

## **Celková charakteristika plnění projektu FR-TI4/436 v období 01/2013 až 12/2013**

### **Obsah:**

- Úvod
1. Školení k obsluze radarového systému IBIS-L
  2. Odhad kovarianční matice tenzorového pole deformací a charakteristik přesnosti vybraných veličin pole deformací
  3. Příprava a návrh nových technologických postupů pro systémy IBIS-S a IBIS-L, dokumentace nových technologických postupů

### **Úvod**

Projekt je plněn dle harmonogramu, nevyskytly se žádné problémy, které by bránily jeho úspěšnému řešení. V roce 2013 bylo navázáno na činnosti z předchozího roku.

Na rok 2013 byl naplánován v podobě etapy E2 především teoretický výzkum zaměřený na odhady přesnosti výsledků analýzy deformací prostorových objektů a lokalit. Při tomto výzkumu, který v současné době stále probíhá, jsou navrhovány metody zpracování dat z přístroje IBIS-L. Současně s teoretickým výzkumem pokračovaly metodické práce na přípravě nových technologických postupů pro systémy IBIS-S a IBIS-L. Dále pak i měřické práce na ověření připravovaných technologických postupů. V roce 2013 též proběhlo školení k obsluze radarového systému IBIS-L.

### **1. Školení k obsluze radarového systému IBIS-L**

Termín školení byl dohodnut s ohledem na časové možnosti lektora firmy IDS (Ingegneria Dei Sistemi, Pisa, Itálie), která vyrábí a dodává radarové přístroje IBIS-L a IBIS-S.

Školení proběhlo ve dnech 30.4. a 1.5. 2013 u přehradní hráze Orlik. Mělo dvě části: teoretickou a praktickou. Školení se účastnili tři řešitelé z firmy Geodézie Ledec nad Sázavou a šest řešitelů z ÚTIA AV ČR. První den byla na pravém břehu Vltavy instalována lavice na předem připravený betonový blok a poté byl na ni upevněn interferometrický radar IBIS-L. V rámci praktické části školení byla krátkodobě pokusně zaměřena čelní stěna přehradní hráze.

Druhý den následovala teoretická část školení, při níž byly vysvětleny základní principy technologie pozemního interferometrického radaru se syntetickou aperturou (GB-InSAR či GB-SAR, někdy označované též jako T-InSAR). Poté bylo předvedeno ukázkové zpracování naměřených dat z předchozího dne pomocí software IBIS Guardian.

### **2. Odhad kovarianční matice tenzorového pole deformací a charakteristik přesnosti vybraných veličin pole deformací**

Analýza deformací prostorových objektů a lokalit vychází z veličin vyjadřujících stav deformace sledovaného objektu či lokality. Mezi tyto veličiny patří především tenzor deformace a další veličiny z něj

odvozené, jako např. úplná dilatace, smykové napětí, maximální a minimální napětí, směr smykového napětí, směr maximálního napětí. Hodnoty těchto veličin mají velký význam pro hodnocení rizika porušení povrchu sledovaného objektu či lokality. Žádnou z těchto veličin však nelze přímo měřit. K jejich vyčíslení je třeba určit spojitý průběh tenzoru deformace. Složky tenzoru deformace jsou definovány pomocí gradientu (parciálních derivací) pole posunů. Pole posunů je tvořeno trojrozměrnými vektory udávajícími změnu polohy bodů na povrchu sledovaného objektu či lokality. Ani tyto, tzv. skutečné posuny nejsou přístupné přímému měření. Radarový systém IBIS-L totiž umožňuje velmi přesně měřit posuny povrchu objektu pouze ve směru záměry radaru (LOS), který nemusí souhlasit se směrem skutečného posunu. Přesnost určení hledaných veličin tedy závisí i na míře souhlasu obou směrů. Kromě toho závisí na dalších faktorech, zejména na vzdálenosti radaru od sledovaného objektu a na velikosti pixelu udávajícího polohové rozlišení na povrchu sledovaného objektu či lokality. Proto je odhad přesnosti hledaných veličin mimořádně obtížným komplexním problémem.

Výzkumné práce spojené s řešením tohoto komplexního problému využívají teoretických poznatků z mechaniky kontinua, matematické statistiky a digitálního zpracování obrazu. Tyto tři matematicky náročné disciplíny však nelze jednoduše zkombinovat, neboť obvyklé předpoklady jednotlivých disciplín nejsou splněny. Přímému použití mechaniky kontinua brání výše zmíněná odlišnost skutečného směru posunu od měřeného posunu ve směru záměry. Rovněž nelze využít známých algoritmů digitálního zpracování obrazu, neboť rozměry pixelu na povrchu sledovaného objektu jsou příliš velké (několik metrů). Ani matematická statistika nenabízí přímo použitelné metody, protože měřená radarová data nejsou vztažena k jednoznačně definovaným veličinám. Posun několikametrového pixelu totiž nelze považovat za konstantní ve všech bodech pixelu. Je nutné respektovat integrální charakter měřeného posunu a interpretovat jej jako průměrnou hodnotu posunů ve všech bodech pixelu. Po vyřešení všech těchto dílčích problémů byl navržen postup výpočtu kovarianční matice tenzorového pole deformací v libovolném bodě zaměřeného povrchu sledovaného objektu či lokality. Pomocí této kovarianční matice je možno standardním matematicko-statistickým postupem odvodit charakteristiky přesnosti vybraných veličin pole deformací. Základní metodické zásady, na nichž je založeno řešení zmíněného komplexního problému, jsou popsány v příloze 3.

### **3. Příprava a návrh nových technologických postupů pro systémy IBIS-S a IBIS-L, dokumentace nových technologických postupů**

V roce 2013 pokračovaly práce na návrzích nových technologických postupů využívajících pozemní interferometrické radary IBIS-S a IBIS-L. Pro úlohy sledování rizikových objektů byly zpracovány podle výsledků opakovaných zaměřování těchto objektů nové ověřené technologie, které se stanou součástí budovaného expertního systému, jak je konečným cílem projektu. Jedná se konkrétně o tyto ověřené technologie:

- **Ověřená technologie určování vodorovných pohybů věžových vodojemů pozemním interferometrickým radarem**
- **Ověřená technologie určování vodorovných pohybů stožárů větrných elektráren pozemním interferometrickým radarem**
- **Ověřená technologie určování vodorovných pohybů hrází údolních přehrad pozemní radarovou interferometrií se syntetickou aperturou (GB-SAR)**

Všechny tři tyto nové technologie byly experimentálně ověřeny konkrétním měřením v terénu na konkrétní objekty. Příslušné dokumentace technologií jsou součástí této roční zprávy o řešení projektu FR-TI4/436 za rok 2013 (přílohy č. 4 až 6). Součástí dokumentací jsou rovněž zprávy o provedených ověřovacích měřeních. Uvedené ověřené technologie budou příjemcem vloženy do rejstříku informací o výsledcích - RIV s rokem uplatnění 2013.