



3. gyakorlat

Kiegyenlítő számítások MSc

2018/19

A Bernese 5.2 szoftver

- tudományos igényű, nagy pontosságú GNSS (GPS és GLONASS) feldolgozó szoftver
- grafikus felület (QT elemkönyvtár)
- automatizált feldolgozás (BPE)
- relatív hálózat, PPP, LEO feldolgozás
- megoldások kombinálása a normálegyenletek szintjén (szekvenciális kiegyenlítés)
- hibaszűrés, ionoszféra, troposzféra modellezés
- testre szabható feldolgozás

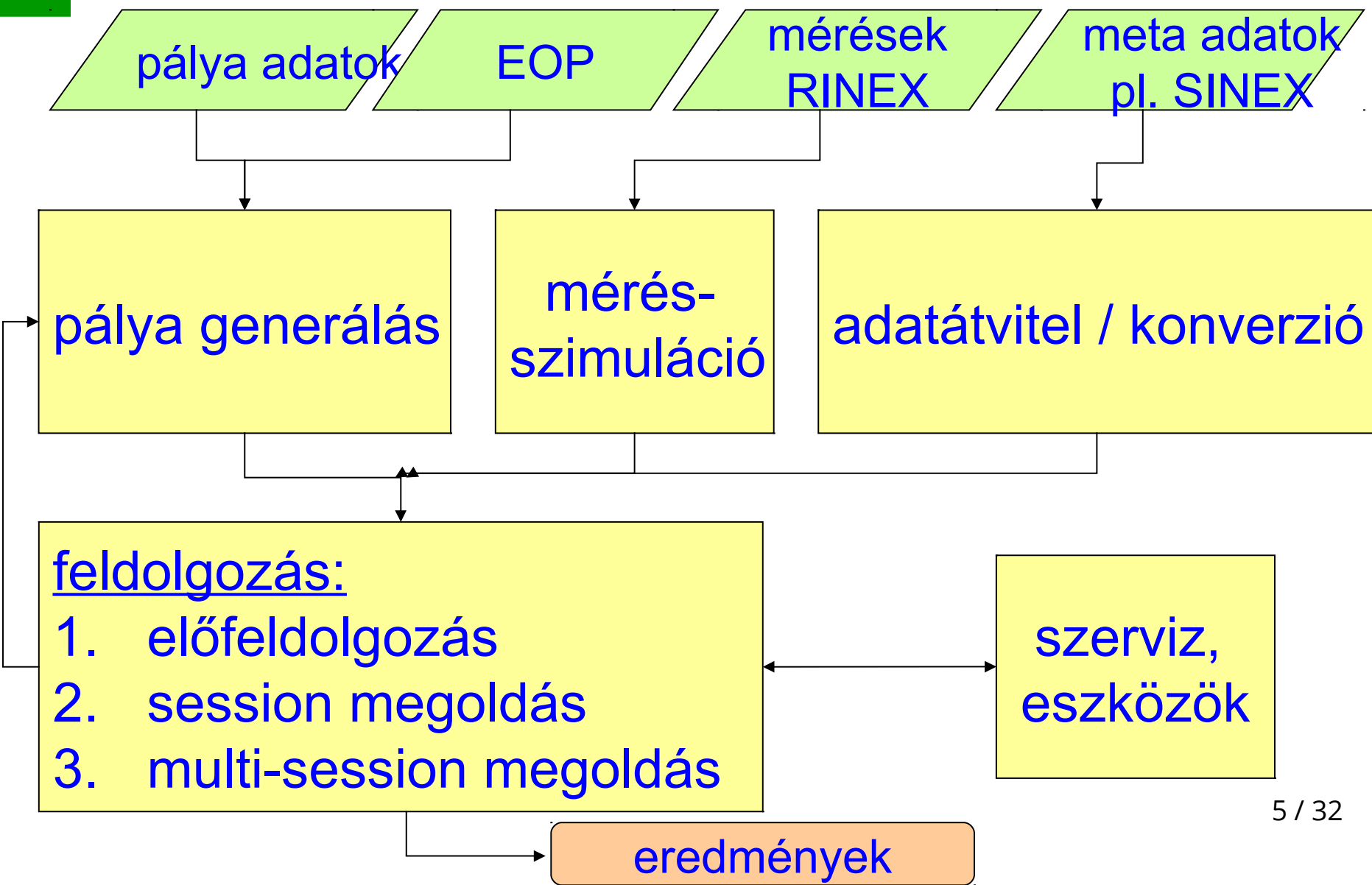
Meghatározható paraméterek

- álláspont X, Y, Z koordinátái, sebességei
- kinematikus mérés: mozgó vevő koordináták
- vevő és műhold órahibák
- fázis többértelműségek
- vevő és műhold antenna fáziscentrum változásai, átlagos fáziscentrum helyzete
- pályaelemek, sugárnyomás paraméterek
- földforgás paraméterek, Föld tömegközéppontja
- állomásfüggő troposzféra paraméterek
- ionoszféra térképek, sztochasztikus ionoszféra paraméterek

Bernese jellemzők

- >300 000 programsor, 1200 modulban
- Fortran 90 / C++ / Perl nyelven
- platform független (UNIX/Windows)
- egy menü program kezel >100 programot
- program, felhasználó és adatterület

Feldolgozó modulok



Bernese futtató környezet

- Mindenkinek *saját futtató környezete* van és *önállóan* tud a BERNESE-vel feldolgozni
- *Távoli asztal* kapcsolat (keresés: „távoli”)
 - számítógép: **ip.cim:33XX**
 - méret: 1024x768

Bernese indítása



A Bernese menürendszer

Configure Campaign RINEX Orbits/EOP Processing Service Conversion BPE User Help

Configure Campaign RINEX

- Set session/compute date
- Menu variables
- Program names
- Paths and extensions
- Change general options
- Update input files
- Menu layout
- Quit

Processing Service Conversion BP

- Code-based clock synchronization
- Baseline file creation
- Phase preprocessing
- Parameter estimation
- Normal equation stacking
- Program output extraction

BPE User Help

- Edit process control file (PCF)
- Edit PCF program input files
- Edit single menu/program input file
- Edit CPU file
- Reset CPU file
- Start BPE process

Campaign RINEX Orbits

- Select active campaign
- Edit list of campaigns
- Create new campaign
- Edit session table
- Edit station files

RINEX Orbits/EOP Processing Service

- Import RINEX to Bernese format
- Export RINEX from Bernese format
- Cut/concatenate RINEX files
- RINEX utilities

U

- Generate simulated observation data
- Bernese observation files
- Residual files
- Coordinate tools
- Ionosphere tools
- Automated processing
- Program output
- Message

Helmert transformation

- Coordinate comparison
- Compute NUVEL-velocities
- Extrapolate coordinates
- Transform coordinates
- Transform to ETRS89
- Merge coordinate files

Feldolgozási példa

- 3 GNSS állomás (GRAZ, PENC, KRAW)
- állomásonként 4 db 1 órás session (mérési periódus), 30 s-os rögzítéssel
- óránkénti mérések feldolgozása BPE-vel (RINEX-Bernese konverzió RXOBV3)
- hálózati pont kényszerítve: PENC
- feldolgozás a fázismérések durva hiba szűrésével (MAUPRP) illetve anélkül
- multi-session megoldás: normálegyenletek kombinálása a 4 db 1 órás periódusból (ADDNEQ2)

EUREF (EPN) adatok

- 3 GNSS állomás (GRAZ, PENC, KRAW)
- adatok letöltése:
http://www.epncb.oma.be/_networkdata

GNSS DATA (RINEX, RTCM, ...)

SATELLITE SYSTEM	STATION LOG : GPS+GLO RINEX V2.11 : GPS+GLO																																																																	
DAILY	FORMAT : RINEX V2.11 , 30 sec, Hatanaka compressed ACCESS : free	Less ...																																																																
	DATA CENTRES <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Online</th> <th>Last data</th> <th>Availability</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>EPNCB (historical)</td> <td>✓</td> <td>182/2016</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>BKGI</td> <td>✓</td> <td>269/2016</td> <td>86%</td> </tr> <tr> <td>OLG</td> <td>✓</td> <td>269/2016</td> <td>86%</td> </tr> </tbody> </table>	Name	Online	Last data	Availability	EPNCB (historical)	✓	182/2016	N/A	BKGI	✓	269/2016	86%	OLG	✓	269/2016	86%	DOWNLOAD DATA << < September 2016 > >> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Wk No</th> <th>Sun</th> <th>Mon</th> <th>Tue</th> <th>Wed</th> <th>Thu</th> <th>Fri</th> <th>Sat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1912</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>01 (245)</td> <td>02 (246)</td> <td>03 (247)</td> </tr> <tr> <td>1913</td> <td>04 (248)</td> <td>05 (249)</td> <td>06 (250)</td> <td>07 (251)</td> <td>08 (252)</td> <td>09 (253)</td> <td>10 (254)</td> </tr> <tr> <td>1914</td> <td>11 (255)</td> <td>12 (256)</td> <td>13 (257)</td> <td>14 (258)</td> <td>15 (259)</td> <td>16 (260)</td> <td>17 (261)</td> </tr> <tr> <td>1915</td> <td>18 (262)</td> <td>19 (263)</td> <td>20 (264)</td> <td>21 (265)</td> <td>22 (266)</td> <td>23 (267)</td> <td>24 (268)</td> </tr> <tr> <td>1916</td> <td>25 (269)</td> <td>26 (270)</td> <td>27 (271)</td> <td>28 (272)</td> <td>29 (273)</td> <td>30 (274)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Wk No	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	1912					01 (245)	02 (246)	03 (247)	1913	04 (248)	05 (249)	06 (250)	07 (251)	08 (252)	09 (253)	10 (254)	1914	11 (255)	12 (256)	13 (257)	14 (258)	15 (259)	16 (260)	17 (261)	1915	18 (262)	19 (263)	20 (264)	21 (265)	22 (266)	23 (267)	24 (268)	1916	25 (269)	26 (270)	27 (271)	28 (272)	29 (273)	30 (274)	
Name	Online	Last data	Availability																																																															
EPNCB (historical)	✓	182/2016	N/A																																																															
BKGI	✓	269/2016	86%																																																															
OLG	✓	269/2016	86%																																																															
Wk No	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat																																																											
1912					01 (245)	02 (246)	03 (247)																																																											
1913	04 (248)	05 (249)	06 (250)	07 (251)	08 (252)	09 (253)	10 (254)																																																											
1914	11 (255)	12 (256)	13 (257)	14 (258)	15 (259)	16 (260)	17 (261)																																																											
1915	18 (262)	19 (263)	20 (264)	21 (265)	22 (266)	23 (267)	24 (268)																																																											
1916	25 (269)	26 (270)	27 (271)	28 (272)	29 (273)	30 (274)																																																												
HOURLY	None																																																																	

- 1 órás adatok előállítás: CRX2RNX, teqc
 - teqc -tbin 1h GRAZ +obs + graz2450.16o

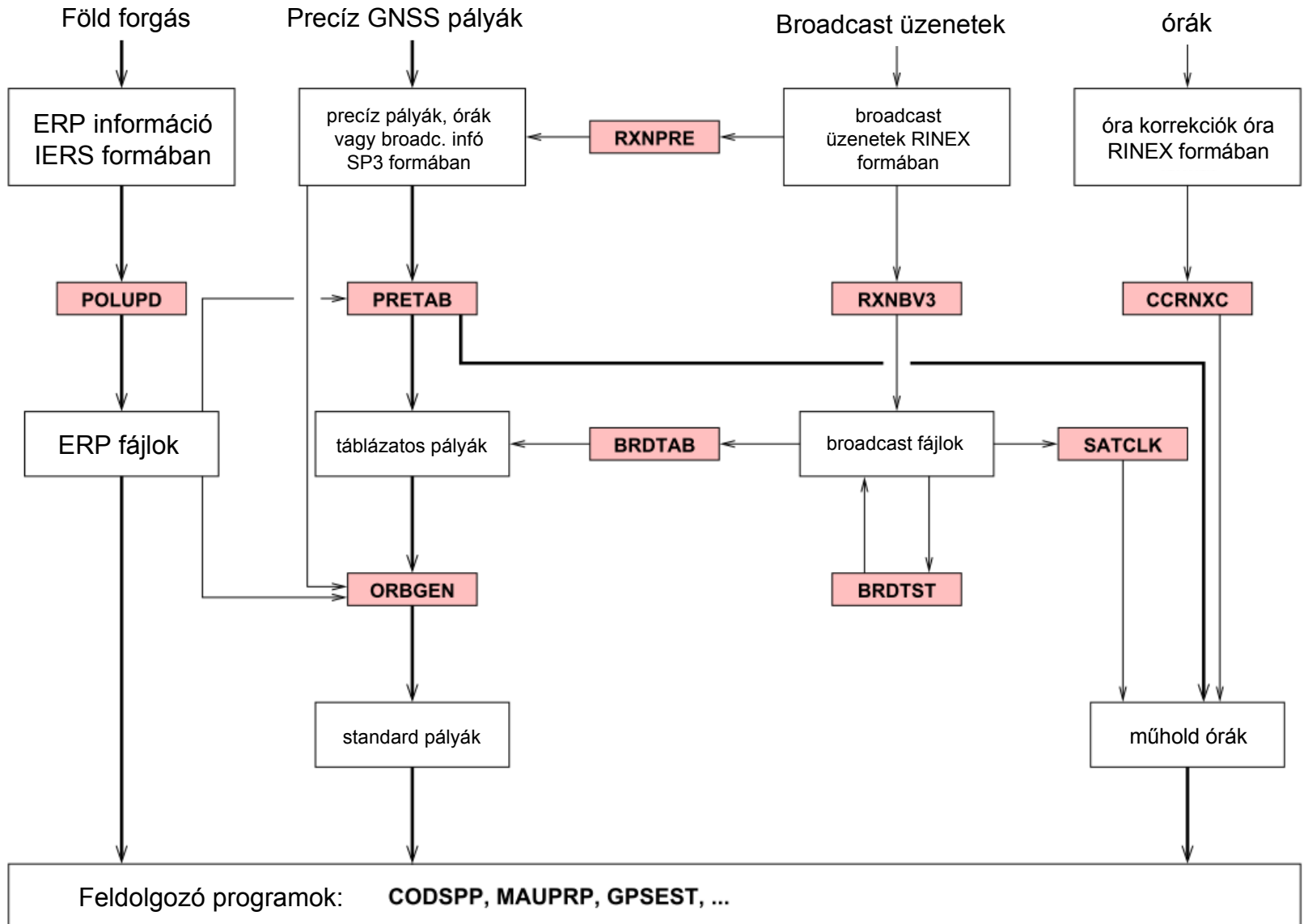
Precíz pálya, óra, földforgás, ionoszféra, troposzféra adatok

- 1912. GPS hét 4. napja
- <ftp://ftp.unibe.ch/aiub/CODE/2016/>

 COD19123.ION.Z	68 KB	2016-09-10	21.41.00
 COD19123.SNX.Z	3093 KB	2016-09-10	21.41.00
 COD19123.TRO.Z	54 KB	2016-09-10	21.41.00
 COD19124.CLK_05S.Z	6773 KB	2016-09-10	21.41.00
 COD19124.CLK.Z	1898 KB	2016-09-10	21.41.00
 COD19124.EPH.Z	132 KB	2016-09-10	21.41.00
 COD19124.ERP.Z	1 KB	2016-09-10	21.41.00
 COD19124.ION.Z	68 KB	2016-09-10	21.41.00
 COD19124.SNX.Z	3071 KB	2016-09-10	21.41.00
 COD19124.TRO.Z	55 KB	2016-09-10	21.41.00
 COD19125.CLK_05S.Z	6589 KB	2016-09-10	21.42.00

- ORB, ATM könyvtárba másoljuk a fájlokat
kitömörítve

Feldolgozás BERNESE-vel



BPE feldolgozásunk lépései

LIST OF BPE SCRIPTS

Filename c:/BERN50/GPSUSER/PCF/RELPROC.PCF

PID	Script	Opt_dir	Campaign	CPU	P	Wait for...		
001	POLUPD	RELPRC01		ANY	1			
002	PRETAB	RELPRC01		ANY	1	001		
003	ORBGEN	RELPRC01		ANY	1	002		
006	RXOBV3	RELPRC01		ANY	1	003		
007	CODSPP	RELPRC01		ANY	1	006		
008	SNGDIF	RELPRC01		ANY	1	007		
009	MAUPRP	RELPRC02		ANY	1	008		
011	GPSEST	RELPRC03		ANY	1	009		
012	GPSESTAP	RELPRC04		ANY	1	011		
013	GPSEST_P	RELPRC04		ANY	1	012		
014	GPSEST	RELPRC05		ANY	1	013		

BPE → Edit
process control
file (PCF):

RELPROC.PCF

11 lépéses
feldolgozás

Műhold előzetes pálya számítás

Föld tájékozási paraméterek és pálya információ a feldolgozáshoz

- **POLUPD**: IGS/IERS pólus információ konverziója Bernese pólus formába
- **PRETAB**: műhold helyzete táblázatos formában inerciális rendszerben
- **ORBGEN**: standard pálya előállítás

Mérések előfeldolgozása

- **RXOBV3**: RINEX fájlok konverziója Bernese bináris mérési formába
- **CODSPP**: vevő óra szinkronizáció és kódmérések előfeldolgozása, szűrése
- **SNGDIF**: bázisvonalak létrehozása, fájlba mentés
- **MAUPRP**: fázismérések előfeldolgozása, ciklusugrások felderítése (*mi történik, ha kihagyjuk?*)

Mérések feldolgozása

- **GPSEST**: GNSS mérések LKN kiegyenlítése, paraméterek becslése – most 3 lépésben
 - **GPSEST**: előzetes mérésfeldolgozás, ciklus többértelműségek (nem egész szám) meghatározása
 - **GPSEST_P**: bázisvonalanként az egész ciklus többértelműségek meghatározása, párhuzamos feldolgozás
 - **GPSEST**: végleges kiegyenlítés a már meghatározott ciklus többértelműségekkel
- **ADDNEQ2**: megoldások kombinálása a normálegyenletek szintjén (stacking), szekvenciális kiegyenlítés

Kampány, session megadása

- Campaign -> Edit list of campaigns
 - ~/GPSDATA/CAMPAIGN52/ADJUST/
- Campaign -> Select active campaign
 - ADJUST
- Configure -> Set session/compute date
 - Year, Day of Year: 2016, 245 session char: 'A'
 - Session table:
/home/h0/GPSDATA/CAMPAIGN52/ADJUST/STA
/HOURLY.SES

BPE feldolgozás paramétere

- BPE -> Edit process control file (PCF)
 - ~/GPSUSER52/PCF/RELPROC.PCF (itt nem kell semmit megváltoztatni!)
- BPE -> Edit PCF program input files (RELPROC.PCF)

– 014 GPSEST

001	POLUPD	RELPRC01	POLUPD.INP
002	PRETAB	RELPRC01	PRETAB.INP
003	ORBGEN	RELPRC01	ORBGEN.INP
006	RXOBV3	RELPRC01	RXOBV3.INP
007	CODSPP	RELPRC01	CODSPP.INP
008	SNGDIF	RELPRC01	SNGDIF.INP
009	MAUPRP	RELPRC02	MAUPRP.INP
011	GPSEST	RELPRC03	GPSEST.INP
013	GPSEST_P	RELPRC04	GPSEST.INP
014	GPSEST	RELPRC05	GPSEST.INP

GPSEST kimeneti állományai

GPSEST 2.1: Output Files 1

GENERAL OUTPUT FILES

Program output	<input checked="" type="checkbox"/>	use GPSEST.Lnn	or	<input type="text" value="A\$S+0"/>	OUT
Error message	<input type="checkbox"/>	merged to program output	or	<input type="text" value="ERROR"/>	MSG

a pipát innen vegyük ki:

ide írjuk be ezt:

- a **\$S+0** az aktuálisan feldolgozott session nevét (245A - D) teszi be a névbe: **A245A - D** (A: az első feldolgozásra utal)

Feldolgozás : BPE elindítása

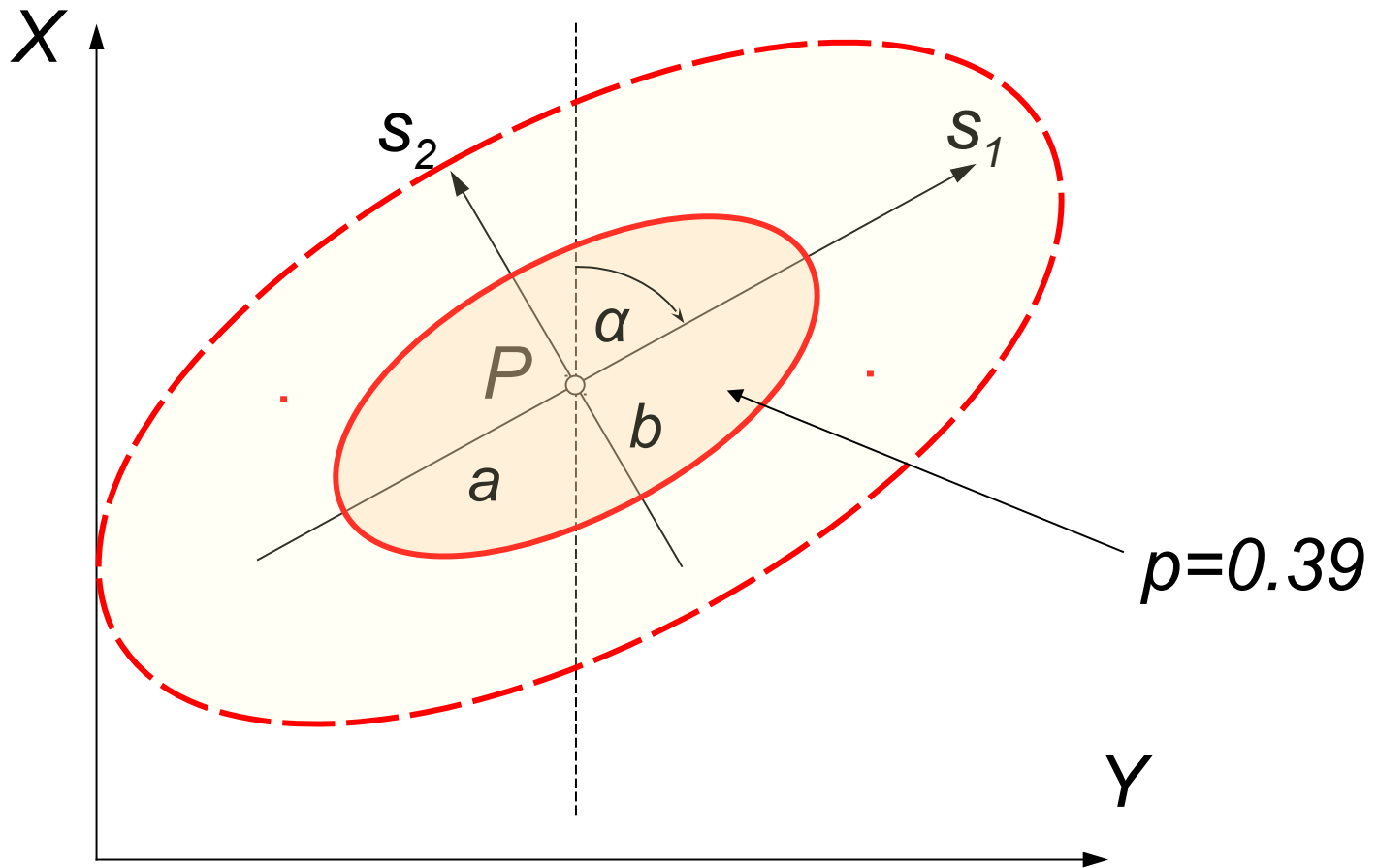
- BPE -> Start BPE process
- **Fontos!** Egyszere 4 session-t dolgozzunk fel (4 db 1-1 órás mérést)

```
SESSION PROCESSING OPTIONS
Start processing                               Year  2010      Session  207B
Number of sessions to be processed            4
Run sessions in parallel                       
Continue with next session in case of error    
```

Eredmények

- `~/GPSDATA/CAMPAIGN52/ADJUST/OUT`
könyvtárban:
 - `A245?.OUT`: GPSEST állományok
 - `SO16245?.COV`: kovariancia mátrixok
- `~/GPSDATA/CAMPAIGN52/ADJUST/STA`
könyvtárban:
 - `SO16245?.CRD`: pontkoordináták

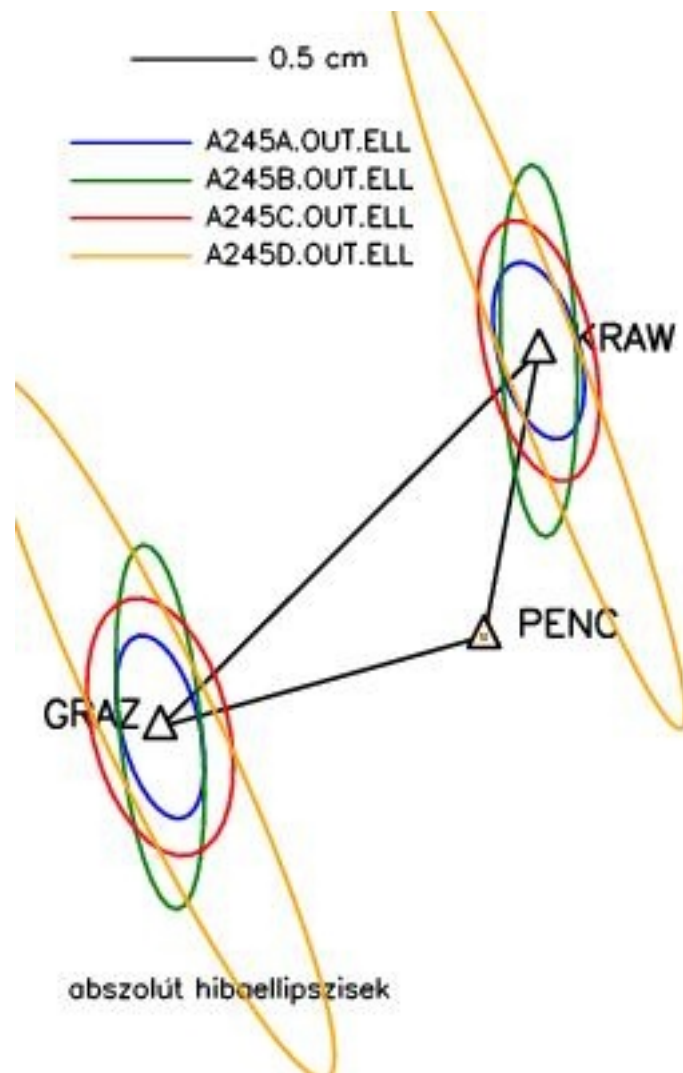
Hibaellipszis, konfidencia ellipszis



Hibaellipszisek kirajzoltatása

- **A245?.OUT** állományokból a pontok hibaellipszis paramétereinek automatikus kinyerése (szkriptek az OUT mappában)
 - **errellip.py**: Python szkript
 - futtatása: **python errellip.py A245A.OUT**
 - kimeneti állomány: A245A.OUT.ELL (pontok koordinátái, hibaellipszisek tengelyei, iránya)
 - az összes session-ra: **./ellipszisekA**
- Rajzoltatás GLE-vel (Graph Layout Engine):
 - **ellrajzp.gle**: GLE szkript
 - futtatása (max. 5 input .ELL állományra): **gle -d jpg -o A.jpg ellrajzp.gle A245A.OUT.ELL A245B.OUT.ELL A245C.OUT.ELL A245D.OUT.ELL**
 - kimenet az **A.jpg** fájlban
 - futtatás: **./rajzA**

Hibaellipszisek a pontokra



Feldolgozás szűrés nélkül

GPSEST 2.1: Output Files 1

legyen most minden fájl
B-vel kezdődő nevű

GENERAL OUTPUT FILES

Program output	<input type="checkbox"/>	use GPSEST.Lnn	or	<input type="text" value="B\$S+0"/>	OUT
Error message	<input type="checkbox"/>	merged to program output	or	<input type="text" value="ERROR"/>	MSG

- a $\$S+0$ az aktuálisan feldolgozott session nevét (245A - D) teszi be a névbe: B245A - D (B: a második feldolgozásra utal)

- ugyanitt a normálegyenleteket is nevezzük át (SN) meg a koordinátákat is:

RESULT FILES 1

Normal equations	<input type="text" value="SN\$Y\$S+0"/>	NQ0
Station coordinates	<input type="text" value="SN\$Y\$S+0"/>	CRD
Troposphere estimates	<input type="text" value="SN\$Y\$S+0"/>	TRP
Troposphere SINEX	<input type="text" value="SN\$Y\$S+0"/>	TRO

Feldolgozás : BPE elindítása

- BPE -> Start BPE process
- **Fontos!** Most hagyjuk ki a MAUPRP szűrési lépést a feldolgozásból:

BPE 2: Process Control Options

CPU CONTROL

CPU control file

Check for free CPU every seconds

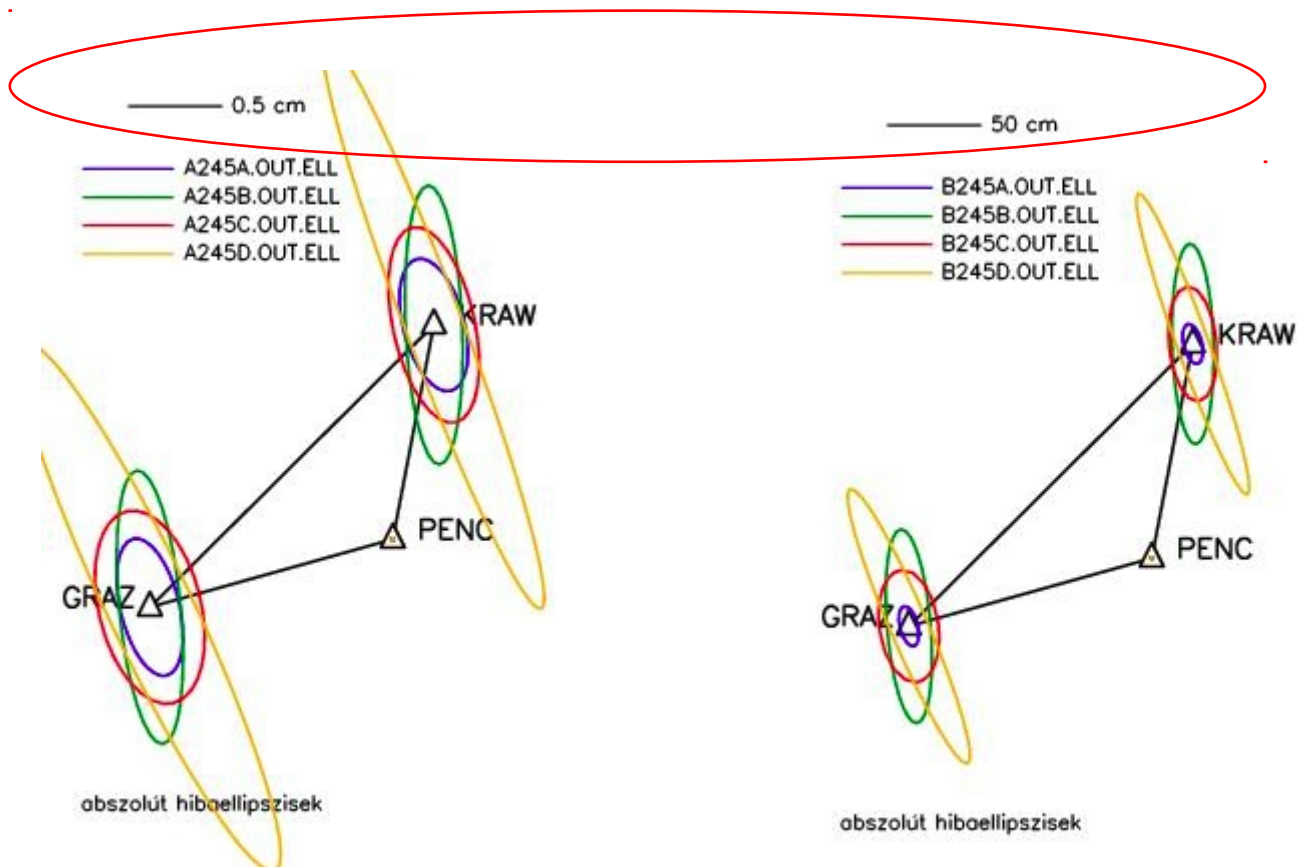
BPE TASK SELECTION

Process control file

Start with script

Skip scripts

„Látványos” eredmények



Sessionok kombinálása: ADDNEQ2

- Processing -> Normal equation stacking

INPUT FILENAMES

Normal equations	<input type="text" value="SO10270?"/>	<input type="text" value="NQ0"/>
Variance rescaling factors	<input type="text"/>	<input type="text" value="WGT"/>
Station coordinates	<input type="text" value="REFCOORD"/>	<input type="text" value="CRD"/>

GENERAL OUTPUT FILES

Program output

use ADDNEQ2.Lnn

or

OUT

RESULT FILES

Normal equations

NQ0

SINEX

SNX

Station coordinates

CRD

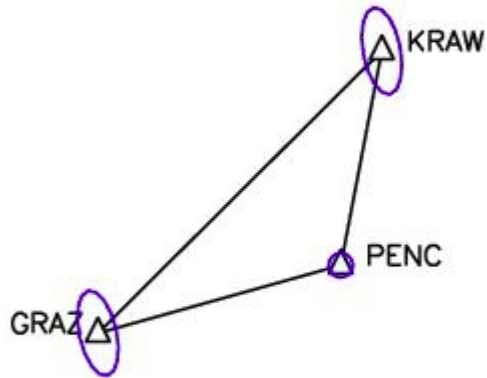
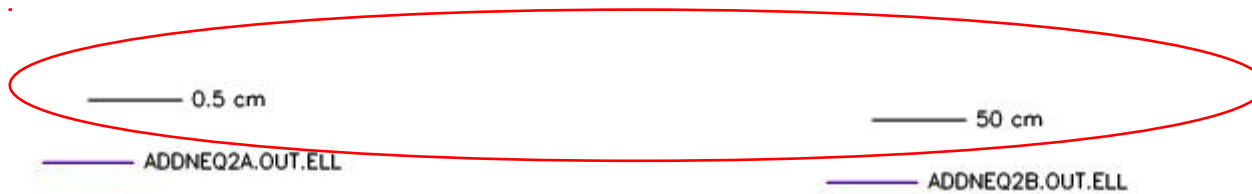
ADDNEQ2 input paraméterek

- nincs paraméter eliminálás, lépésköz változtatás
- dátum megadás: kézzel (manual) megkötjük PENC koordinátáit (coordinates constrained)

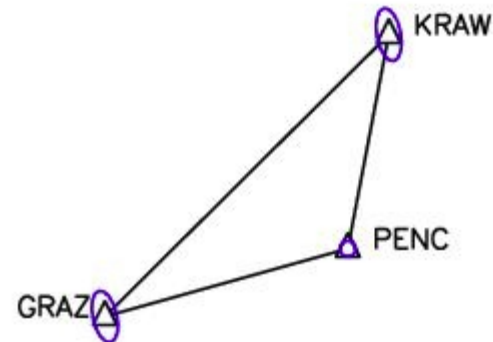
ADDNEQ2 lefuttatása a szűrés nélküli feldolgozásokra

- SN16245?.NQ0 input fájlok
- ADDNEQ2B.OUT eredmény fájl
- NEMSZ.NQ0, .CRD normál egyenletek és koordináták

Ismét hibaeellipszisek



abszolút hibaeellipszisek



abszolút hibaeellipszisek

További lehetőségek

- Koordináták változásainak kirajzoltatása a .CRD állományokból
- Együttes hibaellipszisek a 4 session és a kombinált normálegyenletek eredményei felhasználásával
- 3D hibaellipszoidok

Station coordinates and velocities:

Reference epoch: 2010-09-27 03:00:00

Station name	Typ	A priori value	Estimated value	Correction	RMS error	3-D ellipsoid		2-D ellipse	
GRAZ	X	4194424.1270	4194424.4556	0.3286	0.0624				
	Y	1162702.4610	1162702.4722	0.0112	0.0952				
	Z	4647245.2050	4647245.5809	0.3759	0.0610				
	U	538.2987	538.7917	0.4930	0.0779	0.0972	63.3		
	N	47 4 1.657712	47 4 1.658425	0.0220	0.0445	0.0438	2.4	0.0442	3.8
	E	15 29 36.514379	15 29 36.510732	-0.0767	0.0926	0.0725	5.3	0.0927	