic Computers, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine; e-mail: movsesian.iana@gmail.com

Саваневич Вадим Евгеньевич – д.т.н., профессор, кафедра информационных управляющих систем и технологий, Ужгородский национальный университет, Ужгород; e-mail: vadym@savanevych.com

Savanevych Vadym – Doctor of Engineering sciences, professor department of informative and operating systems and technologies, Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine; e-mail: vadym@savanevych.com

Пожалуйста ссылаетесь на эту статью следующим образом:

Диктяр, Н. Ю. Метод предварительного отождествления измерений цифровых кадров одной серии / **Н. Ю. Диктяр, Я. С. Мовсесян, В. Е. Саваневич** // *Вестник НТУ «ХПИ»*, Серия: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2015. – № 62 (1171). – С. 58 - 63. – ISSN 2079-5459.

Please cite this article as:

Dikhtyar, M., Movsesian, Ia., Savanevych, V. Method for identification a preliminary measurements of digital frames of the one series. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015, **62** (1171), 58 - 63, ISSN 2079-5459.

Будь ласка посилайтеся на цю статтю наступним чином:

Діхтяр, М. Ю. Метод попереднього ототожнення вимірювань цифрових кадрів однієї серії / **М. Ю. Діхтяр, Я. С. Мовсесян, В.С. Саваневич** // *Вісник НТУ «ХПІ»*, Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2015. – № 62 (1171). – С. 58 - 63. – ISSN 2079-5459.

АНОТАЦІЯ У статті розроблено обчислювальний метод попереднього ототожнення вимірів цифрових кадрів однієї серії. Розроблений обчислювальний метод попереднього ототожнення вимірів цифрових кадрів призначений для знаходження початкового наближення параметрів попарної відповідності (паросполучення) між двома множинами вимірювань, які відповідають одній і тій же області небесної сфери. Метод попереднього ототожнення вимірів цифрових кадрів однієї серії використовується для подальшого додавання даних кадрів.

Ключові слова: вимірювання кадрів, цифровий кадр, попереднє ототожнення, початкове наближення.

Поступила (received) 15.12.2015