

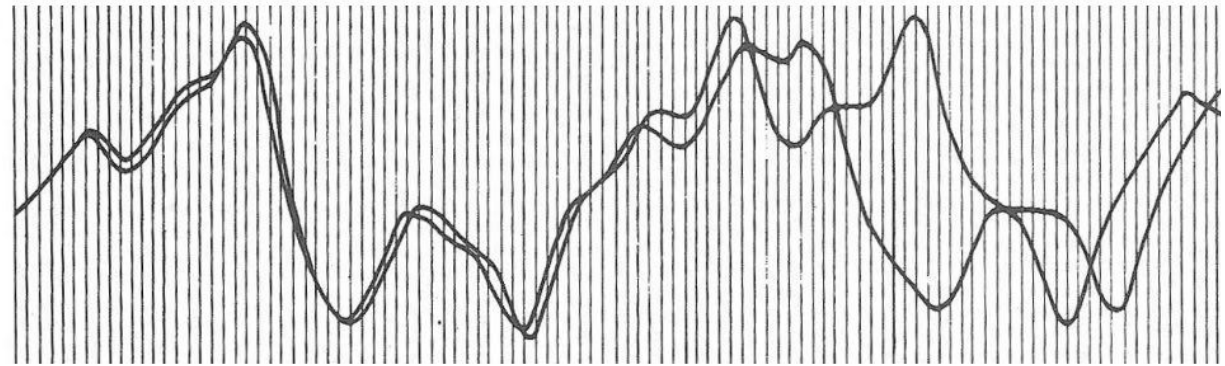
Káosz az űradatokban

Kaotikus dinamika kimutathatósága klasszikus változócsillagok űrfotometriai adataiban

Plachy Emese

A kutatás a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001 Nemzeti Kiválóság Program című kiemelt projekt keretében zajlik. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Kaotikus dinamika jellemzői

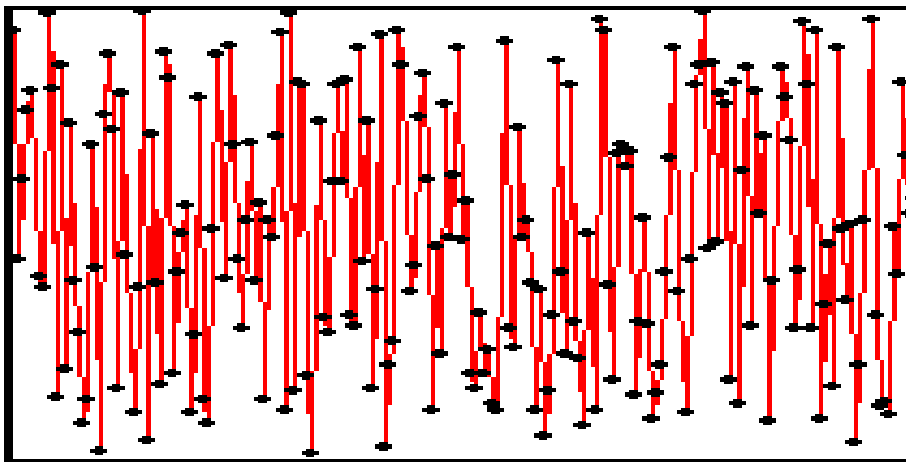


E. Lorenz

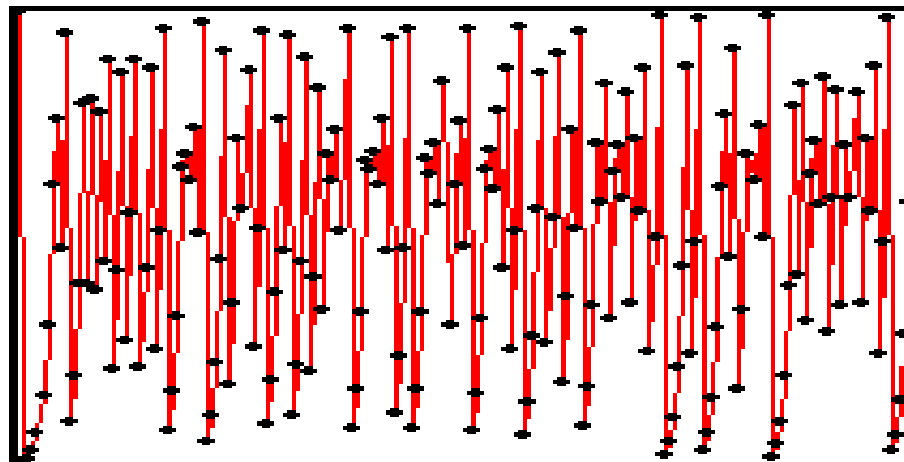
- determinisztikus
 - szabálytalan állandósult mozgás
 - előrejelezhetetlen
- kezdőfeltételekre való érzékenység:
kis kezdeti eltérések gyorsan megnőnek
- szokatlan, bonyolult, de jól meghatározott fázistérbeli geometria: fraktálszerkezet
 - nemlineáris dinamikai rendszerekben jön létre

Megkülönböztetés a sztochasztikustól

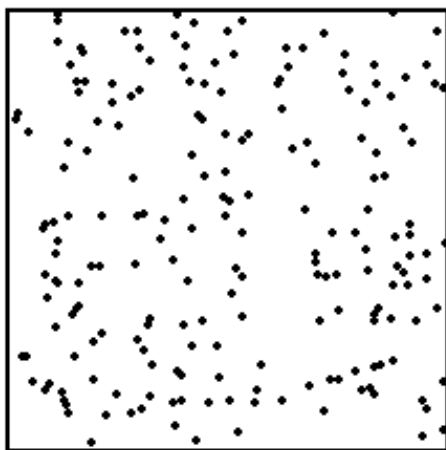
sztochasztikus idősor



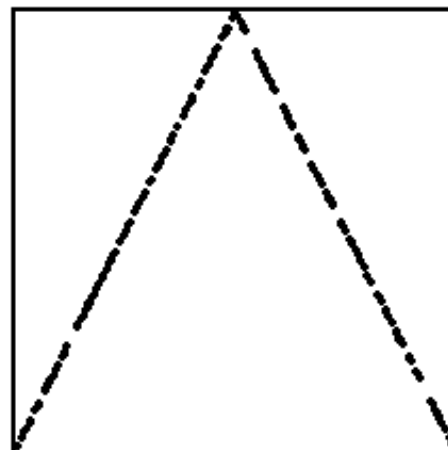
kaotikus idősor



sztochasztikus visszatérési térkép

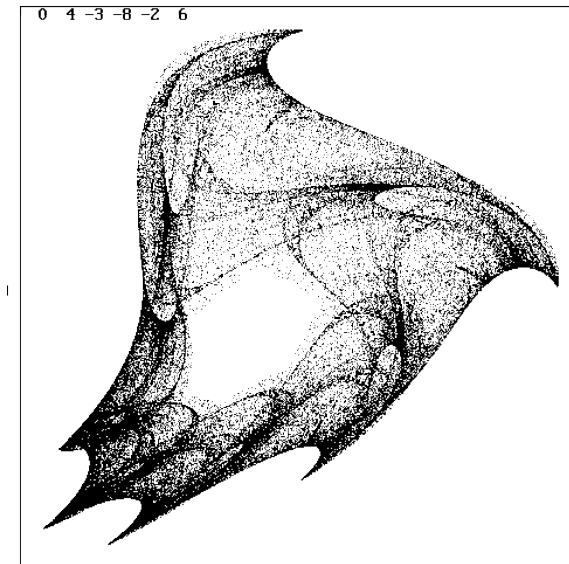
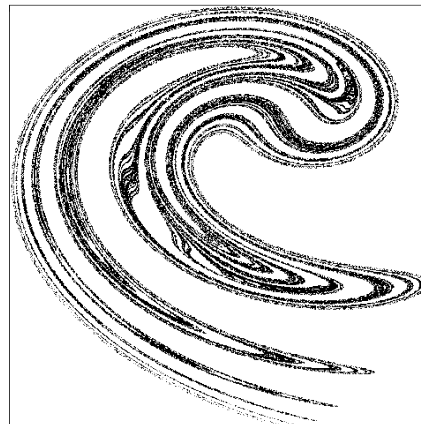
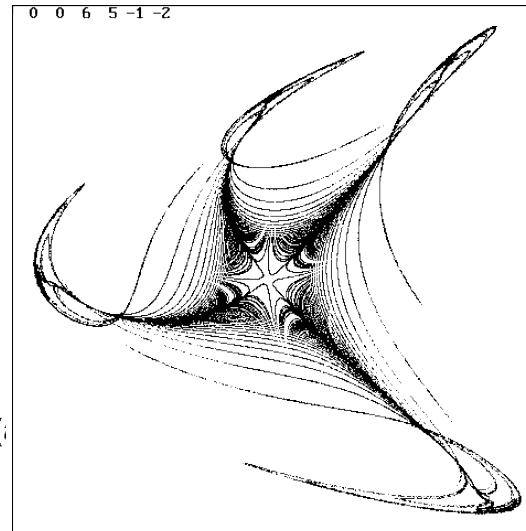
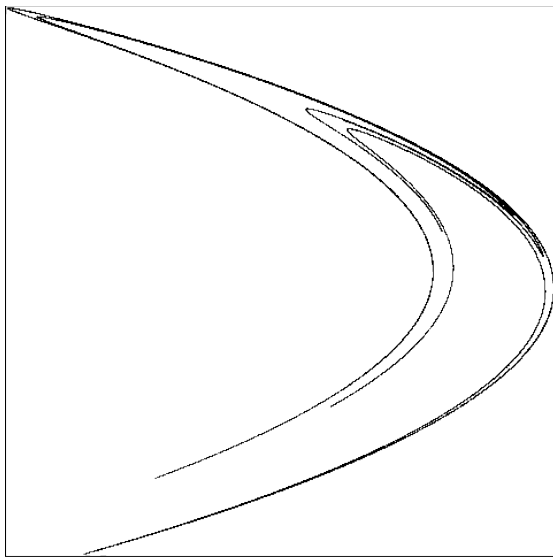


kaotikus visszatérési térkép



Fraktálszerkezet

- Poincaré metszetek (fázistérbeli trajektóriák metszete):



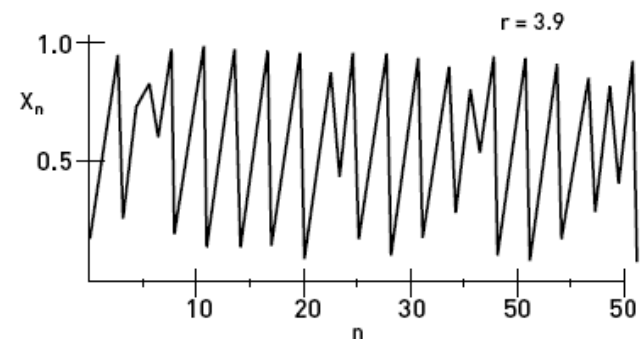
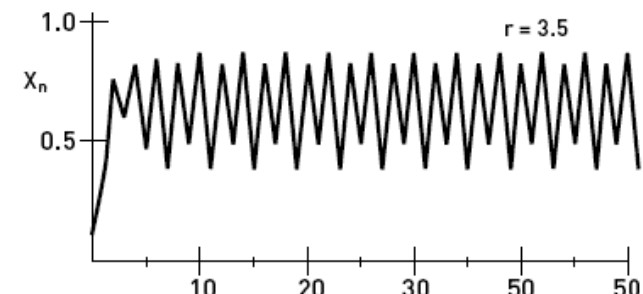
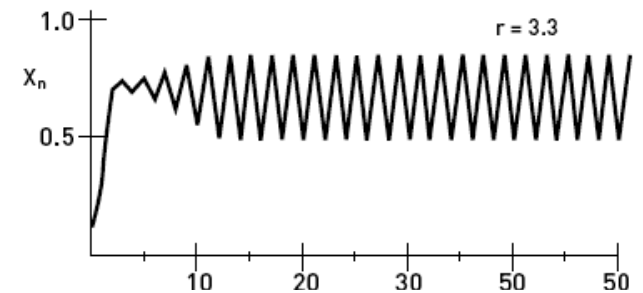
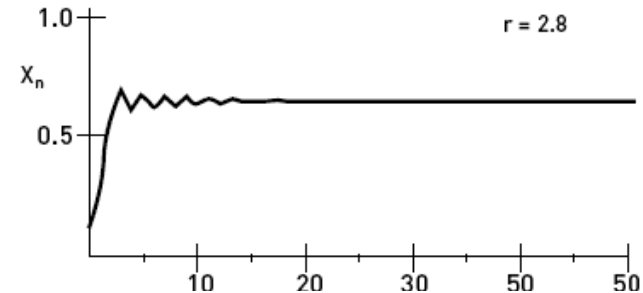
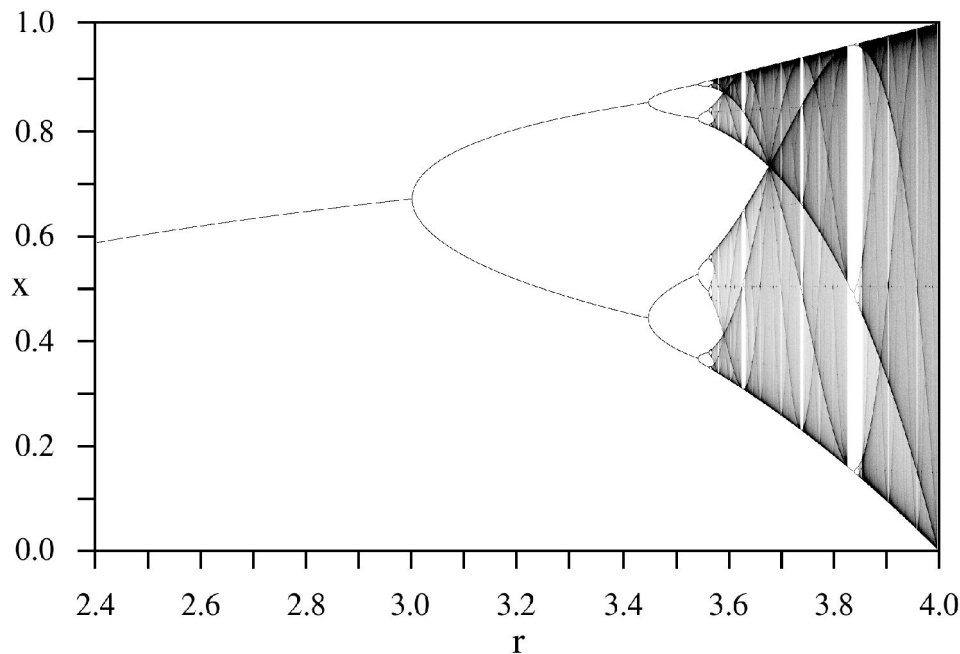
J. C. Sprott

Nemineáris dinamikai rendszerek

Egyszerű példa:

$$x_{n+1} = r x_n (1 - x_n)$$

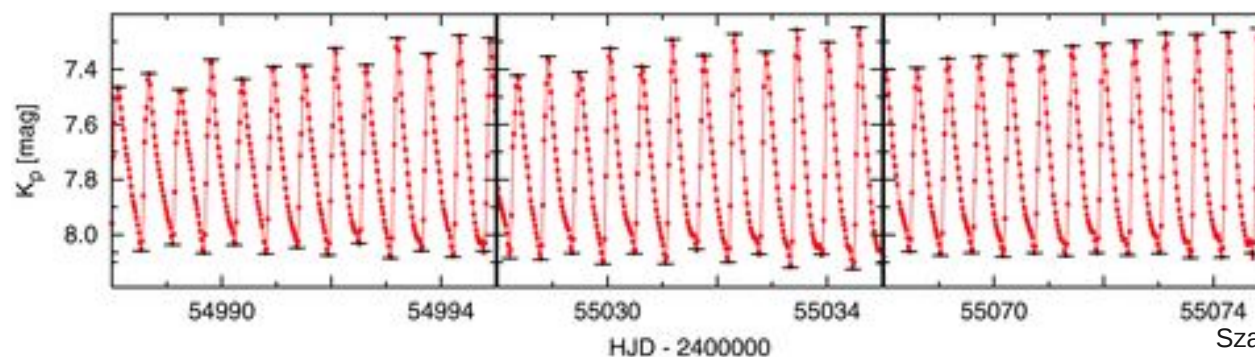
logisztikus leképezés



Csillagpulzáció

Rezgési módusok nemlineáris csatolódása lehetséges

- Káosz detektálása változócsillagokban
Félszabályos változók, RV Tauri és Mira típus
- Kaotikus hidrodinamikai modellek:
W Virginis, RR Lyrae, BL Herculis modellek
- Perióduskétszereződés (káoszhoz vezető lehetséges út):
RV Taurik, fehér törpék, RR Lyraek



Szabó et. al. 2010

Káosz detektálásához szükséges követelmények az adattal szemben

- hosszú: sok ciklus
- folyamatos: kisebb lyukak megengedhetők de a ciklusok extrémumait lehetőleg ne érintse
- pontos

Hogyan juthatunk ilyen fotometriai adathoz?

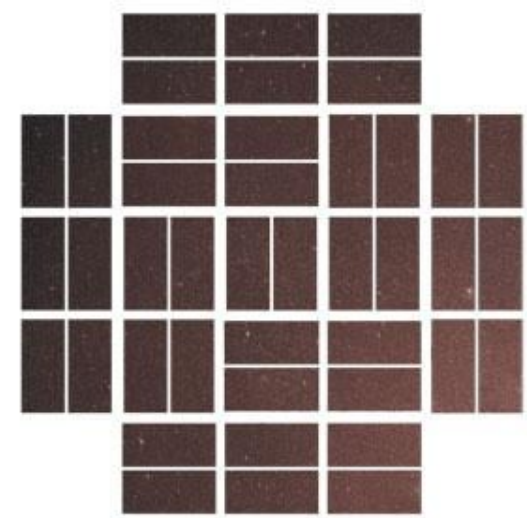
AAVSO adatbázis: hosszú periódusú nagy amplitúdójú csillagok több évtized hosszú adatai

Úrtávcsövek: (Kepler, CoRoT)

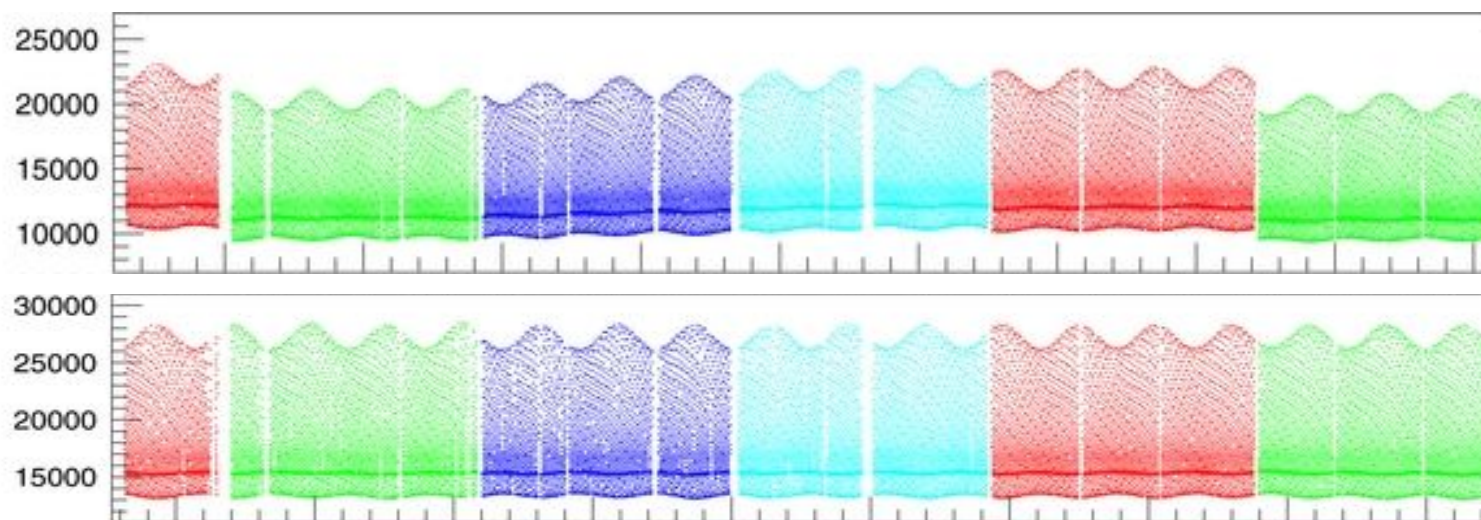
rövid periódusú, kis amplitúdójú csillagok néhány hónap vagy év hosszú adatai

Kepler adatok sajátosságai

- fix terület: ~4 év hosszú adatok
- negyedéves darabok
a távcső negyedévenként átfordul
- lyukak (adatletöltéskor és biztonsági módban)
- néhány százalék fluxusvesztés
az alulméretezett maszkok miatt
- trendek:
okai
 - a csillag képe csúszkál a maszkban
 - fókusz változik (hőmérséklet változásra fókuszszík elmozdul)
 - CCD minőségromlás



Kepler adatfeldolgozási problémák



Benkő et al. 2014

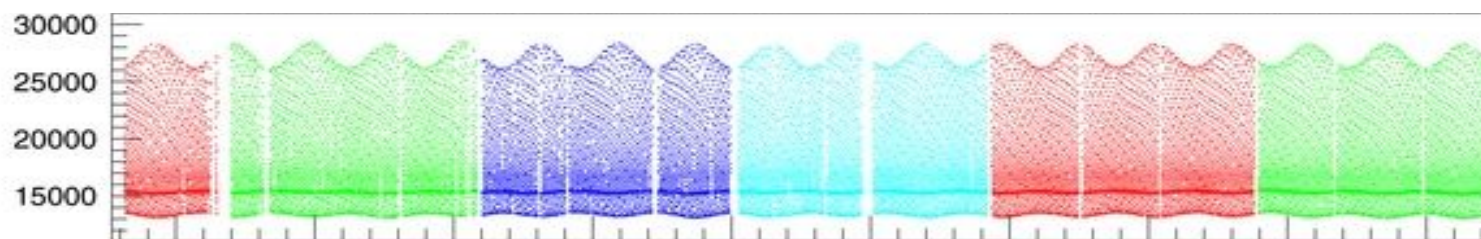
adatredukció szükséges lépései:

- összetolás
- skálázás nincs tökéletes paraméterkombináció
- trendek eltüntetése: önkényes csúszóátlagolás
paraméterrel

--> kis torzító hatásuk a standard Fourier analízist nem zavarja
de a nemlineáris vizsgálatokat zavarja!

A Blazskó-moduláció dinamikai vizsgálata

- Amplitúdó- és fázismoduláció

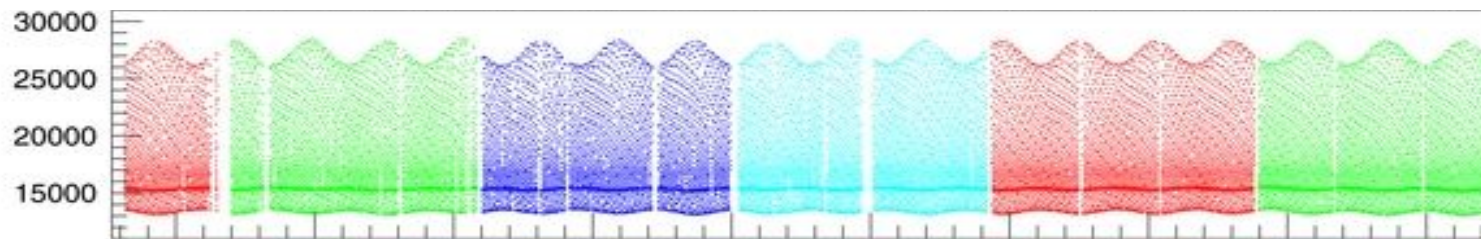


Benkő et al. 2014

- Magyarázataira több elmélet
- Szabálytalanságot mutat – használható az elméletek kizárására
 - ciklikusan felépülő és lebomló mágneses tér --> sztochasztikus
 - módusok keltette lökéshullámok kölcsönhatása --> sztochasztikus
 - radiális módusok kölcsönhatása --> kaotikus

A Blazskó-moduláció dinamikai vizsgálata

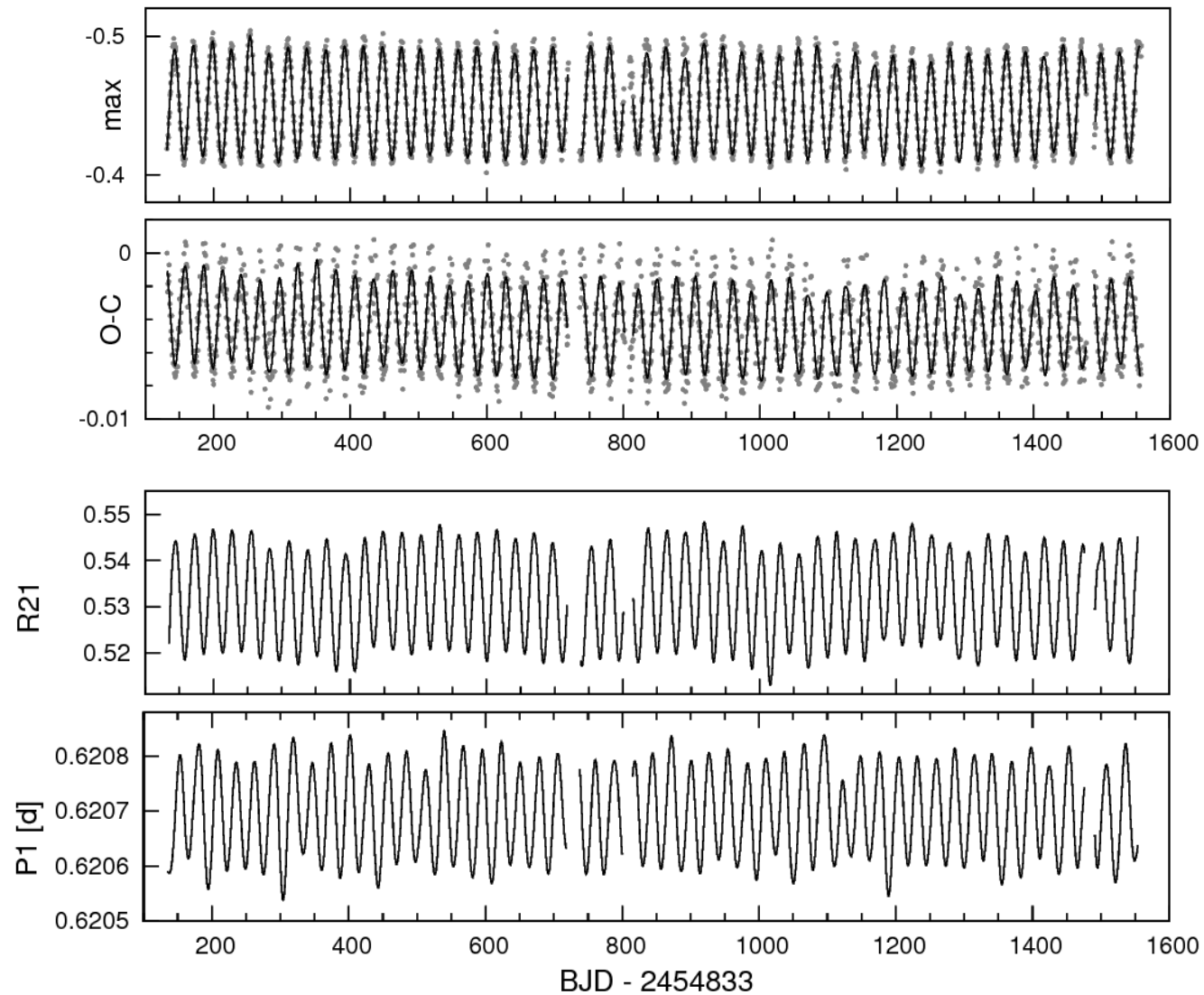
- V783 Cyg: legrövidebb modulációs periódus a Kepler mintában



Benkő et al. 2014

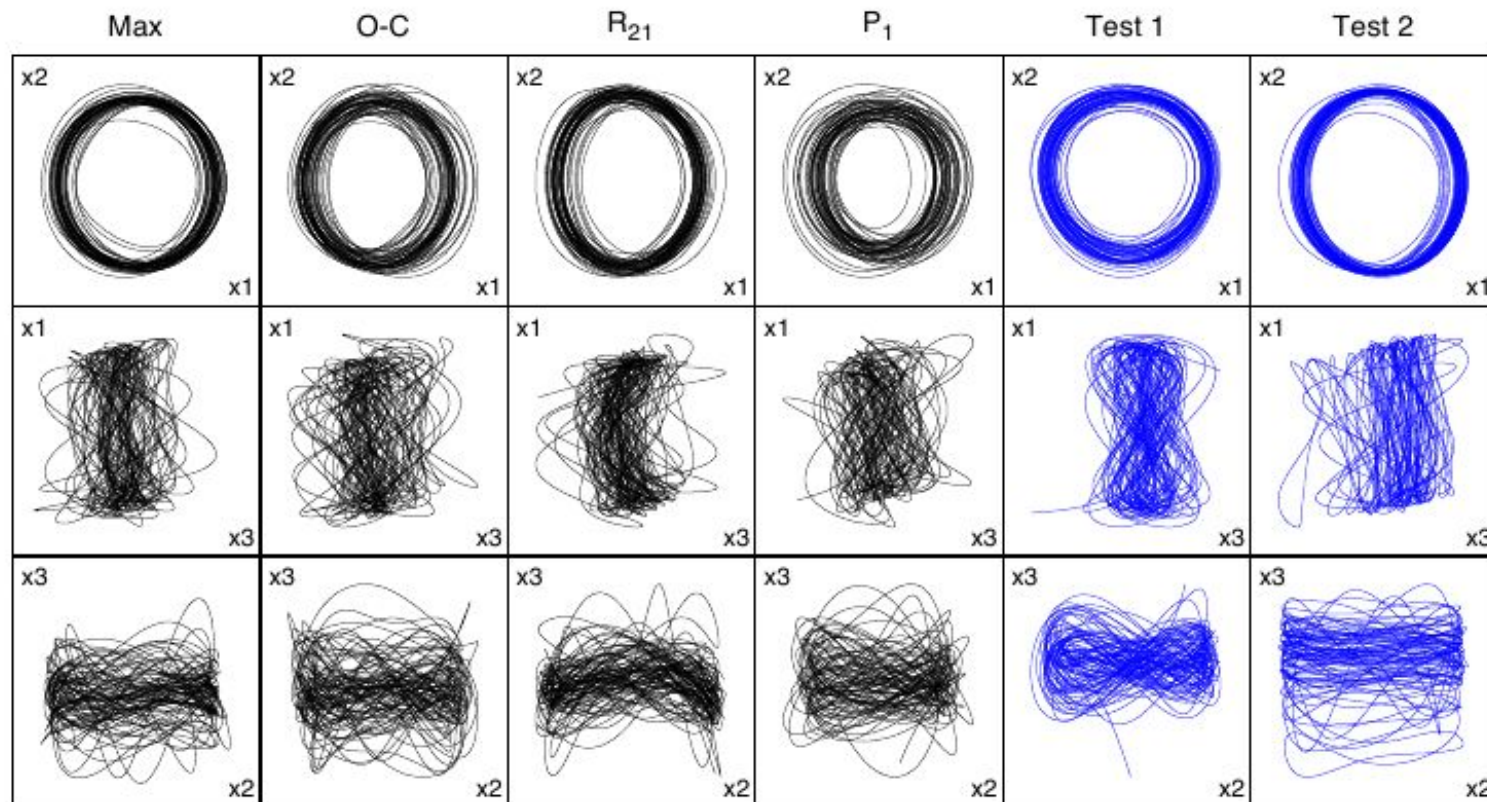
- 51 ciklus
 - Kis irregularitás
 - Moduláció leválasztása bizonytalan
- ok: összetolási, trend eltüntető problémák
- alulmintavételezettség: 30 perces --> ~30 pont/pulzációs ciklus

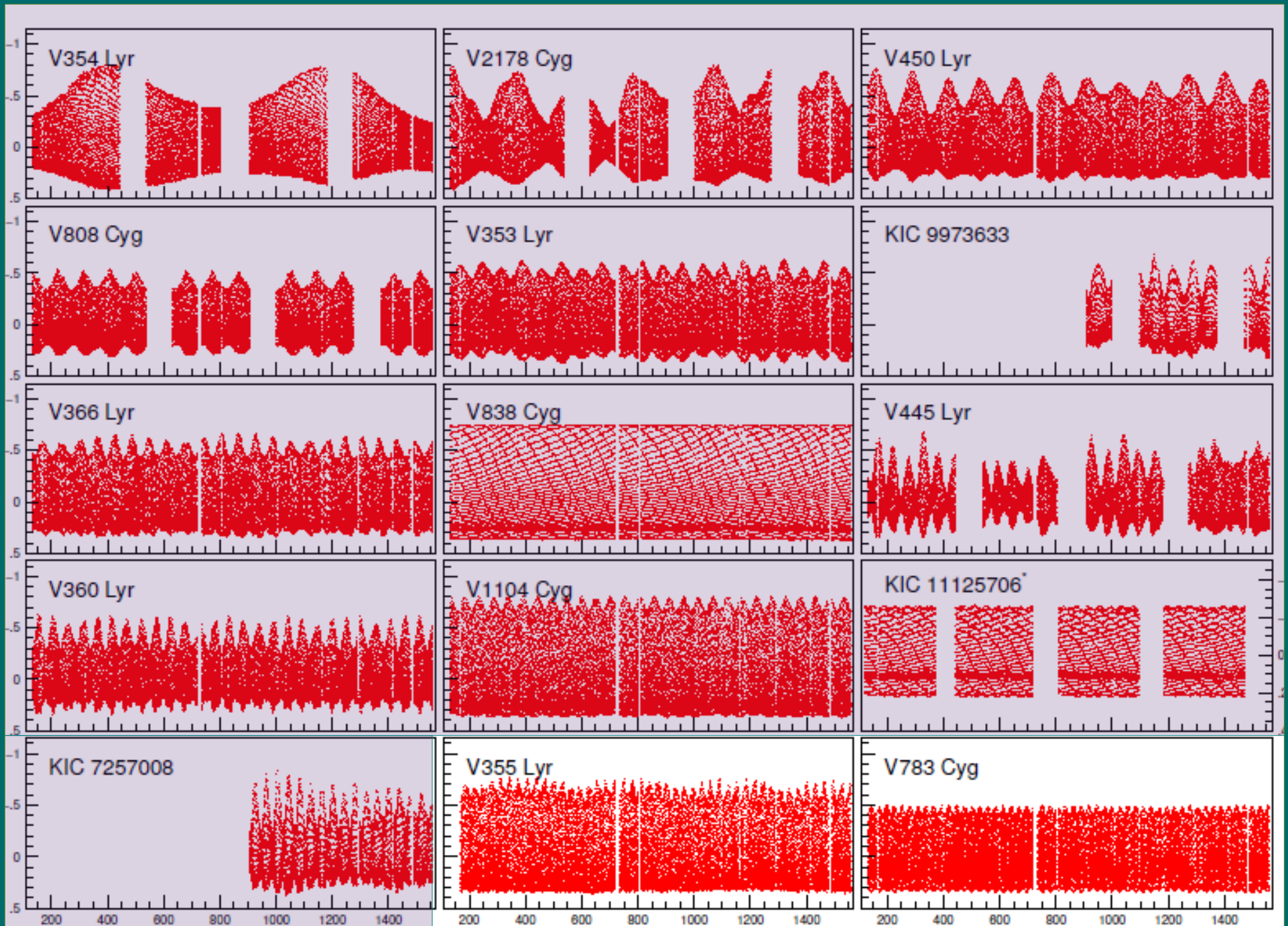
A Blazskó-moduláció dinamikai vizsgálata



A Blazskó-moduláció dinamikai vizsgálata

Modulációs görbék és tesztadatok Broomhead-King projekciói



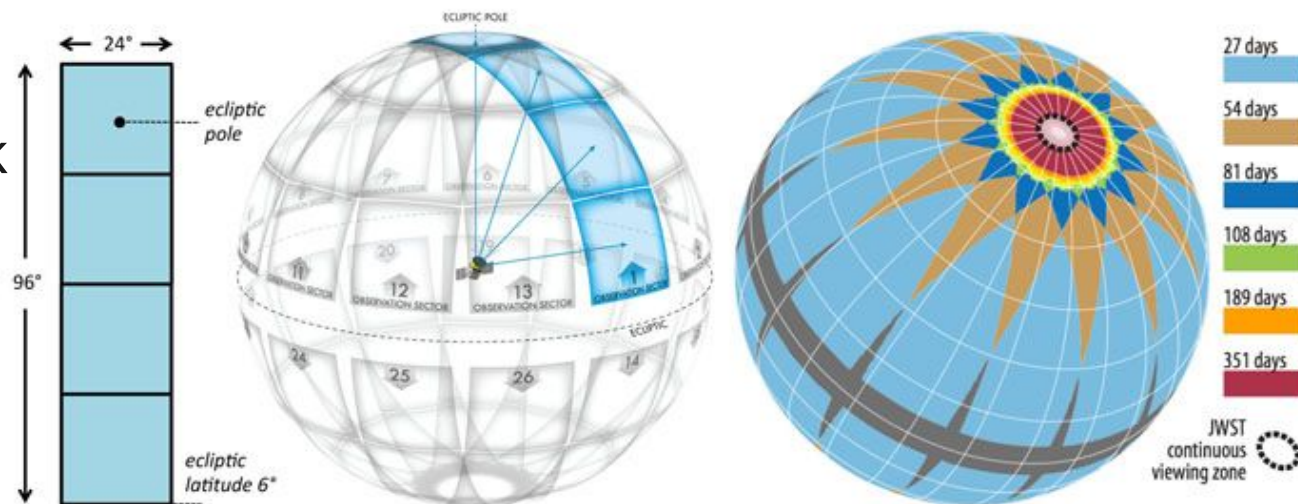


A jövő

TESS (2017)

~1 év hosszú adatok
az ekliptikai pólusok
környékéről

2 perces
mintavételezés



PLATO (2024)

~ 2-3 év hosszú
adatok két mezőről

25 mp mintavételezés

