

МГУ им. М. В. Ломоносова
Физический факультет
Кафедра астрофизики и звездной астрономии

Методическое пособие к задаче
специального астрономического практикума
для студентов 3 курса физического факультета МГУ,
обучающихся по программе МС_Астрономия
(специальность 03.05.01 "Астрономия")

**«Исследование рассеянного звездного скопления с помощью
виртуальной обсерватории»**

Составитель:

доцент Глушкова Елена Вячеславовна

1. ВВЕДЕНИЕ

Под Виртуальной Обсерваторией (ВО) подразумевается большой архив наблюдательных данных и программное обеспечение, которое осуществляет доступ и работу с этим архивом. Существует несколько больших сегментов ВО, но зачастую ВО создаётся в конкретном институте для облегчения доступа к большим массивам данных. Страсбургский центр астрономических данных (CDS) также можно считать виртуальной обсерваторией, так как помимо огромного количества каталогов он предоставляет удобные инструменты для визуализации и работы с большими объемами данных, например программу Aladin (<http://aladin.u-strasbg.fr/>). В настоящей работе предлагается использовать программу TOPCAT (Tool for OPERations on Catalogues And Tables, Taylor 2005), в которую встроен сервис CDS - Vizier, позволяющий зачислять данные из большинства известных каталогов для избранной площадки неба. Пакет TOPCAT свободно распространяется в виде jar-файла и доступен для скачивания по ссылке: <http://www.star.bris.ac.uk/~mbt/topcat/>. Он обладает удобным графическим интерфейсом, строит графики зависимостей между двумя выбранными столбцами загруженного каталога/таблицы. На графике также можно вручную выбрать множество объектов, отвечающих какому-то критерию, и записать в таблицу дополнительный столбец, в котором указывается принадлежность объекта к выбранному множеству.

Продемонстрируем работу ВО+TOPCAT на примере исследования старого рассеянного звёздного скопления NGC 2682 (M 67) с помощью двух обзоров: 2MASS Point Source и Gaia DR2. Из 2MASS PSC извлечём значения звёздных величин J и H , а из Gaia DR2 - абсолютные собственные движения ($pmRA$, $pmDE$).

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассеянные звёздные скопления (РЗС) концентрируются к галактической плоскости, поэтому наблюдаются на довольно плотном звёздном фоне. При изучении РЗС зачастую требуется выделить члены скопления, а уже потом проводить исследование, например, определять физические параметры скопления: расстояние, возраст, избыток цвета. Отделить члены скопления от звёзд фона можно, используя различные критерии членства: фотометрический (членами скопления считаются звёзды, лежащие на основных последовательностях на диаграмме Герцшпрунга-Рассела (ГР)), кинематический (члены скопления обладают общим движением в пространстве, что отражается в близости их собственных движений и лучевых скоростей), статистический (позволяет оценить количество звёзд в каждом интервале звёздных величин из сравнения с распределением звёзд фона по величинам в площадке рядом с РЗС).

В ходе выполнения задачи построим ГР-диаграмму, выделим на ней наиболее яркие члены скопления, лежащие на главной последовательности и/или на ветви красных гигантов, так как для них точнее определяются собственные движения. Затем построим распределение звёзд на векторной диаграмме (т.е. на плоскости собственных движений), отметим члены, выделенные согласно фотометрическому критерию, и уже к ним применим кинематический критерий. По членам скопления найдём среднее собственное движение М67.

3. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

3.1 Скачайте программу `topcat-full.jar` и запустите её в соответствии с описанием из раздела **Downloads** на страничке <http://www.star.bris.ac.uk/~mbt/topcat/>.

3.2 Откройте вкладку VO и запустите VizieR Catalogue Service (Рис.1).

3.3 В открывшейся вкладке задайте либо Object Name и нажмите Resolve, либо сразу координаты объекта (Рис.2). Радиус задайте равным 10' (не градусов). В качестве каталога возьмите обзор 2MASS PSC и нажмите ОК. В TOPCAT загрузится каталог `П_246_out`, который можно переименовать в `М67_mass`, задав новое имя в строке Label.

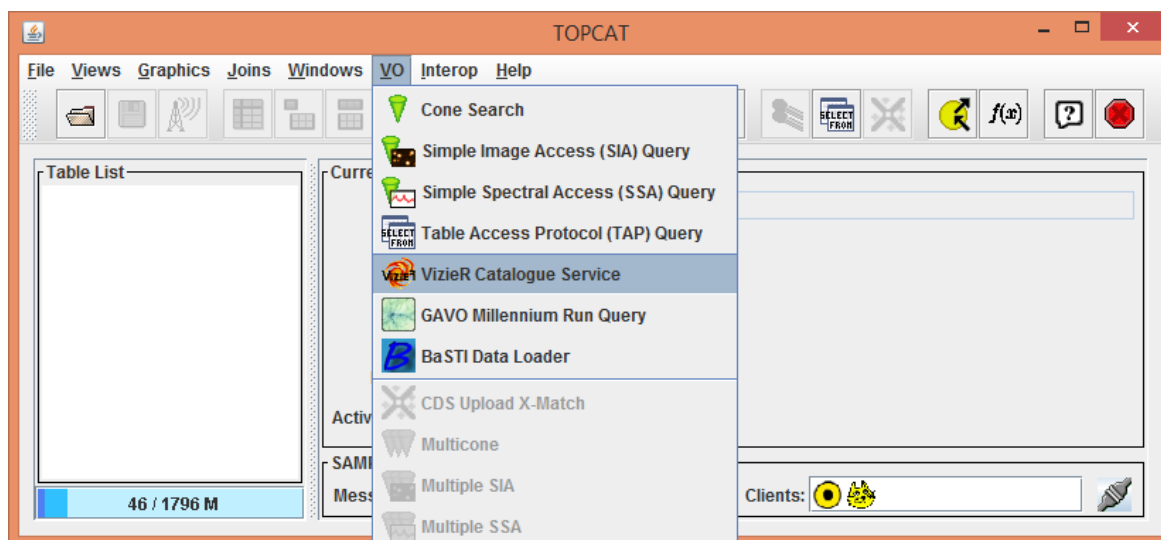


Рис.1 Запуск VizieR в TOPCAT.

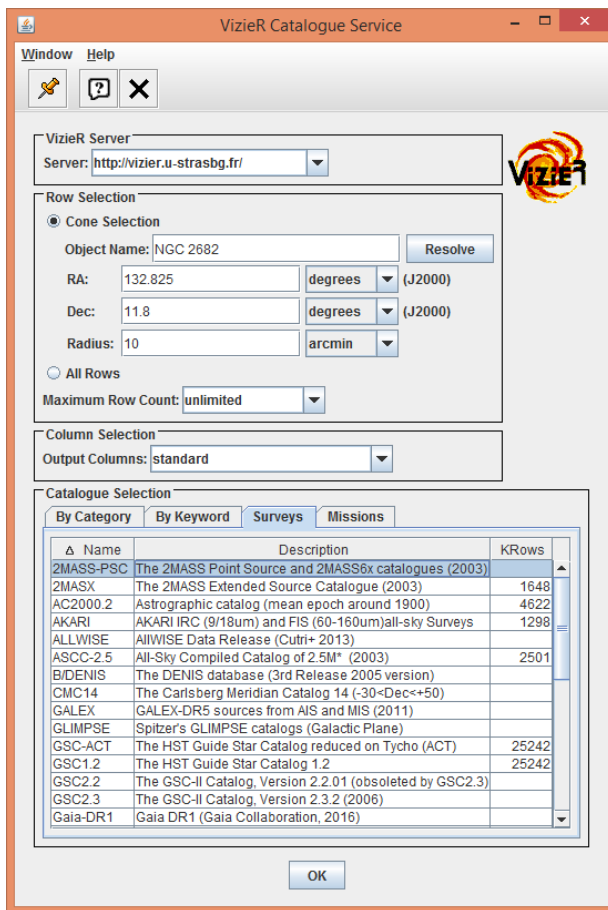


Рис. 2. Задание объекта и выбор каталога.

3.4 Откройте "Plane plotting window" (вверху слева 10-ое окошко) и постройте (для тренировки) диаграмму ($J, J-H$), не забыв правильно сориентировать ось ординат (Рис.3). Ось абсцисс задана в виде арифметического выражения ($Jmag-Hmag$).

3.5 Загрузите в TOPCAT второй каталог – Gaia DR2.

3.6 С помощью окошка "Create new table by matching rows in two existing tables" создайте новую таблицу, которая будет содержать общие для двух каталогов объекты. Радиус кроссидентификации задайте 1" (Max Error=1.0 arcsec).

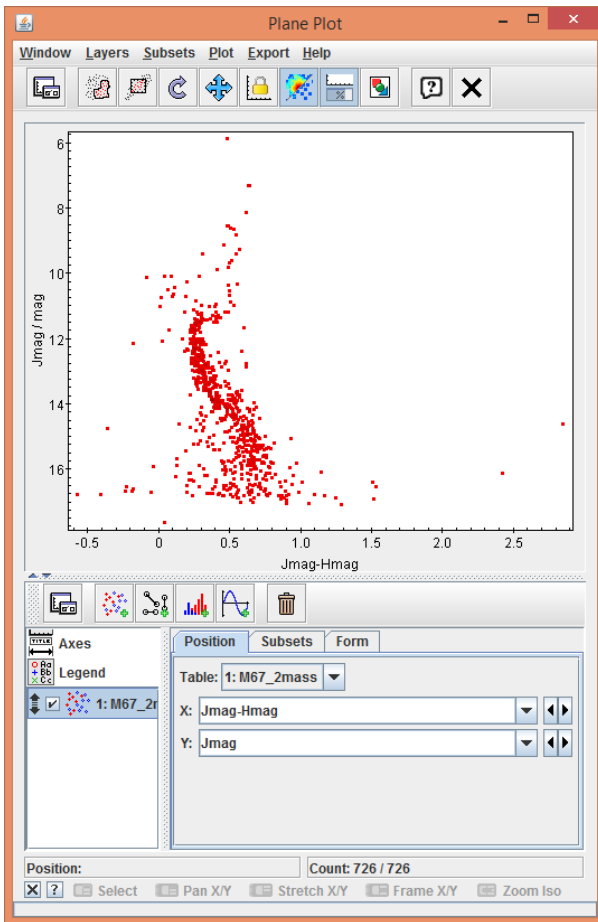


Рис. 3. Построение диаграммы "цвет-величина".

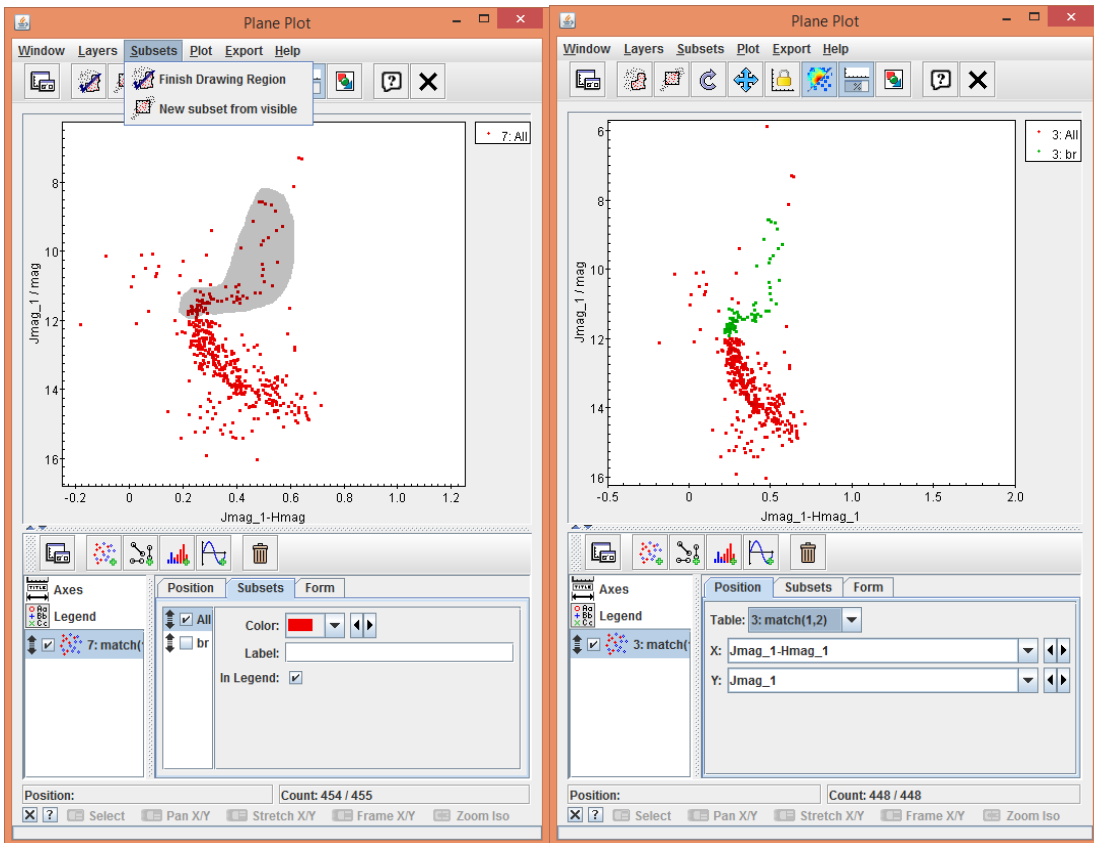


Рис. 4(а,б). Выделение ярких членов скопления.

3.7 Используя новую таблицу `match(1,2)` постройте диаграмму "цвет-величина" и выделите на ней вручную с помощью окошка "Subsets" подмножество ярких звёзд, для которых собственные движения определяются точнее всего (Рис. 4а,б). Обозначьте это подмножество "br".

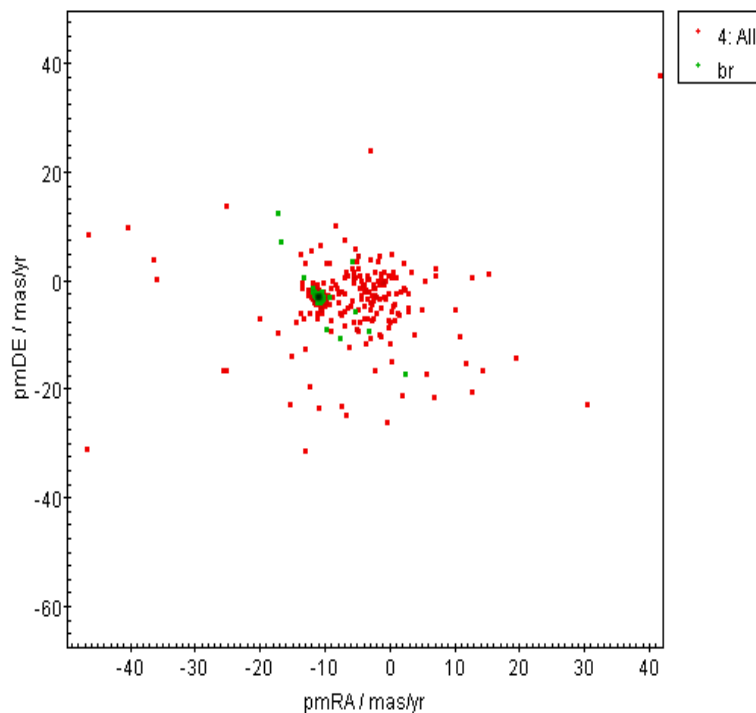


Рис. 5 Построение диаграммы собственных движений.

3.8 Постройте диаграмму собственных движений по таблице `match(1,2)` (Рис.5).

3.9 Среди ярких звёзд (членов скопления, согласно фотометрическому критерию - *br*) выделите вручную звёзды центрального сгущения (Рис.6), обозначим это подмножество *m* (members).

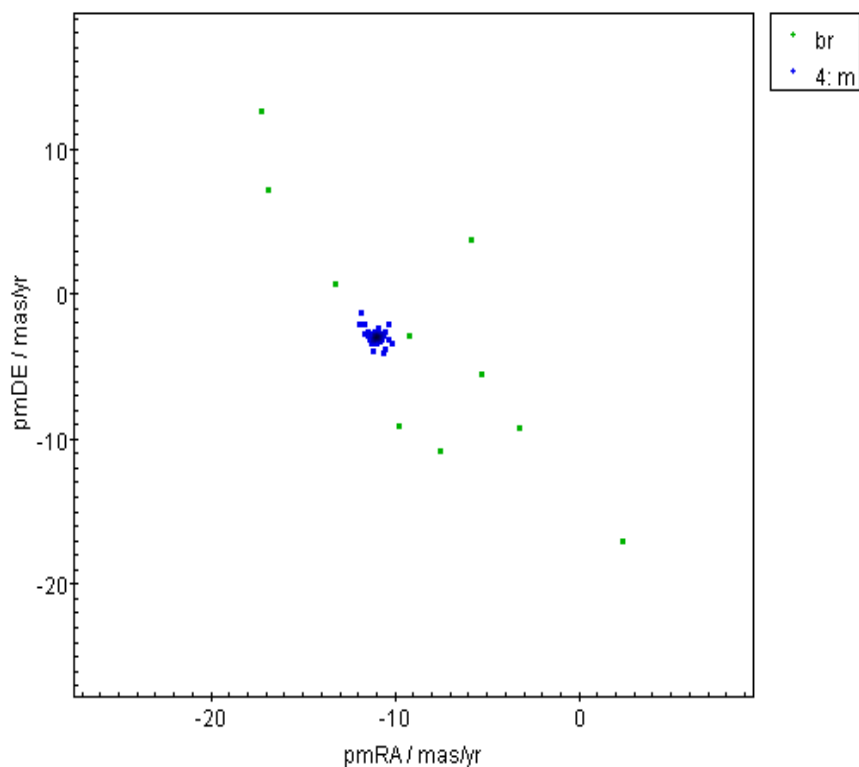


Рис. 6 Выделение членов скопления по собственным движениям.

3.10 Теперь с помощью окошка "Row statistics" в TOPCAT найдите средние значения собственных движений для выделенного подмножества m . Среднее собственное движение скопления М67 равно: $pmRA = -10.99 \pm 0.07$ mas/yr, $pmDE = -2.96 \pm 0.05$ mas/yr. Конечно, это лишь приблизительная оценка собственного движения скопления: для более точного определения этой величины необходимо аппроксимировать гауссианой распределение собственных движений по каждой из координат.

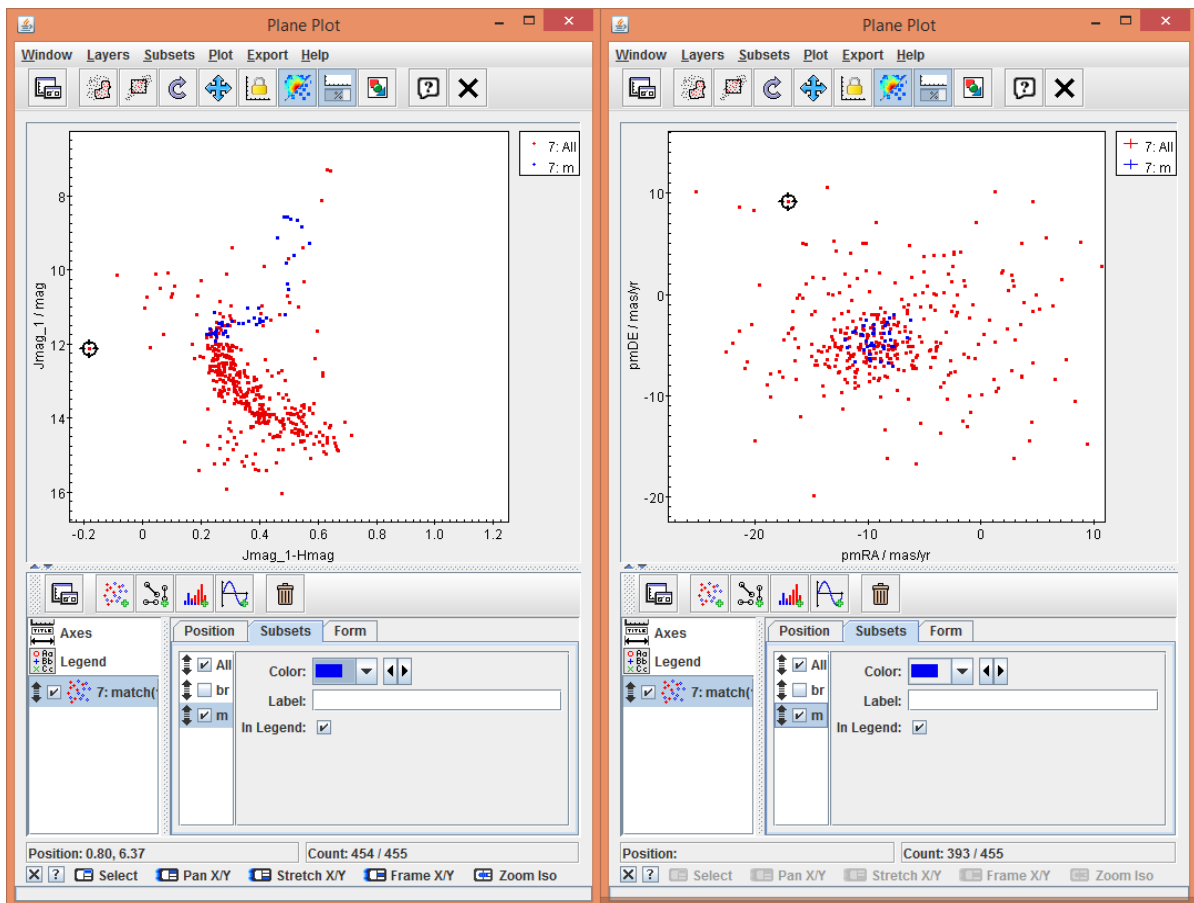


Рис. 7. Определение положения звезды одновременно на двух диаграммах.

3.11 Ознакомьтесь с ещё одной полезной опцией программы TORCAT. Проверьте положение звезды, которая лежит вне основных последовательностей скопления на ГР диаграмме, на плоскости ($pmRA, pmDE$). Отметьте её мышкой и вы сразу увидите, где она расположена на диаграмме ($pmRA, pmDE$) (Рис. 7). Понятно, что эта звезда не принадлежит к скоплению ни согласно фотометрическому критерию, ни кинематическому.

ЛИТЕРАТУРА

Taylor, M.V. 2005, ASPC, 347, 29

ПРИМЕЧАНИЕ

При выполнении задачи не забывайте, что у молодых РЗС на ГР-диаграмме не наблюдается ветви субгигантов, как у М67 или шаровых скоплений, а, возможно, имеется только "кламп" - сгущение звёзд у основания ветви красных гигантов. Поэтому исследование следует проводить по звёздам ГП и звёздам "кламп".