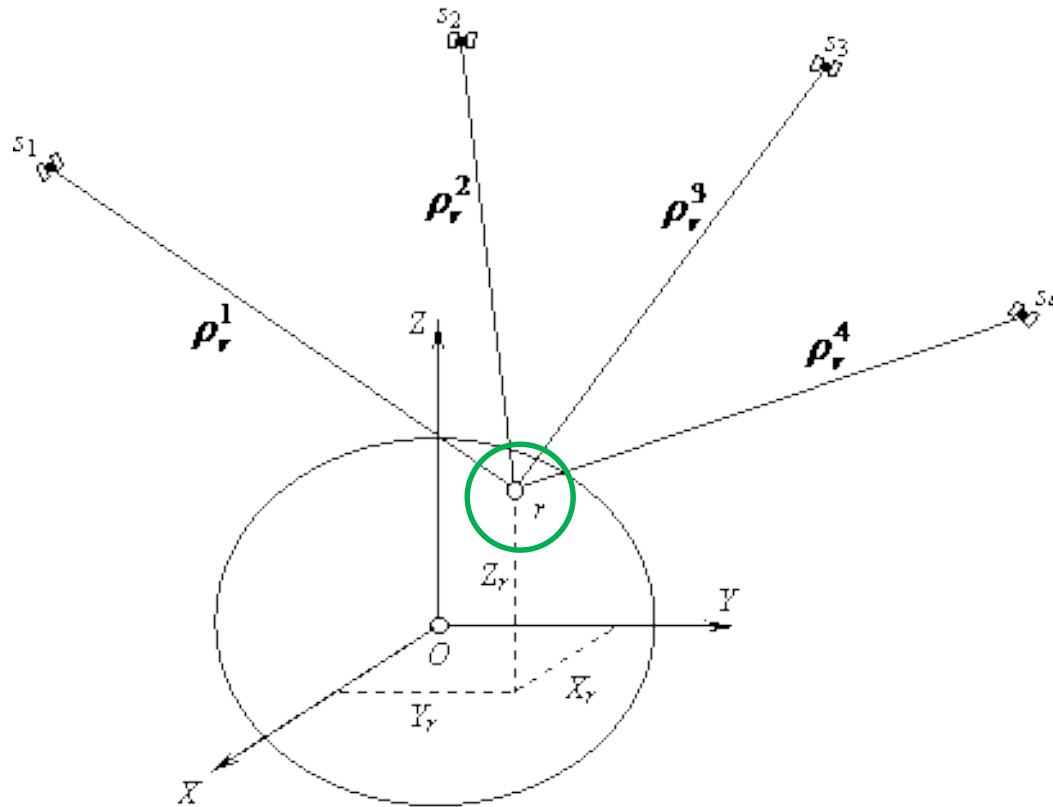
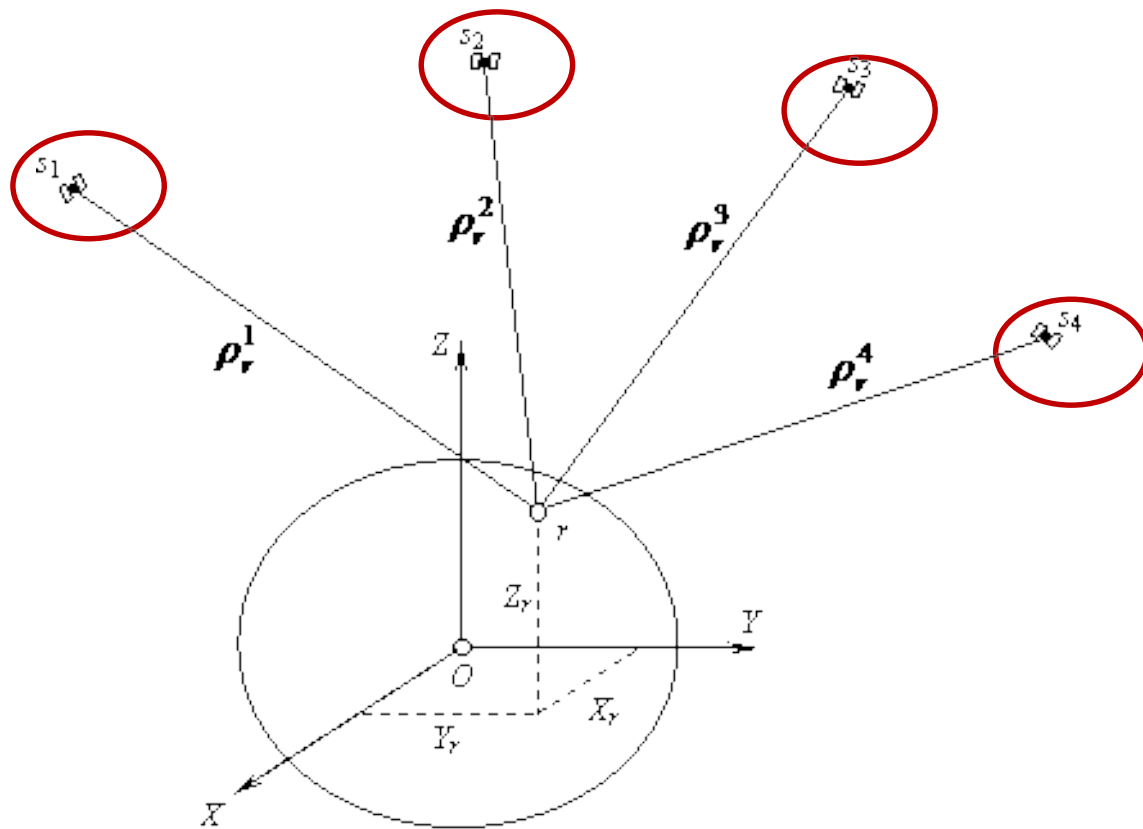


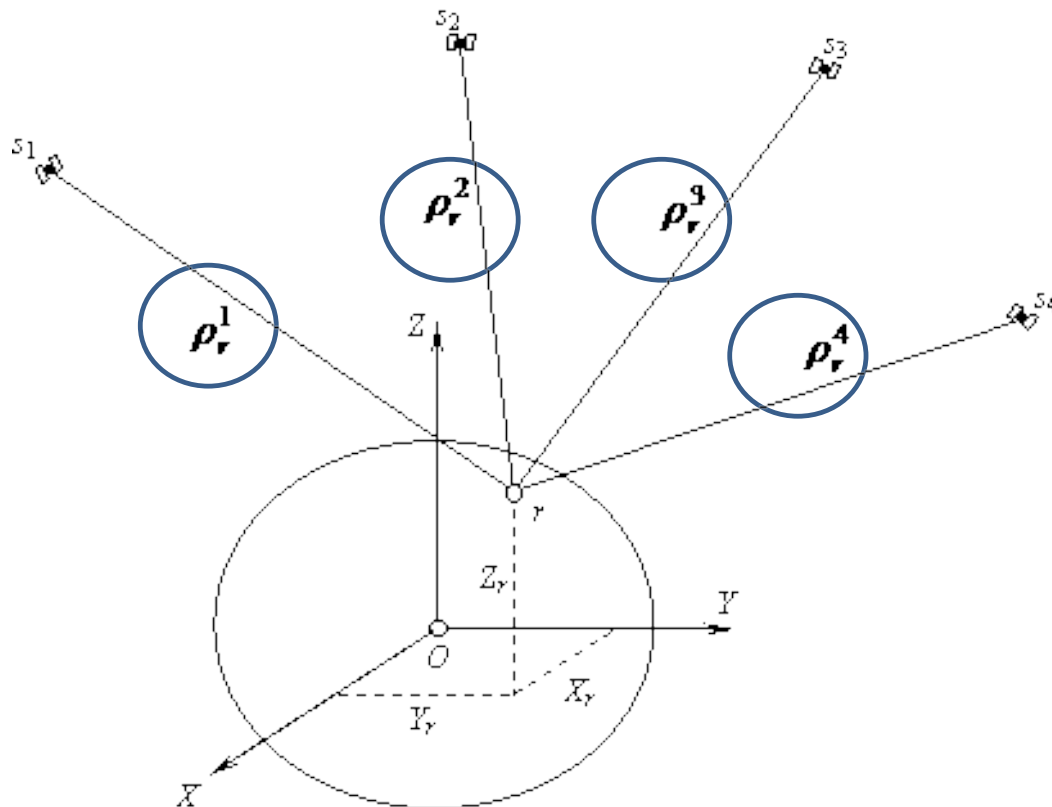
Wyznaczenie pozycji bezwzględnej (nawigacyjnej) na podstawie danych obserwacyjnych GPS



Wyznaczenie współrzędnych X_r, Y_r, Z_r odbiornika r opiera się na idei przestrzennego, liniowego wcięcia wstecz.



Współrzędne satelitów GPS X^s, Y^s, Z^s są obliczane na podstawie elementów orbity transmitowanych w depeczy satelitarnej.



Wyznaczenie geometrycznej odległości ρ_r^s między satelitą a odbiornikiem odbywa się na drodze pomiaru tzw. pseudoodległości.

Dane obserwacyjne w formacie RINEX dla satelitów GPS

2.10	OBSERVATION DATA	G (GPS)			RINEX VERSION / TYPE	
teqc	2002Mar14		20070616	02:36:09UTC	PGM / RUN BY / DATE	
KRAW					MARKER NAME	
12218M001					MARKER NUMBER	
ZGK	AGH KRAKOW				OBSERVER / AGENCY	
13832	Ashtech UZ-12	CJ10	0A16		REC # / TYPE / VERS	
14602	ASH701945C_M	SNOW			ANT # / TYPE	
	3856946.1010	1397750.6190	4867719.6740		APPROX POSITION XYZ	
	0.0000	0.0000	0.0000		ANTENNA: DELTA H/E/N	
	1	1			WAVELENGTH FACT L1/2	
	5	L1	L2	C1	P1	P2
					# / TYPES OF OBSERV	
07	6	15	0	0	0.0000000	0 10G16G 6G21G10G18G31G 7G24G 3G30
-20994578.318	8	-16307238.56347		21233096.349	21233096.7334	21233097.4064
-22036616.343	8	-17125715.94446		21394367.577	21394367.8614	21394369.4074
-18675833.053	8	-14540508.93947		20646469.232	20646468.8854	20646469.9234
-5724369.397	6	-4415443.22945		23756272.406	23756272.1124	23756275.7934
-4803766.989	5	-3702727.56544		24467815.182	24467815.8564	24467816.4404
-10642354.865	6	-8238714.82645		23709616.928	23709617.4924	23709619.9354
-23482073.948	8	-18244427.05847		20906058.893	20906058.4614	20906060.7494
-21191391.572	8	-16466979.42147		21210153.997	21210153.8864	21210156.4834
-663280.446	5	-473328.23944		25095425.602	25095425.6144	25095430.4134
-4416546.510	5	-3397153.92344		24709462.685	24709464.1964	24709466.8314

Odległość satelita-odbiornik ρ_r^s można wyrazić następującą zależnością:

$$\rho_r^s = (t_r - t^s) \cdot c$$

Gdzie

t^s i t_r - odpowiednio moment czasu wysłania
i odbioru sygnału,
 c - prędkość światła.

W nawigacji satelitarnej wielkością obserwowaną jest pseudoodległość P_r^s , która różni się od odległości geometrycznej ρ_r^s z powodu występowania błędów propagacji sygnału w atmosferze, oraz błędów chodu zegarów satelity i odbiornika.

$$P_r^s = \left[(t_r + dt_r) - (t^s + dt^s) \right] \cdot c + I_r^s + T_r^s$$

gdzie

dt^s, dt_r – poprawki zegara satelity i odbiornika,

I_r^s – poprawka jonosferyczna,

T_r^s – poprawka troposferyczna.

$$\rho_r^s = (t_r - t^s) \cdot c \quad (1)$$

$$P_r^s = \left[(t_r + dt_r) - (t^s + dt^s) \right] \cdot c + I_r^s + T_r^s \quad (2)$$

$$P_r^s = (t_r - t^s) \cdot c + (dt_r - dt^s) \cdot c + I_r^s + T_r^s \quad (3)$$

$$P_r^s = \rho_r^s + (dt_r - dt^s) \cdot c + I_r^s + T_r^s \quad (4)$$

$$P_r^s = \rho_r^s + (dt^s + dt_r) \cdot c + I_r^s + T_r^s$$

Poprawkę zegara satelity można obliczyć przy pomocy wielomianu, którego współczynniki są odbierane w depeszy satelitarnej. Poprawki refrakcyjne I_r^s i T_r^s oblicza się przy użyciu modeli refrakcji troposferycznej i jonosferycznej. Powyższe równanie można zatem zapisać w uproszczonej formie:

$$P_r^s = \rho_r^s + cdt_r + cdt^s$$

Jeśli wyrazi się odległość ρ_r^s w funkcji współrzędnych równanie przyjmie postać:

$$P_r^s = \sqrt{(X^s - X_r)^2 + (Y^s - Y_r)^2 + (Z^s - Z_r)^2} + cdt_r + cdt^s$$

$$P_r^s = \sqrt{(X^s - X_r)^2 + (Y^s - Y_r)^2 + (Z^s - Z_r)^2} + cdt_r + cdt^s$$

W powyższym równaniu mamy 4 niewiadome: 3 współrzędne odbiornika i poprawkę zegara odbiornika. Aby wyznaczyć pozycję odbiornika należy obserwować jednocześnie co najmniej 4 satelitów.

$$P_r^1 = \sqrt{(X^1 - X_r)^2 + (Y^1 - Y_r)^2 + (Z^1 - Z_r)^2} + cdt_r + cdt^1$$

$$P_r^2 = \sqrt{(X^2 - X_r)^2 + (Y^2 - Y_r)^2 + (Z^2 - Z_r)^2} + cdt_r + cdt^2$$

$$P_r^3 = \sqrt{(X^3 - X_r)^2 + (Y^3 - Y_r)^2 + (Z^3 - Z_r)^2} + cdt_r + cdt^3$$

$$P_r^4 = \sqrt{(X^4 - X_r)^2 + (Y^4 - Y_r)^2 + (Z^4 - Z_r)^2} + cdt_r + cdt^4$$

Aby utworzyć równania obserwacyjne pseudoodległości należy zlinearyzować funkcję odległości ρ_r^s :

$$\rho_r^s = \rho_{0r}^s + d\rho_r^s$$

Oznaczając współrzędne przybliżone odbiornika przez X_{0r} , Y_{0r} , Z_{0r} powyższe równanie przekształcimy do postaci:

$$\rho_r^s = \sqrt{(X^s - X_{0r})^2 + (Y^s - Y_{0r})^2 + (Z^s - Z_{0r})^2} + \frac{\partial \rho}{\partial X_r} dX_r + \frac{\partial \rho}{\partial Y_r} dY_r + \frac{\partial \rho}{\partial Z_r} dZ_r$$

$$P_r^s = \rho_r^s + cdt_r + cdt^s$$

$$P_r^s = \rho_{0r}^s + cdt_{0r} + cdt^s + \frac{\partial \rho}{\partial X_r} dX_r + \frac{\partial \rho}{\partial Y_r} dY_r + \frac{\partial \rho}{\partial Z_r} dZ_r + cdt_r$$

$$P_r^s - \rho_{0r}^s - cdt_{0r} - cdt^s = + \frac{\partial \rho}{\partial X_r} dX_r + \frac{\partial \rho}{\partial Y_r} dY_r + \frac{\partial \rho}{\partial Z_r} dZ_r + cdt_r$$

$$Ax = L$$

$$\rho_{0r}^1 = \sqrt{(X^1 - X_{0r})^2 + (Y^1 - Y_{0r})^2 + (Z^1 - Z_{0r})^2}$$

$$\rho_{0r}^2 = \sqrt{(X^2 - X_{0r})^2 + (Y^2 - Y_{0r})^2 + (Z^2 - Z_{0r})^2}$$

$$\rho_{0r}^3 = \sqrt{(X^3 - X_{0r})^2 + (Y^3 - Y_{0r})^2 + (Z^3 - Z_{0r})^2}$$

$$\rho_{0r}^4 = \sqrt{(X^4 - X_{0r})^2 + (Y^4 - Y_{0r})^2 + (Z^4 - Z_{0r})^2}$$

$$A = \begin{bmatrix} \frac{-(X^1(t) - X_{0r})}{\rho_{0r}^1(t)} & \frac{-(Y^1(t) - Y_{0r})}{\rho_{0r}^1(t)} & \frac{-(Z^1(t) - Z_{0r})}{\rho_{0r}^1(t)} & c \\ \frac{-(X^2(t) - X_{0r})}{\rho_{0r}^2(t)} & \frac{-(Y^2(t) - Y_{0r})}{\rho_{0r}^2(t)} & \frac{-(Z^2(t) - Z_{0r})}{\rho_{0r}^2(t)} & c \\ \frac{-(X^3(t) - X_{0r})}{\rho_{0r}^3(t)} & \frac{-(Y^3(t) - Y_{0r})}{\rho_{0r}^3(t)} & \frac{-(Z^3(t) - Z_{0r})}{\rho_{0r}^3(t)} & c \\ \frac{-(X^4(t) - X_{0r})}{\rho_{0r}^4(t)} & \frac{-(Y^4(t) - Y_{0r})}{\rho_{0r}^4(t)} & \frac{-(Z^4(t) - Z_{0r})}{\rho_{0r}^4(t)} & c \end{bmatrix} \quad L = \begin{bmatrix} P_r^1 - \rho_{0r}^1 - c(dt_{0r} + dt^1) \\ P_r^2 - \rho_{0r}^2 - c(dt_{0r} + dt^2) \\ P_r^3 - \rho_{0r}^3 - c(dt_{0r} + dt^3) \\ P_r^4 - \rho_{0r}^4 - c(dt_{0r} + dt^4) \end{bmatrix}$$

$$x = \left(A^T A \right)^{-1} A^T L$$

$$x = \begin{bmatrix} dX_r \\ dY_r \\ dZ_r \\ dt_r \end{bmatrix}$$

$$X_{0r}^{i+1} = X_{0r}^i + dX_r$$

$$Y_{0r}^{i+1} = Y_{0r}^i + dY_r$$

$$Z_{0r}^{i+1} = Z_{0r}^i + dZ_r$$

$$dt_{0r}^{i+1} = dt_{0r}^i + dt_r$$