

Поиск иерархических звездных систем максимальной кратности

© Н.А.Скворцов

Институт проблем информатики ФИЦ ИУ РАН, Москва

© Л.А.Калиниченко

© Д.А.Ковалева

Институт астрономии РАН, Москва

© О.Ю.Малков

nskv@mail.ru
dana@inasan.ru

leonidandk@gmail.com
malkov@inasan.ru

Аннотация

В астрофизике кратных иерархических звездных систем существует противоречие между их максимальной наблюдаемой кратностью (6-7) и теоретическим ограничением на эту величину (до пятисот). Для поиска иерархических систем большой кратности проведен анализ современных каталогов как широких, так и тесных пар. Результатом работы является список объектов – кандидатов в звездные системы максимальной кратности, включающий тщательную кросс-идентификацию компонентов систем.

Работа проводилась при частичной поддержке РФФИ (гранты 16-07-01028, 16-07-01162, 14-07-00548).

1 Введение

Проблема кросс-идентификации небесных объектов возникает при работе над практически любыми задачами астрономии, и традиционно решается отдельно для каждого частного случая пересечения астрономических каталогов.

Для одиночных объектов эта проблема была осознана и решалась астрономическим сообществом с 80-ых годов прошлого века. Проблема кросс-идентификации двойных звезд заметно сложнее. Если для одиночной звезды это, как правило, только две координаты и блеск, то для двойной звезды учитываются координаты и блески главного и второстепенного компонентов, параметры их орбитального движения. Эта проблема обсуждалась астрономическим сообществом с конца 90-х годов прошлого века и была, в общих чертах, решена

авторами статьи при создании Базы данных двойных звезд BDB (РФФИ 12-07-00528) [1, 2]. На сегодняшний день BDB – единственный ресурс астрономических данных, предоставляющий сведения о двойных звездах всех наблюдательных типов. Наконец, проблема кросс-идентификации объектов более высокой кратности разрабатывалась для ряда частных случаев. Решение этой проблемы в общем виде сталкивается с присутствием в системах одновременно объектов различных наблюдательных типов: изолированных (в эволюционном смысле) звезд, переменных тесных затменных пар звезд, источников рентгеновского излучения, также указывающих на тесные взаимодействующие пары звезд, и ряда других. Соответственно, увеличивается число используемых для отождествления параметров объектов и особенностей их идентификации.

Одной из целей исследования очень кратных (very multiple) систем звезд является поиск иерархических систем, подтверждающих теоретические обоснования возможности существования систем с определенным количеством уровней подчиненных пар звезд. Эта проблема рассматривается в данной статье.

В разделе 2 описаны сущность теоретических ожиданий существования систем звезд большой кратности и наблюдаемая картина реальных систем. Для исследования кратных систем в разделе 3 ставится проблема тщательного кросс-отождествления систем и их компонентов.

2 Теоретическая и наблюдаемая кратность звездных систем

2.1 Иерархические системы и теоретические ограничения на их кратность

Согласно современным представлениям тройная звездная система является динамически стабильной

Труды XVIII Международной конференции DAMDID/RCDL'2016 «Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных», Ершово, 11-14 октября 2016

только в том случае, если она имеет иерархическую структуру, т.е. состоит из сравнительно тесной пары и удаленного компонента, составляющего с ней более широкую пару. При этом отношение периодов широкой и тесной пар должно превышать некое критическое значение, зависящее от эксцентриситета e внешней орбиты и равное 5 для случая круговой орбиты (для эксцентричных орбит это значение растёт пропорционально $(1-e)^3$) [3]. Удаленный компонент также может представлять собой тесную пару звезд, и тогда данная конфигурация является примером иерархической четырехкратной системы.

Аналогично, наличие в такой звездной системе еще более удаленного компонента (третий уровень), орбитальный период которого не менее чем в 5 раз превосходит максимальный из уже имеющихся периодов, обуславливает появление иерархической системы более высокой кратности. Этот компонент также может оказаться двойным и т.д.

Следует заметить, что системы, не удовлетворяющие упомянутому выше ограничению на отношение орбитальных периодов, не являются гравитационно устойчивыми и динамически эволюционируют. Такая эволюция может включать сближения, выбросы звезд и заканчивается формированием **иерархической** системы исходной или меньшей кратности. Считается, что большинство одиночных и двойных звезд образовались как раз благодаря распаду неиерархических кратных систем [4].

Физический размер кратной иерархической системы ограничен сверху приливным влиянием гравитационного поля Галактики и случайными столкновениями с гигантскими молекулярными облаками. В [5] было показано, что число уровней иерархии не может превышать 8-9 (в зависимости от масс компонентов и орбитальным параметров пар). Следовательно, при максимально плотной «упаковке» кратность иерархической звездной системы может достигать значения 256-512 компонентов.

2.2 Наблюдаемая кратность иерархических систем

Одним из наиболее полных источников данных о кратных звездах является Каталог кратных систем MSC [6]. В каталог включены только иерархические (за редким исключением) и физические системы. Физические системы – это те, в которых гравитационная связь компонентов подтверждена их орбитальным движением или общим собственным движением (тангенциальным перемещением звезд на небесной сфере). Каталог MSC содержит около 1500 звездных систем кратностью от 3 до 7, причем из двух каталогизированных систем кратности 7 одна, по мнению автора, может являться молодым звездным скоплением (не обязанным демонстрировать иерархию членов).

Практическое отсутствие наблюдательных подтверждений существования систем кратности

выше шести, которое демонстрирует содержимое каталога MSC, резко контрастирует с теоретическими оценками, приведенными в предыдущем разделе. Для ликвидации этого несоответствия необходимо привлечь дополнительные источники информации.

3 Отождествление кратных звёздных систем

3.1 Каталоги двойных и кратных систем

Таблица 1 Основные каталоги визуальных двойных и кратных систем.

C – количество компонентов,

P – количество пар,

S – количество систем,

M – кратность систем

	C, P, S	M
The Washington Double Star Catalog (WDS)	249280, 133966, 115314	2-44
Catalogue of Components of Double and Multiple Stars (CCDM)	105837, 56513, 49325	1-18
Tycho Double Star Catalogue (TDSC)	103259, 37978, 64869	1-11

Современные каталоги двойных и кратных звезд содержат системы гораздо более высокой кратности, чем семь. Это, прежде всего, WDS [7], CCDM [8], TDSC [9]. Сведения о них приведены в Таб. 1. Единицы, приведенные в последней колонке, указывают на (i) наличие в CCDM (некоторого количества) т.н. астрометрических двойных – систем, в которых второй компонент не наблюдается напрямую, но своим гравитационным влиянием модулирует собственное движение более яркого компонента, и (ii) на наличие в TDSC (изрядного количества) одиночных звезд, которые авторам каталога не удалось разрешить на подкомпоненты.

Нужно также отметить, что формально каталог WDS содержит несколько систем более высокой кратности, чем указано в Таб. 1, однако, они представляют собой либо набор звезд поля около центральной звезды (т.е., так называемые оптические пары, где компоненты располагаются на заметно отличающихся расстояниях, не связаны гравитационно и лишь проецируются в один участок небесной сферы), либо это – члены скопления, а не кратные системы.

При использовании информации, содержащейся в каталогах из таб. 1. необходимо учесть несколько обстоятельств.

Прежде всего, информация в каталогах WDS, CCDM, TDSC достаточно скудна, чтобы можно было делать окончательный вывод о физической связи конкретного компонента с системой (хотя, как будет

показано ниже, некоторые каталогизированные данные позволяют делать предварительные выводы на этот счет). Ни один из упомянутых выше каталогов не содержит данных обо всех известных звездах этого типа.

Каталоги также не свободны от ошибок: дубликации, включения одного и того же объекта (звезды) в разные системы, ошибок абсолютных и относительных координат, ошибок в значениях параметров, ошибок идентификации и других. Это можно проиллюстрировать на примере одной из систем, WDS 04078+6220 = CCDM 04078+6220 = TDSC 8749. Каталоги WDS, CCDM, TDSC содержат для нее сведения о 18, 16 (один из которых не включен в WDS) и 6 компонентах, соответственно, причем обозначения компонентов в системе различны (так, некий компонент имеет в этих трех каталогах обозначения O, S и D). Несколько звезд системы входят в другие каталоги: в одни – поодиночке, в другие – в паре. Детальный анализ этой системы вскрыл около 20 ошибок в семи различных каталогах и базах данных.

3.2 Алгоритмизация кросс-отождествления кратных систем

Проблема идентификации систем звёзд сводится к отождествлению многокомпонентных сущностей среди неоднородных данных из разных источников. Компоненты таких сущностей (систем звёзд) могут быть разных типов, отражая наблюдательные и астрофизические особенности звёздных объектов, входящих в состав систем, и соответственно характеризоваться разными наборами атрибутов (характеристик звёздных объектов), а также могут быть в свою очередь многокомпонентными в некоторых источниках данных.

Данные, доступные в наборе астрономических каталогов одиночных или кратных звёзд разных наблюдательных типов, анализируются для выявления одних и тех же компонентов звёздных систем, для их отождествления.

Идентифицированные кратные системы рассматриваются как сформированные на основании анализа данных связные графы, вершинами которых являются компоненты систем (либо звёздные объекты неразрешённые на сегодня на подкомпоненты), а дугами – рассматриваемые в каталогах пары компонентов от главного к второстепенному. Среди множества данных ряда астрономических каталогов необходимо корректно идентифицировать каждую вершину, каждую дугу и графы систем в целом. Очевидно, что ошибочное отождествление компонентов и пар в системах может повлечь за собой объединение нескольких систем в одну, причисление одиночных звёзд к системам и другие подобные ошибки.

Кросс-отождествление компонентов и пар между каталогами представляет определённую проблему: методика, описанная в [10], неплохо себя показавшая для систем кратности 2-3-4, зачастую пасовала перед

системами большей кратности (т.е., в густонаселенных звездных полях) и требует проработки. Предлагаемый ниже подход к кросс-отождествлению кратных систем основан на прежних методах, но призван исправить его недостатки, а также обеспечить анализ кратных систем с данными перспективных каталогов и потоковых ресурсов, пополняемых в режиме реального времени.

Реальные данные каталогов показывают, что при анализе данных для отождествления систем необходимо учитывать целый ряд проблем:

- различное форматирование данных в разных каталогах;
- различную семантику атрибутов в записях каталогов (например, координаты объекта в разных каталогах могут означать координаты фотоцентра пары или координаты более яркого из компонентов пары);
- ошибки ввода в каталогах (например, опечатки в идентификаторах идентифицированных звёзд в каталогах);
- отсутствующие значения в полях каталогов;
- изменчивые значения атрибутов (например, изменение блеска и координат между наблюдениями за счёт орбитального движения компонентов);
- неоднородность структуры комплексных объектов (например, компоненты неиерархической системы могут быть связаны в пары разными способами, а главными в паре – сочтены разные компоненты, если они имеют близкие характеристики);
- присутствие неструктурированных данных (указания в комментариях, полезные для идентификации объектов).

Таким образом, в решение задачи кросс-отождествления звёздных систем привлекается целый набор подходов к разрешению сущностей и слиянию данных. Используются разные наборы атрибутов и графовые структуры, на основе которых можно оценить идентичность систем и их компонентов. Отождествление может основываться не только на оценке параметров наблюдения и свойств объектов, но и учитывать идентификацию на основе уже идентифицированных объектов [11,12]. Всякую звёздную идентификацию, присутствующую в оригинальных каталогах в виде идентификаторов, ссылающихся на записи других каталогов, при возможности необходимо проверять с привлечением значений наблюдаемых параметров.

Методы должны быть применимы для решения задач отождествления кратных объектов в перспективных каталогах, а значит, ориентироваться не на особенности конкретных каталогов, как часто происходит при решении задач кросс-отождествления астрономических наблюдений, а на учёт обобщённых знаний предметной области об определённых типах астрономических объектов, об

особенностях разных методов их наблюдения, о влиянии характеристик оборудования на результаты наблюдений.

Работа по идентификации начинается с компонентов широких (визуальных) кратных систем. Разрешение многокомпонентных графовых сущностей, коими являются кратные звёзды, включает поиск дубликатов всех его составляющих частей во всём используемом наборе источников данных (каталогов и обзоров). Отождествляются друг с другом:

- вершины (компоненты систем) по атрибутам, а также на основании присутствия отождествлённых дуг и связи через дуги с другими вершинами;
- дуги (пары компонентов) по атрибутам, а также с учётом отождествлённых вершин;
- графы (системы звёзд) с учётом отождествлённых вершин и дуг.

Визуальные компоненты систем отождествляются, в первую очередь, методами, применяемыми при кросс-отождествлении одиночных звёзд. Для каждого компонента системы составляется множество его вероятных дубликатов во всех рассматриваемых каталогах (в том числе, и обзоров неба, не разделяющих объекты на одиночные или составные). Однозначная идентификация фиксируется при единственном элементе в множестве возможных идентификаций.

В множество попадают объекты на основании близости координат с учётом эпох наблюдения и собственного движения, а затем удаляются из множества те объекты, которые не соответствуют известным ограничениям предметной области, если необходимые для проверки данные об объектах присутствуют. Критериями могут являться: близость значений блеска или цвета (при известных фотометрических системах), собственного движения, тригонометрического параллакса, эволюционного статуса, спектральной классификации, и другие.

После обозначения множеств возможных идентификаций компонентов систем начинается фаза отождествления визуальных пар, которая должна внести новые критерии для устранения неоднозначностей идентификации. Для пар также составляются множества возможных идентификаций с парами компонентов из разных каталогов. В множество включаются все варианты перебора пар с учётом возможных идентификаций компонентов, составленных на предыдущем этапе. После этого, как и в случае с компонентами, к множествам возможных пар применяются известные ограничения предметной области и удаляются пары, не соответствующие критериям, если присутствуют данные для их проверки.

Положение вторичного компонента относительно главного в паре может различаться в различных каталогах из-за орбитального движения или из-за большой разницы собственных движений в случае оптической пары. Блески звезд могут заметно

различаться в разных каталогах, если наблюдения проводились в разных фотометрических системах. Физическая переменность звезд также может привести к разным значениям блеска в разных каталогах.

Для каждой пары кандидатов на отождествление осуществляется сравнение значений позиционной и фотометрической информации. При этом для каждого атрибута (углового расстояния между компонентами, позиционного угла, блесков компонентов, разности блеска компонентов) по результатам статистического исследования каталогов определяется предельное возможное значение отклонения. Если разность значений атрибута не превышает предельного для этого атрибута значения, это служит критерием для отождествления пары.

Помимо этого, в некоторых случаях пару следует отождествлять не с парой другого каталога, а с компонентом. Одна и та же пара близких звезд, в зависимости от их блесков и углового расстояния, может быть каталогизирована при применении оборудования с разным угловым разрешением как один объект (с блеском яркого компонента или с интегральным блеском пары) или как два различимых объекта. Для определения таких ситуаций проводится определение фактического углового разрешения каталога, и в зависимости от него идентификация проводится с компонентом, либо с парой в целом.

Существует ряд методов, позволяющих выявлять оптические пары. Указанием на оптическую пару может служить заметная разница в значениях собственных движений компонентов и/или их годовых параллаксов (т.е., расстояний). Еще одним индикатором отсутствия гравитационной связи между компонентами пары, при наличии сравнительно длительного ряда наблюдений, служит линейное (а не орбитальное) относительное движение компонентов. Кроме того, известен статистический метод выявления вероятных оптических пар на основании плотности звездного поля в направлении галактических координат компонентов, блеска вторичного компонента и углового расстояния между компонентами (т.н. метод 1% фильтра [13]). Выявленные предположительно оптические пары отмечаются специальным флагом.

Вообще говоря, могут обнаруживаться звёзды из обзоров неба, которые подходят по параметрам, чтобы быть кандидатами в визуальные двойные, но не входят ни в один каталог двойных. Такие объекты отмечаются как кандидаты на вхождение в известные системы, либо как компоненты для составления новых систем. В множества возможных идентификаций пар добавляются пары с объектами, не входящими в каталоги двойных, но имеющими признаки двойных. Новые кандидаты пар с такими компонентами отмечаются особым флагом.

Составляются также правила, связанные с распространёнными ошибками или конфликтами в

каталогах. Например, разница калибровки блеска в фотометрических системах может быть предположена в случае, если блески объектов в разных каталогах отличаются на одну и ту же величину. Объекты, подходящие по критериям с учётом исправления ошибок, также включаются в множества возможных идентификаций с флагом типа возможной ошибки данных.

Однозначная идентификация пар возможна в случае, если после всех проверок в множестве для пары остаётся всего один кандидат на пару с другим каталогом. Такая пара фиксируется как идентифицированная. Пара удаляется из множества кандидатов на пары обоих компонентов. В результате, может появиться однозначная идентификация и для оставшихся пар. Также однозначная идентификация пары влечёт за собой и идентификацию её компонентов, так как участие в единственной возможной паре является существенным признаком идентификации. Идентифицированные компоненты удаляются из множеств возможных идентификаций других компонентов, в результате чего могут появиться новые однозначные идентификации других компонентов и пар.

На следующей стадии происходит подключение информации о более тесных системах, являющихся компонентами широких пар, исследованных выше. Эта информация включает данные о двойных/кратных системах следующих наблюдательных типов: интерферометрических, орбитальных, астрометрических, спектроскопических, затменных, рентгеновских, катаклизмических, двойных в радиопулсарах. Принципы отождествления базируются также на позиционной и фотометрической информации, но, вообще говоря, зависят от типа системы. Для каждого типа составляются свои ограничения предметной области, связанные со специфическими параметрами объектов. Также при отождествлении учитывается, что одни и те же пары могут фигурировать в разных каталогах как объекты разных наблюдательных типов.

Отождествление систем в целом осуществляется по наличию общих компонентов и пар. В одном участке неба могут находиться несколько систем, не связанных друг с другом, если их графы не связаны.

Наконец, на последнем этапе к полученным результатам кросс-отождествления компонентов и пар кратных систем добавляется информация об идентификации этих объектов в основных каталогах одиночных звезд (Bayer/Flamsteed, DM, HD, ОКПЗ, HIP; ссылки). Эти идентификаторы являются общепризнанными и широко используемыми. Однако вопрос о том, какому именно объекту соответствует тот или иной идентификатор, зачастую требует пристального рассмотрения. На данном этапе применяются правила, обнаруживающие разные типы ошибок идентификации. Например, предположение о перепутанных компонентах в паре может

генерироваться, если в паре идентификаторы принадлежат разным компонентам в разных каталогах, а блеск компонентов в каталогах отличается на близкую по модулю величину, но с разным знаком.

Каждой системе, паре и компоненту назначается особый идентификатор, с которым связываются идентификаторы разных каталогов кратных и одиночных звёзд для формирования общей базы соответствий идентификаторов.

Не разрешённые автоматически множества компонентов и пар, а также элементы с установленными флагами новых объектов и разных типов ошибок рассматриваются экспертом.

4 Звездные системы кратностью 6+

4.1 Поиск физически связанных систем в каталогах визуальных двойных

Для окончательного решения проблемы кросс-отождествления очень кратных систем, а также для компиляции списка кандидатов в иерархические звездные системы максимальной кратности (и поиска значения этой максимальной кратности) нами была проделана работа по полуавтоматической идентификации систем кратности 6 и выше в каталогах из Таб. 1. Таких систем насчитывается 551, они включают в себя 5746 компонентов.

На первом этапе проводилось собственно кросс-отождествление компонентов системы в различных каталогах (кросс-отождествление самих систем было успешно осуществлено в [10], а их анализ приведен в [14]). При этом, как и ожидалось, был обнаружен ряд ошибок в оригинальных каталогах.

Далее, на основании значений каталогизированных параметров, выявлялись и помечались пары (члены систем), являющиеся оптическими. Указанием на оптическую пару может служить заметная разница в значениях собственных движений компонентов и/или их годовых параллаксов (т.е., расстояний). Еще одним индикатором отсутствия гравитационной связи между компонентами пары, при наличии сравнительно длительного ряда наблюдений, служит линейное (а не орбитальное) относительное движение компонентов. Для части систем эта информация включена в основную таблицу каталога WDS, для других должна извлекаться из текстовых примечаний к нему, на основании поиска и извлечения фрагментов текста по ключевым словам. Таким способом, с использованием критериев, связанных с движением компонентов, были обнаружены 1395 пар в 297 системах кратности 6+. Кроме того, статистический метод 1% фильтра позволяет заподозрить в оптической двойственности 2779 пар в 478 системах. Для 882 пар при этом действуют оба индикатора оптической двойственности.

Таким образом, число физически связанных компонентов в системах кратностью 6+ оказалось на

3292 ниже, чем общее количество компонентов, и составило 2454. Кратность 6+, после исключения из рассмотрения предположительно оптических компонентов, может быть приписана лишь 101 системе.

4.2 О неразрешенной двойственности компонентов кратных систем

Строго говоря, исследуемые системы могут иметь более высокую кратность, поскольку некий компонент системы (наблюдающийся как одиночная звезда) может оказаться, в свою очередь, двойной или кратной системой. Эта «скрытая», фотометрически неразрешенная двойственность может проявляться различными способами.

Так, если орбитальная плоскость такой тесной двойной развернута под достаточно большим углом к картинной плоскости, изменение лучевых (радиальных) скоростей компонентов вследствие орбитального движения проявляется в виде смещения спектральных линий компонентов в наблюдаемом спектре (эффект Доплера). Таких двойных (они называются спектроскопическими) на сегодняшний день известно около трех тысяч.

В случае же если наклон орбиты к картинной плоскости близок к 90 градусам, один из компонентов может в процессе орбитального движения проходить по диску второго (или затмевать его), что приводит к изменению интегрального блеска системы. Таких (т.н. затменных) систем известно, с разной степенью изученности, от семи до пятнадцати тысяч.

Наконец, самые тесные системы могут, вследствие эволюционного расширения одного из компонентов, перейти в стадию обмена веществом между компонентами. При этом «аккретор», если является очень компактным объектом (нейтронной звездой или черной дырой) не в состоянии аккрецировать сразу все вещество, поступающее от «донора». В системе образуется аккреционный диск, являющийся, вследствие градиента скорости вращающегося в нем вещества, источником рентгеновского излучения. Известно около четырехсот таких т.н. рентгеновских двойных.

В качестве примера можно привести упомянутую выше систему WDS 04078+6220 = CCDM 04078+6220 = TDSC 8749. Ее кратность увеличивается на четыре, если учесть, что один из ее компонентов представляет собой спектроскопическую двойную, а другой – четырехкратную систему, состоящую из двух еще более тесных пар: (i) спектроскопической и (ii) спектроскопической, наблюдаемой одновременно и как затменная.

Существует еще несколько менее представительных наблюдательных типов тесных двойных. Нужно отметить, что во всех случаях, перечисленных в этом разделе, наблюдатель имеет дело с одним источником света (т.е. компоненты не наблюдаются по отдельности).

Поиск тесных физических пар в кратных системах, наличие которых повышает уровень иерархии системы, проводился несколькими способами. Текстовые примечания к WDS (файл Notes) были разобраны для выделения информации о двойственном характере некоторых неразрешенных звезд, представленных в WDS как компоненты, но являющихся парой. Таким образом внутри систем высокой кратности были обнаружены 1 переменная двойная, 1 спектроскопическая двойная, и 33 тесных пар без указания наблюдательного типа. Кроме того, было проведено сопоставление с данными крупнейших каталогов спектральных двойных звезд (SB9, [15] – обнаружено 53 спектроскопических пары), переменных звезд (ОКПЗ, [16] – 19 затменных двойных) и орбитальных двойных (ORB6, [17] – 36 тесных пар, из которых 16 совпадают с найденными по Notes тесными парами без указания наблюдательного типа).

Итого были обнаружены 127 тесных пар, увеличивающих степень иерархии системы, в 92 системах. Дополнительные исследования должны быть проведены для того, чтобы определить в каждом из 35 случаев обнаружения в одной системе двух по-разному проявляющих себя фотометрически неразрешенных пар, разные ли это пары или одна и та же.

5 Заключение

Результатом работы является каталог отождествлений компонентов звездных систем высокой кратности, а также список систем, которые могут рассматриваться как иерархические системы наибольшей кратности. Этот последний список требует более тщательного анализа и дополнительных наблюдений.

Литература

- [1] Kovaleva et al. 2015, *Astronomy and Computing* 11, 119
- [2] Malkov et al. 2013, *Astronomical and Astrophysical Transactions*, 28, 235
- [3] Tokovinin A., in *Rev. Mex. Astron. Astrof. Conf. Ser.*, Ed. by C. Allen and C. Scarfe (Instituto de Astronomia, UNAM, Mexico) 21, 7, 2004.
- [4] Larson R.B. *The formation of binary stars: IAU Symp.* 200. 93, 2001.
- [5] Surdin V. *ASP Conf. Ser.* 228, 568, 2001.
- [6] Tokovinin A., *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* 124, 75, 1997.
- [7] Mason B.D., Wycoff G.L., Hartkopf W.I., Douglass G.G., Worley C.E. 2016, *VizieR On-line Data Catalog: B/wds*.
- [8] Dommanget J., Nys O. 2002, *VizieR On-line Data Catalog: I/274*.
- [9] Fabricius C., Hog E., Makarov V., Mason B., Wycoff G., Urban S. 2002, *AAp*, 384, 180.

- [10] Isaeva A.A., Kovaleva D.A., Malkov O.Yu. 2015, *Baltic Astronomy* 24, 157.
- [11] P. Christen. *Data matching: concepts and techniques for record linkage, entity resolution, and duplicate detection.* – Springer Science & Business Media, 2012. - ISBN: 978-3-642-31164-2. - XX+272 p.;
- [12] I. Bhattacharya, L. Getoor. *Entity resolution in graphs // Mining graph data.* D. J. Cook, L. B. Holder (ed.) – John Wiley & Sons, 2006. – C. 311-332
- [13] Poveda A., Allen C., Parrao L. 1982, *ApJ*, 258, 589
- [14] Kovaleva D.A., Malkov O.Yu., Yungelson L.R., Chulkov D.A., Gebrehiwot Y.M. 2015, *Baltic Astronomy* 24, 367
- [15] Pourbaix, D., Tokovinin, A.A, Batten, A.H., et al. 2014, *VizieR On-line Data Catalog: B/sb9*
- [16] Samus, N.N., Durlevich, O.V., et al. 2013, *VizieR On-line Data Catalog: B/gcvs*
- [17] ORB6: Mason and Hartkopf 2007, *IAUS* 240, 575

Search for hierarchical stellar systems of maximal multiplicity

Nikolay A. Skvortsov, Leonid A. Kalinichenko,
Dana A. Kovaleva, Oleg Y. Malkov

According to theoretical considerations, multiplicity of hierarchical stellar systems can reach, depending on masses and orbital parameters, several hundreds. On the other hand, observational data confirm an existence of at most septuple systems. We study very multiple (6+) stellar systems from modern catalogues of visual double and multiple stars, trying to find candidates to hierarchical systems among them. Some of their components were found to be binary/multiple themselves that increases system's degree of multiplicity. Also, to collect all available information on those systems it was first necessary to make a thorough and accurate cross-identification of their components.