

# AZ UNIVERZUM FELTÉRKÉPEZÉSE A SLOAN DIGITÁLIS ÉGBOLTFELMÉRÉSSEL

Varga József

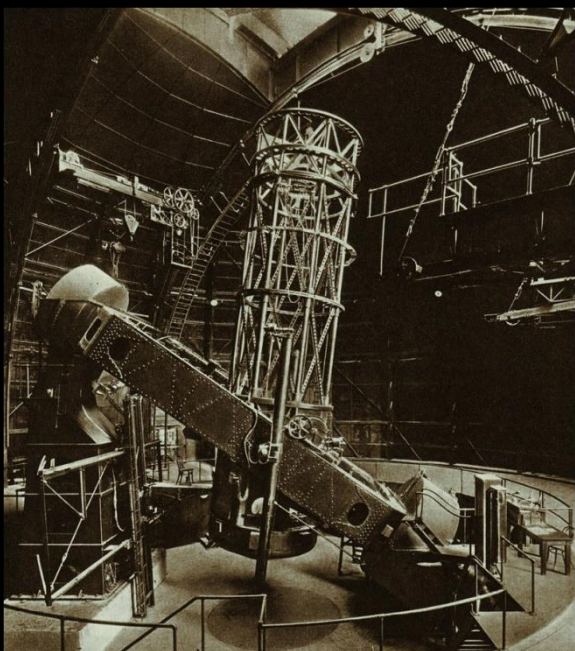
MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet  
ELTE, Komplex rendszerek fizikája tanszék



Big data téli iskola  
Budapest, ELTE TTK  
2015. február 4.



# Csillagászat régen



Hooker távcső  
Mount Wilson  
obszervatórium

MEMOIRS  
OF THE  
ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY

NEW GENERAL CATALOGUE  
OF NEBULAE AND CLUSTERS OF STARS  
(1888)

INDEX CATALOGUE  
(1895)

SECOND INDEX CATALOGUE  
(1908)

J. L. E. DREYER

LONDON  
ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY  
1962

*of Nebulae and Clusters of Stars.*

R. H.	W. H.	Other Observ.	Right Ascension, 1875	Annual Proper Motion, (1875)	North Polar Distance, (1875)	Annual Parallax, (1875)	Remarks
...	...	w 96	4 10 4	+137	85 34	...	v1, S, R
647	...	...	4 9 59	137	148 56	...	B, pL, R, nebM, N = w 11
...	...	TI	4 10 10	80 73	4 33	...	v1, v8
...	...	VIII 85	4 10 25	4 03	49 57	...	Ch, pL, IC, L, ...
648	...	...	4 11 38	1 08	146 91	...	pL, IC, pL, M, N, ...
...	...	LI	4 11 40	4 08	108 13 6	...	pL, pL, IC (P, C or neb w at lat)
318	...	...	4 11 46	3 56	33 15 8	...	Ch, vL, III, IV, at 10.12
649	...	...	4 12 9	1 31	142 35 8	...	B, pL, R
...	...	IIA	4 12 21	3 31	82 56 3	...	v1, S, R, w 13 or
319	...	II 64	4 12 23	3 30	88 35 0	...	F, vL, R, probably = 835
319	...	III 49	4 12 26	3 55	59 2 3	...	v1, pL, IC, nebM, w 14 or
650	...	...	4 13 11	1 39	146 7 8	...	vL, pL, R, nebM, neb 3 at
...	...	O Stars, IA	4 13 33	3 49	70 49 0	...	!!! see, S, R, No = w 13
...	...	Head	4 13 48	2 49	70 48 8	...	!!! v1, S, variable (know as)
...	...	...	4 13 57	+1 60	149 39 8	...	vL, S, R, nebM
651	...	...	4 14 1	-0 35	160 46 4	...	Ch, vL, neb 20 at
652	...	...	4 14 36	+1 86	135 20 0	...	pL, S, R, pL, IC
653	...	...	4 15 36	0 70	123 7 8	...	vL, vL, nebM, nebM, w 14 at 11
654	...	...	4 16 3	0 71	10 25 0	...	v1, L, R, w 2 or
...	...	TIIX	4 16 38	0 72	106 11 3	...	v1, v1, v1, v1, nebM, w 8 pL
...	...	LI	4 16 40	0 73	106 6 3	...	v1, v1, R, nebM
...	...	LI	4 16 40	0 73	106 4 3	...	v1, v1, R, nebM   D
...	...	LI	4 16 40	0 73	106 6 3	...	v1, pL, IC
655	...	A 337	4 16 54	1 34	143 16 0	...	R, vL, nebM, nebM, nebM, nebM
656	...	...	4 17 9	0 71	10 25 6	...	F, S, R, nebM
...	...	Sw V	4 17 14	3 05	91 4 8	...	v1, v1, R, nebM, nebM
...	...	II 768	4 17 36	5 04	25 28 1	...	pL, S, IC, nebM, w 95 or 1'
657	...	...	4 17 41	3 00	123 47 6	...	F, S, R, nebM
658	...	...	4 17 46	3 01	123 37 0	...	v1, S, R, nebM, nebM
659	...	...	4 17 59	3 03	130 55 1	...	pL, S, R, w 13 at 1'
...	...	TIIX	4 18 16	7 03	17 40	...	v1, S, w 95 f
660	...	...	4 19 12	1 39	142 17 0	...	pL, S, R, nebM, nebM, nebM
...	...	Ma II	4 19 17	0 85	100 25 8	...	v1, pL, R, w 95 or 1'
314	...	III 58	4 19 24	3 09	93 57 0	...	v1, nebM, nebM
...	...	Sw III	4 19 29	0 85	100 46 0	...	v1, pL, R, nebM, w 95 or 1'
661	...	...	4 20 18	1 53	141 35 0	...	pL, S, R, nebM
315	...	I 211	4 21 3	3 09	55 1 0	...	pL, vL, nebM, w 8 130' or
...	...	Sw VIII	4 21 25	3 06	95 39 6	...	v1, v1, R, ...
662	...	...	4 21 37	3 34	143 15 8	...	F, S, R, nebM
...	...	VIII 70	4 22 9	+4 23	67 27 5	...	Ch, vL, pL, IC, L, ...

NGC  
katalógus

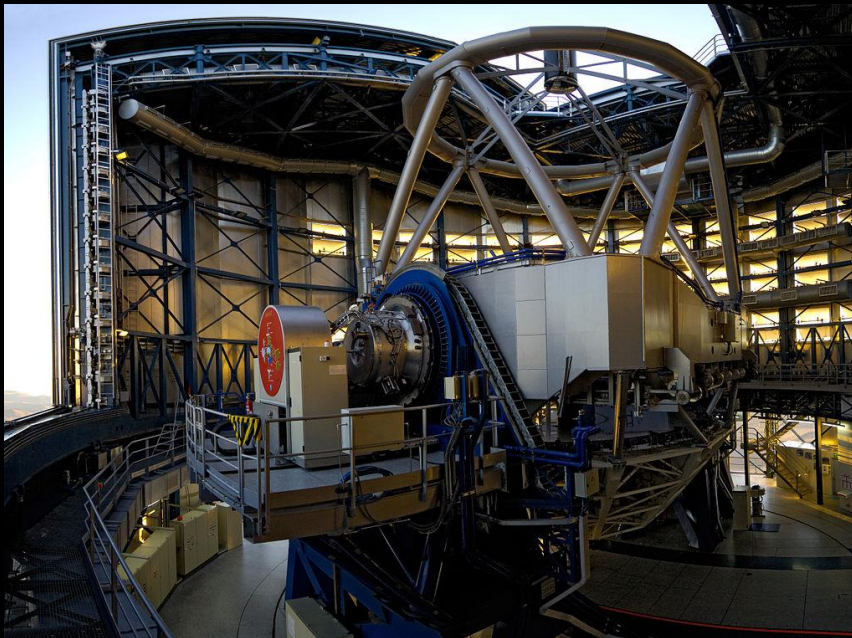


William C. Miller  
Hale távcső  
Palomar  
obszervatórium

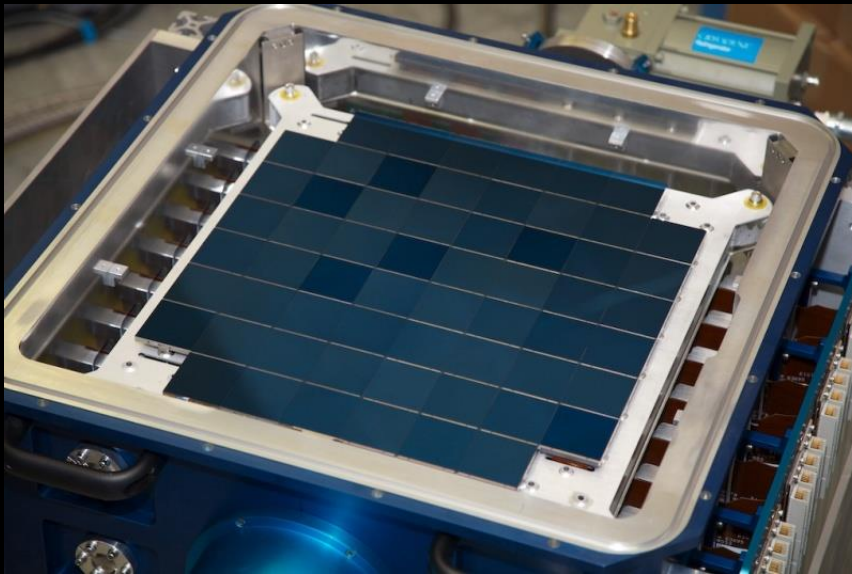


Annie Jump  
Cannon





Very Large Telescope (ESO VLT)



A Pan-STARRS távcső CCD-érzékelője

## Adatfeldolgozás (IDL szoftver)

A screenshot of the IDL (Interactive Data Language) software interface. The window title is "IDL #501550 - ELTE". The interface shows a menu bar (File, Edit, Search, Run, Project, Macros, Window, Help) and a toolbar. The main area contains two windows with code. The left window, titled "U:\cutout\pro\oszszed\_uj7.pro", contains a loop that processes data for each element in an array. The right window, titled "U:\cutout\pro\cutout\_07.pro", contains code for calculating coordinates and magnitudes. A third window, titled "U:\cutout\pro\photom6.pro", contains code for calculating aperture magnitudes and errors. The bottom status bar shows "Ready" and "Line 1, Col 1".

IDL szoftver



Szalay Sándor  
Johns Hopkins  
University  
adatközpont

SDSS  
weboldal

SDSS-katalógus  
(SQL Server  
Management  
Studio)

SLOAN DIGITAL SKY SURVEY III  
**SkyServer DR12**

Home Data Schema Education Astronomy SDSS Contact Us Download Site Search Help

Welcome to the DR12 site!!!

This website presents data from the Sloan Digital Sky Survey, a project to make a map of a large part of the universe. We would like to show you the beauty of the universe, and share with you our excitement as we build the largest map in the history of the world.

**Data Access**  
Navigate  
Quick Look | Explore  
Finding Chart  
Image List  
Search  
IQS | SQS | IRSQS  
SQL Search  
Cross-ID  
CasJobs

**Education**  
For Educators  
Lesson Plans  
Middle School  
High School  
College Lab Activities  
Instructor Guides  
Student/Public Research  
Galaxy Zoo  
Zooniverse

**Links**  
sdss3.org  
Data Release 12  
SDSS-III Science  
Science Archive Server  
About Astronomy  
About the SDSS  
About SkyServer  
VAO  
Credits

**Help**  
Start Here | FAQ  
Glossary  
Tool User Guides  
Cooking with Sloan  
SQL Tutorial  
About the Database  
Schema Browser  
Sample SQL Queries  
Data Release Papers

SDSS-III is supported by  
NSF  
Powered by  
Microsoft  
Site Traffic  
Privacy Policy

Contact Us

Microsoft SQL Server Management Studio

Object Explorer  
Connect to server  
Columns  
objID (PK, bigint, not null)  
skyVersion (tinyint, not null)  
run (smallint, not null)  
camical (tinyint, not null)  
field (smallint, not null)  
obj (smallint, not null)  
mode (tinyint, not null)  
nChild (smallint, not null)  
type (smallint, not null)  
clean (int, not null)  
probPSF (real, not null)  
insideMask (tinyint, not null)  
flags (bigint, not null)  
rowc (real, not null)  
colc (real, not null)  
rowwErr (real, not null)  
roww (real, not null)  
colw (real, not null)  
colwErr (real, not null)  
roww\_u (real, not null)  
roww\_g (real, not null)  
roww\_r (real, not null)

```
select top 1000 p.objID, s.specObjID,  
p.ra, p.dec, u.p.g.p.r.p.i, p.z, s.z  
from BestDR7.dbo.PhotoObj p  
inner join BestDR7.dbo.SpecObj s  
on p.objID = s.bestObjID  
where s.specClass = 2 and
```

objID	specObjID	ra	dec	u	g	r	i	z
22	5898489300435149010	75094095625715712	147.12031005	0.36921520	18.03666	16.85355	16.13334	15.72333
23	5898489300435214462	75094095623910016	147.24826298	0.3114365	20.72163	18.81509	17.4127	16.84064
24	587726947495509777	75094095630298624	147.31446297	0.17484914	19.37162	17.89175	17.18231	16.78463
25	5898489300435149010	75094095642492320	147.19298834	0.27193232	16.57581	15.67	15.27002	15.07796
26	5898489300435214465	75094095650881536	147.30565543	0.21765565	18.39526	17.22845	16.69134	16.41977
27	587726947373193882	75375473456151424	148.59863673	-0.732264...	18.62534	17.62902	17.09977	16.81198
28	5898489300435191654	75375473468540032	148.66890049	-0.899094...	19.1011	17.26526	16.29493	15.84869
29	5898489300435191552	75375473470734336	148.57359225	-0.899011...	20.28942	16.36359	17.46109	17.02544
30	587726947373259495	75375473487511552	148.73292189	-0.761150...	18.40173	16.81405	15.99371	15.55893
31	5898489300435191586	75375473512677376	148.56498363	-0.9546216	20.41201	18.63485	17.72392	17.33265
32	5898489300435191600	75375473516871680	148.58900955	-0.942077...	19.26455	17.35712	16.4414	16.0133
33	5898489300435191588	753754735252620288	148.56557912	-0.936090...	19.99972	18.18974	17.28376	16.77569
34	5898489300435191636	75375473533648896	148.60659003	-0.920686...	22.92329	19.67633	17.9022	17.27531
35	587726949510327084	75375473542037504	149.16859169	-0.380512...	20.16582	18.5816	17.1138	17.20308
36	587726949510326930	75375473546231808	149.16089502	-0.350018...	18.02539	15.9777	14.97336	14.51031
37	587726949510326804	75375473554620416	149.12383232	-0.398274...	20.13237	18.22434	17.25213	16.8228
38	587726949510326789	75375473558814720	149.11297727	-0.348837...	19.77608	17.85886	16.87241	16.37885
39	587726949510326984	75375473563009024	149.18632377	-0.3117975	20	17.91875	16.45215	16.06083

Query executed successfully. RETDB01 (L1.0 SP1) VO[yvarga (68)] BestDR7 00:00:00 1000 rows



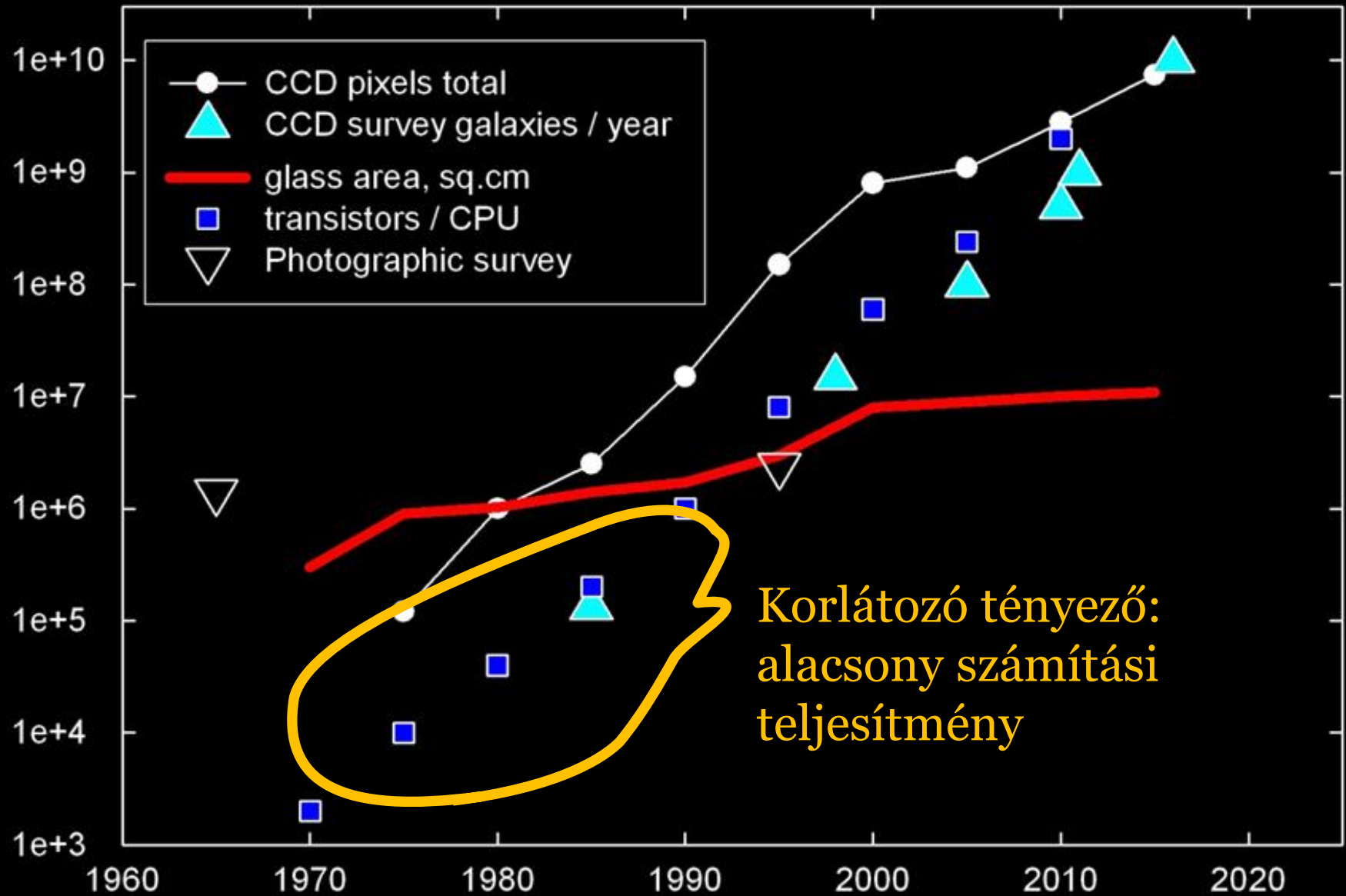
## – Célok

- az égbolt nagy (összefüggő) részének feltérképezése
- sok csillagászati objektum
  - optimalizálás: mélység (mag. limit)  $\leftrightarrow$  felmérés területe
  - nem lehet szemmel analizálni  $\rightarrow$  számítógépek
  - néha mégis: Galaxy Zoo – közösségi csillagászat – 60M gal.
- statisztikai vizsgálat

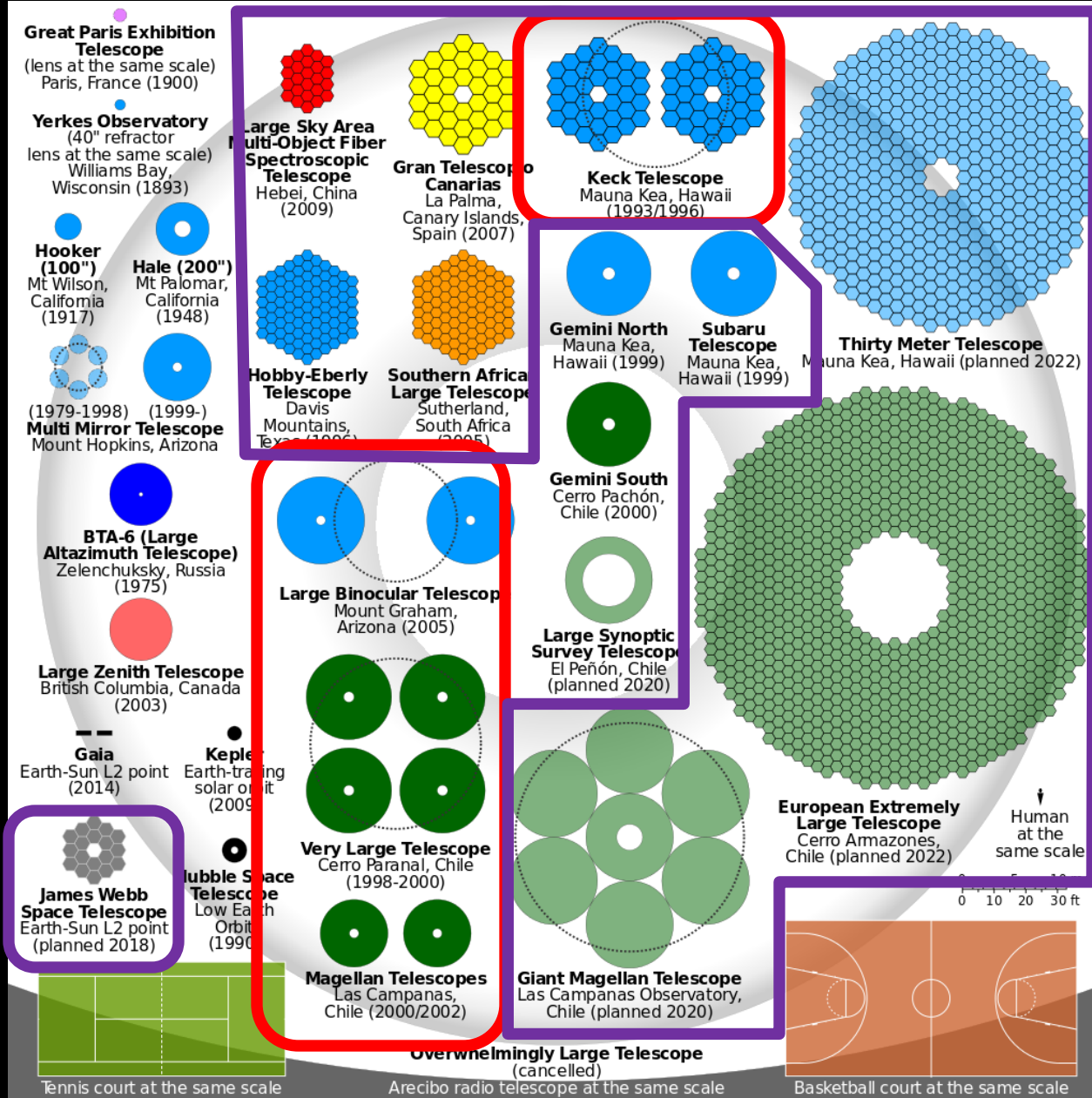


## – Módszer

- Észlelés (fénykép, spektrum)
  - $\rightarrow$  adatfeldolgozás (redukálás, kalibrálás)
  - $\rightarrow$  adatok közzététele (katalógus, adatbázis)



# A legnagyobb távcsövek



Legnagyobb tükrök egyben:  
Ø 8 m

Lehetőségek:  
- több távcső  
- több tükör (mozaik)

## – csillagászati adattárak összekapcsolása

- adatok az interneten
  - katalógusok, táblázatok
  - képek, spektrumok

<http://ned.ipac.caltech.edu/>

<http://irsa.ipac.caltech.edu/>

<http://www.usvao.org>

<http://www.euro-vo.org/>

## – VO

- tudományos adatbázisok
- egységes kezelés, adatformátum
- objektumok keresztazonosítása
  - megfigyelések több hullámhosszon
- adatfeldolgozást segítő szoftverek





## – CDS

- Centre de Données astronomiques de Strasbourg  
(Strasbourgi csillagászati adatközpont)
- <http://cds.u-strasbg.fr/>
- SIMBAD
  - objektumok adatbázisa
  - pozíciók
  - fotometria
  - keresztazonosítás
  - szakirodalom
- VizieR
  - katalógusok adatbázisa
- Aladin
  - interaktív égitlasz

Aladin  
kezelő-  
felülete

M101  
galaxis

File Edit Image Catalog Overlay Coverage Tool View Interop Help Detach Install

Location 14:02:35.67 +54:18:05.7 Frame ICRS

DSS SDSS 2MASS WISE GALEX PLANCK XMM Fermi Simbad NED +

GALEX Allsky Imaging Survey (AIS) colored

18.99' x 15.05'

simbad - MAIN\_ID - Main identifier for an object

MAIN ID	OTYPE	RA	DEC	COO ...	COO ...	C...	PMRA	PMDEC	B	V
<input type="checkbox"/> HGK 177	HII	14 02 35.7	+54 18 04	3000	3000	90				
<input type="checkbox"/> SDSSCG 64533	Comp...	14 02 34.9	+54 18 03							
<input type="checkbox"/> SDSSCG 64533.1	Galaxy	14 02 34.115	+54 17 56.39							
<input type="checkbox"/> SDSSCG 64533.2	Galaxy	14 02 35.668	+54 18 05.70							
<input type="checkbox"/> SDSSCG 64533.3	Galaxy	14 02 35.080	+54 17 58.23							
<input type="checkbox"/> SDSSCG 64533.4	Ga	Click on it to load related data in your web browser								

http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-id?ident=SDSSCG+64533.2&Nident=1

6 sel / 7667 src 22fps / 98Mb

– fotólemezek beszkennelése

- északi égbolt: Palomar obsz. égboltfelmérése (POSS)
- 1,7"/px vagy 1"/px felbontás

– kiadás: 102 CD-lemez

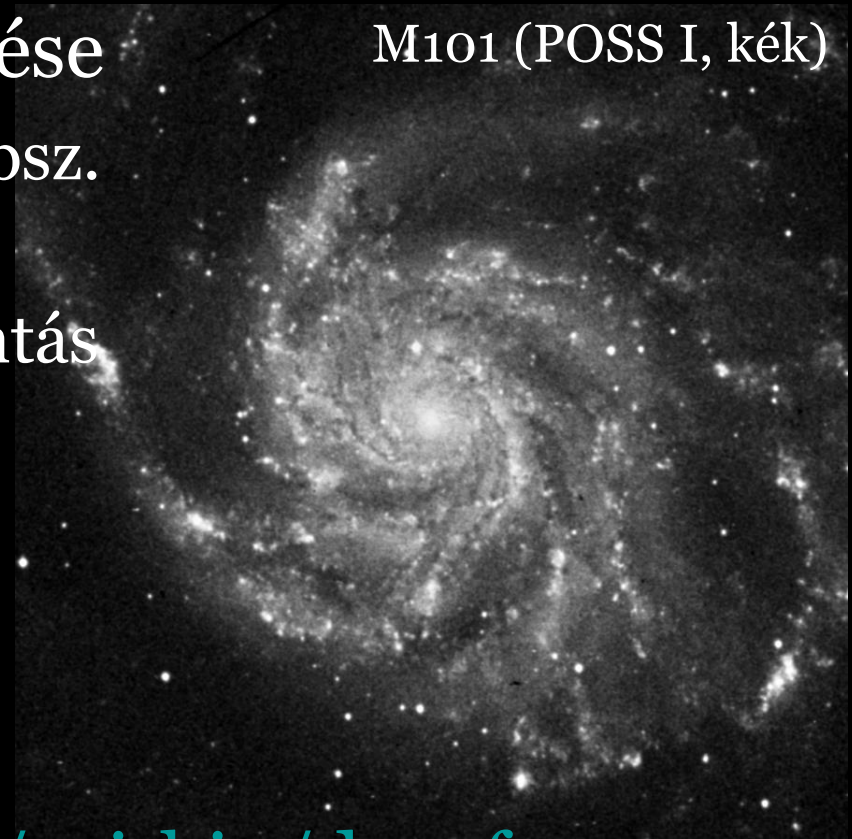
- 1994-ben
- méret:  $\approx 60$  GB
- tömörítve: 1:10 arány

– [http://archive.stsci.edu/cgi-bin/dss\\_form](http://archive.stsci.edu/cgi-bin/dss_form)

– számítógépes képfeldolgozás  $\rightarrow$  katalógusok

- APM-katalógus:

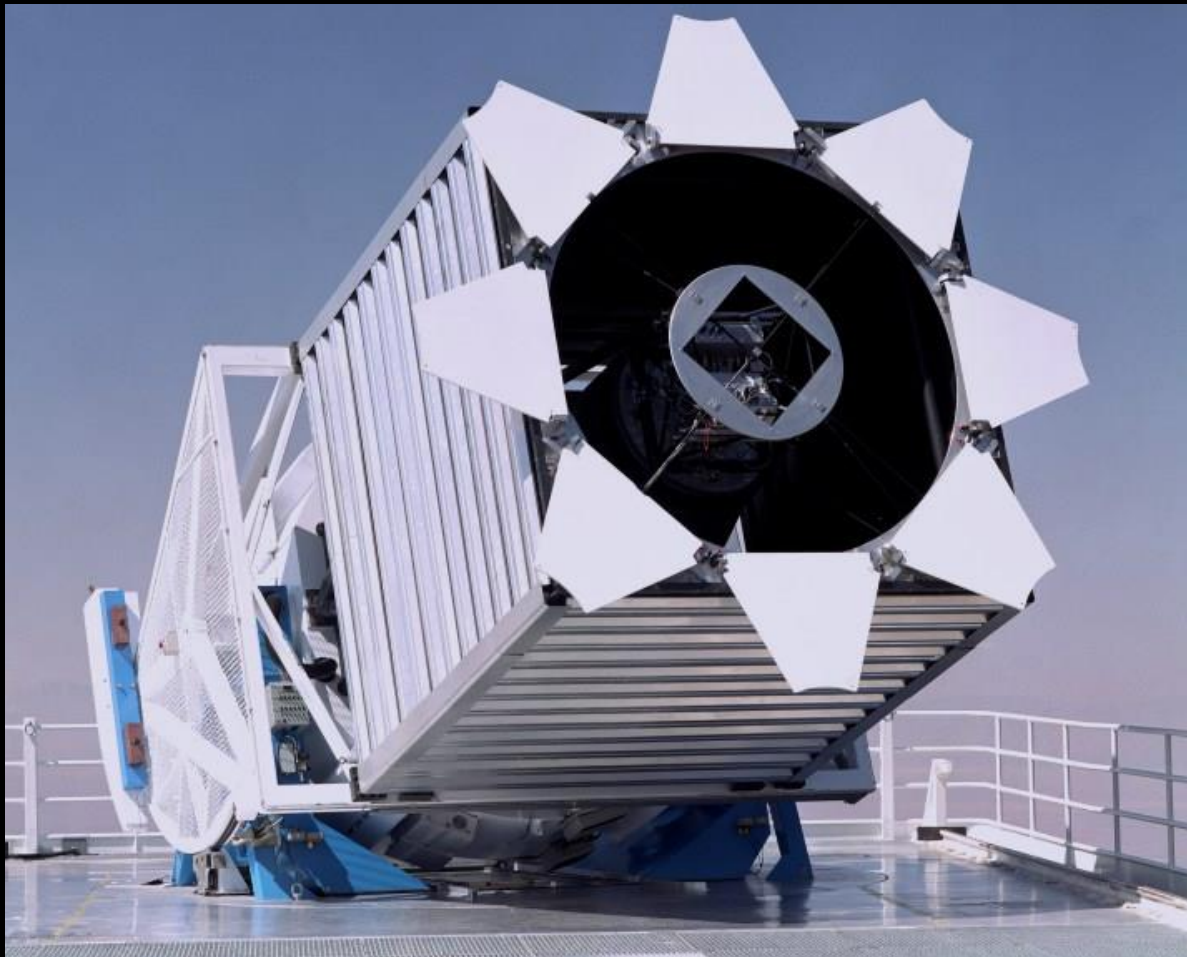
<http://apm3.ast.cam.ac.uk/~mike/apmcat/interface.html>



M101 (POSS I, kék)



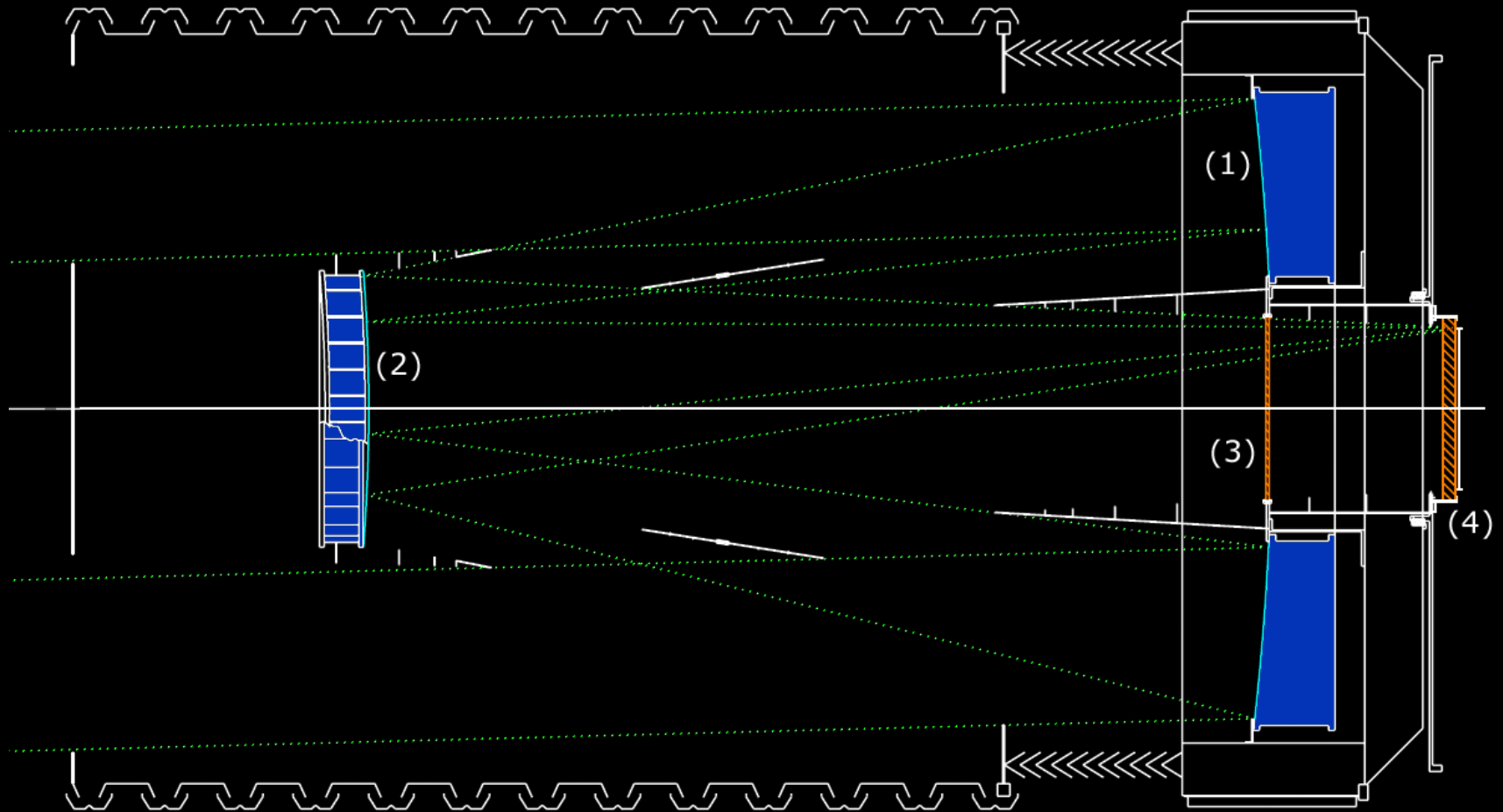
- Sloan Digital Sky Survey
- Sloan digitális égboltfelmérés



Az SDSS  
távcsöve

Hely	USA, Új-Mexikó, Apache Point Observatory 2788 m tszf.
Működés ideje	I: 2000 – 2005 II: 2005 – 2008 III: 2008 – 2014 IV: 2014 – 2020
Hullámhossz	optikai 300–1000 nm
Távcső	
-típus	módosított Ritchey-Crétien
-tükörátmérő	2,5 m
-fénygyűjtő fel.	3,6 m <sup>2</sup>
-látómező	∅ 3° (7 deg <sup>2</sup> )

Érzékelők	
-CCD	126 Mpx (30 db. 2048 x 2048, össz. 1,55 deg <sup>2</sup> )
szűrők	<i>u, g, r, i, z</i>
skála	0,4 ''/px
-Spektrográf	
-új (BOSS)	
diffr. elem	grism (grizma)
hullámhossz	360-1000 nm
felbontás	1560 – 2650
Fotometria	
-határmag.	<i>r: 22,2</i>
Expozíciós idő	54 s



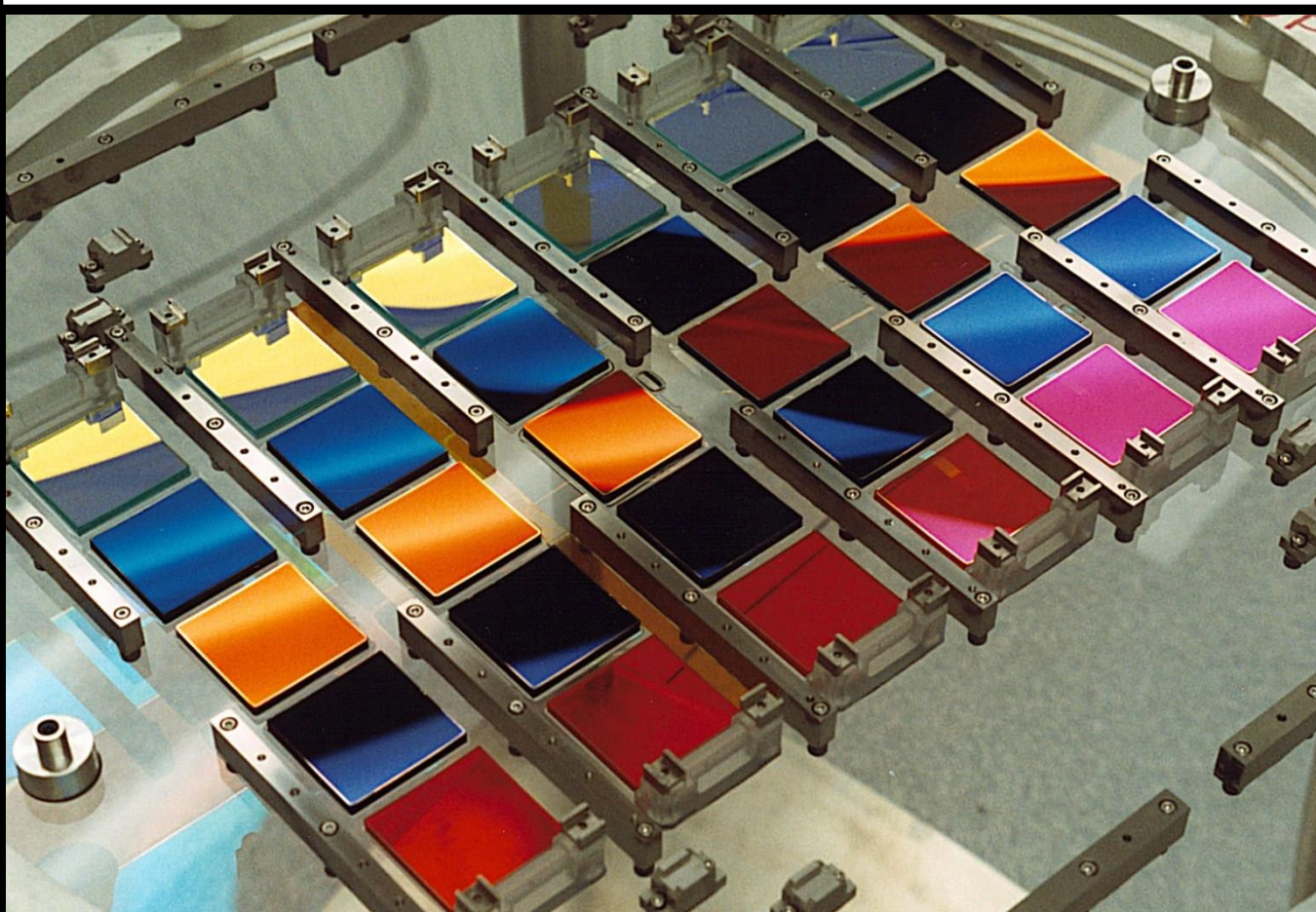
(1) főtükrő (hiperboloid)

(2) segédtükrő (hiperboloid)

(3) Gascoigne-korrektor (asztigmia)

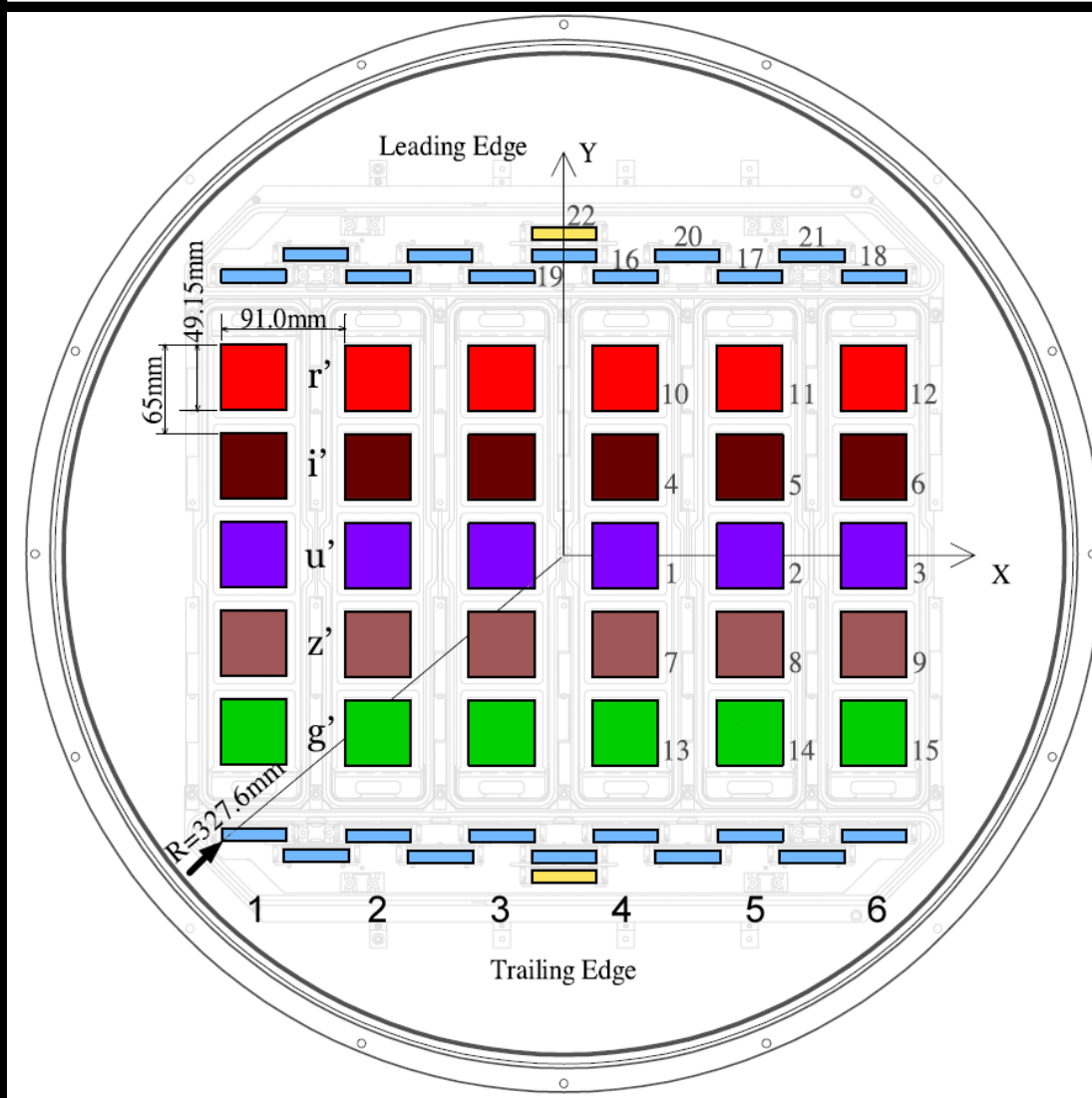
(4) aszférikus korrektor (fókuszszík)





CCD mérete:  
 $2048^2$  pixel  
 $13,7^2$  ívperc  
 $0,2^2$  fok

Látómező: 3 fok átmérő = 6 Holdátmérő  
7 négyzetfok = 35 Hold  
CCD kitöltöttség: 22%



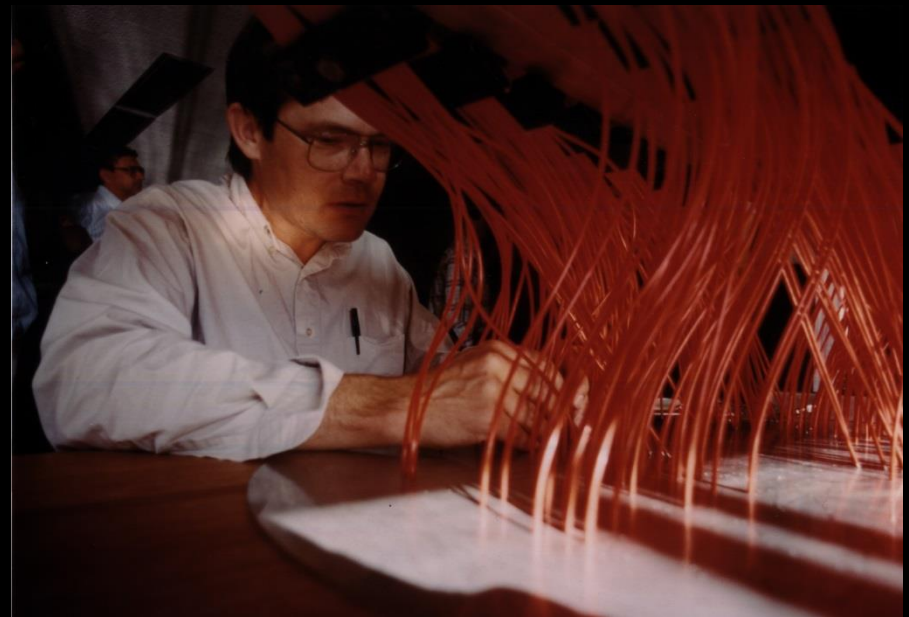
fókuszálás  
asztrometria

fotometria

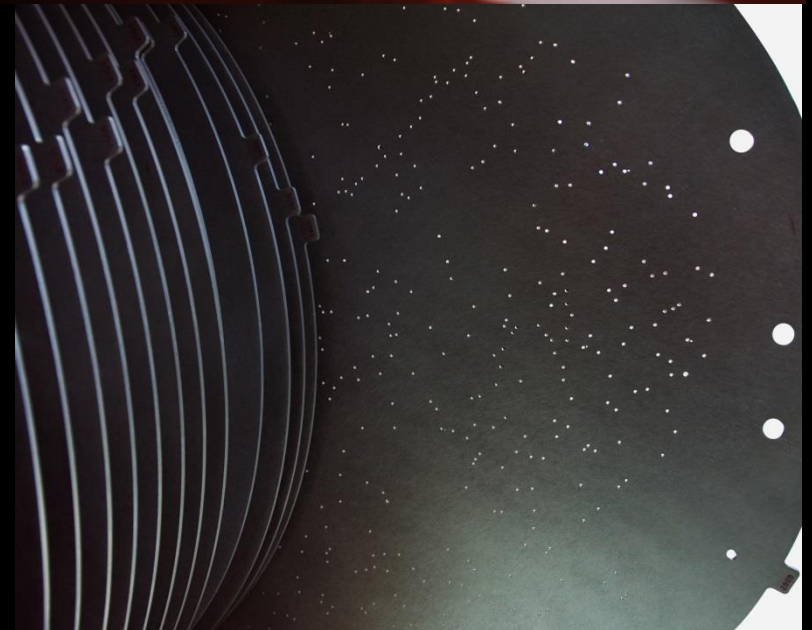
asztrometria  
fókuszálás

kameraoszlopok





- multi-objektum
- egyszerre 1000 szál (2"  $\varnothing$ )
- prizma = grating + prizma  
(rács + prizma)





## – Cél: az égbolt lefényképezése

- egybefüggő terület
- északi galaktikus pólus (az égbolt negyede)

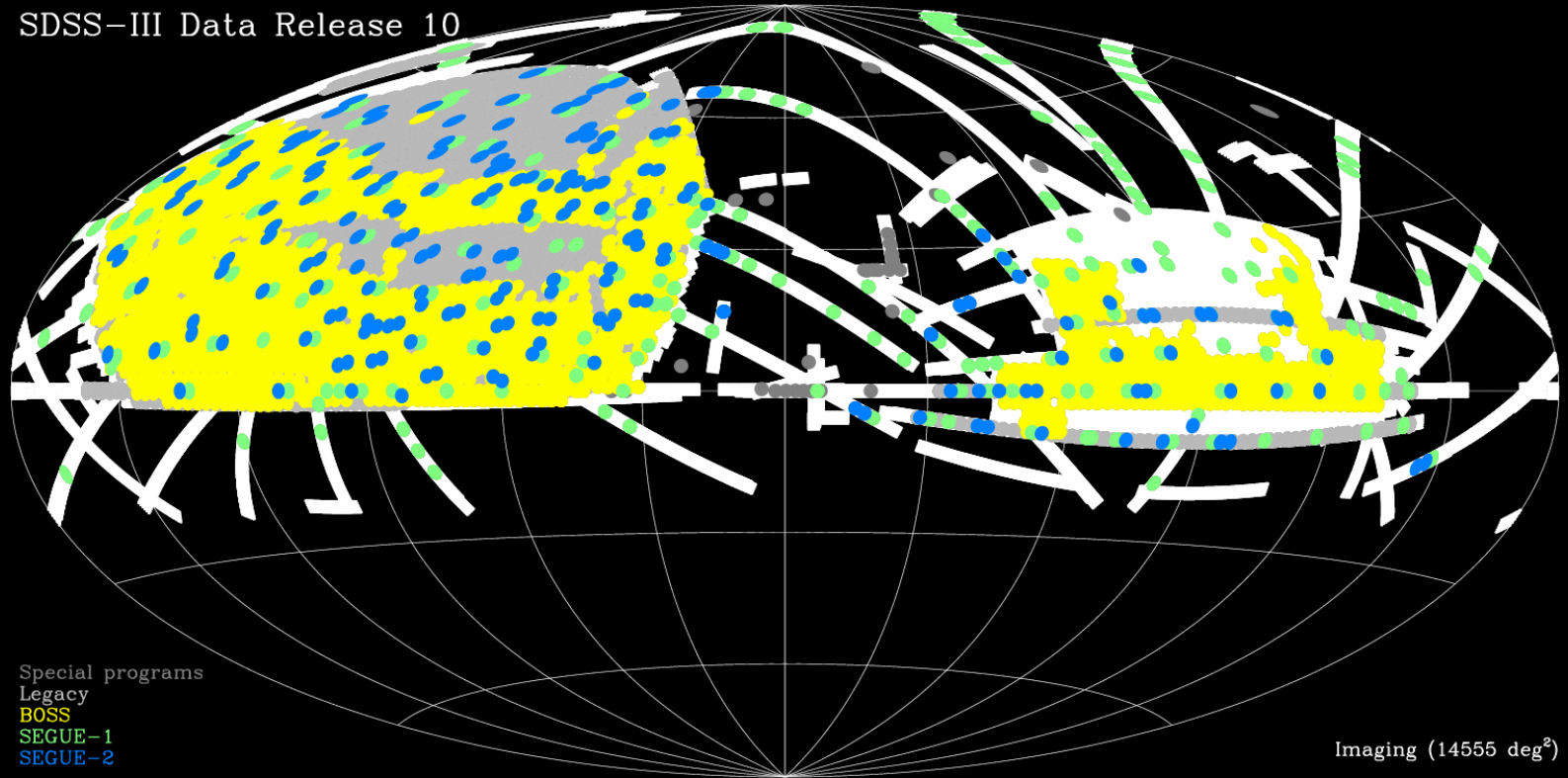
## – drift szkennelés

- CCD kiolvasás – töltések léptetése a pixelek között
- távcső fix irányba néz
  - Föld forgása → az objektumok vándorolnak a látómezőben
- objektumok vándorlási rátája = CCD léptetés rátája
- Föld forgása: 15 fok/óra
  - effektív expozíciós idő: 54 s / 13.7 ívperc

## – folytonos sávok (strip)

- feldarabolják képekre (field)

SDSS–III Data Release 10



1 stripe (sáv,  $2,5^\circ$ ) = 2 strip (csík)

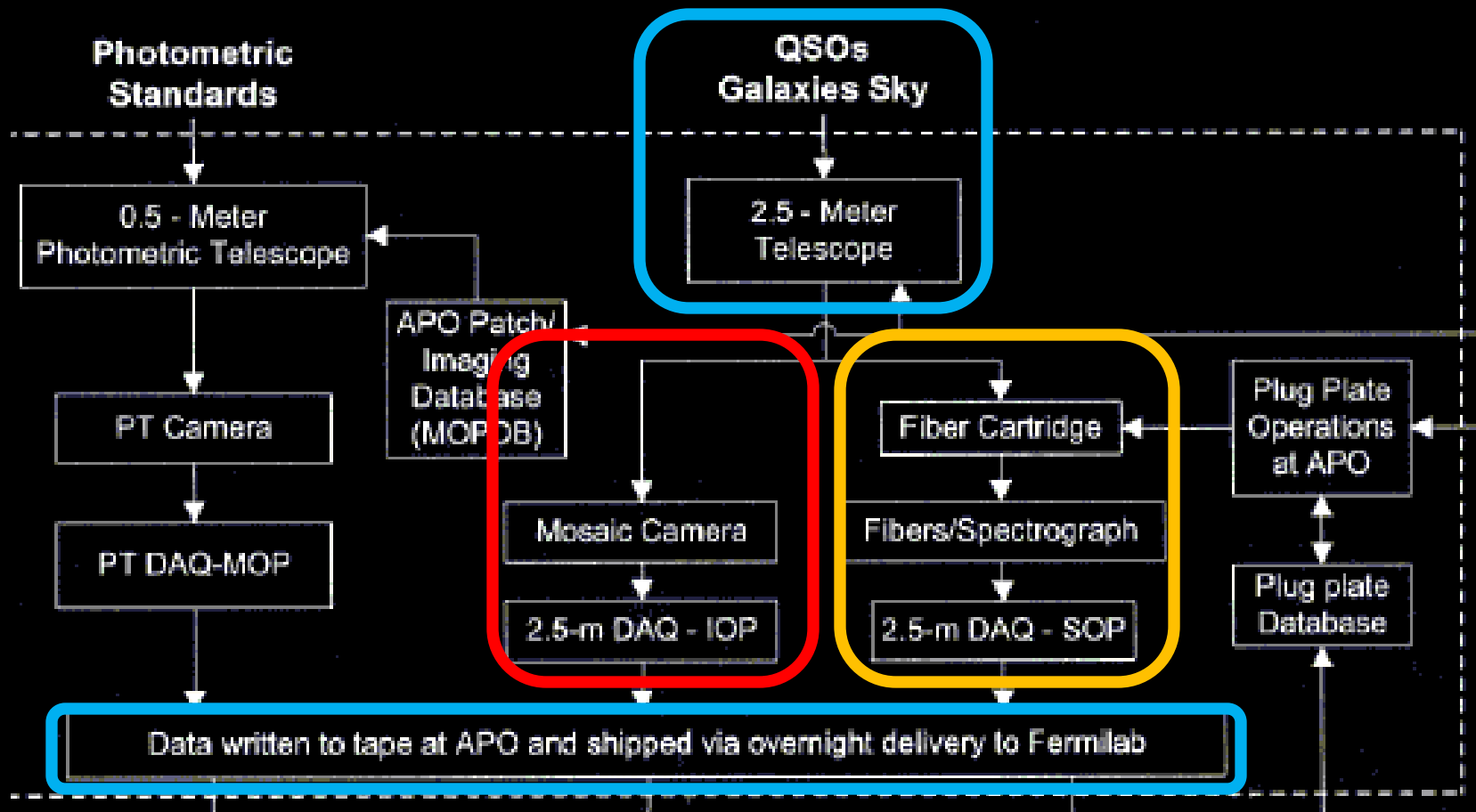
run: egyszeri folytonos szkennelés (egy strip része)

camcol: kameraoszlop

field: képmező (2048 x 1489 px, 13' x 10')

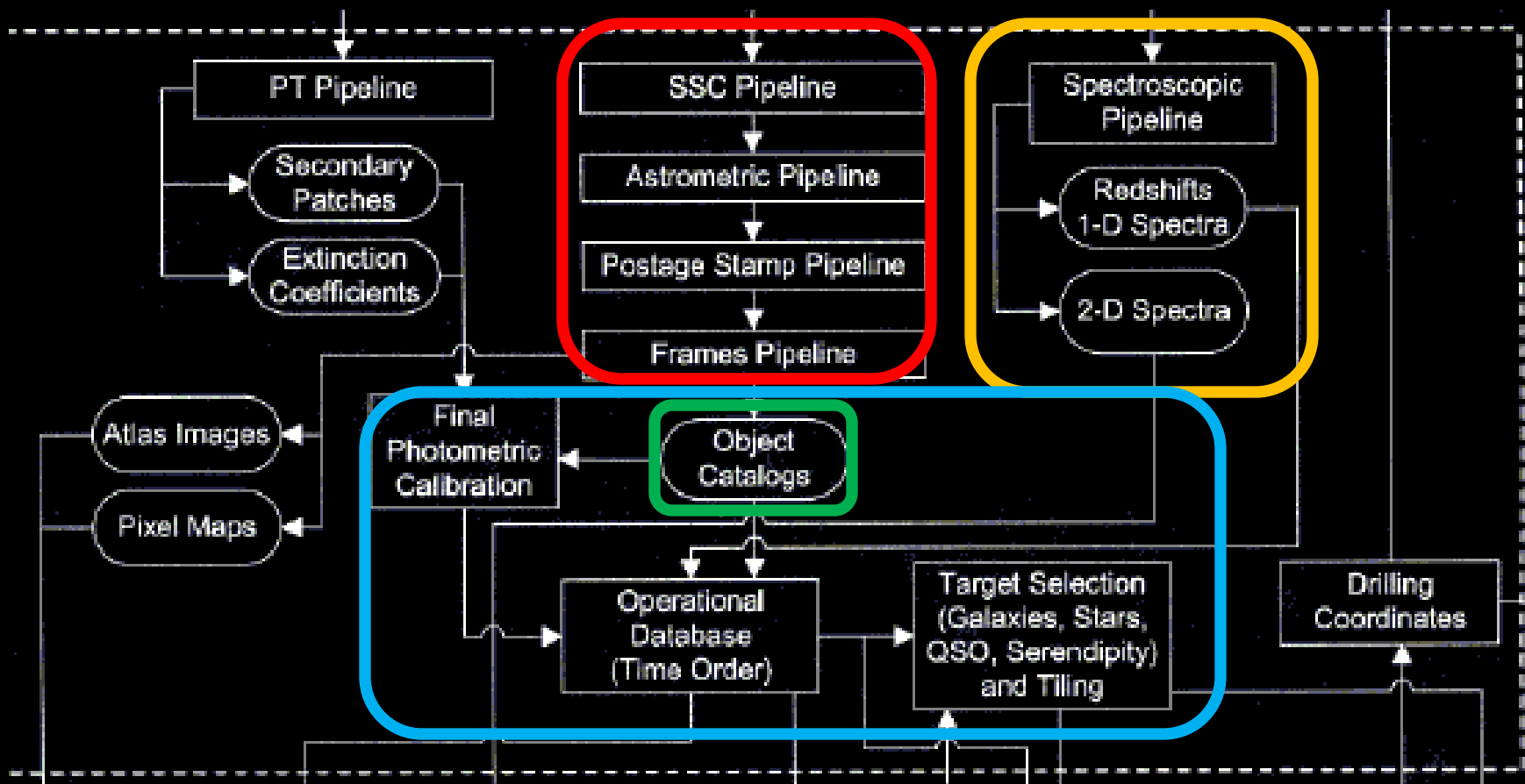
5 szűrő: u,g,r,i,z

- Pipeline – adatfeldolgozás
- 1. Észlelés



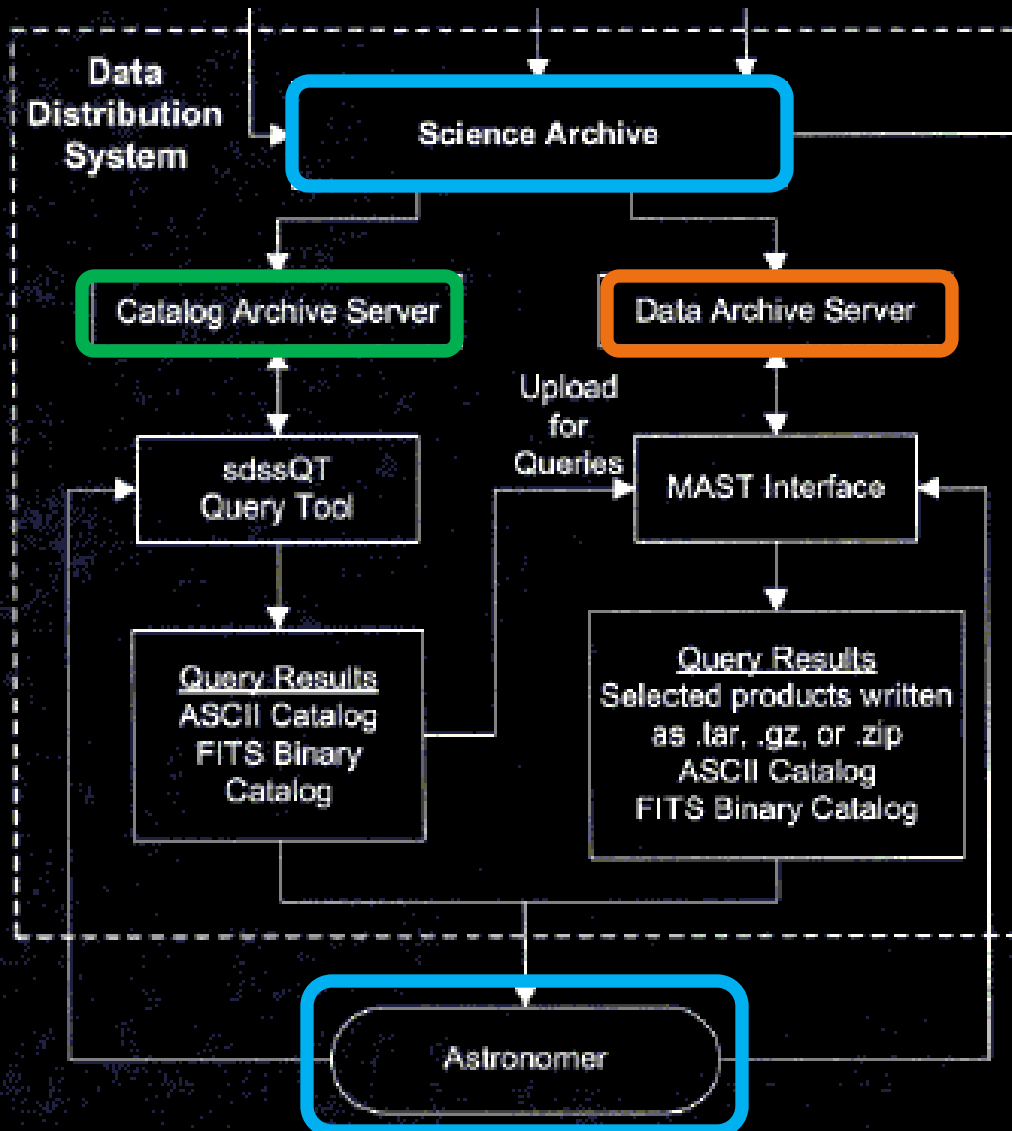


- 2. Adatfeldolgozás
  - észlelések redukálása, kalibrálása
  - objektumok azonosítása → katalógus



### • 3. Adatok elosztása

- Data Release
  - 2015: DR12
- szabadon hozzáférhető, letölthető
  - képek
  - spektrumok
  - katalógusok
- internetes hozzáférés
  - VO
  - SQL



## Objektumok


Égterület	14555 deg <sup>2</sup> teljes ég 35%-a
Fotometria	
-egyedi objektumok száma	469 millió
galaxis	208 millió
csillag	261 millió
Spektroszkópia	
-optikai	
galaxis	1,8 millió
kvazár	312 ezer
csillag	270 ezer
-IR: csillag	57 ezer

## Adatmennyiség

Az egész SDSS (DR10)	70 TB
Kalibrált képek	15 TB
Spektrumok	12 TB
Katalógus (SQL adatbázis)	12 TB
Adatráta	20 GB/óra
- 1 éjszaka	200 GB

- 
- fő weboldal: <http://www.sdss.org/>
  - SkyServer – CAS (Catalog Archive Server)
    - <http://skyserver.sdss3.org/dr12/>
    - interaktív hozzáférés a katalógushoz
    - keresés
    - képmegjelenítés (Finding Chart, Navigate)
    - séma böngésző (schema browser)
      - » katalógus táblázatainak adatai
    - CasJobs
      - » <http://skyserver.sdss.org/casjobs>
      - » SQL lekérdezések korlátozások nélkül
      - » tárhely saját adatbázisnak (MyDB)
  - SAS (Science Archive Server)
    - <http://dr12.sdss3.org/>







 **DR12**

Home | Help | Tutorial | Chart | List | Explore |

Parameters

name	<input type="text"/>	Resolve
ra	210.789345 deg	
dec	54.3565518 deg	
opt	S	

**Search** 

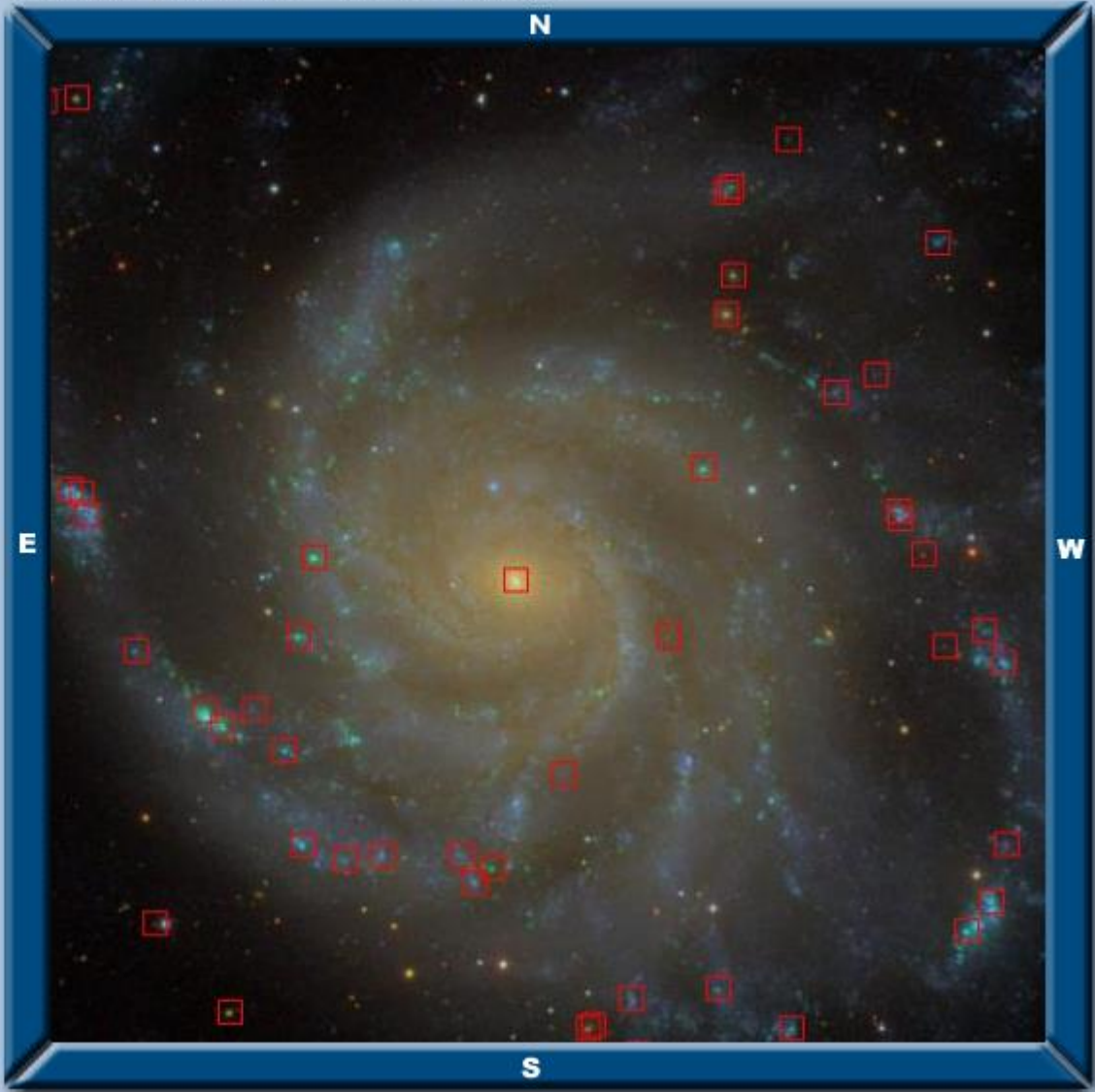
Drawing options

- Grid
- Label
- Photometric objects
- Objects with spectra
- Invert Image

Advanced options

- APOGEE Spectra
- SDSS Outlines
- SDSS Bounding Boxes
- SDSS Fields
- SDSS Masks
- SDSS Plates

Select Image Source :  SDSS  2MASS



Click, hold and drag to navigate!!

## – Galaxisok térbeli eloszlása

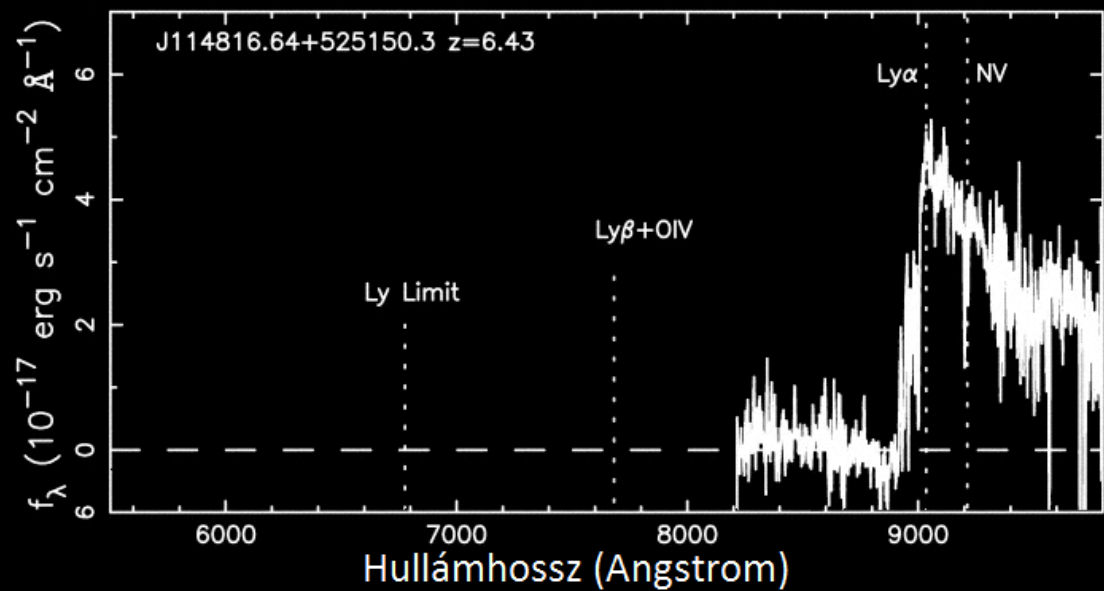
- kozmikus háló
- kozmológiai tesztek

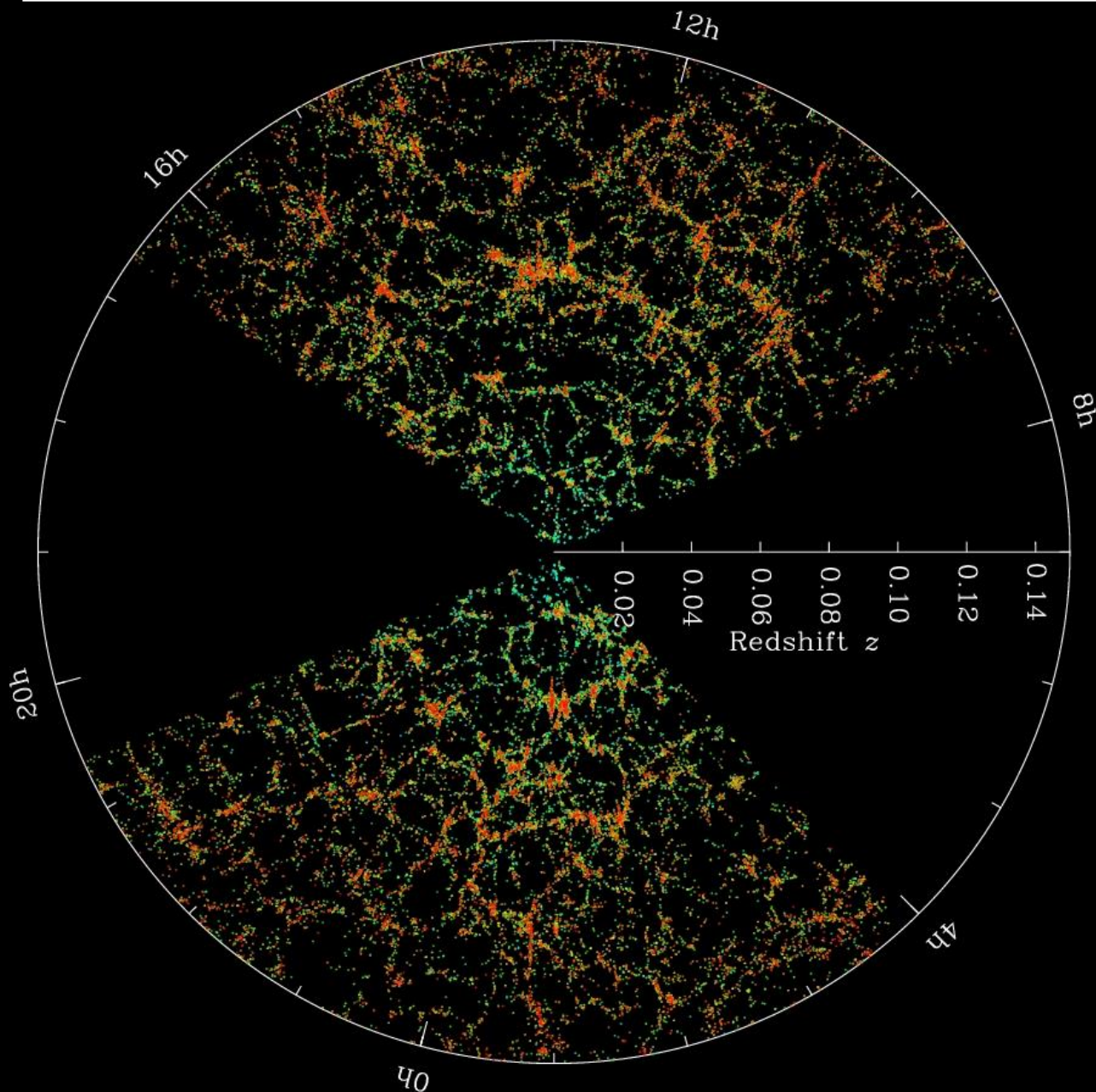
## – Tejútrendszer

- kísérő törpegalaxisok
- csillagrajak (stellar streams)

## – távoli kvazárok

$z = 6,4$  kvazár  
(Fan et al. 2003)



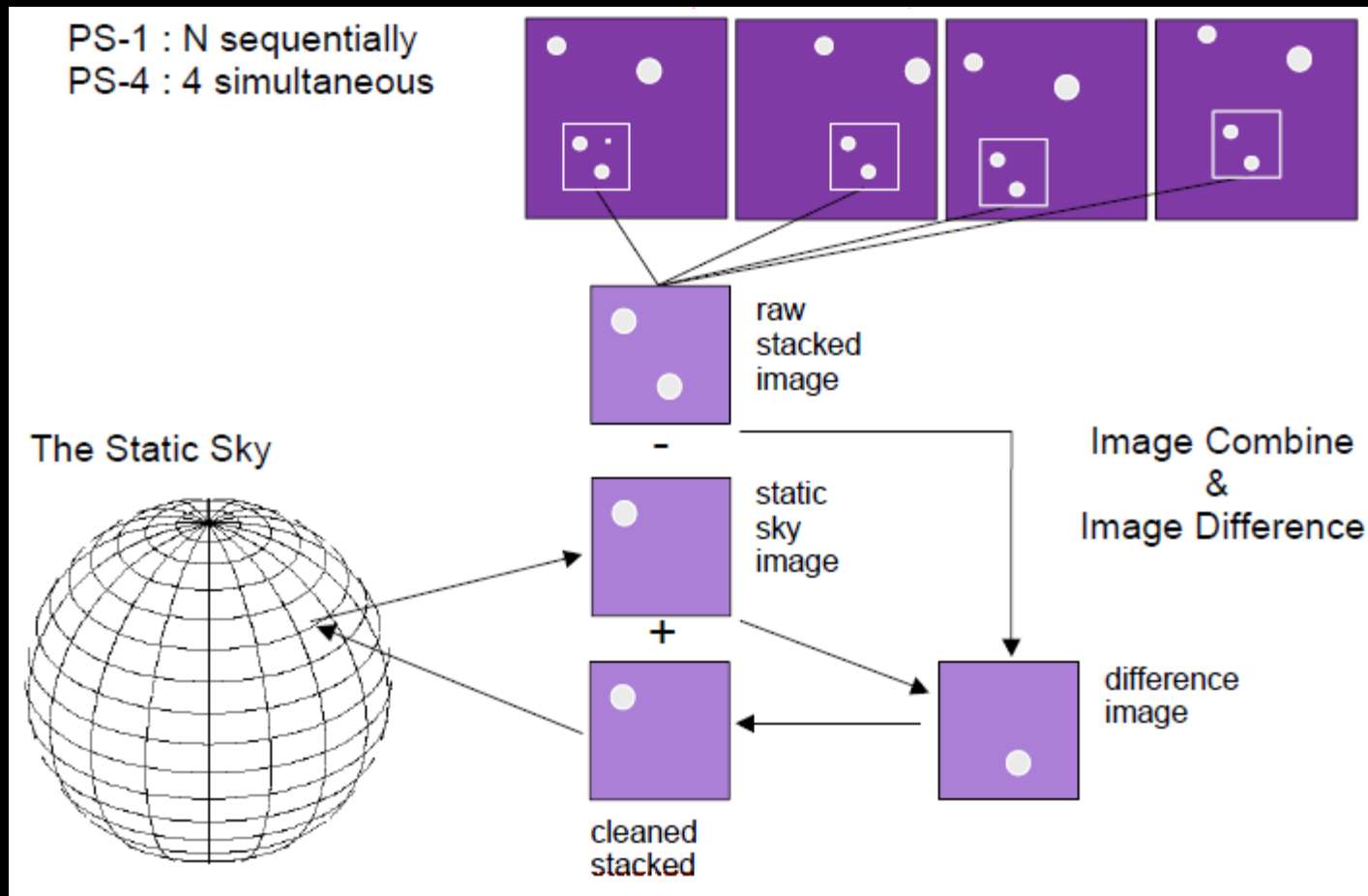


Kozmikus háló:  
- filamentumok  
- nagy üregek  
- galaxishalmazok





- 
- új dimenzió: idő
  - adott égterületet többször lefotóznak
    - pl. Pan-STARRS felmérés
      - havonta 4-szer az égbolt  $\frac{3}{4}$ -e
  - időben változó objektumok keresése
    - változó fényesség
      - változócsillagok, szupernóvák
    - mozgás
      - naprendszerbeli objektumok (pl. kisbolygók)
      - csillagok: parallaxis, sajátmozgás



Egyszeri mérések összekombinálása:

- összevetés a meglévő statikus éggéppel
- statikus rész: hozzáadják a statikus éghez
- változó rész (különbségkép): külön tárolják

- Large Synoptic Survey Telescope
- Nagy szinoptikus felmérő távcső



Az LSST  
távcsöve  
(terv)

<http://lsst.org>

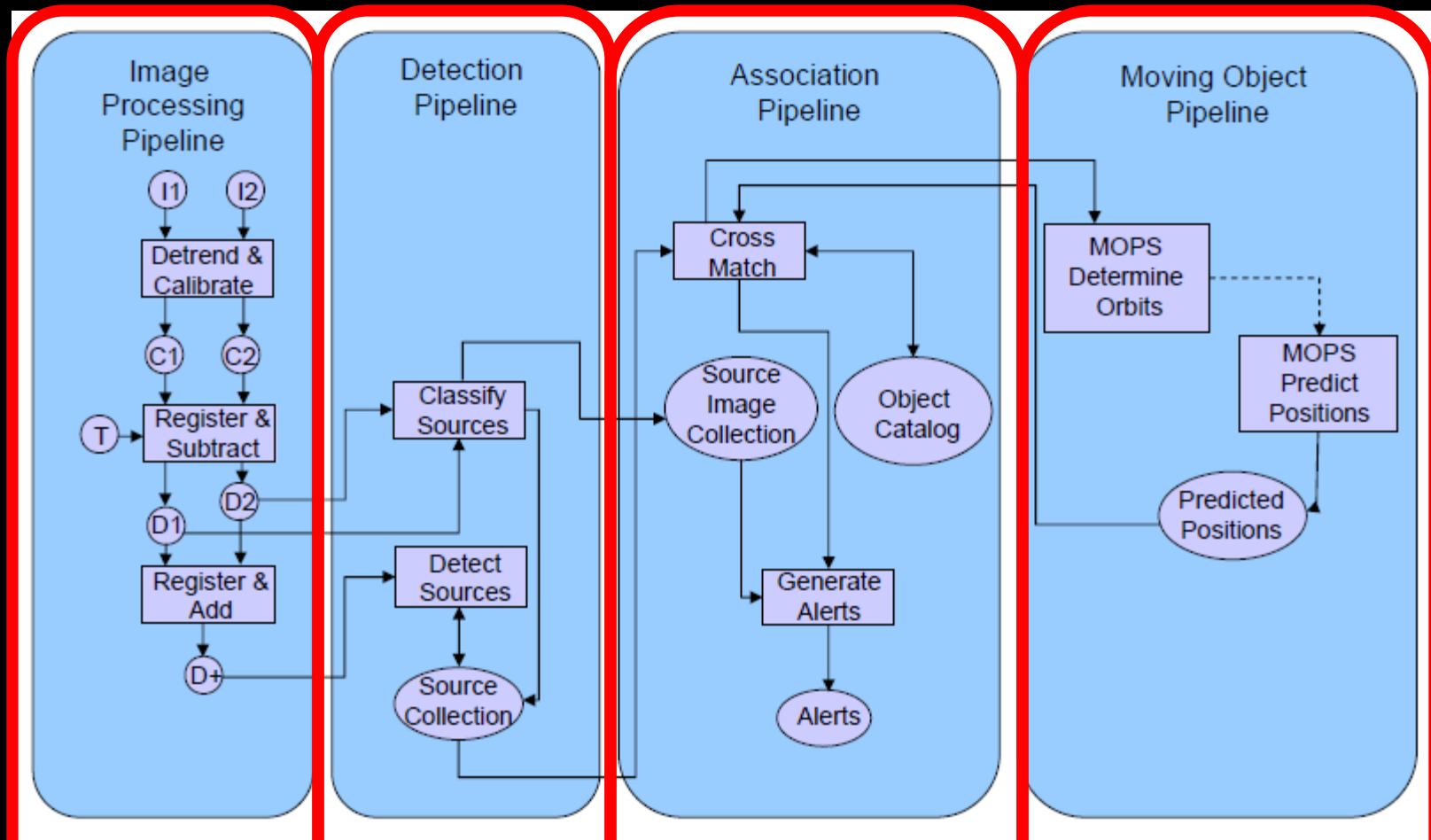
- Tükör:  $\varnothing$  8,4 m<sup>2</sup>, felület: 35 m<sup>2</sup> (SDSS 10x)
- CCD: 3200 Mpx (SDSS 25x)
- Működés kezdete: 2022
- Adatkezelés
  - ~20 TB/éjszaka (SDSS 100x)
  - 10 év alatt
    - 60 PB nyers adat
    - 15 PB katalógus (SDSS 1000x)

Suzanne Jacoby  
a CCD-k 1:1 modelljével





- 
- Fő tudományos célok
    - kozmológia: sötét anyag és sötét energia
      - Ia típusú szupernóvák
      - galaxisok térbeli eloszlása (fotometrius vöröseltolódás-becsléssel) – nincs spektrográf
      - gyenge lencsésítés (cosmic shear)
    - tranziens események (GRB, SN)
    - naprendszerbeli objektumok
      - földközeli objektumok (NEO), Kuiper-öv objektumai
    - Tejútrendszer feltérképezése
      - csillagok parallaxisa, sajátmozgása



Képfeldolgozás  
-kalibráció  
-különbségkép

Azonosítás  
-források a  
különbség-  
képen

Társítás  
-források társítása  
ismert obj.-okhoz  
-új objektumok  
-riasztások

Mozgó objektumok  
-források társítása  
pályákhoz  
-új pályák

változó  
objektumok

összeadott  
képek →  
halványabb  
objektumok

Processing Cadence	Image Category (files)	Catalog Category (database)	Alert Category (database)
Nightly	Raw science image Calibrated science image Subtracted science image Noise image Sky image Data quality analysis	Source catalog (from difference images) Object catalog (from difference images) Orbit catalog Data quality analysis	Transient alert Moving object alert Data quality analysis
Data Release (Annual)	Stacked science image Template image Calibration image RGB JPEG Images Data quality analysis	Source catalog (from calibrated science images) Object catalog (optimally measured properties) Data quality analysis	Alert statistics & summaries Data quality analysis

Képek

Katalógus

Riasztás

- Katalógus – objektumok száma (becslés, 10 év)
  - 10 milliárd csillag (SDSS 40x; Tejútrendszer 3–5%-a)
  - 10 milliárd galaxis (SDSS 50x)



SDSS



LSST (a Deep Lens Survey alapján)