

UKŁADY ODNIESIENIA

Ćwiczenie 2:

Układy odniesienia obowiązujące w Polsce. Transformacja pomiędzy ITRF a ETRF.

prof. dr hab. inż. Janusz Bogusz

Zakład Hydrometeorologii Wojskowej i Geomatyki

UKŁADY ODNIESIENIA

Systemy i układy obowiązujące w Polsce

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 15 października 2012 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych wprowadza pojęcie państwowego systemu odniesień przestrzennych, który tworzą:

- geodezyjne układy odniesienia oznaczone symbolami PL-ETRF2000 i PL-ETRF89, będące matematyczną i fizyczną realizacją europejskiego ziemskiego systemu odniesienia ETRS89;*
- układy wysokościowe oznaczone symbolami PL-KRON86-NH i PL-EVRF2007-NH, będące matematyczną i fizyczną realizacją europejskiego ziemskiego systemu wysokościowego EVRS;*

UKŁADY ODNIESIENIA

Systemy i układy obowiązujące w Polsce

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 15 października 2012 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych wprowadza pojęcie państwowego systemu odniesień przestrzennych, który tworzą:

- układy współrzędnych: geocentrycznych kartezjańskich oznaczone symbolem XYZ, geocentrycznych geodezyjnych oznaczone symbolem GRS80h oraz geodezyjnych oznaczone symbolem GRS80H;*
- układy współrzędnych płaskich prostokątnych oznaczone symbolami: PL-LAEA, PL-LCC, PL-UTM, PL-1992 i PL-2000.*

UKŁADY ODNIESIENIA

Systemy i układy obowiązujące w Polsce

Fizyczną realizację układu **PL-ETRF2000** stanowi sieć stacji europejskich EPN, przenoszenie na teren Polski i konserwacja układu odbywa się poprzez sieć ASG-EUPOS.

Przenoszenie na teren Polski i konserwacja układu **PL-ETRF89** odbywa się poprzez sieć punktów podstawowej osnowy geodezyjnej za pośrednictwem obserwacji satelitarnych GNSS.

Układ wysokościowy **PL-EVRF2007-NH** tworzą wysokości normalne odniesione do średniego poziomu morza Północnego mierzonego w Amsterdamie (od 1.01.2014).

Układ wysokościowy **PL-KRON86-NH** tworzą wysokości normalne odniesione do średniego poziomu morza Północnego mierzonego w Kronsztadzie (do 31.12.2019).

UKŁADY ODNIESIENIA

Transformacje

Zadanie transformacji współrzędnych pomiędzy dwoma układami geodezyjnymi, zwanymi zwykle układami pierwotnym i wtórnym, polega na obliczeniu współrzędnych w układzie wtórnym na podstawie znajomości współrzędnych w układzie pierwotnym oraz znanego modelu transformacji (prawa transformacji).

Model transformacji może być:

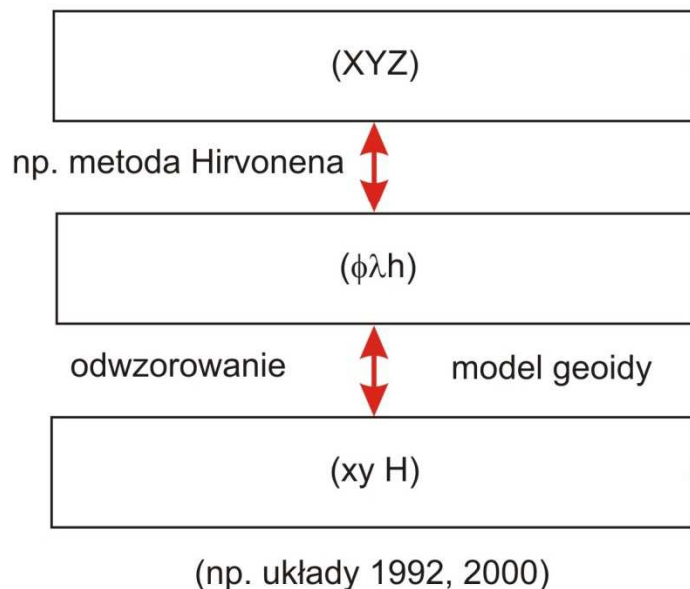
- zdefiniowany analitycznie;*
- wyznaczony empirycznie w oparciu o punkty łączne, których współrzędne znane są w obydwu układach.*

UKŁADY ODNIESIENIA

Transformacje

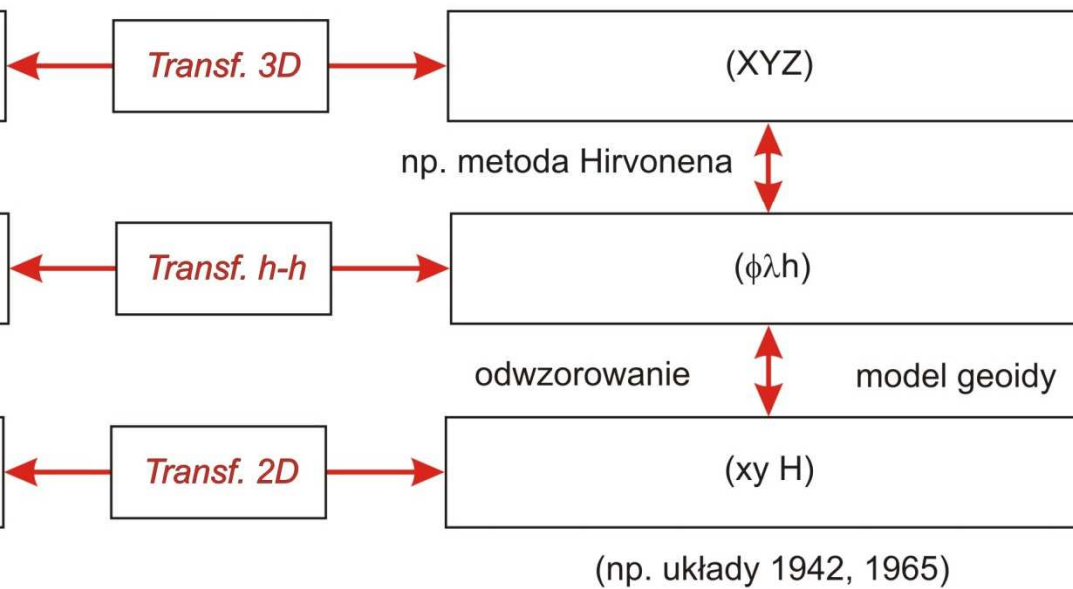
UKŁAD PIERWOTNY

(np. układ ETRF2000,
elipsoida GRS80/WGS84)



UKŁAD WTÓRNY

(np. układ Pułkowo'42,
elipsoida Krasowskiego)



Transf. 3D

Transf. h-h

Transf. 2D

UKŁADY ODNIESIENIA

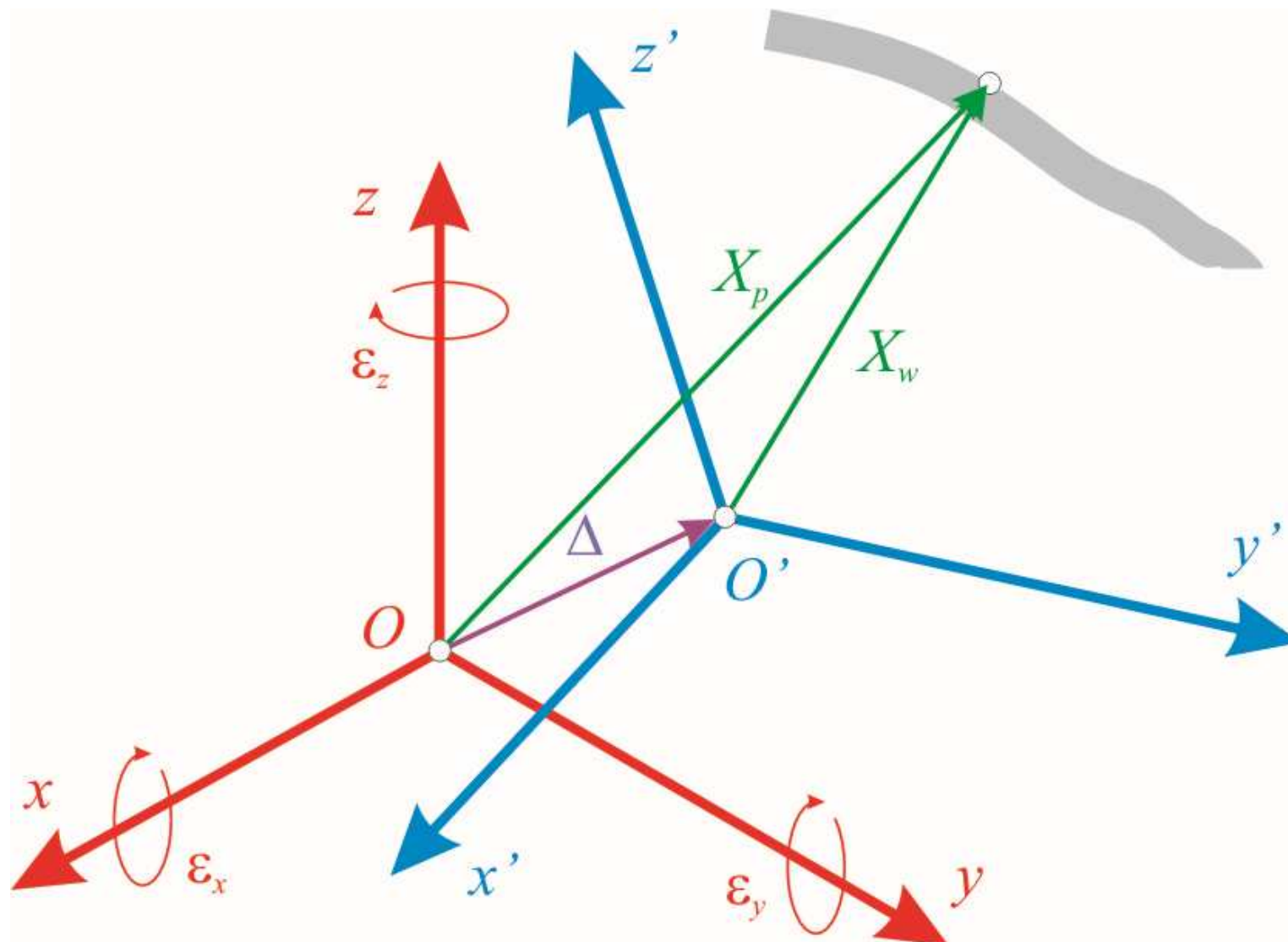
Transformacja 7-parametrowa

W geodezji do transformacji układów przestrzennych stosuje się transformację opartą o:

- *translację (względem trzech osi układu ortokartezjańskiego);*
- *rotację (trzy kąty Eulera);*
- *zmianę skali (tę samą we wszystkich trzech kierunkach).*

UKŁADY ODNIESIENIA

Transformacja 7-parametrowa



UKŁADY ODNIESIENIA

Ćwiczenie 2

Wykonać transformację współrzędnych wybranych stacji sieci permanentnej ASG-EUPOS z układu ITRF2014 na epokę obserwacji ($T=2020.M.N$) do układu ETRF2000(R14) na epokę obserwacji.



<http://www.asgeupos.pl/>

UKŁADY ODNIESIENIA

Transformacja ITRF → ETRF

Generalna formuła transformacji 7-parametrowej dwóch układów A i B:

$$\begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} T1_{A,B} \\ T2_{A,B} \\ T3_{A,B} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} D_{A,B} & -R3_{A,B} & R2_{A,B} \\ R3_{A,B} & D_{A,B} & -R1_{A,B} \\ -R2_{A,B} & R1_{A,B} & D_{A,B} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix}$$

T – parametry translacji;

R – parametry rotacji;

D – zmiana skali.

UKŁADY ODNIESIENIA

Transformacja ITRF → ETRF

"Memo: Specification for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS campaigns" – C. Boucher and Z. Altamimi.

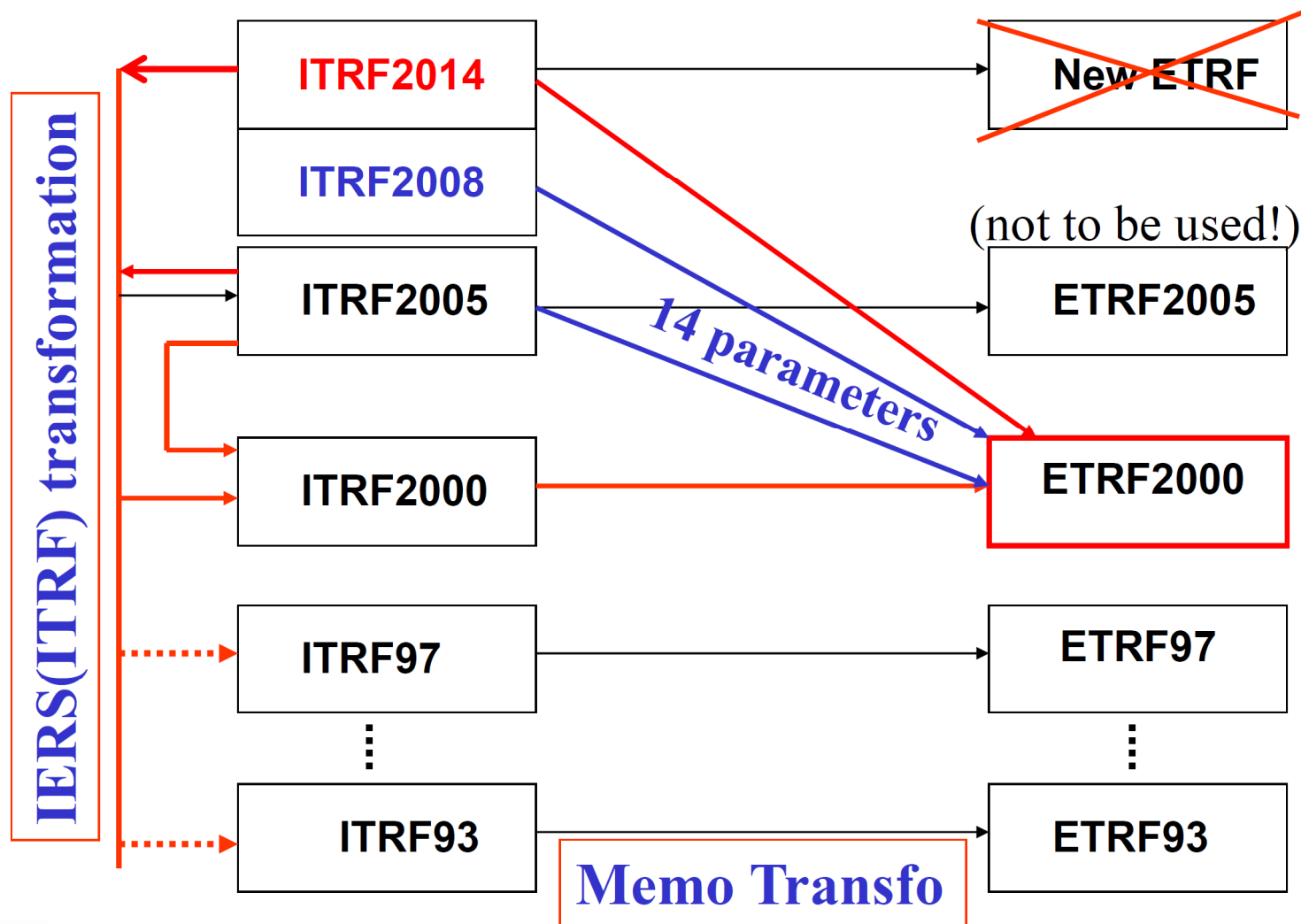
Pomiędzy odpowiadającymi sobie układami (np. ITRF2000 i ETRF2000) nie ma zmiany skali, ponieważ system ETRS89 jest tożsamy z systemem ITRS na epokę 1989.0.

Aczkolwiek pomiędzy różnymi realizacjami (np. ITRF2008 i ETRF2000) zmiana skali będzie występowała, ponieważ występuje zmiana skali pomiędzy układem ITRF2008, a układem ITRF2000, będącym układem, który odpowiada układowi ETRF2000.

UKŁADY ODNIESIENIA

Transformacja ITRF → ETRF

ITRF_{yy} to ETRF_{yy}



UKŁADY ODNIESIENIA

Transformacja ITRF → ETRF

Kolejne realizacje ETRF:

ETRF89

ETRF90

ETRF91

ETRF92

ETRF93

ETRF94

ETRF96

ETRF97

ETRF2000

~~*ETRF2005*~~

ETRF2000(R05)

ETRF2000(R08)

ETRF2000(R14)

ETRF2014(?) – rekomendacja TWG

UKŁADY ODNIESIENIA

Transformacja ITRF → ETRF

Table 5: Transformation parameters from ITRF_{yy} to ETRF2000 at epoch 2000.0 and their rates/year

ITRF Solution	T1 mm	T2 mm	T3 mm	D 10 ⁻⁹	R1 mas	R2 mas	R3 mas
ITRF2008	52.1	49.3	-58.5	1.34	0.891	5.390	-8.712
Rates	0.1	0.1	-1.8	0.08	0.081	0.490	-0.792
ITRF2005	54.1	50.2	-53.8	0.40	0.891	5.390	-8.712
Rates	-0.2	0.1	-1.8	0.08	0.081	0.490	-0.792
ITRF2000	54.0	51.0	-48.0	0.00	0.891	5.390	-8.712
Rates	0.0	0.0	0.0	0.00	0.081	0.490	-0.792
ITRF97	47.3	46.7	-25.3	-1.58	0.891	5.390	-8.772
Rates	0.0	0.6	1.4	-0.01	0.081	0.490	-0.812
ITRF96	47.3	46.7	-25.3	-1.58	0.891	5.390	-8.772
Rates	0.0	0.6	1.4	-0.01	0.081	0.490	-0.812
ITRF94	47.3	46.7	-25.3	-1.58	0.891	5.390	-8.772
Rates	0.0	0.6	1.4	-0.01	0.081	0.490	-0.812

Table 5: Transformation parameters from ITRF_{yy} to ETRF2000 at epoch 2000.0 and their rates/year

ITRF Solution	T1 mm	T2 mm	T3 mm	D 10 ⁻⁹	R1 mas	R2 mas	R3 mas
ITRF2014	53.7	51.2	-55.1	1.020	0.891	5.390	-8.712
Rates	0.1	0.1	-1.9	0.110	0.081	0.490	-0.792
ITRF2008	52.1	49.3	-58.5	1.34	0.891	5.390	-8.712
Rates	0.1	0.1	-1.8	0.08	0.081	0.490	-0.792
ITRF89	24.3	10.7	42.7	-5.97	0.891	5.390	-8.772
Rates	0.0	0.6	1.4	-0.01	0.081	0.490	-0.812

UKŁADY ODNIESIENIA

Transformacja ITRF \rightarrow ETRF

Zmiany parametrów w czasie:

$$P_{A,B}(t) = P_{A,B}(t_0) + \dot{P}_{A,B}(t - t_0)$$

$P_{A,B}$ – wartość parametru;

$\dot{P}_{A,B}$ – pochodna względem czasu;

t_0 – epoka referencyjna.

UKŁADY ODNIESIENIA

Transformacja ITRF → ETRF

Parametry transformacji pomiędzy ITRF2014 a ETRF2000(R14) na epokę 2000.0 („Memo...”, Boucher and Altamimi):

T1 [mm]	T2 [mm]	T3 [mm]	D [$\times 10^{-9}$]	R1 [mas]	R2 [mas]	R3 [mas]	t_0
53.7	51.2	-55.1	1.020	0.891	5.390	-8.712	2000.0
T1' [mm/y]	T2' [mm/y]	T3' [mm/y]	D' [$\times 10^{-9}$]	R1' [mas/y]	R2' [mas/y]	R3' [mas/y]	
0.1	0.1	-1.9	0.110	0.081	0.490	-0.792	

UKŁADY ODNIESIENIA

Transformacja ITRF → ETRF

Określenie wartości parametrów transformacji na epokę obserwacji ($t_0 \rightarrow t$):

$$T1(t) = T1 + T\dot{1} \cdot (t - t_0)$$

$$T2(t) = T2 + T\dot{2} \cdot (t - t_0)$$

$$T3(t) = T3 + T\dot{3} \cdot (t - t_0)$$

$$D(t) = D + \dot{D} \cdot (t - t_0)$$

$$R1(t) = R1 + R\dot{1} \cdot (t - t_0)$$

$$R2(t) = R2 + R\dot{2} \cdot (t - t_0)$$

$$R3(t) = R3 + R\dot{3} \cdot (t - t_0)$$

UKŁADY ODNIESIENIA

Transformacja ITRF → ETRF

Wyliczenie ułamka roku t :

$$t = 2020 + \frac{\text{liczba dni } (T-1.01.2020)}{365.25}$$

Przykład:

Data	Ułamek roku
<i>2020-01-01</i>	<i>2020.000000</i>
<i>2021-01-01</i>	<i>2021.002053</i>
<i>2022-01-01</i>	<i>2022.001369</i>
<i>2023-01-01</i>	<i>2023.000684</i>
<i>2024-01-01</i>	<i>2024.000000</i>

UKŁADY ODNIESIENIA

Transformacja ITRF \rightarrow ETRF

Określenie współrzędnych w układzie ETRF2000(R14) na epokę obserwacji:

$$\begin{bmatrix} X_{2000}^{ETRF}(t) \\ Y_{2000}^{ETRF}(t) \\ Z_{2000}^{ETRF}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{2014}^{ITRF}(t) \\ Y_{2014}^{ITRF}(t) \\ Z_{2014}^{ITRF}(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} T1(t) \\ T2(t) \\ T3(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} D(t) & -R3(t) & R2(t) \\ R3(t) & D(t) & -R1(t) \\ -R2(t) & R1(t) & D(t) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_{2014}^{ITRF}(t) \\ Y_{2014}^{ITRF}(t) \\ Z_{2014}^{ITRF}(t) \end{bmatrix}$$