

# ПО для автоматической координатной привязки прямых снимков

[В.Шергин](#)

2014г.

За последние годы было разработано несколько программ для быстрой координатной привязки изображений в FITS-файлах. Координатная привязка выполняется путем сравнения выделенных на снимке объектов с опорным каталогом. Точность координатной привязки составляет от 0.2-0.9 угловой секунды в зависимости от размера пикселя, плотности объектов поля и предела звездной величины выбранного опорного каталога. Результатом является новый FITS-файл с добавленными в заголовок параметрами WCS. Программы установлены на основные общедоступные серверы САО. Для облегчения их использования разработаны два типа Web-интерфейсов. Также они включены в состав [Web-итерфейса Архива САО](#).

Содержание:

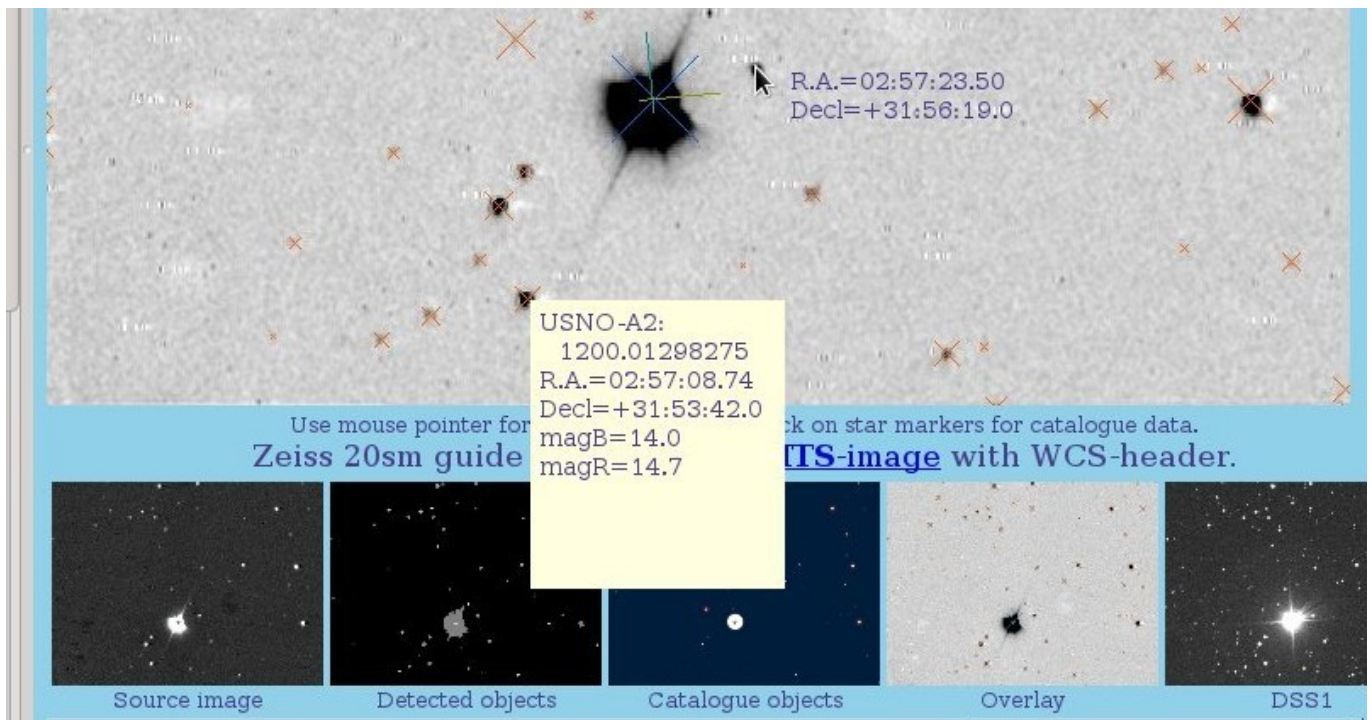
- [guide\\_fix.cgi](#) - привязка снимков с ТВ-камер гидов БТА и Цейсс-1000.
- [zdina\\_wcs\\_fix](#) — для прямых снимков с ПЗС-матрицы Цейсс-1000.
- [bta\\_apogee](#) — для прямых снимков с ПЗС-матрицы Apogee Alta.
- [scorpio\\_wcs](#) — для прямых снимков со SCORPIO и SCORPIO-2.
- [fits\\_wcs](#) — для любых прямых снимков в FITS-формате.
- [Web-доступ к программам координатной привязки](#).
- [Использование координатной привязки в Web-интерфейсе Архива САО](#).
- [Авторизованные Web-сессии для координатной привязки](#).

## ***guide\_fix.cgi* - привязка снимков с ТВ-камер гидов БТА и Цейсс-1000.**

CGI-программа *guide\_fix.cgi* разработана в 2009-м году и с тех пор непрерывно работает на сервере БТА. На ней первоначально были отработаны алгоритмы определения смещения звездного поля методом поиска максимума корреляции с модельным изображением (см. [отчет за 2009г.](#)). Определяется только смещение, поворот поля и масштаб считаются уже известными, что позволяет сделать процедуру привязки более надежной. В качестве опорного каталога была использована комбинация из двух каталогов: Tycho-2 и USNO-A2 (других тогда у нас не было). Яркие звезды выбираются из Tycho, а все прочие, не совпадающие с ними, из USNO.

Компьютеры обслуживающие ТВ-камеры гидов очень старые и маломощные. Они только формируют FITS-файлы накопленных изображений. Во время наблюдений эти файлы переписываются по FTP на сервер БТА. После каждой загрузки, через протокол HTTP запускается *guide\_fix.cgi* (именно поэтому она оформлена как CGI-программа). Кроме выходного FITS-файла с добавленными WCS-параметрами, программа формирует JPEG и JS файлы для Web-интерфейса представления результатов привязки.

Web-интерфейс дает возможность визуально оценить качество привязки, посмотреть данные из



использованных каталогов, указателем мышки получить координаты любого не каталожного объекта.

Вся эта работа была начата в порядке подготовки к использованию 70-см гида БТА после реконструкции. К сожалению эта реконструкция так и не была закончена и гидом БТА работает 15-ти сантиметровой лабораторный коллиматор с плохой телекамерой. Также предполагалось, что на Цейсс-1000 эти же алгоритмы позволят значительно значительно увеличить время экспозиции для прямых снимков, но для этого нужен сколько нибудь приличный приемник на его 20-ти сантиметровом гиде.

### ***zdina\_wcs\_fix* — для прямых снимков с ПЗС-матрицы Цейсс-1000.**

Программа разработана в 2011-м году. Предназначена для снимков с CCD-фотометра Цейсс-1000 с программой регистрации *DinaSystem* (см. [отчет за 2011г.](#)). FITS-шапки файлов формируемые этой системой не соответствуют стандартам, что вызывает трудности их использования. Задача программы *zdina\_wcs\_fix* - формирование FITS-файлов со **стандартными** шапками содержащими **корректные** FITS-параметры. В их число входят и WCS-параметры для координатной привязки.

Конфигурация набора FITS-строк в выходном файле задается с помощью файла образца шапки: *zdina\_sample.hdr*. Он может находится либо в одном справочнике вместе с исходным файлом, либо в текущем справочнике, либо в одном справочнике с самой программой.

В качестве опорного каталога используется локальный GSC-2.3. Обращение к нему по протоколу HTTP через программу *gsc23.cgi* либо на самом сервере, либо на местном сайте *base1.sao.ru*.

Алгоритм определения смещения звездного поля взят из предыдущей программы. Но для его успешного применения нужно сначала скорректировать возможный поворот изображения.

Параметр масштаба IMSCALE в FITS-шапке неточный, а поворотный стол может быть установлен с ошибкой (или же специально повернут), поэтому делается попытка определить реальный масштаб и поворот изображения. Разработан новый алгоритм на основе FFT и поиска максимума корреляции. Суть его в формировании двух полей псевдо-объектов, которые можно сравнивать также как звездные поля. Метод хорошо работает на большинстве изображений, когда в поле видно хотя бы с десятков каталожных объектов. Но он более «капризный» (чем предыдущий) в случае плохого соответствия самых ярких объектов каталогу. Если он таки не срабатывает, то можно пробовать задавать угол параметром в строке вызова программы (масштаб обычно

подходит тот что по-умолчанию).

Если вызвать программу без параметров она выдаст справку:

---

FITS-reconstructor for Zeiss-1000 CCD FITS-files.  
Uses 'zdina\_sample.hdr' file as a sample for output FITS-header.  
Includes WCS-header for images (not spectra).  
Uses local(@base1.sao.ru) GSC-2.3 catalog and FFT-correlation method  
when trying to fix WCS-parameters.

Usage: zdina\_wcs\_fix name.fts [-CleanOut] [-PM] [-dRA[=Sec]] [-dDec[=ArcSec]] [-dAng[=Degr]] [-Scale[=ArcSec]] [-Nobj=n] [-Force] [-Iter=n] [-Dbg[=Level]]

Where: -CleanOut - output "cleaned" image data (source otherwise)  
-PM - use proper motion data from GSC-2.3  
-dRA[=Sec] - "Old" Zeiss TCS shift on R.A. (default=3612.0)  
-dDec[=ArcSec] - "Old" Zeiss TCS shift on Decl. (default=6470.0)  
-dAng[=Degr] - Zeiss Cassegrain table turn (degr., default=-0.3)  
-Scale[=ArcSec] - new image scale ("/pix, default=0.21615 for bin:1x1)  
Note: -dAng, -Scale are used only(!) if programm can't determine  
dA and Scale automatically  
-Nobj=n - min.number of objects that should be detected  
in image (default=5)  
-Force - to force X/Y-shifting despite the correlation results  
-Iter=n - number of attempts (iterations, default=1)

---

Обычно единственный параметр — имя файла, но в некоторых случаях полезно использовать нижеследующие опции:

**-CleanOut** — матрица 2K используемая на Цейсс-1000 имеет дефекты. В программу встроен алгоритм «чистки» изображения разработанный специально для ее особенностей. Этот ключ позволяет записывать в выходной файл «почищенное» изображение вместо исходного.

**-PM** — «*proper motions*» — собственные движения. Используемый опорный каталог GSC-2.3 содержит данные о собственных движениях звезд, но они не очень надежные. Этот ключ заставляет программу учитывать все собственные движения. Иначе она учитывает только те, что попали в GSC из Tycho.

**-dRA -dDec** — специфика обработки снимков полученных при разных состояниях старой системы управления. Ошибка в координатах могла составлять ~1 часа по RA и/или ~1.8° по Dec. Задавая эти параметры (в сек. и угл.сек) можно скомпенсировать эти проблемы. Если писать эти ключи без значений, подключаются наиболее часто встречающиеся: 3612s и 6470". Снимки полученные после запуска новой системы управления Цейсс-1000 летом 2013-го года этих проблем не имеют и их обрабатывать проще.

**-dAng** — смещение угла. Этот параметр (также как и **-Scale**) используется только если алгоритм автоматического определения поворота и масштаба не срабатывает, иначе — игнорируется. Угол задается в градусах. Большие его значения обычно получаются если фотометр развернут на столе от стандартного положения, малые значения в доли градуса обычно возникают при эволюциях трубы из-за ошибок в направлениях осей.

**-Scale** — масштаб ("/pix). Обычно не требуется, даже если алгоритм определения поворота и масштаба не срабатывает, т.к. в программу заложено «хорошее» значение масштаба: 0.21615"/pix (без бининга).

**-Nobj** — минимальное количество обнаруженных на снимке объектов (по-умолчанию: 5) чтобы начать процедуру привязки.

**-Force** — отключить критерий качества корреляции, всегда принимать результат определения смещения по X/Y.

**-Iter** — программа может работать итеративно, делая несколько попыток.

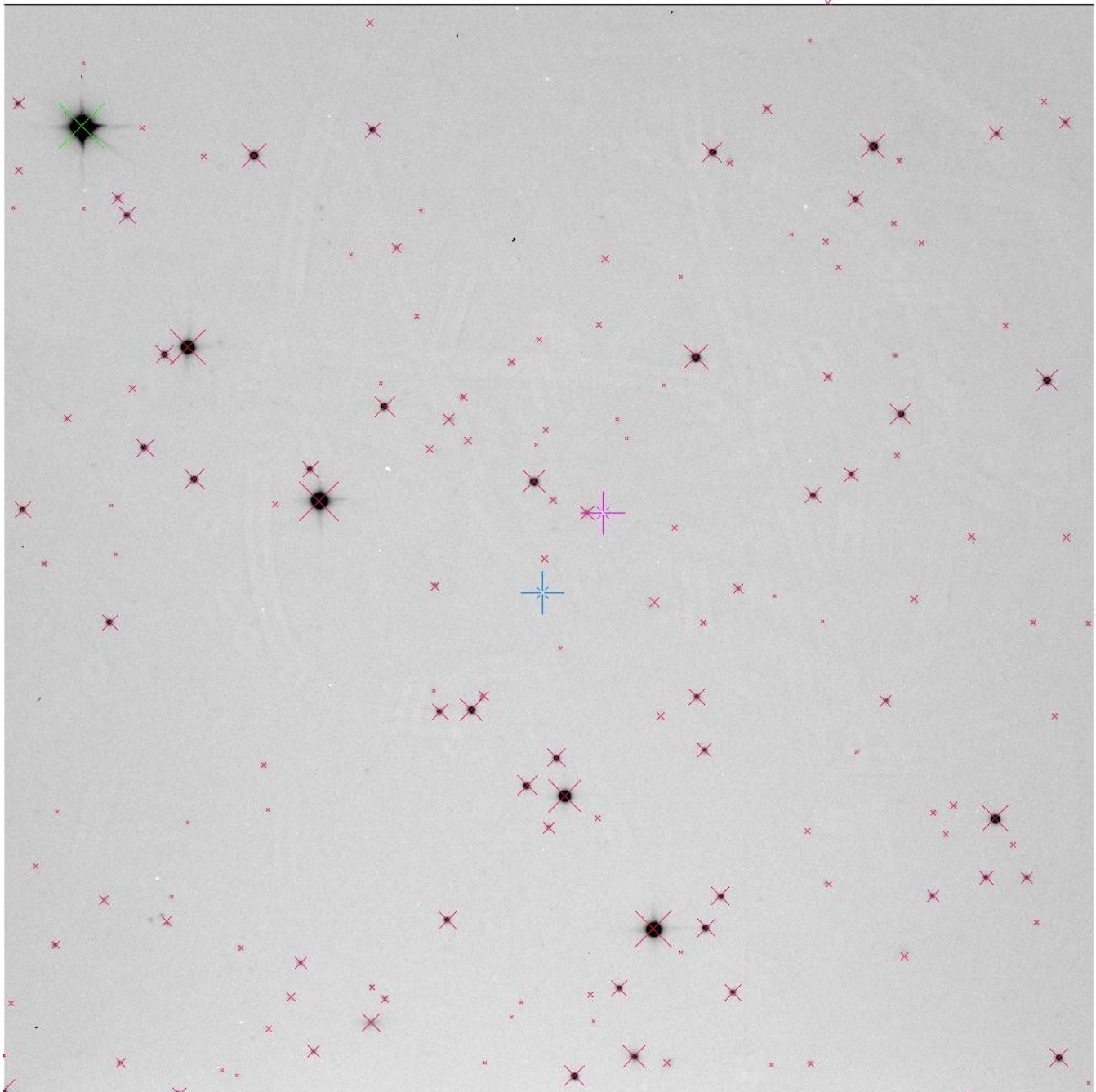
**-Dbg** — уровень подробности распечатки. Без ключа — 0-й (минимальная), с ключом — 1-й (подробная). Остальные уровни — авторские (для отладки программы).

Большие или малые буквы в названиях ключей не важны и опознаются они по первым символам (т.е. `-c` и `-CleanOut` одно и то же, так же как `-da` и `-dAng`). Имя выходного файла формируется добавлением `_wcs.fits` к имени входного (например: `obj023.fits`—>`obj023_wcs.fits`). Программа пытается записать его в тот же справочник откуда взят входной. Также программа формирует в текущем справочнике изображение `out_cat.jpeg`, иллюстрирующее качество координатной привязки.

Пример использования:

```
vsher> zdina_wcs_fix ../z1000_CCD/obj023.fits
Can't read sample header from: ./zdina_sample.hdr.
But sample header: /usr/local/bin/zdina_sample.hdr was found.
Try to use it instead...
    134 objects found
    494 catalog objects
    dAng=-0.14dgr. Scale:0.43230->0.43241
    RA=322.60206 Dec=-0.19785 HA=1.585 dX=56.9 dY=75.2 dHA=-24.5 dDec=32.6
    113 matching objects (without PM)
    root-mean-square deviation: 0.36"
Can't write result to ../z1000_CCD/obj023_wcs.fits
So, try to write result to ./obj023_wcs.fits
```

Файл `out_cat.jpeg`:



Программа применялась в 2012-2013-м годах при автоматизированной обработке результатов технических наблюдений на Цейсс-1000 для получения таблиц поправок наведения телескопа и последующего расчета коэффициентов СКН (см. отчеты за [2012г.](#) и [2013г.](#)).

***bta\_apogee*** — для прямых снимков с ПЗС-матрицы Apogee Alta.

Программа разработана в 2012-м году. Предназначена для снимков с CCD-камеры Apogee Alta U16M с программой управления разработанной Э.Емельяновым под ОС Linux. Использовалась в составе комплекса автоматических технических наблюдений реализующего новую технологию получения поправок наведения БТА (см. [отчет за 2012г.](#)).

***scorpio\_wcs*** — для прямых снимков со SCORPIO и SCORPIO-2.

Первоначальный вариант программы разработан в 2011-м году. В 2013-м она была значительно доработана для автоматического использования в составе ПО Архива САО (см. отчеты за [2011г.](#) и [2013г.](#)).

За время существования метода SCORPIO несколько раз менялись как CCD-приемники (1Kx1K,



2Kx2K, 4Kx2K) так и применяемое ПО системы сбора (*Lima*, версии *DinaSystem*, версии *CCD Server* + скрипты на *IDL*). Соответственно менялись и версии FITS-шапок. Но все они характеризуются нестандартным использованием стандартных параметров. Кроме того наблюдатели иногда отправляли в архив не исходный файл, а после обработки сторонними программами. Задача программы *scorpio\_wcs* — нивелирование этого исторического разнообразия и формирование FITS-файлов с более-менее однотипными **стандартными** шапками содержащими **корректные** FITS-параметры. В их число входят и WCS-параметры для координатной привязки.

Конфигурация набора FITS-строк в выходном файле задается с помощью файла образца шапки: *scorpio\_sample.hdr*. Он может находиться либо в вместе с исходным файлом, либо в текущем справочнике, либо в одном справочнике с самой программой. Если в этих справочниках файл не найден программа еще попытается найти его в файловой системе командой *locate*.

Алгоритмы координатной привязки те же что и в предыдущих программах. Но есть специфика связанная и с оптикой SCORPIO, и с применяемыми системами сбора, и с действиями наблюдателей, и с задачей максимальной автоматизации процесса.

- Параметр IMSCALE в шапке фиксированный и к тому же неточный, в реальности же масштаб меняется при смене приемников, моды наблюдений и самого SCORPIO. Кроме того у SCORPIO 1-й версии имеется заметная центрально симметричная нелинейность (дисторсия) на краях снимка (у SCORPIO-2 она на порядок меньше и практически не мешает). Поэтому в пересчеты координат вводится еще коэффициент нелинейности как 3-я степень от радиуса. Ему присваиваются фиксированные значения в зависимости от конфигурации прибора.
- Если после координатной привязки отождествлено с каталогом достаточное (>15) количество объектов, то можно пересчитать коэффициент нелинейности и, соответственно, масштаб. В этом случае формируются стандартные SIP или TPV коэффициенты дисторсии в составе WCS-параметров.
- Программа всегда производит обратное вычисление UTC по звездному времени для правильного заполнения временных параметров (DATE-OBS, UTC и т.д.), т.к. в исходной шапке обычно неправильные и UT и START, и только считанный с АСУ БТА параметр ST дает более-менее правильную привязку времени.
- Производится чистка плохих пикселей и вычитание медианного фона.
- Программа учитывает возможность разворота изображения на 180° (т.е нестандартную установку CCD-приемника на SCORPIO) не отраженную в параметре ROTANGLE.
- При неудачной привязке программа пытается произвести предварительный отбор (выбраковку) объектов со снимка и из каталога и повторить привязку.
- Параметром при вызове можно задать используемый для привязки локальный каталог (HST GSC, USNO-A2/B1/UCAC3, 2MASS PSC, GSC-2.3) или доступ через Интернет к оригиналу каталога SDSS-III.
- Если каталог принудительно не задан, программа сначала использует GSC-2.3, а при неудаче пытается повторить используя 2MASS, вместе с предварительной выбраковкой объектов это значительно увеличивает вероятность удачной привязки в сложных случаях, например на снимках периферийных областей больших галактик или в окрестности ярких звезд.
- Программа пытается по параметрам в исходной шапке отделить настоящие прямые снимки от других мод наблюдений, для которых запускать привязку бессмысленно (*Spectra*, *Bias*, *Flat*, *SunSky* и т.д.). Для таких FITS-файлов, а также если алгоритм координатной привязки не сработал, выполняется только переформатирование FITS-шапки без WCS-параметров.
- Добавлено распознавание собственных FITS-шапок самой программы, т.е. возможна повторная обработка уже обработанных файлов. Хотя предпочтительнее для этого использовать рассматриваемую ниже *fits\_wcs*.

Если вызвать программу без параметров она выдаст справку:

---

FITS-reconstructor for SCORPIO FITS-files.

Uses 'scorpio\_sample.hdr' file as a sample for output FITS-header.

Includes WCS-header for images (not spectra).

Uses local(@base1.sao.ru) GSC-2.3 catalog and FFT-correlation method when trying to fix WCS-parameters (with optional SIP/TPV-distortion).

Usage: scorpio\_wcs Name.FTS [-dRA=Sec] [-dD=ArcSec] [-dA=Degr] [-Scale=ArcSec] [-SIP] [-TPV] [-Xc=ddd] [-Yc=ddd] [-Cat=CatName] [-PM] [-Dbg[=Level]]

Where:

-dr=Sec - telescope shift to subtract from R.A. (default=0.0)  
-dd=ArcSec - telescope shift to subtract from Decl.(default=0.0)  
-da=Degr - rot.angle shift to add to P2-PA (default=0.0)  
-s=ArcSec - new image scale ("/pix, default: from FITS-header)

Note: -da, -s are used only if programm can't determine dA and Scale automatically

-x=ddd - X of Reference Pixel (suppose to be BTA rotator center)  
-y=ddd - Y of Reference Pixel (suppose to be BTA rotator center)  
-sip - try to make WCS-header with SIP distortion coefficients  
-tpv - try to make WCS-header with TPV distortion coefficients  
-cat=CatName - try to use another catalog instead of GSC-2.3

where CatName:

gsc - for local HST GSC  
ub1 - for local USNO-B1  
ua2 - for local USNO-A2  
uc3 - for local UCAC3  
2mass - for local 2MASS PSC  
gsc2 - for local GSC-2.3 (default)  
sdss - try Internet access to SDSS-III site  
local access - to base1.sao.ru site  
Internet access - through relay.sao.ru proxy  
-pm - use proper motion data from GSC-2.3 or USNO-B1

---

Обычно единственный параметр — имя входного файла: Sxxxxxxx.FTS, программа максимально рассчитана на автоматическую обработку, но при использовании «в ручную» в сложных случаях могут быть полезны нижеследующие параметры. Большие или малые буквы в названиях ключей не важны и опознаются они по первым символам (т.е. -s и -Scale одно и тоже, так же как -dd и -dDec):

**-dRA -dD** — наследство от *zdina\_wcs\_fix*, сохранены на всякий случай.

**-dA** — смещение угла. Этот параметр (также как и **-S**) используется только если алгоритм автоматического определения поворота и масштаба не срабатывает, иначе — игнорируется. Угол задается в градусах.

**-S** — масштаб ("/pix). Иначе берется из IMSCALE в шапке.

**-Xc -Yc** — начальная точка привязки координат RA/Dec вместо заложенной в программе. Полезна если заранее был определен текущий центр вращения стола П2. Тогда программа будет давать смещения звездного поля относительно этой точки и можно по прямым снимкам проверять точность наведения.

**-SIP -TPV** — в случае удачной привязки и отождествления достаточного (>15) количества объектов, пробовать рассчитать центрально симметричную дисторсию и включить ее в виде SIP или TPV коэффициентов в состав WCS-параметров. Иначе программа использует фиксированные значения в зависимости от конфигурации прибора, но никуда их не пишет.

**-Cat** — идентификатор опорного каталога. По-умолчанию программа сначала обращается к GSC-2.3, а при неудаче пытается повторить привязку с использованием 2MASS (такой подход помогает, например, при анализе снимков периферии крупных галактик или около ярких звезд).

**-PM** — «*proper motions*» — собственные движения. Используемые опорные каталоги GSC-2.3 и USNO-B1 содержат данные о собственных движениях звезд, но они не очень надежные.

Этот ключ заставляет программу учитывать все собственные движения. Иначе для USNO-B1 они не учитываются, а для GSC-2.3 программа учитывает только те, что попали в него из Туcho. Разумеется для USNO-UCAC3 собственные движения учитываются всегда.  
-**Dbg** — уровень подробности распечатки. Без ключа — 0-й (минимальная), с ключом — 1-й (подробная). Остальные уровни — авторские (для отладки программы).

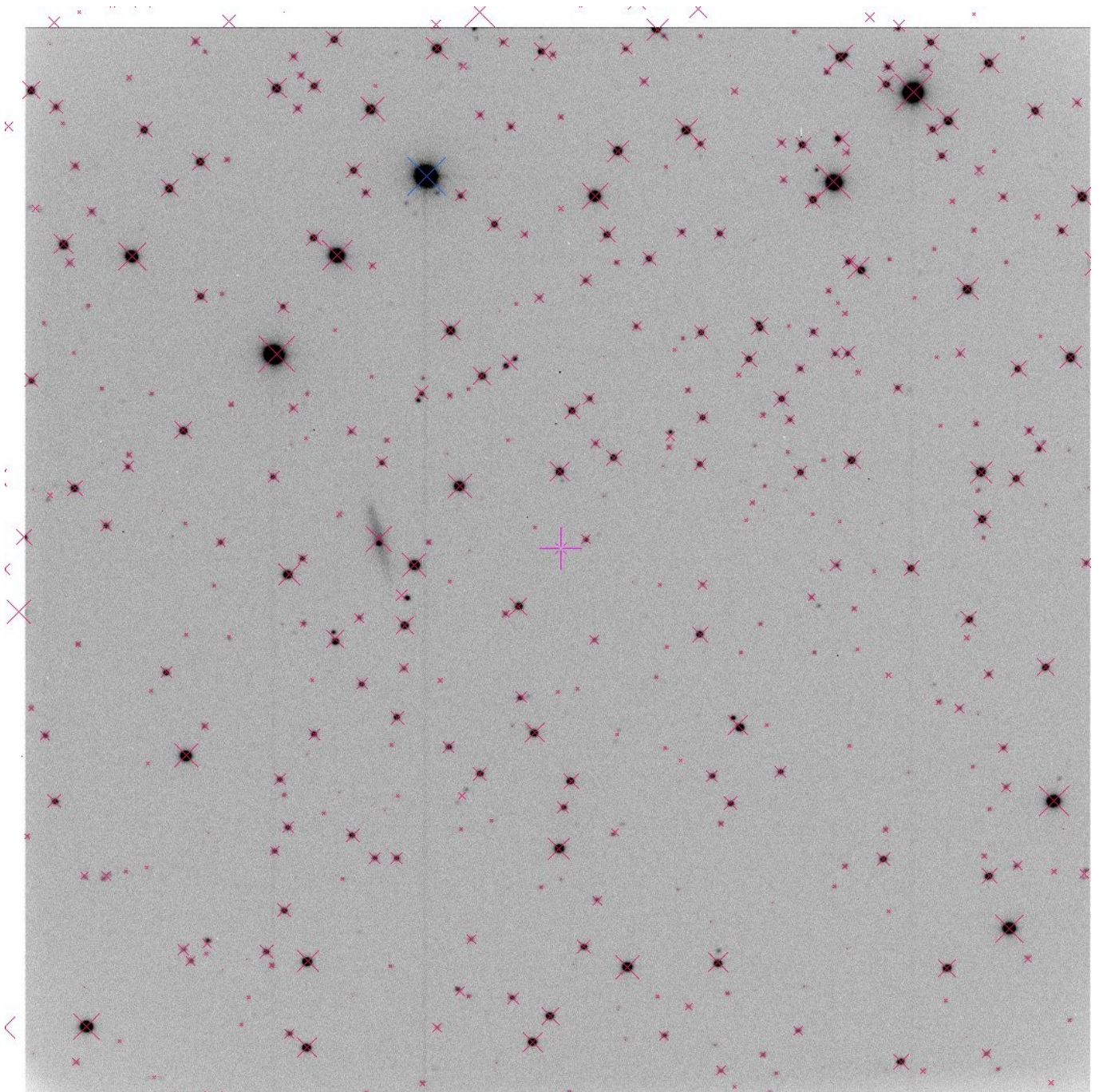
Имя выходного файла формируется добавлением *\_wcs.fits* к имени входного (например: *S11080251.FTS*—>*S11080251\_wcs.fits*). Программа пытается записать его в тот же справочник откуда взят входной. Также программа формирует в текущем справочнике изображение *out.jpeg*, иллюстрирующее качество координатной привязки.

Пример использования программы когда она не находит файла образца шапки, а справочник с исходными файлами недоступен для записи:

```
vsher> scorpio_wcs ../Scorpio/S11080251.FTS
Can't open sample header: nor scorpio_sample.hdr nor ../Scorpio/scorpio_sample.hdr
nor /usr/local/bin/scorpio_sample.hdr
But sample header: /Users/vsher/FITS/scorpio_sample.hdr was found.
Try to use it instead...
    263 objects found
    574 GSC-2.3 catalog objects
    dAng=0.10dgr. Scale:0.35700->0.35281
    dX=13.7 dY=3.8 RA=287.37575 Dec=38.61870 dRA=3.4 dDec=4.2
    A=16.20000 Z=5.20000 dA=1.5(16.3) dZ=4.8
    245 matching objects
    root-mean-square deviation(RMSD): 0.28"
Can't write to ../Scorpio/S11080251_wcs.fits
```

Файл *out.jpeg*:





Программа использовалась в 2013-м году при массовом переформатировании всего архива SCORPIO и создания параллельного архива SCORPIO\_C. Затем она была включена в состав ПО Архива CAO для дальнейшего пополнения раздела SCORPIO\_C и для использования в составе [Web-интерфейса Архива](#).

***fits\_wcs*** — для любых прямых снимков в FITS-формате.

Программа разработана в 2014-м году. Это универсальная программа для привязки FITS-изображений. Она должна создавать (или исправлять) WCS-параметры в их FITS-заголовках. Предыдущие программы разрабатывались для того чтобы приводить к **стандартному** виду FITS-заголовки файлов с основных инструментов CAO, добавляя WCS-привязку если удалось отождествление с каталогом. Задача универсальной программы ***fits\_wcs*** иная. Она должна быть максимально нечувствительна к формату FITS-файла и составу параметров в его заголовке. Даже если в FITS-заголовке не хватает нужных параметров (или они ошибочные), их можно добавить (заменить) в строке вызова.

Если вызвать программу без параметров она выдаст справку:

---

```
Usage: fits_wcs [Options] [PropFile] filename.fits
      Options/Properties format: 'name=value'
      PropFile - file with Properties (one in one line)
Possible Options/Properties names:
      x0, y0, xsize, ysize - use only this frame of large image
      scale - one pixel size (if square, "/pix)
      flip - 'no' or 'yes'(default - one of axes is mirrored)
Note: scale and flip are used only if there is no WCS in source FITS-header.
      dang - rotation angle shift
           (used only if programm can't determine it automatically)
      mag - faint magnitude from catalogue (default=20.0)
      cat - catalogue identifier:
           'gsc' - for local HST GSC
           'ub1' - for local USNO-B1
           'ua2' - for local USNO-A2
           'uc3' - for local UCAC3
           '2mass' - for local 2MASS PSC
           'gsc2' - for local GSC-2.3 (default)
           'sdss' - try Internet access to SDSS-III site
           local access - to basel.sao.ru site
           Internet access - through relay.sao.ru proxy
      pm - 'yes','no'(default) use Proper Motions for GSC-2.3 and USNO-B1
Note: this makes sense only if the header contains the date of observation.
      dbg - 0 :- 4 debugging (verbosity) level
Possible Properties that replace or complement FITS-parameters:
      BSCALE BZERO DATAMIN DATAMAX RA DEC EPOCH FILTER
      CRVAL1 CRVAL2 CDELTA1 CDELTA2 CRPIX1 CRPIX2 EQUINOX CD1_1
      CD1_2 CD2_1 CD2_2
```

---

Параметры в этой программе задаются в форме «Имя=Значение». Часть параметров для настройки самой программы, остальные — для дополнения (или замены) FITS-шапки. Если их много и/или они постоянны для нескольких снимков, то их можно записать в *Property*-файл (каждый параметр в отдельной строке), а в строке команды писать имя этого файла.

**x0, y0, xsize, ysize** — используются если нужно обрабатывать фрагмент из очень большого изображения. Максимальный доступный размер обрабатываемого изображения ограничен как 4096x4096.

**scale** — масштаб ("/pix), т.е. предполагается что пиксель «квадратный». Этот параметр (также как и **flip**) используется только если в FITS-шапке исходного файла нет WCS-параметров, иначе масштаб рассчитывается по ним.

**flip** — возможные значения «no» или «yes» если изображение имеет зеркальное отражение по одной из осей. Также игнорируется если уже есть WCS-параметры, так как определяется по ним.

**dang** — угол поворота изображения. Задается в градусах. Используется только если алгоритм автоматического определения поворота и масштаба не срабатывает, иначе — игнорируется.

**mag** — предельная звездная величина до которой выбираются объекты из опорного каталога. По-умолчанию — 20.

**cat** — идентификатор опорного каталога. По-умолчанию — GSC-2.3.

**pm** — возможные значения «no» или «yes». По-умолчанию — «no». Используемые опорные каталоги GSC-2.3 и USNO-B1 содержат данные о собственных движениях звезд, но они не очень надежные. Значение «yes» заставляет программу учитывать все собственные движения. Иначе для USNO-B1 они не учитываются, а для GSC-2.3 программа учитывает только те, что попали в него из Tycho. Разумеется собственные движения могут учитываться только если по параметрам FITS-шапки можно определить дату наблюдений.

**dbg** — уровень подробности распечатки: от 0 до 4. По-умолчанию — 0-й (минимальная), можно использовать 1-й (подробная). Остальные уровни — авторские (для отладки программы).



**BSCALE, BZERO, DATAMIN, DATAMAX, RA, DEC, EPOCH, FILTER, CRVAL1, CRVAL2, CDELTA1, CDELTA2, CRPIX1, CRPIX2, EQUINOX, CD1\_1, CD1\_2, CD2\_1, CD2\_2** —

применяются для дополнения FITS-шапки или для замены соответствующих параметров в ней.

Программа проверялась на различных FITS-файлах и с WCS-параметрами в шапке, и без них.

Например:

файлы с ТВ-камер гидов БТА и Цейсс-1000 после привязки *guide\_fix.cgi* (контроль правильности угла поворота и качества привязки);

выходные файлы *zdina\_wcs\_fix* (сравнение с другими каталогами);

выходные файлы *scorpio\_wcs* (взаимное сравнение двух программ);

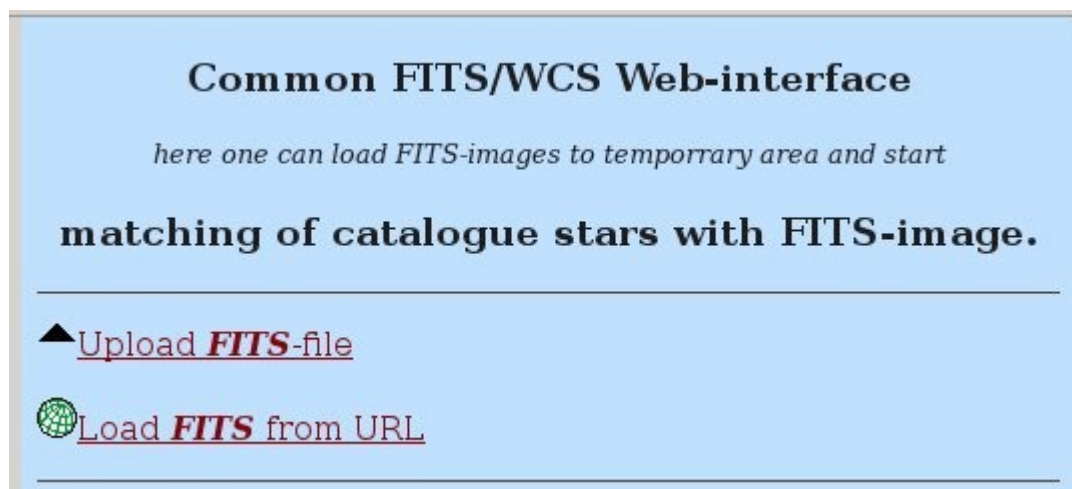
архивные файлы конца прошлого века с фотометра БТА с матрицами 1К(ЛПП) и РМССD(Photometrics);


файлы после обработки в MIDAS;

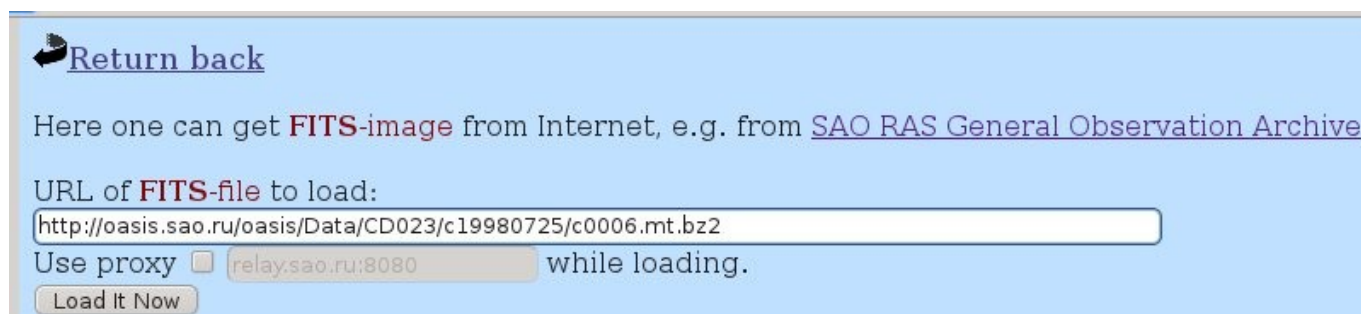
файлы наблюдений на телескопе *Subaru* (не исходные, после предварительной обработки).

### Web-доступ к программам координатной привязки.

Программы привязки FITS-изображений (*zdina\_wcs\_fix*, *scorpio\_wcs*, *fits\_wcs*) были установлены на три общедоступных сервера: *base1.sao.ru*, *big2.sao.ru* и *tb.sao.ru*. Сотрудники САО, имеющие доступ на эти серверы по *ssh*, могут использовать программы из командной строки или писать командные файлы для массовой обработки. Для быстрой и простой привязки отдельных снимков, безотносительно к возможности доступа на серверы, разработан Web-интерфейс. Он реализуется программами *fits\_www.cgi* и *fits\_wcs.cgi* на Web-сайтах этих серверов: <http://base1.sao.ru/fits/>, <http://big2.sao.ru/fits/>, <http://tb.sao.ru/fits/>, <http://oasis.sao.ru/fits/>.

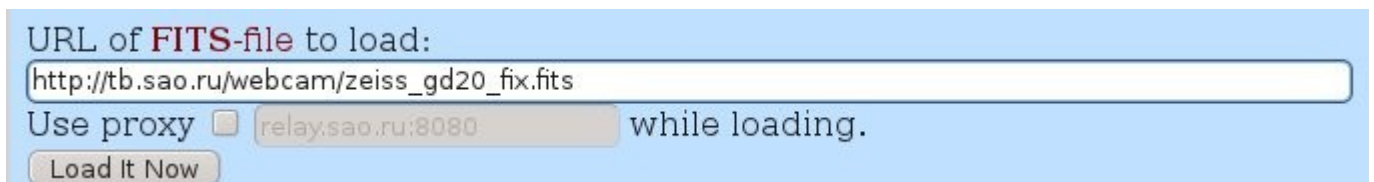


На сервере выделена временная область (справочник) куда можно загружать свои файлы. Время хранения файлов в этой области — одни сутки. Файлы всех пользователей находятся в одном справочнике. Но каждый браузер показывает только свои файлы. Это достигается сохранением списка файлов в *cookie* с именем *fitslist* в самом браузере. Т.к. размер *cookie* ограничен (4Кбайт), не предполагается одновременная работа с очень большим количеством файлов. Ненужные файлы желательно уничтожать .



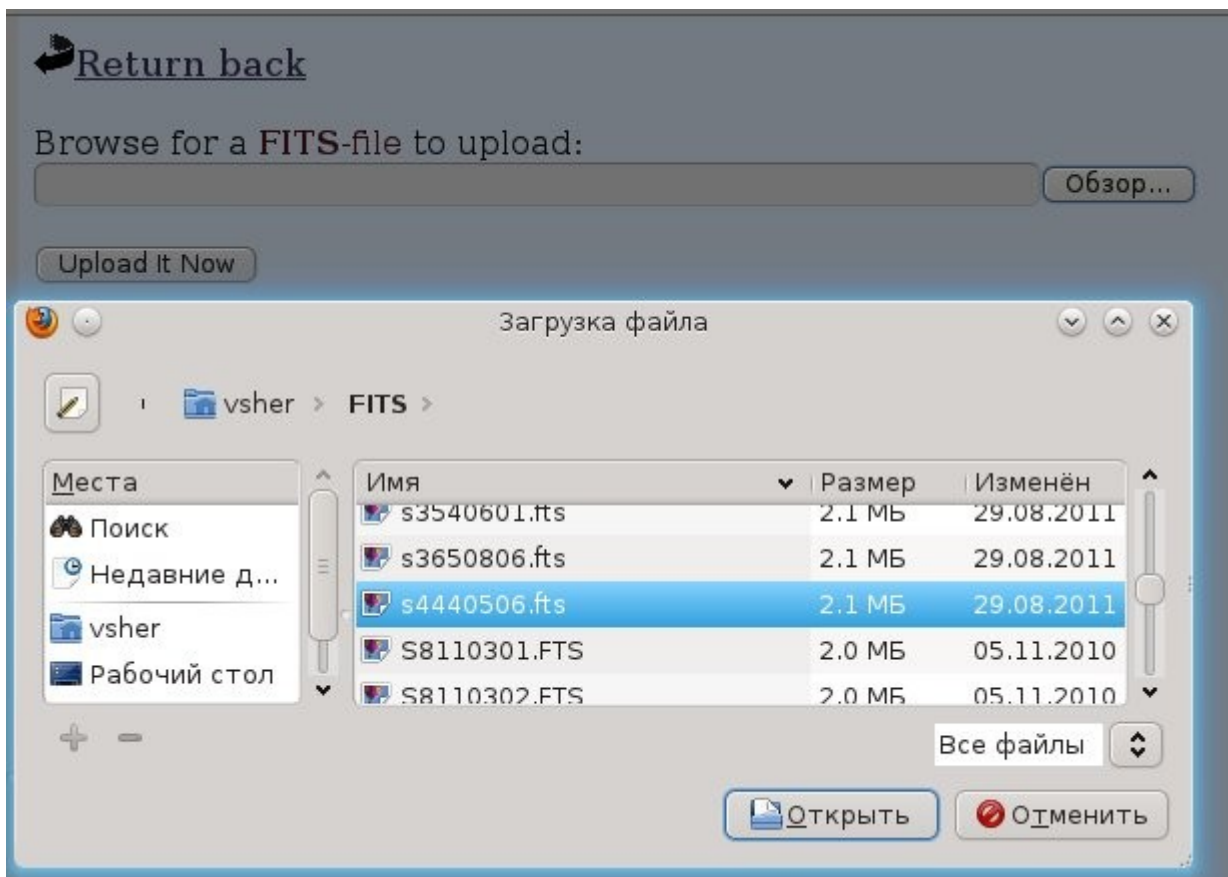
Файлы можно загружать из Интернета, если известен их URL. Например: URL можно скопировать из Web-интерфейса Архива. Если файл сжатый (*gzip*), он будет разархивирован.

Другой пример: URL из Web-интерфейса представления результатов привязки гида Цейсс-1000.

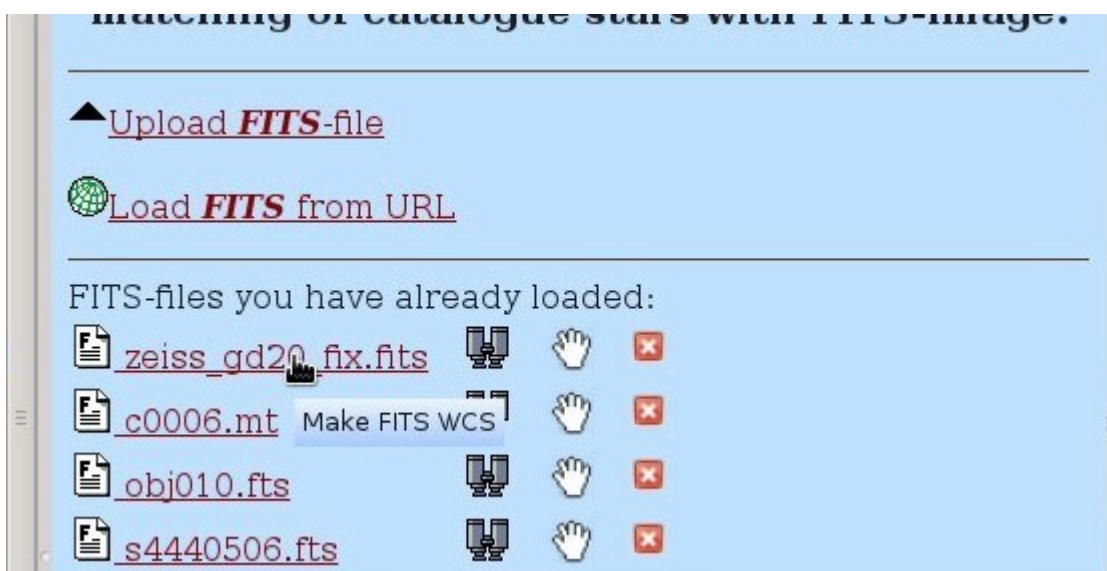



Если URL не из локальной сети САО, а из внешнего Интернета, нужно использовать *proxy*, т.к. серверы все внутренние, не имеют прямого выхода в Интернет и должны использовать наш *proxy*-сервер.



Файлы можно загружать со своего компьютера (*Upload*).



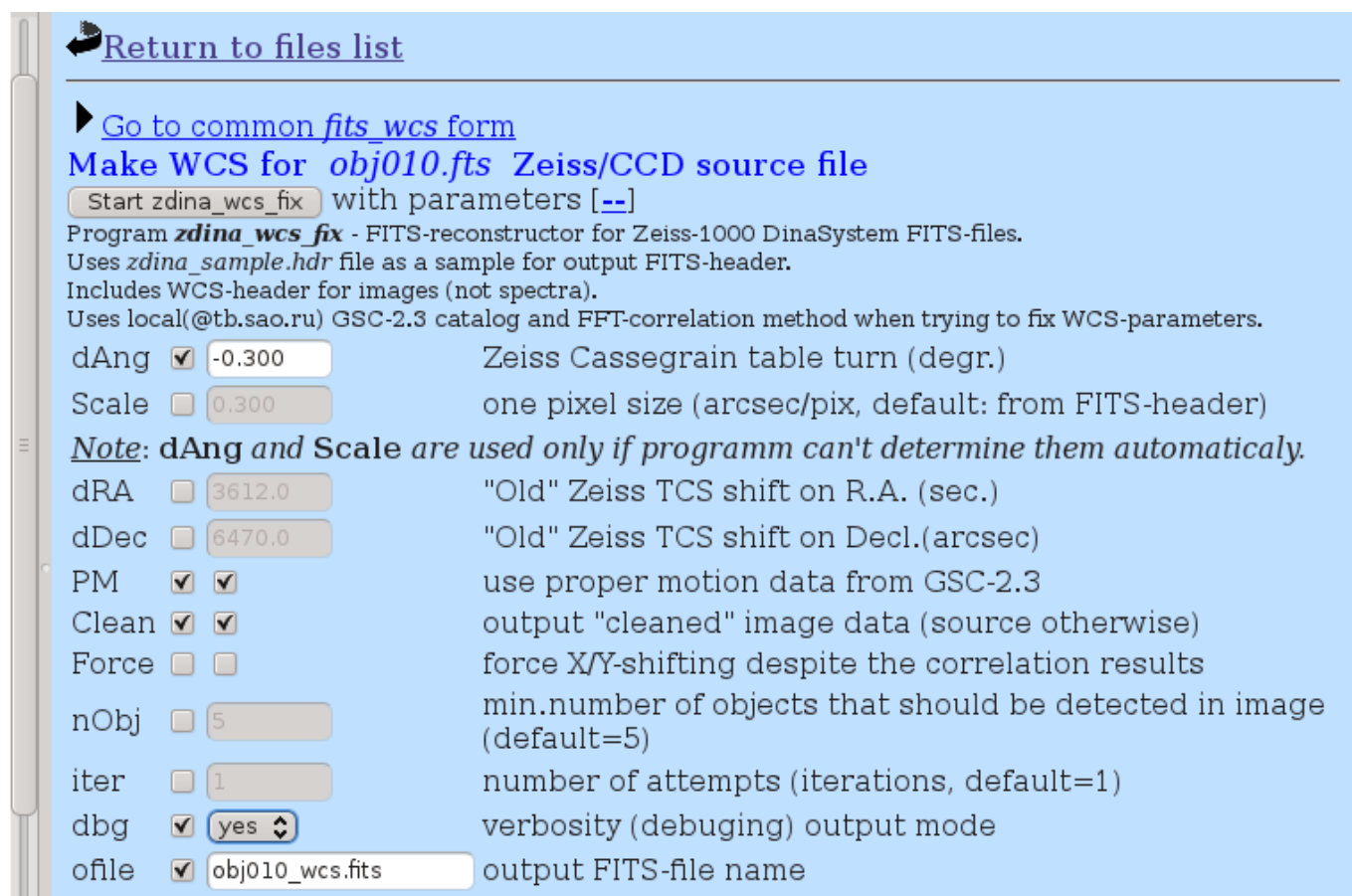
Загруженные файлы появляются в списке.



Иконка  используется для просмотра FITS-файлов при помощи программы *showfits.cgi*.

Иконка  - для запуска заочки файла на свой компьютер. Иконка  - для чистки списка.

Само имя файла является ссылкой по которой вызывается программа *fits\_wcs.cgi*. Она проверяет какого типа файл ей предложен и формирует разные типы Web-интерфейса для ввода параметров и запуска программ привязки. Все они ориентированы на то чтобы просто стартовать обработку без параметров. Форма ввода параметров разворачивается если кликнуть [+]. Исходно поля параметров отключены, подключаются кнопками («checkbox», «галочка») рядом с именем поля. Если выбранный файл это **исходный** FITS от *DinaSystem* фотометра Цейсс-1000, то показывается форма для *zdina\_wcs\_fix*.



[Return to files list](#)

► [Go to common fits\\_wcs form](#)

**Make WCS for *obj010.fits* Zeiss/CCD source file**

Start *zdina\_wcs\_fix* with parameters [--]

Program *zdina\_wcs\_fix* - FITS-reconstructor for Zeiss-1000 DinaSystem FITS-files.  
Uses *zdina\_sample.hdr* file as a sample for output FITS-header.  
Includes WCS-header for images (not spectra).  
Uses local(@tb.sao.ru) GSC-2.3 catalog and FFT-correlation method when trying to fix WCS-parameters.

dAng  -0.300 Zeiss Cassegrain table turn (degr.)

Scale  0.300 one pixel size (arcsec/pix, default: from FITS-header)

**Note: dAng and Scale are used only if programm can't determine them automatically.**

dRA  3612.0 "Old" Zeiss TCS shift on R.A. (sec.)

dDec  6470.0 "Old" Zeiss TCS shift on Decl.(arcsec)

PM   use proper motion data from GSC-2.3

Clean   output "cleaned" image data (source otherwise)

Force   force X/Y-shifting despite the correlation results

nObj  5 min.number of objects that should be detected in image (default=5)

iter  1 number of attempts (iterations, default=1)

dbg  yes verbosity (debugging) output mode

ofile  obj010\_wcs.fits output FITS-file name

Ссылка «**Go to common fits\_wcs form**» служит для перехода к обработке файла универсальной программой *fits\_wcs* вместо этой.

Если выбранный файл это **исходный** FITS с одного из вариантов SCORPIO, то показывается форма для *scorpio\_wcs*.

[Return to files list](#)

► [Go to common fits\\_wcs form](#)

### Make WCS for *s4440506.fits* SCORPIO source file

with parameters [--]

Program **scorpio\_wcs** - FITS-reconstructor for SCORPIO source FITS-files.

Uses *scorpio\_sample.hdr* file to reconstruct FITS-header.

Include and fix WCS-header (with optional SIP/TPV-distortion).

Uses local(@tb.sao.ru) or Inet catalogs and FFT-correlation method when trying to fix WCS-parameters.

dAng	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0.000"/>	rot.angle shift to add to P2-PA (default=0.0)
Scale	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0.300"/>	one pixel size (arcsec/pix, default: from FITS-header)
<b>Note:</b> <i>dAng and Scale are used only if programm can't determine them automatically.</i>			
Xc	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="522"/>	X of Reference Pixel (suppose to be BTA rotator center)
Yc	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="523"/>	Y of Reference Pixel (suppose to be BTA rotator center)
dstr	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="SIP"/>	try to make WCS-header with SIP or TPV distortion coefficients
cat	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="USNO-B1"/>	catalogue identifier
PM	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	use proper motion data from GSC-2.3 and USNO-B1
dbg	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="no"/>	verbosity (debugging) output mode
ofile	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="s4440506_wcs.fits"/>	output FITS-file name

После клика кнопки «**Start scorpio\_wcs**» будет вызвана программа привязки с выбранными параметрами.

Для всех остальных типов FITS-файлов будет предоставлена страница программы *fits\_wcs*.



[Return to files list](#)

## WCS for *c0006.mt*

with parameters [--]

Program *fits\_wcs* - identification (matching) of the catalogue stars in the FITS-image.

Uses local(@tb.sao.ru) or Inet(SDSS) catalogs.

If Ok - tries to correct rotation angle and scale. Then, tries to determine coordinates shift.

On success, includes (or replaces) WCS-parameters in the FITS-header.

x0	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0"/>	frame position on X
y0	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0"/>	frame position on Y
xsize	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="530"/>	frame size on X
ysize	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="590"/>	frame size on Y
scale	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0.274"/>	one pixel size (arcsec/pix)
flip	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="yes"/>	one of axes is mirrored? (default - yes)
<b>Note:</b> <i>scale and flip are used only if there is no WCS in source FITS-header.</i>			
dang	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0.000"/>	rotation angle shift ( <i>used only if programm can't determine it automatically</i> )
mag	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="19.0"/>	faint magnitude from catalogue(default=20.0)
cat	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="USNO-B1"/>	catalogue identifier
pm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	use proper motion data from GSC-2.3 and USNO-B1
dbg	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="no"/>	verbosity (debugging) output mode
ofile	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="c0006_wcs.fits"/>	output FITS-file name

Some FITS-header parameters [--]

RA	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="18:40:48.41"/>	Right Ascension (hh:mm:ss.s)
DEC	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="+00:02:05.1"/>	Declination (+dd:mm:ss.s)
EPOCH	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="1998.566"/>	Epoch of RA and DEC
FILTER	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="R"/>	Filter (u,b,v,r)


Нижняя часть ее выглядит по-разному в зависимости от набора параметров в FITS-шапке. Если в ней уже есть WCS-параметры, то показаны будут именно они.

WCS-parameters in FITS-header:

CRPIX1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="383.7"/>	X reference pixel
CRPIX2	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="288.1"/>	Y reference pixel
CRVAL1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="07:22:04.62"/>	RA of reference pixel
CRVAL2	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="+71:23:05.7"/>	Decl of reference pixel
EQUINOX	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="2000.0"/>	Equinox of equatorial coordinates
CD1_1	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0.0003534678"/>	rotation matrix coefficient [1,1]
CD1_2	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0.0000307407"/>	rotation matrix coefficient [1,2]
CD2_1	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="-0.0000307407"/>	rotation matrix coefficient [2,1]
CD2_2	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0.0003534678"/>	rotation matrix coefficient [2,2]

После клика кнопки «**Start fits\_wcs**» будет вызвана программа привязки с выбранными параметрами.

## Results of matching catalogue stars with FITS-image.

 [Go to files list](#)

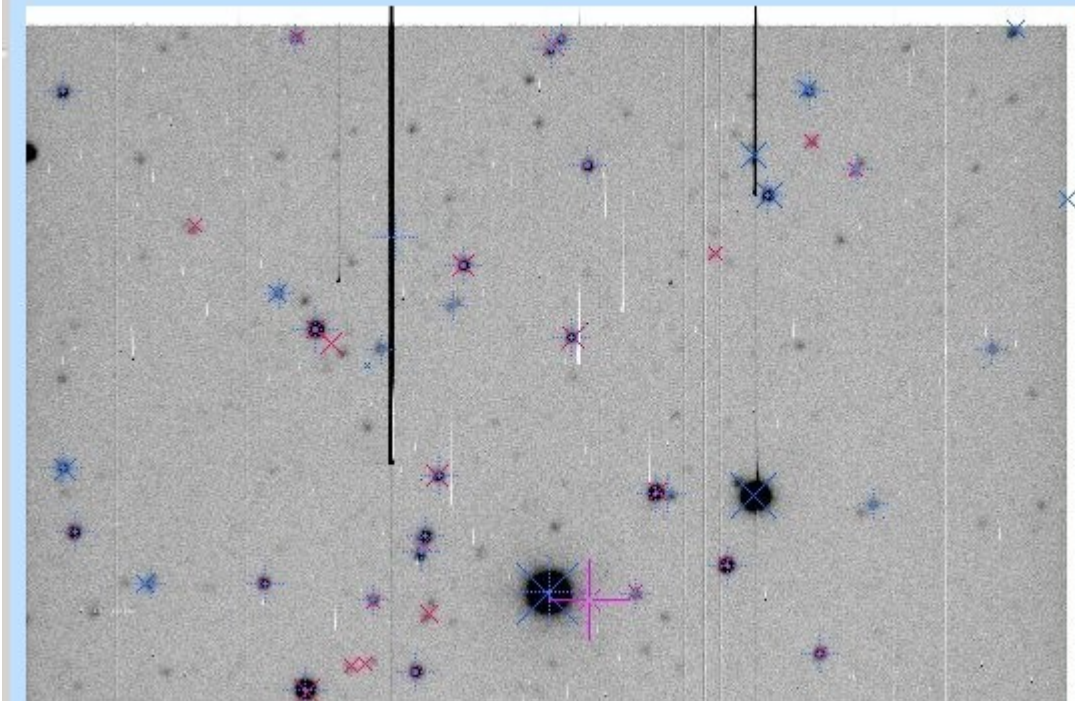
Command executed:

```
fits_wcs mag=19.0 cat=ub1 pm=yes 'c0006.mt'
```



```
66 objects found
95 USNO-B1 catalog objects
```

```
Warning! Suspicious corr.peak height(1.86,width=4.21x4.65) and A/L shift (
dAng=-40.90dgr. Scale:0.27400->0.27322
dX=17.1 dY=-1.1 RA=280.21669 Dec=0.03277 dRA=3.7 dDec=-2.9
52 matching objects (with PM)
root-mean-square deviation(RMSD): 0.44"
```

Resulting file: [c0006\\_wcs.fits](#)  



В этом примере использован старый архивный файл с фотометра БТА с матрицей 1К.

Файл результата можно либо запустить в программу просмотра , либо скачать на свой компьютер .


Еще один пример: «пере-привязка» загруженного через Интернет снимка с гида Цейсс-1000 с целью контроля правильности угла поворота и качества привязки в *guide\_fix.cgi*.

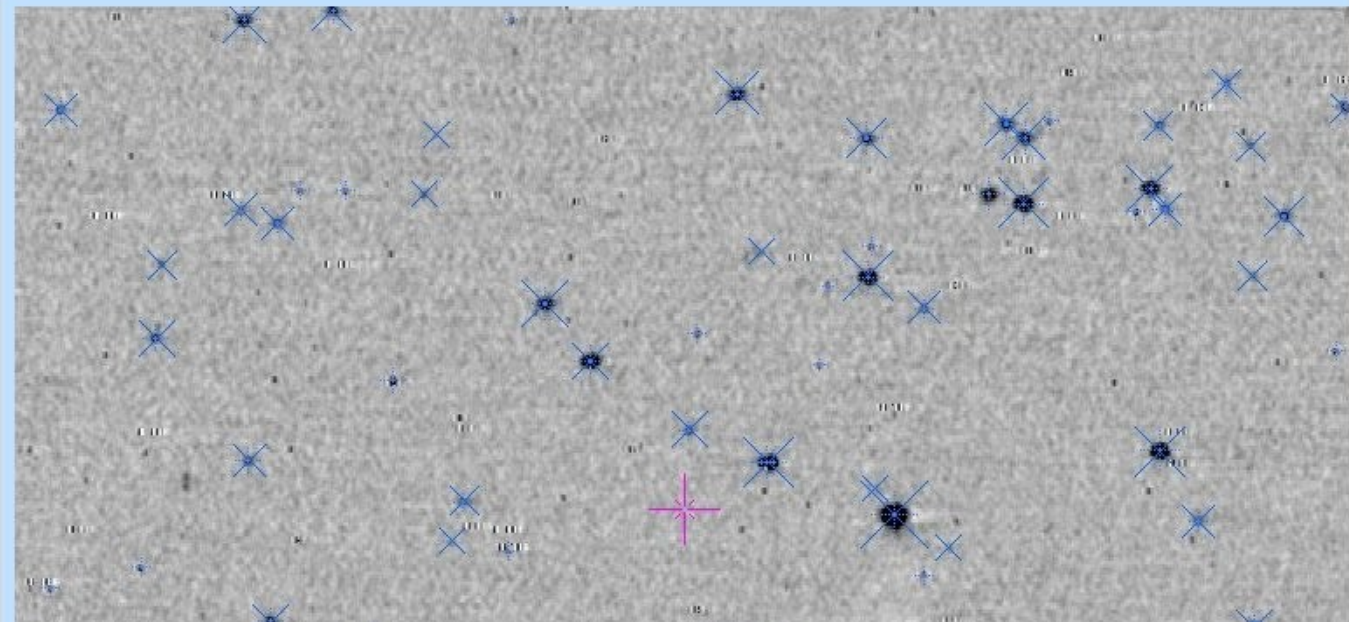


Command executed:

```
fits_wcs cat=ucac3 'zeiss_gd20_fix.fits'
```

```
71 objects found
84 UCAC3 catalog objects
dAng=-0.33dgr. Scale:1.27800->1.27729
dX=-0.3 dY=0.1 RA=110.51926 Dec=71.38492 dRA=1.1 dDec=-0.2
40 matching objects
root-mean-square deviation(RMSD): 0.67"
```












































Resulting file: [zeiss\\_gd20\\_fix\\_wcs.fits](#)  





Использован наиболее подходящий в данном случае каталог USNO-UCAC3. Несоответствие угла поворота  $\approx 1/3^\circ$ . Это из-за  $\text{Dec} \approx 71^\circ$ , следствие не совсем точной полярной оси Цейсс-1000 (чем ближе к полюсу, тем больше поворот). Масштаб не изменился. Смещение — десятые доли пикселя (при средне-квадратическом отклонении  $\approx 1/2$  пикселя).

Все вновь полученные файлы (в том числе и JPEG-картинки) также отображаются в списке.


FITS-files you have already loaded:

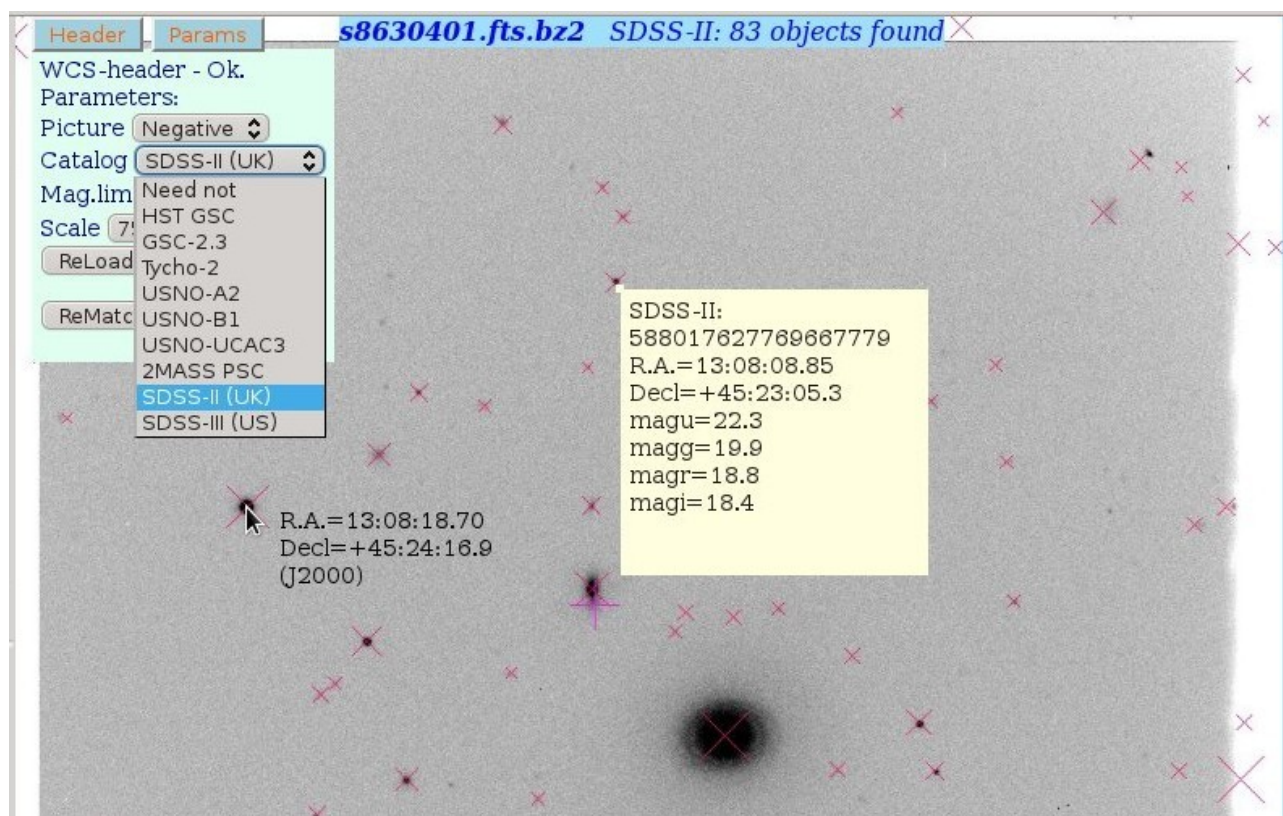
 <a href="#">zeiss_gd20_fix.fits</a>			
 <a href="#">c0006.mt</a>			
 <a href="#">obj010.fits</a>			
 <a href="#">s4440506.fits</a>			
 <a href="#">c0006_wcs.fits</a>			
 <a href="#">c0006_wcs.jpeg</a>			
 <a href="#">zeiss_gd20_fix_wcs.fits</a>			
 <a href="#">zeiss_gd20_fix_wcs.jpeg</a>			
 <a href="#">s4440506_wcs.fits</a>			
 <a href="#">s4440506_wcs.jpeg</a>			
 <a href="#">obj010_wcs.fits</a>			
 <a href="#">obj010_wcs.jpeg</a>			

Теперь можно скачать их на свой компьютер  и уничтожить .

## Использование координатной привязки в Web-интерфейсе Архива САО.

Описанные выше программы координатной привязки были установлены и на архивный сервер *oasis.sao.ru*. Соответственно появился и неавторизованный Web-доступ. Причем, поскольку архивный сервер «виден» снаружи через ProхуPass на сайте САО, этот Web-доступ есть не только из лосальной сети САО, но и из внешнего Интернета <http://www.sao.ru/oasis/fits/>.

Для файлов из архива можно использовать загрузку по HTTP копируя адрес URL из таблицы найденных файлов, но это не очень удобно. Менять сам интерфейс доступа к архиву также было нежелательно. Поэтому, просто была немного изменена программа просмотра FITS-файлов *showfits.cgi* (см. [отчет за 2013г.](#)), которая в таблице найденных архивных файлов вызывается иконкой . В ее меню «Params» была добавлена кнопка «Try Match for WCS» (или «ReMatch for WCS») которая вызывает программу *fits\_wcs.cgi* с адресом просматриваемого файла.



Далее все как в описанном выше Web-доступе. Программа *fits\_wcs.cgi* проверяет какого типа файл ей предложен и формирует разные типы Web-интерфейса для ввода параметров и запуска программ привязки.



## Matching catalogue stars with FITS-image.

► [Go to common fits\\_wcs form](#)

Make WCS for *s8630401.fits* SCORPIO source file

Start `scorpio_wcs` with parameters [--]

Program `scorpio_wcs` - FITS-reconstructor for SCORPIO source FITS-files.

Uses `scorpio_sample.hdr` file to reconstruct FITS-header.

Include and fix WCS-header (with optional SIP/TPV-distortion).

Uses local(@base1.sao.ru) or Inet catalogs and FFT-correlation method when trying to fix WCS-parameters.

dAng   rot.angle shift to add to P2-PA (default=0.0)  
Scale   one pixel size (arcsec/pix, default: from FITS-header)  
**Note:** dAng and Scale are used only if programm can't determine them automatically.  
Xc   X of Reference Pixel (suppose to be BTA rotator center)  
Yc   Y of Reference Pixel (suppose to be BTA rotator center)  
dst   try to make WCS-header with SIP or TPV distortion coefficients  
cat   catalogue identifier  
PM  HST GSC use proper motion data from GSC-2.3 and USNO-B1  
USNO-A2  
USNO-B1  
dbg  UCAC3 verbosity (debugging) output mode  
ofile   output FITS-file name



В данном случае это файл с системы регистрации SCORPIO.

## Results of matching catalogue stars with FITS-image.

Command executed:

`scorpio_wcs -cat=ub1 's8630401.fits'`

```
36 objects found
72 USNO-B1 catalog objects
dAng=-0.01dgr. Scale:0.35700->0.35533
dX=-42.9 dY=40.0 RA=197.07202 Dec=45.37573 dRA=9.8 dDec=-19.7
A=107.90000 Z=29.30000 dA=20.7(42.2) dZ=2.7
25 matching objects
root-mean-square deviation(RMSD): 0.44"
```

Resulting file: *s8630401\_wcs.fits*  

[Download FITS-file](#)

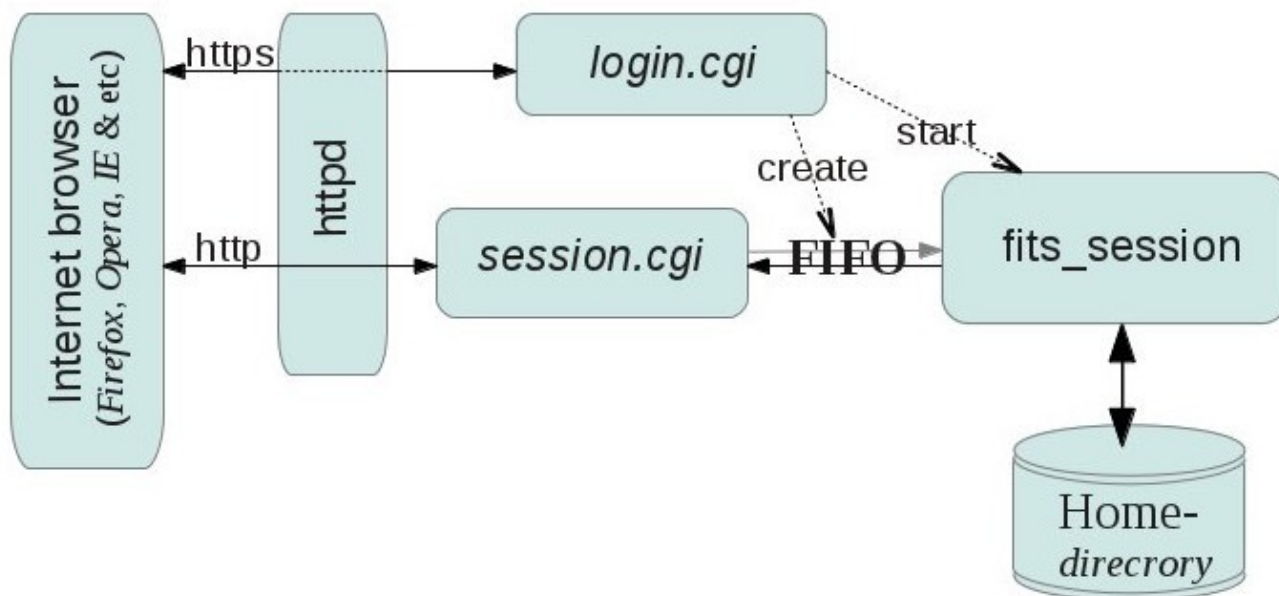


Результаты работы программ представляются пользователю. Файл результата записывается во временную область архива. Его можно скачать на свой компьютер или снова запустить в просмотр

для сравнения с другими каталогами.

### Авторизованные Web-сессии для координатной привязки.

Для пользователей предпочитающих работу на серверах через *ssh*, разработан новый принцип организации Web-сессий. Он позволяет пользователю зайти под **своим** именем-паролем и работать с FITS-файлами в своем Home-справочнике. Предполагается что этот Web-интерфейс будет использоваться параллельно с обычной работой пользователя на сервере через *ssh*, облегчая ему использование программ координатной привязки.



...

Программа *login.cgi* может вызываться только по защищенному протоколу *HTTPS*. Она получает имя и пароль пользователя и проверяет их стандартным образом (по *passwd+shadow*). Если авторизация успешна, создается уникальный идентификатор сессии и FIFO-канал с именем этого идентификатора. Затем запускается даемон поддержки сессии *fits\_session*, который для ввода/вывода использует созданный FIFO-канал. Он имеет привилегии только данного авторизованного пользователя и работает в его Home-справочнике. Даемон сессии заканчивает работу либо по тайм-ауту, либо по команде *Logout* от пользователя.

Идентификатор сессии передается браузеру в виде *cookie*. Вся дальнейшая работа выполняется по обычному протоколу *HTTP*. Вместо пароля в его заголовках циркулирует уникальный идентификатор сессии. Вызываемая при этом CGI-программа *session.cgi* использует его для подключения к FIFO-каналу сессии. Эта программа вызывается сервером *httpd* при каждом HTTP-запросе. Данные запроса передаются через FIFO-канал пользовательскому даемону *fits\_session*. В ответ он передает сформированную HTML-страницу, которая в итоге передается назад через *httpd* как ответ CGI-программы.

Программа *login.cgi* предоставляет форму авторизации пользователя. Кроме имени и пароля можно еще при входе задать тайм-аут сессии.





Если имя-пароль правильные, предоставляется простой файл-браузер который «видит» только справочники и файлы FITS или JPEG.

Пт. 19 дек. 2014 19:10:48 Session:2995s. left [Logout]

Directory: **vsher/FITS/tmp** [ Upload **FITS**-file here ] [ Load **FITS** from URL ]

Home directory  
.. (upper directory)

out.jpeg	198288	Jun 10 2013	rw-r--r--	vsher,users
out_sim.jpeg	85667	Jun 10 2013	rw-r--r--	vsher,users
s9270804.fits	2191680	Jun 3 2013	rw-r--r--	vsher,users
s9270804.jpeg	198288	Jun 3 2013	rw-r--r--	vsher,users
s9270804_wcs.fits	2194560	Jun 10 2013	rw-r--r--	vsher,users
s9270805.fits	2191680	Jun 3 2013	rw-r--r--	vsher,users
s9270805.jpeg	197445	Jun 3 2013	rw-r--r--	vsher,users
s9270805_wcs.fits	2194560	Jun 3 2013	rw-r--r--	vsher,users

mc - vsher@base1.sao.ru:~/FITS/tmp

Left	File	Command	Options	Right		
~/FITS/tmp	Name	Size	MTime	Name	Size	MTime
../	UP--DIR			../kde	4096	Sep 27 2006
out.jpeg	198288	Jun 10 2013		../mc	4096	Dec 19 19:04
out_sim.jpeg	85667	Jun 10 2013		../qt	4096	Sep 27 2006
s9270804.fits	2191680	Jun 3 2013		../ssh	4096	Nov 22 2011
s9270804.jpeg	198288	Jun 3 2013		../vlc	4096	Mar 21 2010
s927080~cs.fits	2194560	Jun 10 2013		/DSS	4096	Aug 29 2013
s9270805.fits	2191680	Jun 3 2013		/FITS	4096	Jul 15 16:37
s9270805.jpeg	197445	Jun 3 2013		/GSC2_3_src	4096	Sep 18 2009
s927080~cs.fits	2194560	Jun 3 2013		/bin	4096	Jul 7 15:59
*scorpio~asis.sh	1032	Feb 15 2013		/wcstools-3.7.1	4096	Sep 19 2007
*scorpio_wcs	1746	May 24 2013		/wcstools-3.8.7	4096	Jun 1 2014
*scorpio_wcs.sh	1517	Feb 21 2013		/wcstools-3.8.8	4096	Sep 24 2013
				..www	14	Mar 9 2010
				./resv.vsher	153	Sep 2 2013
				/FITS		

s9270804.fits —13G (3%) of 384G—

[vsher@base1 tmp]\$

1Help 2Menu 3View 4Edit 5Copy 6RenMov 7Mkdir 8Delete 9PullDn 10Quit

На картинке представлен пример одновременного использования сервера через Web-сессию и через ssh.

Оставшееся до окончания сессии время непрерывно показывается в верхней строке. Там же

ссылка **Logout** для завершения сессии. Остальной функционал очень похож на описанный выше Web-доступ без авторизации.

Программы включены в сайты трех серверов САО: <https://base1.sao.ru/fits/login.cgi>, <https://big2.sao.ru/fits/login.cgi>, <https://tb.sao.ru/fits/login.cgi>.

Web-доступ к одному из серверов (*big2.sao.ru*) обеспечен и из внешнего Интернета через ProxyPass: <http://www.sao.ru/fits/> -> <http://big2.sao.ru/fits/>. Т.е. сотрудники могут пользоваться программами и из внешних сетей. Соответственно URL для входа пользователя с авторизацией: <https://www.sao.ru/fits/login.cgi>.