

Курс «Бази та банки даних»

Лекція 12

Формат астрономічних файлів даних FITS. Ефемеридне забезпечення наземних спостережень планет (JPL HORIZONS)

ver. 2017.05.17

Корохін Віктор Валентинович

v.v.korokhin@gmail.com

Institute of Astronomy,
Kharkiv VN Karazin National University, Ukraine

2017, Харків

План лекції

1. Короткий огляд формату FITS.
2. Приклади FITS-файлів, які використовуються системою xIRIS.
3. Приклад FITS-заголовку файлу космічних даних (LRO WAC).
4. Уфемеридне забезпечення наземних спостережень планет (HORIZONS system).
5. Приклад обробки наземних фотометричних спостережень Місяця.

Короткий обзор формату FITS

FITS

FITS (англ. **Flexible Image Transport System** – гнучка система передачі зображень) – цифровий формат файлів, що використовується в науці для зберігання, передачі та обробки зображень та їх **метаданих** (супровідної інформації).

Найчастіше FITS використовується в астрономії. На відміну від багатьох інших форматів зображень, FITS розроблений спеціально для наукових даних і тому, крім власне зображення, включає в себе **метадані**, що описують інформацію, наприклад, про фотометричне та просторове калібрування, обставини спостережень, історію обробки та ін.

Перший стандарт FITS опублікований в 1981 р. Остання версія 4.0 (липень 2016). Офіційний сайт FITS: <http://fits.gsfc.nasa.gov/>

FITS прийнятий як міжнародний астрономічний стандарт, і використовується великою кількістю організацій. В тому числі, він є основним форматом для нашої програмної системи xIRIS.

Зображення в FITS-файлі

Під "зображенням" мається на увазі набір двійкових даних, що розташовані на одній або більше координатних осях і мають загальні параметри (такі, як найменування об'єкта, спостерігач і т.д.).

Наприклад, це може бути прямокутна матриця. Елементом матриці може бути ціле або дійсне число. Або навіть байтовий запис, що довільно інтерпретується.

Наприклад, в FITS-файл може бути записано зображення, що займає 999 координатних осей в стандартній або нестандартній системі координат.

В FITS-файлі блоку з зображенням може і не бути.

Метадані (FITS-заголовки)

Кожний заголовок повинен містити мінімальну кількість параметрів, необхідних для опису двійкових даних в файлі, та подання їх у вигляді масиву (обов'язкові поля).

Крім того, особливістю FITS є те, що метадані зберігаються в легкому для читання форматі ASCII. Це зроблено для того, щоб ці дані могла прочитати не тільки програма, але й будь-який користувач, який навіть не має спеціального програмного забезпечення. Тобто, FITS-заголовок легко інтерпретується людиною.

Заголовок FITS складається з ASCII рядків фіксованої довжини в 80 символів. Кожен рядок складається з пар “ключ = значення”. У парах “ключ = значення” записана інформація про розмір, походження, координати, формат двійкових даних; коментарі у вільній формі; історія змін даних і все інше, що автор вважає за потрібне. На додаток до зарезервованих ключів, можна довільним чином використовувати незайняті назви ключів.

Приклад FITS-заголовка

```
SIMPLE = T / FILE CONFORMS TO FITS STANDART
BITPIX = -32 / FITS BITS/PIXEL
NAXIS = 2 / NUMBER OF AXES
NAXIS1 = 1178 / NUMBER OF POINTS ALONG AXE 1
NAXIS2 = 1300 / NUMBER OF POINTS ALONG AXE 2
EXTEND = F / FILE MAY CONTAIN EXTENSIONS
BUNIT = 'W/(M^2 SEC) ' / PHYSICAL UNITS OF THE DATA
BSCALE = 1.0 /
BZERO = 0.0 /
CDELT1 = 3.27119607411228 /
CDELT2 = 3.27119607411228 /
CRPIX1 = 584.1 / X-COORDINATE OF THE REFERENCE PIXEL
CRPIX2 = 663.1 / Y-COORDINATE OF THE REFERENCE PIXEL
CRVAL1 = 0.0 / REAL X-COORD. OF THE REFERENCE PIXEL
CRVAL2 = 0.0 / REAL Y-COORD. OF THE REFERENCE PIXEL
CTYPE1 = 'X ' /
CTYPE2 = 'Y ' /
```

SWAPPED = F /

BLANK = 0.0 /

CFORM1 = 'G8' /

CFORM2 = 'G8' /

BFORM = 'G8' /

RAW_TYPE= 'CRW' /

DATE-OBS= '2006-10-07T23:02:20.000' / DATE AND TIME OF OBSERVATION

EXPOSURE= 0.0125819557183535 /

ISO = 100 /

X_OFFSET= 64 /

Y_OFFSET= 12 /

HISTORY Converted from Canon raw image

COMMENT Color system is Bayer RGGB

Фізична організація FITS-файлів

Загальний розмір FITS-файлу завжди кратний 2880 восьмибітових байт (склалося історично).

Кожен FITS-файл має один або кілька заголовків, що містять ASCII рядки фіксованої довжини в 80 символів. Тема обов'язково закінчується ключовим словом **END**.

Після заголовку йде блок (блоки) двійкових даних. Зображення завжди починається з початку 2880-байтового блоку. Простір між кінцем заголовку і початком зображення заповнюється нулями.

FITS також часто використовується, щоб зберігати просто інформацію без зображень (дані про спектри, матриці, або навіть структуровану інформацію, типу баз даних). FITS-файл може містити кілька блоків, і кожен з них може містити по об'єкту. Наприклад, в одному файлі можна зберігати звичайну фотографію, рентгенівські й інфрачервоні знімки.

Стандартне розширення FITS-файлів: **.fits, .fit, .fts**.

Мінімальний FITS-Заголовок

```

SIMPLE =          T / FILE CONFORMS TO FITS STANDART
BITPIX =        -32 / FITS BITS/PIXEL
NAXIS  =          2 / NUMBER OF AXES
NAXIS1 =       1178 / NUMBER OF POINTS ALONG AXE 1
NAXIS2 =       1300 / NUMBER OF POINTS ALONG AXE 2

END

```

BITPIX	Назва	байт	Тип
-64	Дійсне подвійної точності	8	double
-32	Дійсне одинарної точності	4	single
8	Ціле однобайтове	1	byte
16	Ціле двобайтове	2	Int16
32	Ціле чотирьохбайтове	4	Int32

Дійсні осі

CDELTA1 = 3.27119607411228 / KM PER PIXEL
CDELTA2 = 3.27119607411228 / KM PER PIXEL
CRPIX1 = 584.1 / X-COORDINATE OF THE REFERENCE PIXEL
CRPIX2 = 663.1 / Y-COORDINATE OF THE REFERENCE PIXEL
CRVAL1 = 0.0 / REAL X-COORD. OF THE REFERENCE PIXEL
CRVAL2 = 0.0 / REAL Y-COORD. OF THE REFERENCE PIXEL
TUNIT1 = 'KM' / THE PHYSICAL UNIT OF X-COORDINATE
TUNITY = 'KM' / THE PHYSICAL UNIT OF Y-COORDINATE

**Приклади FITS-файлів, що
використовуються системою xIRIS**

Поля, що визначають обставини наземних спостережень (ефемериди)

DATE-OBS= '2006-10-07T23:25:14.000' / DATE AND TIME OF OBSERVATION

GEO_LAT = 38.6722 / GEO. LAT. OF OBSERVER (DEG)

GEO_LONG= 66.8972 / GEO. LONG. OF OBSERVER (DEG)

GEO_HGHT= 2565.0 / GEO. HEIGHT OF OBSERVER (M)

RA_OBJ = 20.941087603569 / OBJ. RA (DEG)

DEC_OBJ = 10.8767499923706 / OBJ. DECLINATION (DEG)

PA_OBJ = -20.4942436218262 / OBJ. POSITION ANGLE (DEG)

HA = 338.567562103271 / OBJ. REFRACTED HOUR ANGLE (DEG)

ZD = 33.7250747680664 / OBJ. REFRACTED ZENITH DISTANCE (DEG)

OBJ_PHAS= 9.24219799041748 / OBJ. PHASE ANGLE (DEG)

OBJ_OLAT= -2.66905117034912 / PLANETOCENTRIC OBSERVER LAT. (DEG)

OBJ_OLON= 2.64756274223328 / PLANETOCENTRIC OBSERVER LONG. (DEG)

OBJ_OD = 353424.71875 / PLANETOCENTRIC OBSERVER DISTANCE (KM)

OBJ_SLAT= -0.537781774997711 / PLANETOCENTRIC SUN LAT. (DEG)

OBJ_SLON= -6.34959125518799 / PLANETOCENTRIC SUN LONG. (DEG)

OBJ_SD = 149838368.0 / PLANETOCENTRIC SUN DISTANCE (KM)

Поля, що задають перспективну проекцію (наступний спецкурс)

```
PROJECTN= 'perspective'          / PROJECTION NAME
PRJ_B0   =   -2.66905117034912 / LATITUDE OF PLANET CENTER (DEG)
PRJ_L0   =    2.64756274223328 / LONGITUDE OF PLANET CENTER (DEG)
PRJ_PA   =  -19.3619849949382 / PLANET POSITION ANGLE (DEG)
PRJ_R    =                   1737.4 / SPHERICAL PLANET RADIUS (KM)
PRJ_D    =   353424.71875 / PLANET DISTANCE (KM)
PRJ_PSI  =                   0.0 / AZIMUTH OF POINTING DIR. DECLIN. (DEG)
PRJ_RHO  =                   0.0 / POINTING DIRECTION DECLINATION (DEG)
```

Поля, що задають циліндричну проекцію (наступний спецкурс)

```
CDELTA1 = 0.0025 / DEG PER PIXEL
CDELTA2 = 0.0025 / DEG PER PIXEL
CRPIX1 = -11965.0 / X-COORDINATE OF THE REFERENCE PIXEL
CRPIX2 = -12886.0 / Y-COORDINATE OF THE REFERENCE PIXEL
CRVAL1 = 0.0 / REAL X-COORD. OF THE REFERENCE PIXEL
CRVAL2 = 0.0 / REAL Y-COORD. OF THE REFERENCE PIXEL

CTYPE1 = 'Lon      '
CTYPE2 = 'Lat      '

PROJECTN= 'cylindrical'
```

Приклад FITS-заголовка файла космічних даних (LRO WAC)

Data\Space_Data\LRO\WAC\M1444.01-WT-DEMO CP TC\
A1b.M144422278CC-56.7 SL0-604.FTS

Редагування FITS-заголовків

xIRIS.xEditor

Ефемерідне забезпечення наземних спостережень планет


HORIZONS system

Ефемеридна служба HORIZONS надається
Solar System Dynamics Group
лабораторії Jet Propulsion Laboratory.

Основний сайт: <http://ssd.jpl.nasa.gov/?horizons>

Web-інтерфейс: <http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi#top>

Головна сторінка Web-інтерфейсу




Jet Propulsion Laboratory
California Institute of Technology

+ View the NASA Portal
+ Near-Earth Object (NEO) Program

Search JPL

JPL HOME
EARTH
SOLAR SYSTEM
STARS & GALAXIES
TECHNOLOGY

Solar System Dynamics



BODIES
ORBITS
EPHEMERIDES
TOOLS
PHYSICAL DATA
DISCOVERY
FAQ
SITE MAP

HORIZONS Web-Interface

This tool provides a web-based *limited* interface to JPL's [HORIZONS system](#) which can be used to generate ephemerides for solar-system bodies. Full access to [HORIZONS](#) features is available via the primary [telnet interface](#). [HORIZONS system news](#) shows recent changes and improvements. A [web-interface tutorial](#) is available to assist new users.

Current Settings


Ephemeris Type [\[change\]](#) : **OBSERVER**
 Target Body [\[change\]](#) : **Moon [Luna]** [301]
 Observer Location [\[change\]](#) : user defined (**66°53'49.9"E, 38°40'19.9"N, 2565 m**)
 Time Span [\[change\]](#) : discrete time(s)=**2006-10-07 18:25:20**
 Table Settings [\[change\]](#) : QUANTITIES=**2,4,13-15,17,20,24**; angle format=**DEG**; range units=**KM**
 Display/Output [\[change\]](#) : *default* (formatted HTML)

Generate Ephemeris


Special Options:

- [set default ephemeris settings](#) (preserves only the selected target body and ephemeris type)
- [reset all settings to their defaults](#) (caution: all previously stored/selected settings will be lost)
- [show "batch-file" data](#) (for use by the [E-mail interface](#))

ABOUT SSD
CREDITS/AWARDS
PRIVACY/COPYRIGHT
GLOSSARY
LINKS



2013-Nov-18 17:08 UT
(server date/time)



Site Manager: Donald K. Yeomans
Webmaster: Alan B. Chamberlin

Table Settings

- | | | |
|--|--|--|
| 1. <input type="checkbox"/> Astrometric RA & DEC | 16. <input type="checkbox"/> Sub-Sun position angle & distance | * 31. <input type="checkbox"/> Observer ecliptic lon. & lat. |
| * 2. <input checked="" type="checkbox"/> Apparent RA & DEC | 17. <input checked="" type="checkbox"/> North Pole position angle & distance | 32. <input type="checkbox"/> North pole RA & DEC |
| 3. <input type="checkbox"/> Rates; RA & DEC | 18. <input type="checkbox"/> Heliocentric ecliptic lon. & lat. | 33. <input type="checkbox"/> Galactic longitude & latitude |
| * 4. <input checked="" type="checkbox"/> Apparent AZ & EL | 19. <input checked="" type="checkbox"/> Heliocentric range & range-rate | 34. <input type="checkbox"/> Local apparent SOLAR time |
| 5. <input type="checkbox"/> Rates; AZ & EL | 20. <input checked="" type="checkbox"/> Observer range & range-rate | 35. <input type="checkbox"/> Earth->obs. site light-time |
| 6. <input type="checkbox"/> Satellite X & Y, pos. angle | 21. <input type="checkbox"/> One-way (down-leg) light-time | > 36. <input type="checkbox"/> RA & DEC uncertainty |
| 7. <input type="checkbox"/> Local apparent sidereal time | 22. <input type="checkbox"/> Speed wrt Sun & observer | > 37. <input type="checkbox"/> Plane-of-sky error ellipse |
| 8. <input type="checkbox"/> Airmass | 23. <input type="checkbox"/> Sun-Observer-Target ELONG angle | > 38. <input type="checkbox"/> POS uncertainty (RSS) |
| 9. <input type="checkbox"/> Visual mag. & Surface Bright | 24. <input checked="" type="checkbox"/> Sun-Target-Observer ~PHASE angle | > 39. <input type="checkbox"/> Range & range-rate 3-sigmas |
| 10. <input type="checkbox"/> Illuminated fraction | 25. <input type="checkbox"/> Target-Observer-IB / IB_Illum% | > 40. <input type="checkbox"/> Doppler & delay 3-sigmas |
| 11. <input type="checkbox"/> Defect of illumination | 26. <input type="checkbox"/> Observer-Primary-Target angle | 41. <input type="checkbox"/> True anomaly angle |
| 12. <input type="checkbox"/> Satellite angular separ/vis. | 27. <input type="checkbox"/> Sun-Target radial & -vel pos. angle | 42. <input type="checkbox"/> Local apparent hour angle |
| 13. <input type="checkbox"/> Target angular diameter | 28. <input type="checkbox"/> Orbit plane angle | 43. <input type="checkbox"/> PHASE angle & bisector |
| 14. <input checked="" type="checkbox"/> Observer sub-lon & sub-lat | 29. <input type="checkbox"/> Constellation ID | |
| 15. <input checked="" type="checkbox"/> Sun sub-longitude & sub-latitude | 30. <input type="checkbox"/> Delta-T (CT - UT) | |

Optional observer-table settings:

date/time format :	Calendar Date/Time ▾ -- display date/time in year-month-day and/or Julian-day format
time digits :	minutes (HH:MM) ▾ -- controls output precision of time
angle format :	decimal degrees ▾ -- select RA/Dec output format
output units :	km & km/s ▾ -- units for most output quantities
range units :	Kilometers ▾ -- units for range-type quantities
refraction model :	airless model (no refraction) ▾ -- select atmospheric refraction model
airmass limit :	<input type="text"/> -- suppress output when airmass is greater than this limit [1,38]
elevation cutoff :	<input type="text"/> (deg) -- suppress output when object elevation is less than this limit [-90,90]
solar elong. limits :	<input type="text"/> - <input type="text"/> (deg) -- suppress output when solar elongation is outside this range
hour angle cutoff :	<input type="text"/> (h) -- suppress output when the local hour angle exceeds this value [0,12]
suppress range-rate :	<input type="checkbox"/> -- suppress range-rate for range/range-rate output
skip daylight :	<input type="checkbox"/> -- suppress output during daylight
extra precision :	<input type="checkbox"/> -- output addition digits for RA/Dec quantities
RTS flag :	disable ▾ -- output data only at target rise/transit/set (RTS)
reference system :	ICRF/J2000.0 ▾ -- reference frame for geometric and astrometric quantities
CSV format :	<input type="checkbox"/> -- output data in Comma-Separated-Values (CSV) format
object page :	<input checked="" type="checkbox"/> -- include object information/data page on output

Відповідність параметрів FITS і ефемерид

RA_OBJ = R.A.

DEC_OBJ = DEC

PA_OBJ = NP.ang; (якщо NP.ang > 180°, то PA_OBJ = NP.ang - 360°)

HA =

ZD = 90° - Elev

OBJ_PHAS= S-T-O

OBJ_OLAT= Obsrv-lat

OBJ_OLON= Obsrv-lon

OBJ_OD = delta

OBJ_SLAT= Solar-lat

OBJ_SLON= Solar-lon

OBJ_SD = r

Відповідність параметрів FITS і ефемерид (перспективна проекція)

PRJ_B0 = Obsrv-lat

PRJ_L0 = Obsrv-lon

PRJ_PA = NP.ang; если NP.ang > 180°, то PA_OBJ = NP.ang - 360°

PRJ_R = 1737.4

PRJ_D = delta

PRJ_PSI = 0.0

PRJ_RHO = 0.0

Приклад обробки наземних фотометричних спостережень Місяця

Data\Majd-2006.Obs\2006.10.07b\Ephem.Test\! **CRW_6460 !!!**. Fts

Завдання для самостійної роботи

- 1. Вивчити, як можна в FITS зберігати багатовимірні масиви з різною розмірністю.**
- 2. Вивчити FITS з EXTENSIONS.**
- 3. Знайти спосіб отримання годинного кута об'єкта (параметр HA), використовуючи HORIZONS.**

Список джерел

1. <http://ru.wikipedia.org/wiki/FITS>
2. The FITS Support Office: <http://fits.gsfc.nasa.gov/>
3. Програмний комплекс xIRIS: <http://www.astron.kharkov.ua/dslpp/iris/xiris.htm>

Ура! Це все!