

INFORMAČNÍ MODELOVÁNÍ A ROZPORY PŘESNOSTÍ V SILNIČNÍCH STAVBÁCH

BUILDING INFORMATION MODELING AND PRECISION ANALYSIS

Jiří Buneš¹

Abstrakt

Přednáška pojednává o specifických potřebách ke sběru dat (zaměřování podkladů pro projekt) a vytyčování (pomocí klasických metod či užívání dálkového řízení strojů) s ohledem na přesnosti vzniku informačních modelů definovaných v DS SFDI, nyní slučovaném v jednotný DSS. Je předvedeno na vybraných elementech/datových šablonách jaké jsou nároky na přesnost dat při jejich sběru, vzniku při projekčních činnostech a následné realizaci v terénu a jaké nároky na měřické postupy informační modelování představuje.

Abstract

This presentation is focused on specific needs of surveying topics (related to topographic measuring) and stake-out (by using of terrestrial methods or using for remote controlled machines) by precision specifics of creation building information models defined in DS SFDI, now unified in DSS. It is shown on chosen elements/data templates which needs are given on precision during measuring process, design process and construction process as well which needs of measuring process are required by information modelling.

1 Úvod

Technologie informačního modelování je v současné době ústředním tématem rozvoje stavebnictví. Tato metoda umožňuje co nejefektivněji využívat data o stavbě v průběhu jejího návrhu, výstavby a provozu a to pomocí centralizace a databázového zpracování dat. Jako každá pracovní metoda má své specifické potřeby jež definují pracovní postupy a nároky na ně kladené. V případě oboru Geodézie a Kartografie jsou pracovní postupy ovlivňovány zejména požadavky na přesnosti sběru dat a jejich opětovaného

¹ Buneš Jiří, Ing., PRAGOPROJEKT, a.s., K Ryšance 1668/16, 147 54 Praha 4, e-mail: jiri.bunes@pragoprojekt.cz

vyznačení v terénu při realizaci projektu. S ohledem na specifické podmínky České republiky a rychlosti úprav národní legislativy v měřítku technologického rozvoje dochází k nesouladu mezi možnostmi technologií a změnami pracovních postupů jež jsou nuceny přizpůsobení se k tvorbě papírových výstupů. Tento příspěvek se zaměřuje na požadavky optimálně nastavených a plně digitálních pracovních postupů.

2 Výchozí podmínky v podobě DS SFDI

2.1 Zdroj požadavků na přesnost

V případě informačního modelování je jaké výchozí požadavek na přesnost sběru dat a jako podklad pro následné vytyčování při realizaci považován DS SFDI jež má jako svou součást textovou část definující skupiny přesností a grafickou podrobnost. Vše je strukturováno s ohledem na normu ČSN EN 17412-1 Informační modelování staveb - Úroveň informačních potřeb - Část 1: Pojmy a principy. Díky těmto principům je v rámci DS SFDI nesena informace o grafické a informační podrobnosti informačního modelu. Na základě výše uvedené jsou specifikovány přesnosti jak mají být informační modely vytvářeny.

2.2 Požadavky na přesnost informačního modelu

Požadavky na přesnost/grafickou podrobnost modelu DS SFDI rozdělují do několika tříd kde pro potřeby geodetických a kartografických činností jsou nejdůležitější třídy nazvané

P0 – reprezentace přesně odpovídá analytickému řešení - jež je používána zejména pro elementy/datové šablony s názvy osa, niveleta.

100 Objektů pozem. komunikací										Šablona vlastností složení z následujících skupin vlastností					Reprezentace		Barva				Přesnost			
Skupina elementů / objektů	DUR	DSP	PDPS	RDS	Stavební komplex <C>	Stavební entity <E>	Výbudovalní prvky 	Stavební prvky - Funkční systém <F>	Stavební prvky - Technický systém <T>	Stavební prvky - Komponenty <K>	Typ elementu / objektu	1	2	3	4	5	Označení šablony	Index	Zobrazení	DUR	DSP	PDPS	RDS	
trasa	x	x	x	x		-E:CAE					osa	1	2	1			1:2H1#1	Osa	1	PO	PO	PO	PO	
	x	x	x	x		-E:CAE					niveleta	2	1				1:2H1#1	Niveleta	1	PO	PO	PO	PO	

P1 – P1000 skutečný tvar je nahrazen (např. polygonem), maximální hodnota vzepětí modelovaného tvaru nad náhradním polygonem je do 1 - 1000 mm. Číslo, uvedené za znakem „P“, uvádí maximální vzepětí v milimetrech. - jež je užívána při grafické prezentaci navrhované liniové stavby, s ohledem na uvedenou přesnost vyplývá i přesnost podkladů z návrhového procesu pro realizaci stavby.

100 Objektů pozem. komunikací										Šablona vlastností složení z následujících skupin vlastností					Reprezentace		Barva				Přesnost			
Skupina elementů / objektů	DUR	DSP	PDPS	RDS	Stavební komplex <C>	Stavební entity <E>	Výbudovalní prvky 	Stavební prvky - Funkční systém <F>	Stavební prvky - Technický systém <T>	Stavební prvky - Komponenty <K>	Typ elementu / objektu	1	2	3	4	5	Označení šablony	Index	Zobrazení	DUR	DSP	PDPS	RDS	
trasa	x	x	x	x		-E:CAE					osa	1	2	1			1:2H1#1	Osa	1	PO	PO	PO	PO	
	x	x	x	x		-E:CAE					niveleta	2	1				1:2H1#1	Niveleta	1	PO	PO	PO	PO	
	x	x	x	x		-E:CAE					trasa	4	1				1:4H1#1	30Plynline	5	P50	P1	P1	P1	
	x	x	x	x		-E:CAE	-B:KAA				průhlední a průhlední prostor	3	1	1			1:4H1#1#1	30Tlavo	1	P50	P2	P2	P2	

V případě liniových staveb jsou skupiny přesností závislé zejména na průběhu návrhových tras, tzn. poloměru oblouků a z nich plynoucích vzepětí Tab. č. 1.

2.3 Geodetické činnosti

Zde je nutno zmínit citaci z předpisu DS SFDI

„BIM je organizovaný přístup ke sběru a využití informací napříč projektem. Jednou z hlavních částí BIM je digitální model obsahující geometrická a popisná (negeometrická) data. Ve finální fázi obsahuje model mimo jiné stavební objekty v rozsahu zpracování tradiční projektové dokumentace. Stavební objekty mají stanovené mezní stavební odchylky dle norem a technických předpisů. Tyto mezní stavební odchylky definují požadavek na přesnost a detail měřených bodů na hranách (spojnicích), ve výškách, na plochách, pro požadované umístění (navázání) modelu stavby na současný stav území na model reality. Tento předpis stanovuje minimální požadavky. V případě, že jsou dle zadávacích podmínek projektu uvedeny požadavky vyšší, platí zadávací podmínky projektu.“

Výše uvedené nám definuje vstupní přesnosti z informačního modelu a zároveň odkazuje na další technické normy specifikující přesnosti při výstavbě a zároveň zohledňuje projektově specifické potřeby. Tímto vznikají náročné požadavky na přesnosti jež jsou definovány přesnostmi modelu a řádově překračují požadavky kladené na přesnosti základní měřické sítě

2.4 Geodetické podklady

Zde je nutno zmínit citaci z předpisu DS SFDI

„Jednotlivé objekty a elementy v příslušném tvaru (3DTělesa, 3DPovrchy, 3DLinie, Body) informačního modelu staveb tvoří geodetické podklady stavby.“

„Geodetické podklady informačního modelu se přímo využívají pro kontrolu dodržení geometrických parametrů staveb, pro vytyčovací práce a pro stanovení množství provedených prací. Všechny tyto práce se provádějí klasickými geodetickými metodami nebo moderními měřicími a navigačními metodami za podmínek, že svými parametry a přesností vyhovují předepsaným hodnotám a požadavkům na přesnost.“

3 Odvození přesností

Díky známé skutečnosti jak funguje zákon hromadění středních chyb je potřeba připomenou soupis všech parametrů přesnosti jak je směrnice DS SFDI pro potřeby informačního modelování chápe

Požadavky na přesnost měření základní měřické sítě jsou:

$$\sigma_{xy} = 0,015\text{m}, \sigma_h = 0,005\text{m}$$

Požadavky na přesnost podrobného měření polohopisu a výškopisu pro nezpevněný povrch

$$\sigma_{xy} = 0,05\text{m}, \sigma_h = 0,05\text{m}$$

Požadavky na přesnost podrobného měření polohopisu a výškopisu pro zpevněný povrch

$$\sigma_{xy} = 0,03\text{m}, \sigma_h = 0,03\text{m}$$

Požadavky na přesnost podrobného měření polohopisu a výškopisu pro vybrané elementy TI

$$\sigma_{xy} = 0,01\text{m}, \sigma_h = 0,01\text{m}$$

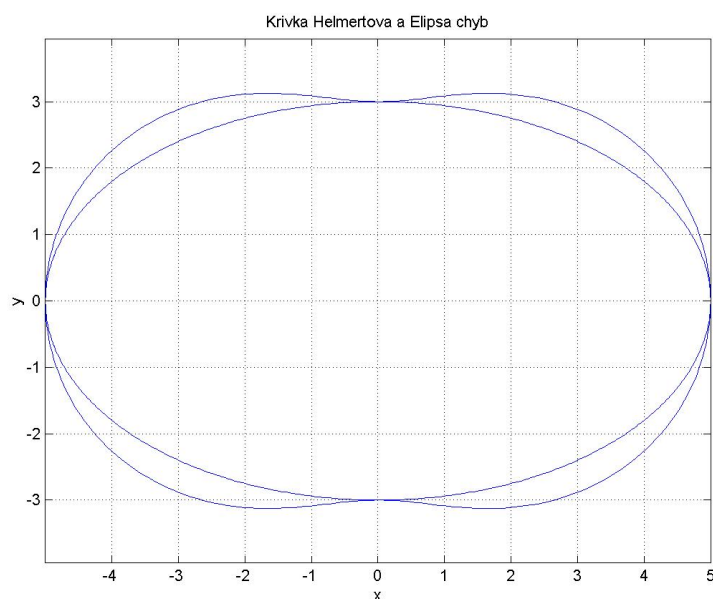
S ohledem na výše uvedené je nutno poznamenat, že podrobnost sběru dat je stále definována odkazem na mapové měřítko v rozsazích 1:100 - 1:1000 dle stupně dokumentace.

Zde je vidět výrazný nesoulad s návrhovými přesnostmi informačního modelu jež díky požadavkům na grafickou přesnost elementů vozovky v měřítku 1:1 - je to digitální dvojče navrhované stavby. Se zohledněním ke sběru dat a jejich vytyčování dochází k navrhování liniové komunikace v podkladech řádově horší přesnosti.

Pro ukázkou jak funguje zákon hromadění středních chyb a jaké je jeho rozprostření v prostoru můžeme užít Helmertovy plochy jež je zjednodušována do podoby elipsoidu chyb.

3.1 Helmertova křivka jako důkaz středních chyb v souřadnicích 2D

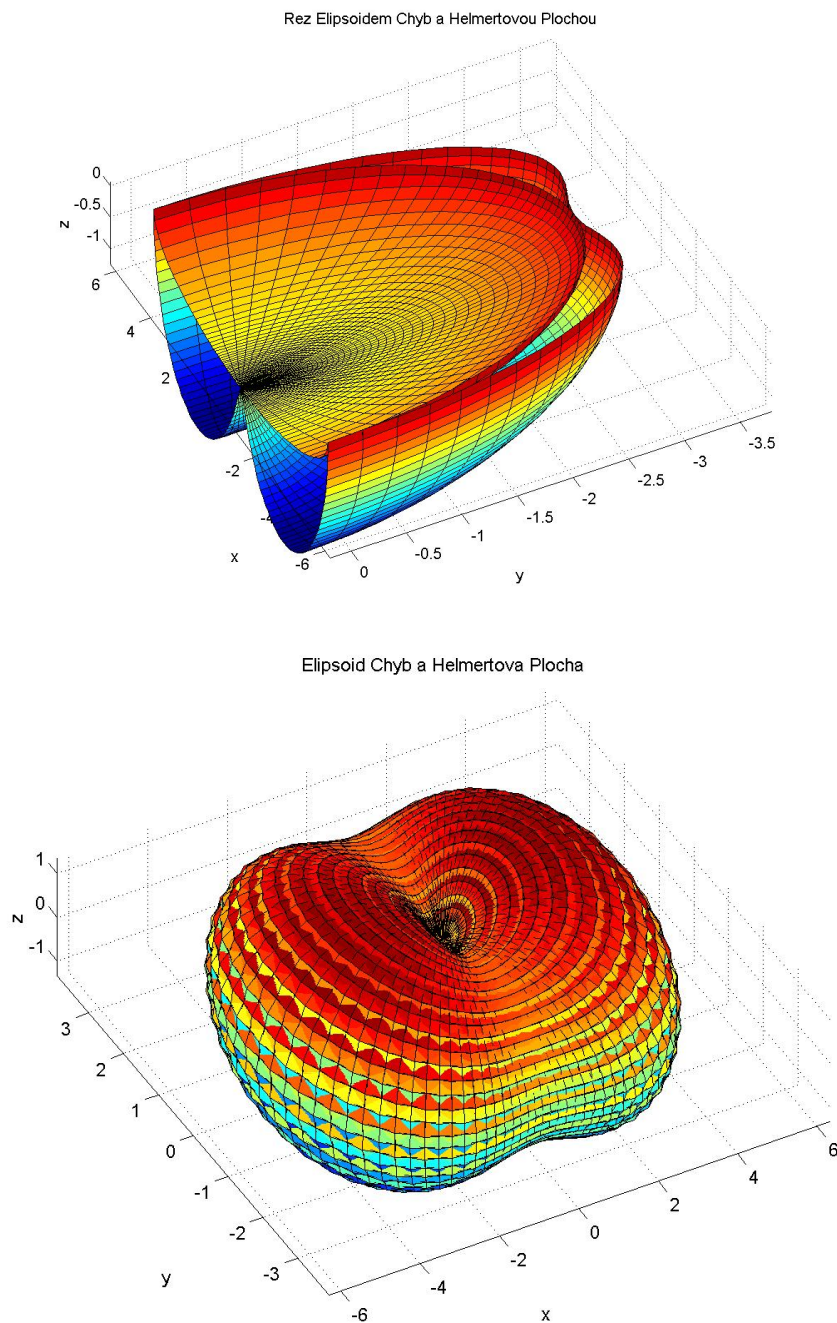
Významem Helmertovy křivky (Obr. 2), jako nositele informace v rovině, je v tom, že vyjadřuje velikost středních chyb v libovolném směru na rozdíl od elipsy chyb jež tuto informaci zestručňuje a vyjadřuje ji pouze ve směru svých poloos



Obr. 2

3.2 Helmertova plocha jako důkaz středních chyb v souřadnicích 3D

Významem Helmertovy plochy v 3D (Obr. 3) je zobrazení střední chyby v libovolném směru a tím lepší názornost informace jež nám ovlivňuje dosažené přesnosti v měření kdežto elipsoid chyb nám zobrazuje střední chybu pouze ve svých osách



Obr. 3

3.3 Ukázka na příkladu vyrovnání vázané sítě

Pro ukázkou je užito vyrovnání jednoduché vázané sítě jako příkladu budování měřické sítě stavby připojené do stávajícího bodového pole vyššího řádu.

Kovarianční matice dotčeného vyrovnání sítě za předpokladu měřených délek

$$M_x \begin{pmatrix} 443,67 & 0,66 & 19,17 & -63,71 & 24,24 & 69,25 \\ 0,66 & 277,66 & -39,79 & 132,24 & 44,82 & 128,02 \\ 19,17 & -39,79 & 611,65 & 55,50 & -5,37 & -15,35 \\ -63,71 & 132,24 & 55,50 & 447,91 & 17,86 & 51,02 \\ 24,24 & 44,82 & -5,37 & 17,86 & 620,98 & -60,49 \\ 69,25 & 128,02 & -15,35 & 51,02 & -60,49 & 445,82 \end{pmatrix}$$

..

Parametry poloos elips středních chyb vč., jejich stočení

bod 407 bod 422 bod 424

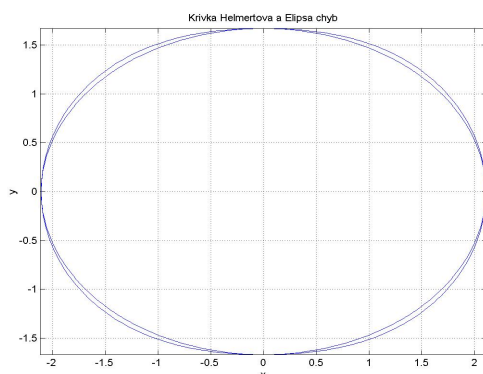
a = 21,1mm a = 25,1mm a = 25,3mm

b = 16,7mm b = 20,8mm b = 20,7mm

$\Omega = 0,25^g$ $\Omega = 18,96^g$ $\Omega = 180,76^g$

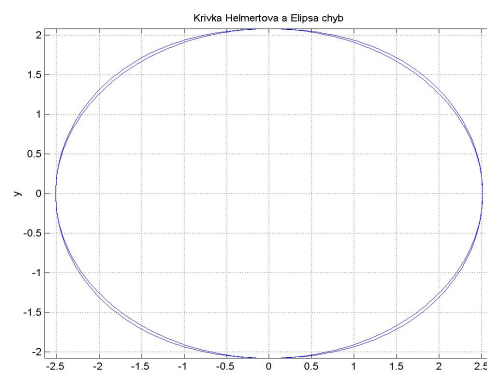
Výsledné tvary a rozdíly mezi elipsami středních chyb a Helmertovou křivkou

Bod č. 407



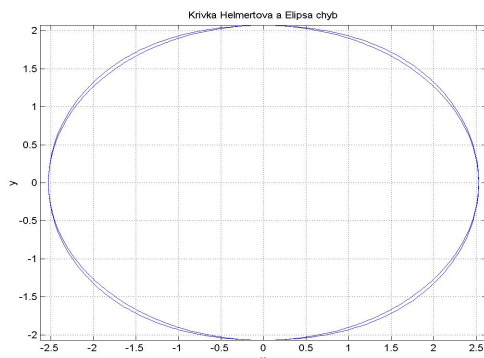
Obr. 4

Bod č. 422



Obr. 5

Bod č. 424



3.4 Shrnutí užití

S ohledem na nesourodé požadavky na přesnosti sběru dat, návrhu a realizace v terénu definované středními souřadnicovými chybami jež se v části sběru dat - podkladů pod projekt pohybují v řádu centimetrů, v části návrhu v řádu milimetrů a v části realizace jsou definovány celou řadou dalších technických norem a podrobnosti měření založené na praktikách analogové kartografie. Je potřeba zaujmout účelný přístup k novým pracovním postupům. Díky příkladu z oblasti zákona hromadění středních chyb je vidět, že přechod z řádu cm do řádu mm přináší celou řadu specifik jako nutnost rozborů přesností před i po měření u každého použití metod klasické geodézie spolu s omezením na statická měření za použití metod GNSS dodržení absolutní přesnosti v rámci S-JTSK. Spolu s těmito problémy je samozřejmé, že mezi pořizovateli dat a tvůrci návrhu dochází k řadě nepochopení založených na nepochopení vlastností S-JTSK (délkové zkreslení/natočení).

4 Možné přístupy

Výsledným řešením pro část sběru dat jež může pokrývat nesourodé požadavky na přesnosti podkladů může být metoda laserového scanování a následné zpracování bodových mračen dávající výstup v podobě velmi podrobného popisu reálného světa jako jeho digitálního dvojčete a logika informačního modelování tím může být dodržena.

Výsledným řešením pro část realizace je vytyčování lomových bodů a hran jednotlivých grafických elementů informačního modelu, jedině tak je jednoznačné zadání o poloze vytyčovaných bodů a linií pro kontrolu přesností vytyčovaných hodnot.

5 Závěr

Informační modelování je bezesporu evolučním krokem pro stavebnictví. Je však třeba zohledňovat specifika pracovních postupů jednotlivých geovědních oborů jež se na realizaci liniových staveb podílí. Je potřeba neustále sledovat technický pokrok v příslušných oblastech a vytvářet konzistentní požadavky na přesnost a podrobnost s ohledem na potřeby a předpoklady tvorby informačních modelů. Vše je třeba utvářet tak aby mohlo vznikat skutečně přínosné, účelné a pravdivé digitální dvojče reality či návrhu.