

Formacje satelitarne - przykładowe wyniki

Justyna Gołębowska, Edwin Wnuk

Obserwatorium Astronomiczne
Uniwersytetu im. A. Mickiewicza

Ciechocinek, 2007

Spis treści

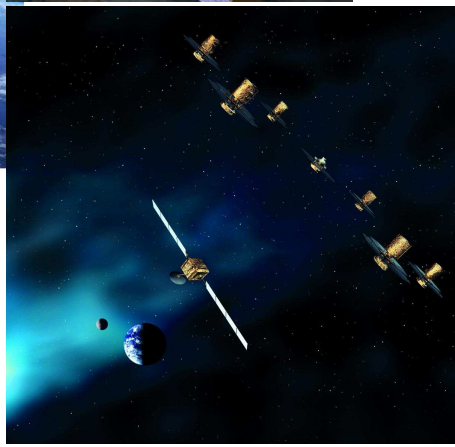
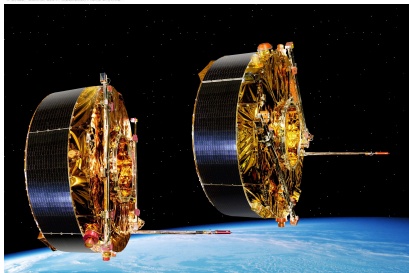
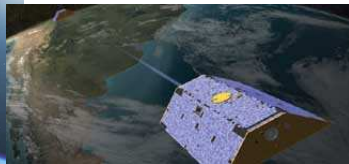
- 1 Wstęp - Formacje satelitarne
- 2 Perturbacje różnicowe
- 3 Wyniki
 - A-Train
 - ST5
 - GOES

Spis treści

- 1 Wstęp - Formacje satelitarne
- 2 Perturbacje różnicowe
- 3 Wyniki
 - A-Train
 - ST5
 - GOES

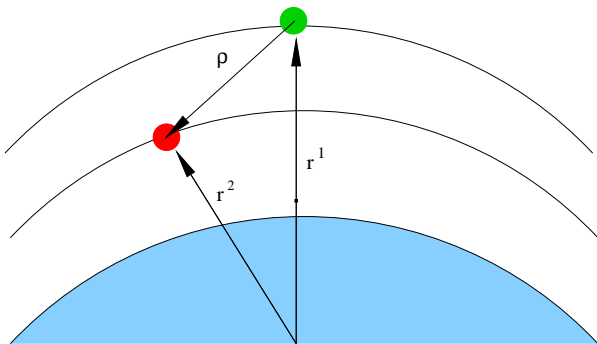


© CNES - Janvier 2004 / Illustration Pierre CAMILLI



Rok	Misja
1999	New Millennium Program (NMP) EO-1
2000	GOES (Geostationary Operational Environmental Satellites)
2001	University Nanosats/Air Force Research Laboratory
2001	Gravity Recovery and Climate Recovery (GRACE)
2003	University Nanosats/Air Force Research Laboratory Nanosat 1
2003	University Nanosats/Air Force Research Laboratory Nanosat 2
2005	Auroral Multiscale Mission (AMM)/APL (MIDEX)
2005	Magnetospheric Multiscale (MMS)
2006	ST-5 (Space Technology 5)
2007	Global Precipitation Mission (EOS-9)
2007	Geospace Electrodynamics Connections (GEC)
2010	Constellation-X
2011	Magnetospheric Constellation (MC)
2011	Laser Interferometric Space Antenna (LISA)
2014	DARWIN Space Infrared Interferometer/European Space Agency
2011	Terrestrial Planet Finder
2014	Leonardo (GSFC)
2010+	Soil Moisture and Ocean Salinity Observing Mission (EX-4)
2010+	Time-Dependent Gravity Field Mapping Mission (EX-5)
2010+	Vegetation Recovery Mission (EX-6)
2010+	Cold Land Processes Research Mission (EX-7)
2019	Submillimeter Probe of the Evolution of Cosmic Structure (SPECS)
2020	MAXIM X-ray Interferometry Mission
2020	Solar Flotilla, IHC, OHRM, OHRI, ITM, IMC, DSB Con

www.nasa.gov



$$\vec{\rho}(t) = \Delta \vec{r}(t) = \vec{r}_2(t) - \vec{r}_1(t).$$

Spis treści

- 1 Wstęp - Formacje satelitarne
- 2 Perturbacje różnicowe
- 3 Wyniki
 - A-Train
 - ST5
 - GOES

Perturbacje różnicowe

W elementach

$$\Delta(\delta\varepsilon^n(t)) = \delta\varepsilon_2^n(t) - \delta\varepsilon_1^n(t)$$

gdzie $\delta\vec{\varepsilon}_i^n(t) = \vec{\varepsilon}_i^n(t) - \vec{\varepsilon}_i^{0,n}$ $i = 1, 2, \quad n = 1, 2, \dots, 6$

Perturbacje różnicowe

W elementach

$$\Delta(\delta\varepsilon^n(t)) = \delta\varepsilon_2^n(t) - \delta\varepsilon_1^n(t)$$

gdzie $\delta\vec{\varepsilon}_i^n(t) = \vec{\varepsilon}_i^n(t) - \vec{\varepsilon}_i^{0,n}$ $i = 1, 2$, $n = 1, 2, \dots, 6$

W położeniach satelitów

$$\Delta(\delta\vec{r}(t)) = \delta\vec{r}_2(t) - \delta\vec{r}_1(t)$$

gdzie $\delta\vec{r}_i(t) = \vec{r}_i(t) - \vec{r}_i^0(t)$ $i = 1, 2$

Perturbacje różnicowe w elementach

$$\Delta(\delta\varepsilon_i) = \sum_{j=1}^6 \frac{\partial \delta\varepsilon_i}{\partial \varepsilon_j} d\varepsilon_j + \dots$$

$$\delta\varepsilon_i^* = \sum_{m=0}^N \sum_{k=-N}^N \sum_{q=-Q}^Q \left(U_{mkq}^i \cos \psi + W_{mkq}^i \sin \psi \right), \quad i = 1, 2, 3$$

$$\delta\varepsilon_i = \sum_{m=0}^N \sum_{k=-N}^N \sum_{q=-Q}^Q \left(U_{mkq}^i \sin \psi - W_{mkq}^i \cos \psi \right), \quad i = 4, 5, 6$$

gdzie: $\varepsilon_1 = a$, $\varepsilon_2 = e$, $\varepsilon_3 = l$, $\varepsilon_4 = \omega$, $\varepsilon_5 = \Omega$, $\varepsilon_6 = M$ i

$\psi = \psi_{mkq} = k\omega + (k+q)M + m(\Omega - \Theta) + (k-m)\frac{\pi}{2}$.

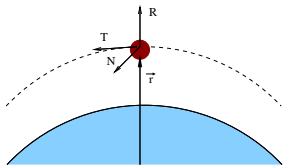
Amplitudy U_{mkq}^i i W_{mkq}^i - są funkcjami a , e , l oraz \overline{C}_{lm} , \overline{S}_{lm}

* Wnuk, E., "Tesseral Harmonic Perturbations in the Keplerian Orbital Elements", Acta Astronomica, vol. 40, p. 191 (1990).

Perturbacje różnicowe w składowych RTN związanych z satelitą S_1

$$\Delta(\delta\vec{r}(t)) = \delta\vec{r}_2(t) - \delta\vec{r}_1(t) = \Delta r_1 \vec{e}_1^r + \Delta\lambda_1 \vec{e}_1^t + \Delta b_1 \vec{e}_1^n,$$

Składowe perturbacji różnicowych:

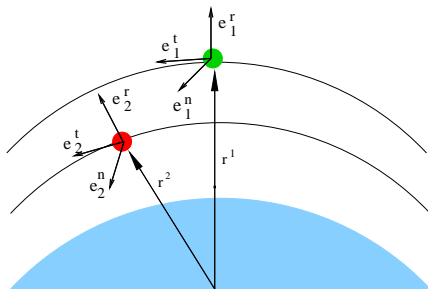


$$\begin{aligned} \Delta r_1 &= \delta r_2 \alpha_{11} + \delta \lambda_2 \alpha_{12} + \delta b_2 \alpha_{13} - \delta r_1, \\ \Delta \lambda_1 &= \delta r_2 \alpha_{21} + \delta \lambda_2 \alpha_{22} + \delta b_2 \alpha_{23} - \delta \lambda_1, \\ \Delta b_1 &= \delta r_2 \alpha_{31} + \delta \lambda_2 \alpha_{32} + \delta b_2 \alpha_{33} - \delta b_1. \end{aligned}$$

Kosinusy Kierunkowe:

$$\alpha_{ij} = \vec{e}_1^i \cdot \vec{e}_2^j$$

gdzie: $\vec{e}^r, \vec{e}^t, \vec{e}^n$ - wektory jednostkowe opisujące układ RTN.



Dwie analityczne metody wyznaczania perturbacji różnicowych.

- 1 W elementach
- 2 W składowych RTN

Dwie analityczne metody wyznaczania perturbacji różnicowych.

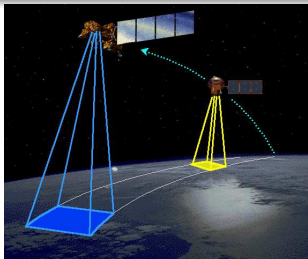
- 1 W elementach
- 2 W składowych RTN

Uwzględniane siły zaburzające

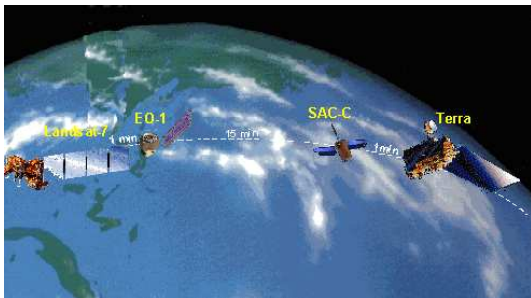
- Ziemskie pole grawitacyjne rozwinięte do dowolnego rzędu i stopnia harmonik sferycznych
- Grawitacyjny wpływ Księżyca
- Grawitacyjny wpływ Słońca

Spis treści

- 1 Wstęp - Formacje satelitarne
- 2 Perturbacje różnicowe
- 3 Wyniki
 - A-Train
 - ST5
 - GOES

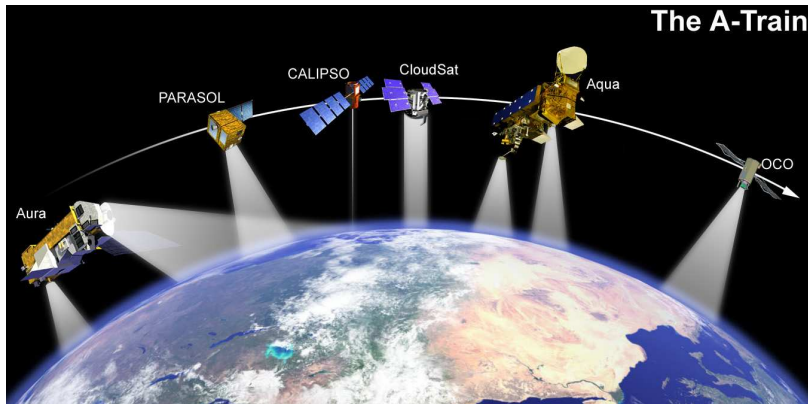


Landsat-7 i EO-1
 $h = 705\text{km}$, $i = 98^\circ$,
 $\Omega = 310^\circ$.



A-Train

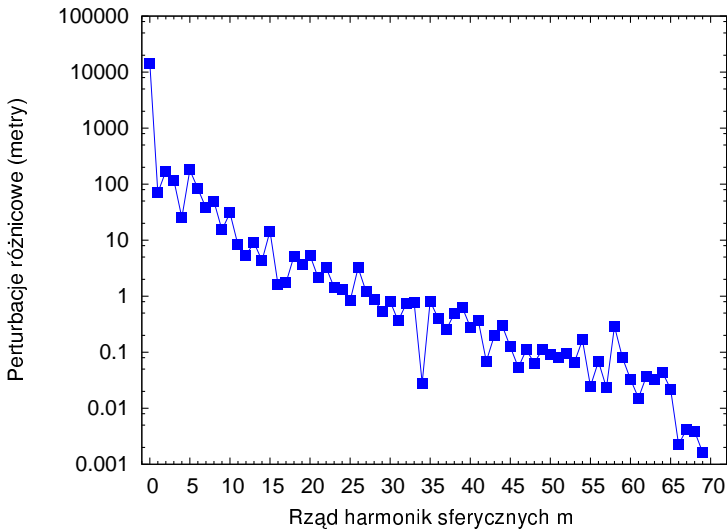
Aqua (02), Aura (04), Parosol (04),
Calipso (06), CloudSat (06), OCO (08)
 $h = 705\text{km}$, $I = 98^\circ$, $\Omega = 190^\circ$.



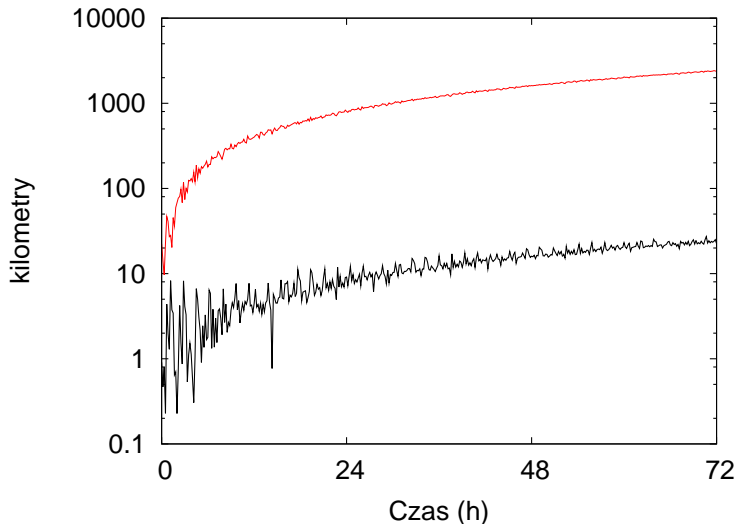
Początkowe elementy orbitalne

sat.	a (km)	e	$l(^{\circ})$	$\omega(^{\circ})$	$\Omega(^{\circ})$	M ($^{\circ}$)
1	7080.623	0.00012	98.200	87.0	190.00	273.0
2	7080.627	0.00015	98.203	87.5	190.04	273.5
$d\varepsilon$	0.004	0.00003	0.003	0.5	0.04	0.5

Początkowa wzajemna odległość 10 km.

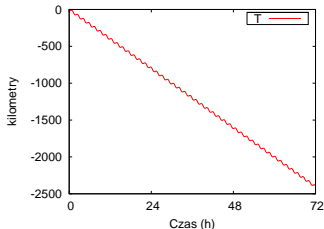
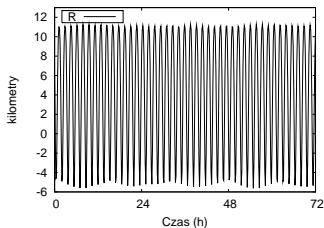


Perturbacje oraz perturbacje różnicowe . Geopotencjał (70×70).

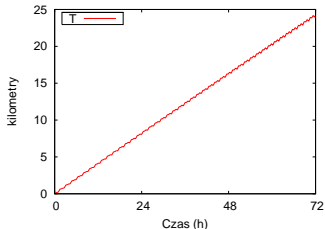
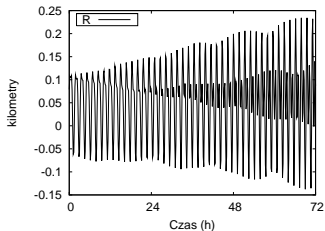


Perturbacje oraz perturbacje różnicowe w składowych RT.

Perturbacje

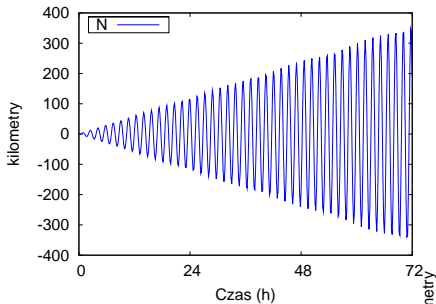


Perturbacje różnicowe

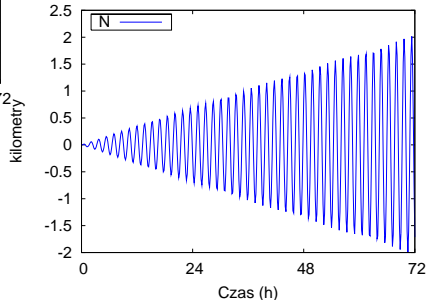


Perturbacje oraz perturbacje różnicowe w składowej N.

Perturbacje

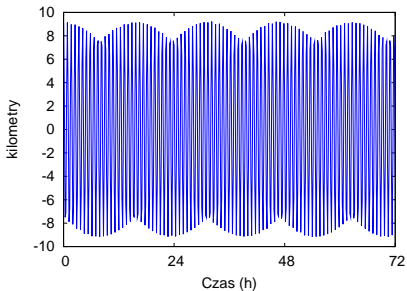


Perturbacje różnicowe

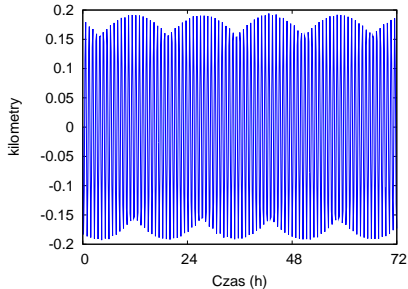


Perturbacje oraz perturbacje różnicowe w półosi wielkiej (a)

Perturbacje

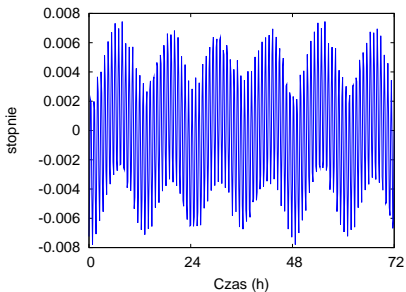


Perturbacje różnicowe

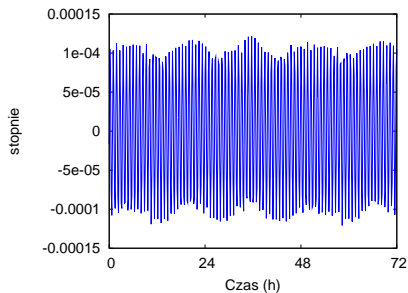


Perturbacje oraz perturbacje różnicowe w nachyleniu (I)

Perturbacje

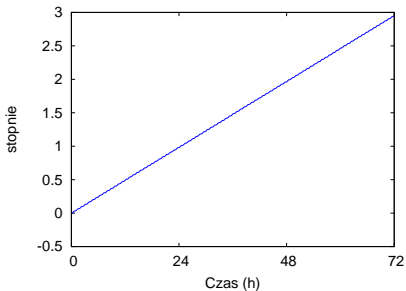


Perturbacje różnicowe

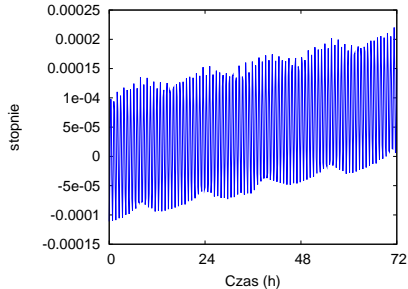


Perturbacje oraz perturbacje różnicowe w długości węzła wstępującego (Ω)

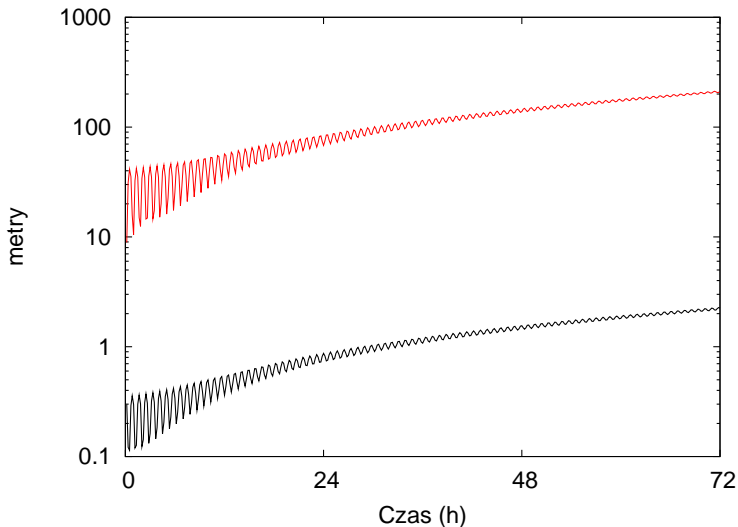
Perturbacje



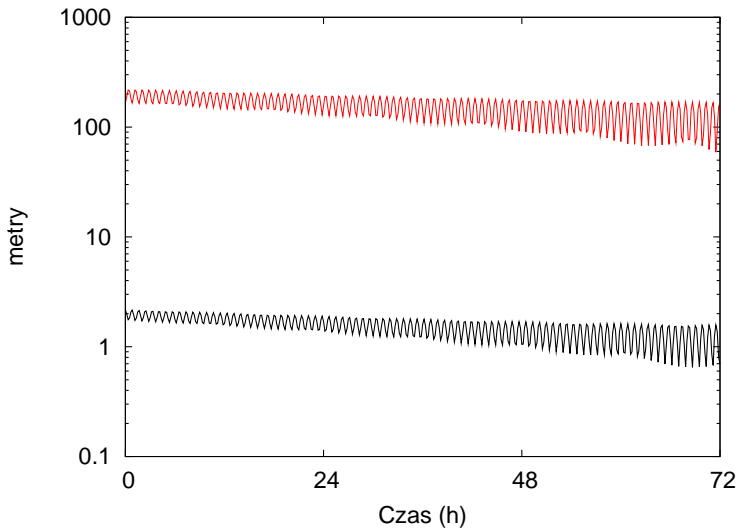
Perturbacje różnicowe



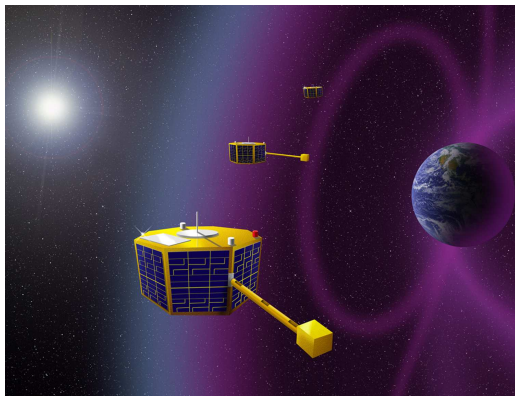
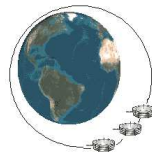
Perturbacje oraz perturbacje różnicowe . Grawitacyjny wpływ Księżyca.



Perturbacje oraz perturbacje różnicowe . Grawitacyjny wpływ Słońca.



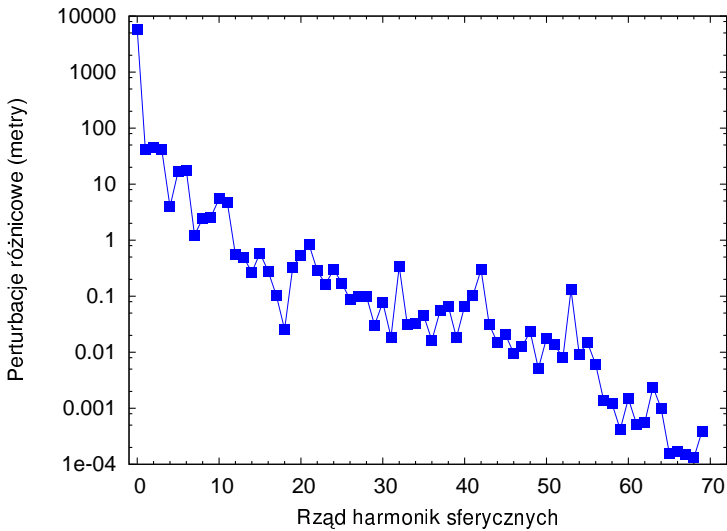
ST5 (Space Technology 5)
Mikrosatelity (25kg) testujące
nowe technologie.
 $h_q = 300\text{km}$, $h_Q = 4500\text{km}$



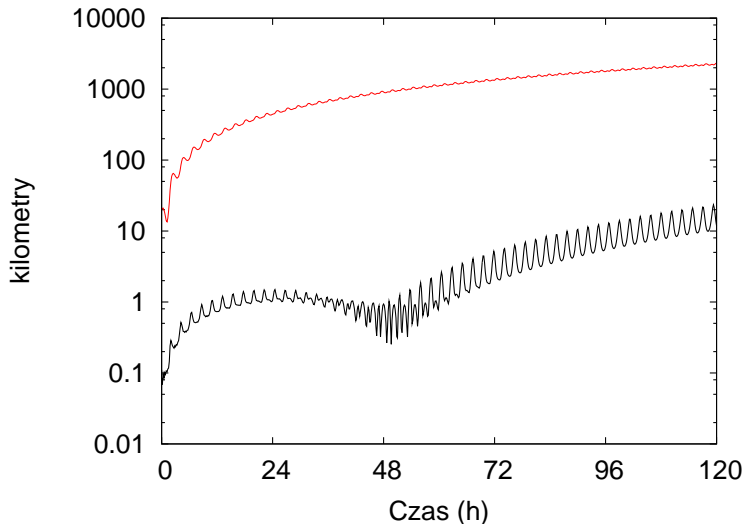
Początkowe elementy orbitalne

sat.	a (km)	e	$I(^{\circ})$	$\omega(^{\circ})$	$\Omega(^{\circ})$	M ($^{\circ}$)
1	8743.6	0.2380	105.65	255.2	244.30	76.4
2	8743.8	0.2381	105.66	255.3	244.35	76.6
$d\epsilon$	0.2	0.0001	0.01	0.1	0.05	0.2

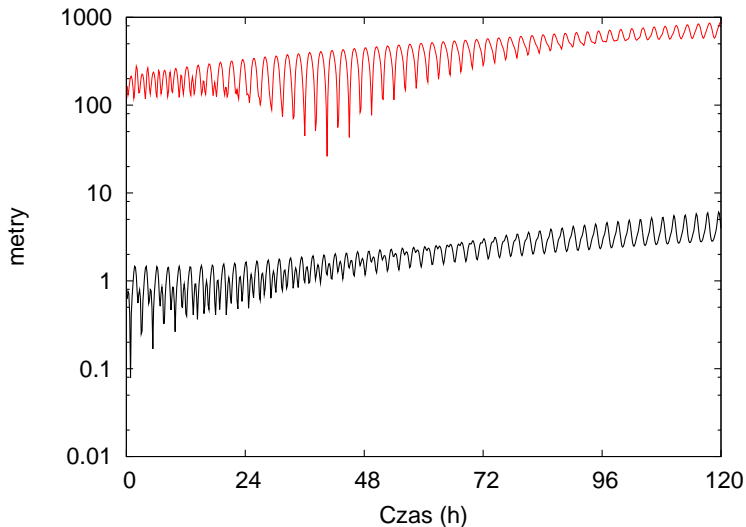
Początkowa wzajemna odległość 15 km.



Perturbacje oraz perturbacje różnicowe . Geopotencjał (60×60).

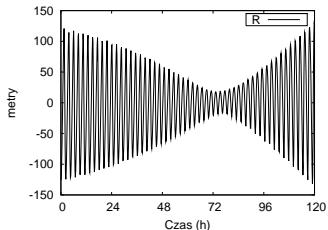


Perturbacje oraz perturbacje różnicowe . Grawitacyjny wpływ Księżyca.

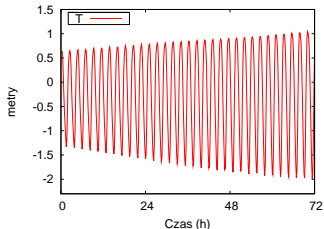
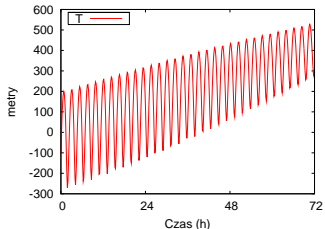
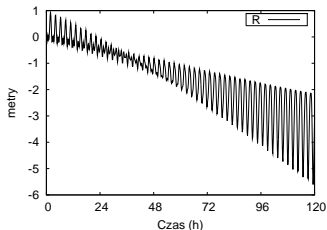


Perturbacje oraz perturbacje różnicowe w składowych RT. Wpływ Księżyca

Perturbacje

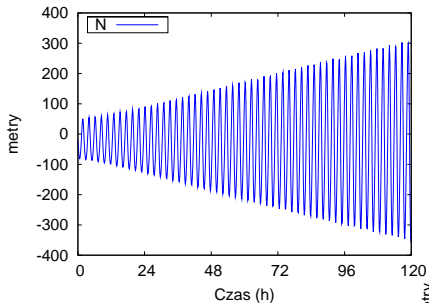


Perturbacje różnicowe

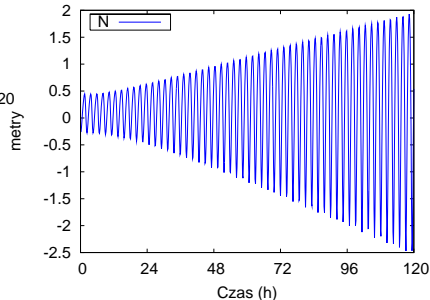


Perturbacje oraz perturbacje różnicowe w składowej N. Wpływ Księżyca

Perturbacje

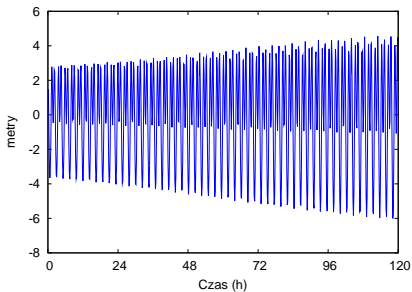


Perturbacje różnicowe

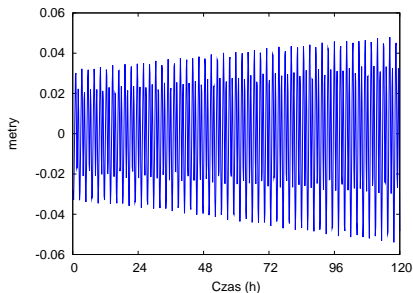


Perturbacje oraz perturbacje różnicowe w półosi wielkiej (a). Wpływ Księżyca

Perturbacje

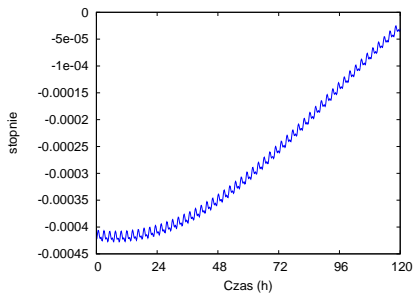


Perturbacje różnicowe

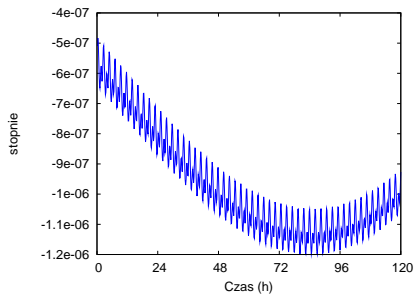


Perturbacje oraz perturbacje różnicowe w nachyleniu (I). Wpływ Księżyca

Perturbacje

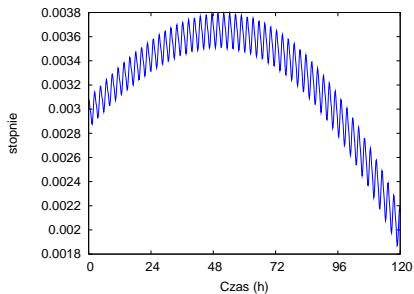


Perturbacje różnicowe

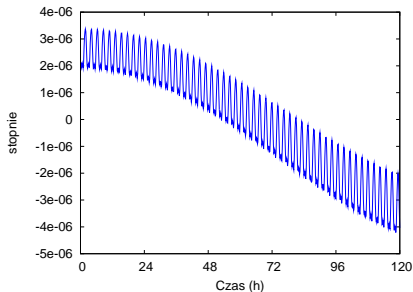


Perturbacje oraz perturbacje różnicowe w argumencie perigeum (ω). Wpływ Księżyca

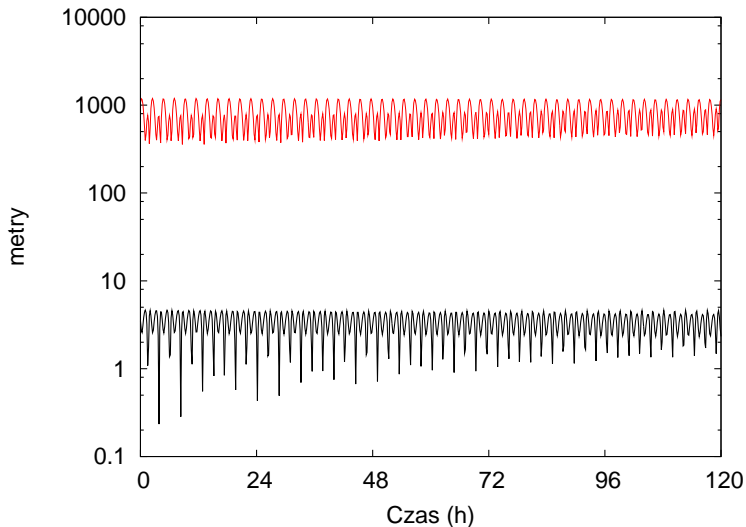
Perturbacje



Perturbacje różnicowe



Perturbacje oraz perturbacje różnicowe . Grawitacyjny wpływ Słońca.





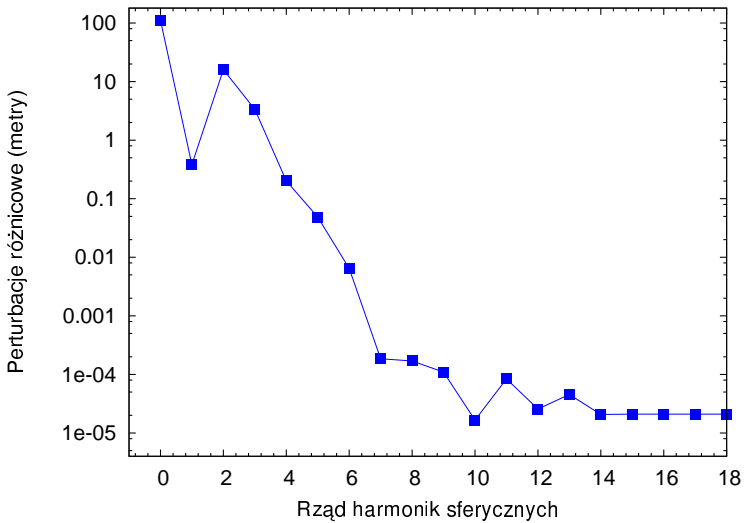
GOES

(Geostationary Operations
Environmental Satellite)

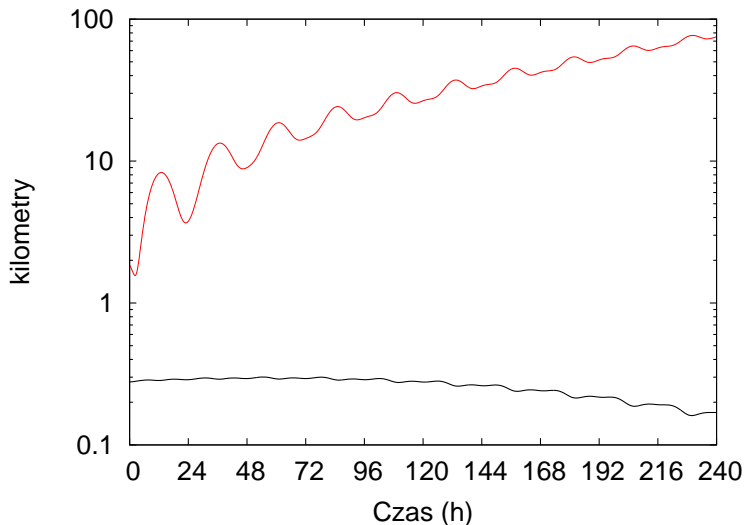
Początkowe elementy orbitalne

sat.	a (km)	e	$I(^{\circ})$	$\omega(^{\circ})$	$\Omega(^{\circ})$	M ($^{\circ}$)
1	42 410.3	0.0021	14.50	225.60	1.30	134.30
2	42 410.4	0.0022	14.52	225.61	1.35	134.33
$d\varepsilon$	0.1	0.0001	0.02	0.01	0.05	0.03

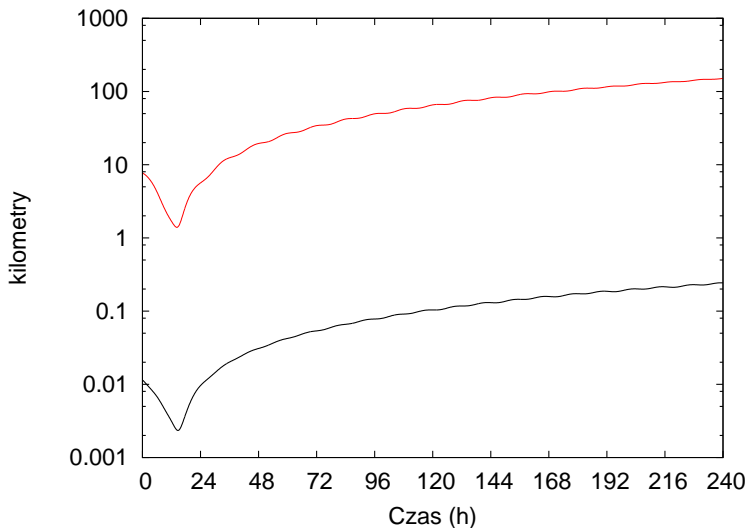
Początkowa wzajemna odległość 50 km.



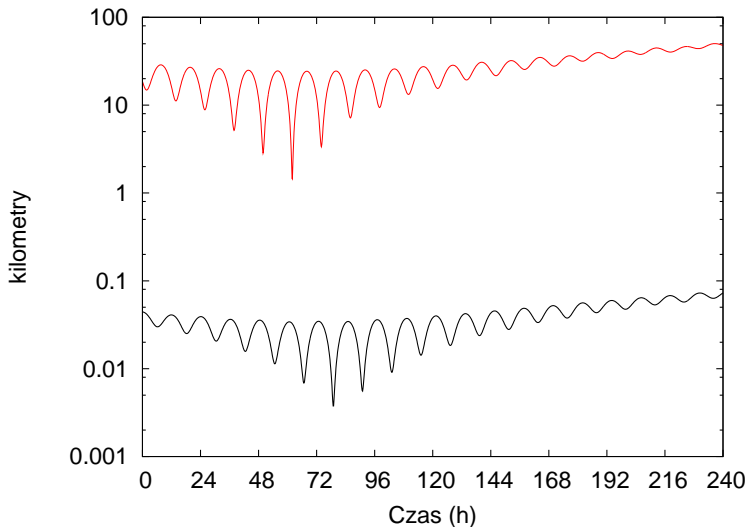
Perturbacje oraz perturbacje różnicowe . Wpływ pola grawitacyjnego Ziemi.



Perturbacje oraz perturbacje różnicowe . Grawitacyjny wpływ Księżyca.

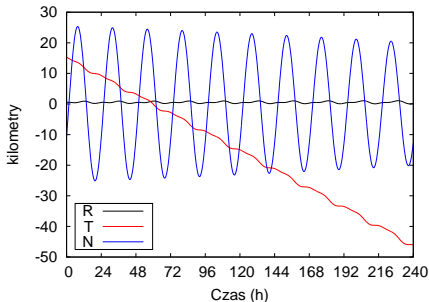


Perturbacje oraz perturbacje różnicowe . Grawitacyjny wpływ Słońca.

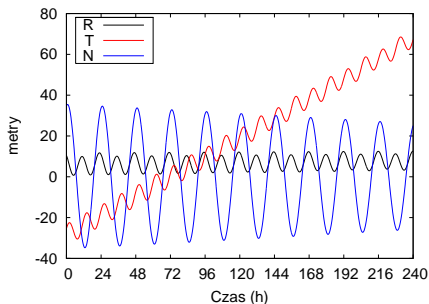


Perturbacje oraz perturbacje różnicowe w składowych RTN . Wpływ Słońca.

Perturbacje

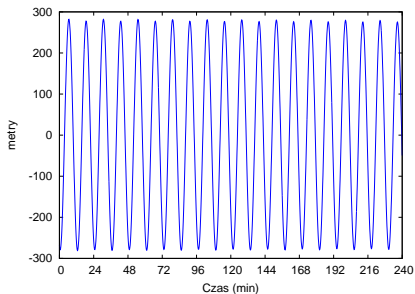


Perturbacje różnicowe

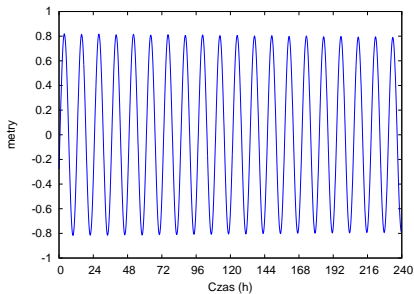


Perturbacje oraz perturbacje różnicowe w półosi wielkiej (a)

Perturbacje

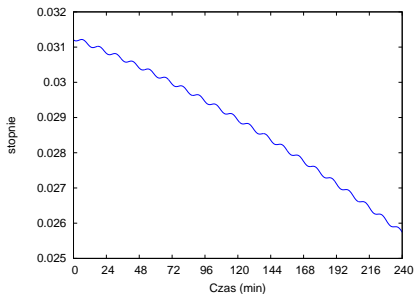


Perturbacje różnicowe

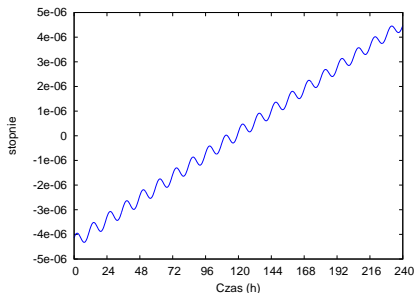


Perturbacje oraz perturbacje różnicowe w nachyleniu (I)

Perturbacje

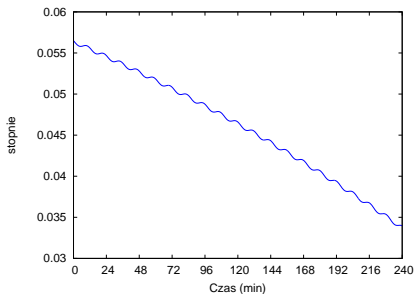


Perturbacje różnicowe

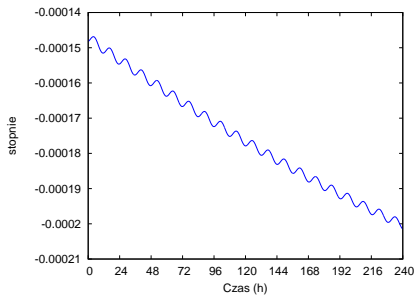


Perturbacje oraz perturbacje różnicowe w długości węzła wstępującego (Ω)

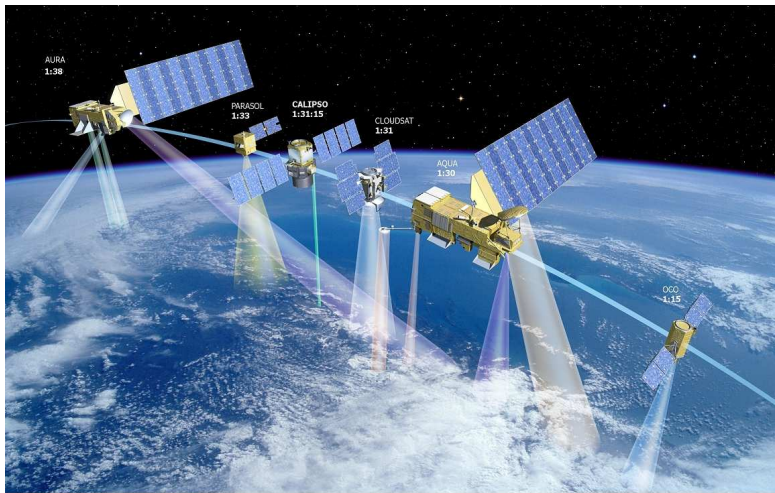
Perturbacje



Perturbacje różnicowe



Dziękuję za uwagę!



© CNES - Avril 2005 / Illustration P.CARRIL