

عنوان : اندازه گیری دقیق جابجایی با استفاده از تکنولوژی

SAR Interferometric

چکیده :

IBIS-L بر اساس تداخل امواج راداری SAR می باشد که قادر به اندازه گیری جابجایی هزاران نقطه روی یک دیوار به طور همزمان (بازتاب طبیعی از سطح شیب دار) بدون نیاز به هر نوع دسترسی مستقیم سیستم به سطوح شیبدار مربوطه می باشد. IBIS-L در دوره ای از زمان یک جابجایی برای هر نقطه با دقت بالای بهتر از 0.1mm بدست می آورد. IBIS-L همچنین با استفاده از نقشه های جابجایی که از حجم انبوهی نقاط سه بعدی اندازه گیری شده بدست می آورد، می تواند به وضوح قسمت های ثابت و بدون حرکت را در قیاس با سطوح در حال جابجایی تشخیص دهد. استفاده و پردازش اتوماتیک داده های IBIS-L، دستگاه را قادر می سازد تا اگر حرکات و جابجایی ها بیش از حد آستانه باشد بسیار سریع اعلام هشدار کند.

۱- مقدمه :

سیگنال های منعکس شده را اندازه گیری می نماید. دقت مکانی بسیار بالا با اندازه گیری های راداری انجام شده از فواصل دور می تواند نقشه جابجایی ای تولید کند که جابجایی تعداد زیادی از نقاط را در کل محدوده هدف نشان دهد. در واقع نمونه برداری راداری با فواصل 5 m از جابجایی های هدف مورد بررسی، شناسایی اجزای بسیار کوچک و غیرهمگنی (non homogeneities) می باشد که معمولاً به تعداد بسیار زیاد ملاحظه می گردند. از طریق استفاده از تکنولوژی مایکروویو، رادار می تواند جابجایی های هر نقطه روی هدف را تا نوسان فرکانس 50 HZ با دقت مکانی کمتر از 1 mm تشخیص دهد. این حساسیت شگرف در تشخیص جابجایی ها، ناشی از مفهوم تداخل امواج راداری منعکس شده از هر نقطه از سطح عارضه مورد نظر می باشد. هر جابجایی کمتر از یک میلی متر یک اختلاف فاز از امواج منعکس شده می باشد که توسط رادار قابل شناسایی است. در این بررسی بیش تر اصول کلی دستگاه IBIS-L بیان می گردد و قابلیت دستگاه در اندازه گیری جابجایی سطوح در حال حرکت زمین در دو آزمایش که اولی در یکی از معادن زغال سنگ روباز در آلمان و دومی در یکی از مناطق ایتالیا که دارای

این فن آوری جدید (IBIS-L)، که بر اساس تداخل راداری کار می کند این امکان را به ما می دهد تا پایش و مدیریت دوره ای از راه دور حرکات بخش های بزرگی از خاک (ریزش کوه، دامنه، آتشفشان، یخچال های طبیعی و غیره) و سازه (سدها، پل ها، برج ها، ساختمان ها و غیره) را با دقتی زیر میلی متر ممکن سازد. تداخل امواج، یک تکنولوژی جدید برای پایش از راه دور استاتیک و دینامیک سازه ها و همچنین جابجایی خاک است که محصول تحقیقات بلند مدت پروژه انجام شده بوسیله IDS¹ با همکاری دانشگاه فلورانس می باشد.

ویژگی خاص این تکنولوژی جدید این است که از راه دور می تواند فعالیت نماید بدون اینکه نیاز به هرگونه ارتباط مستقیم با هدفی که پایش می شود، داشته باشد و می تواند عملاً تغییر شکل مداوم مدل های سه بعدی عوارض فوق الذکر را بررسی و ذخیره کند. همه ی این فعالیت ها با سرعت ودقت اندازه گیری فوق العاده ای در مقایسه با تکنولوژی های فعلی صورت می پذیرد. پرتو راداری از دستگاه به کل منطقه مورد بررسی گسیل داده می شود و سپس گیرنده راداری،

نُغرش می‌باشد مورد بررسی قرار می‌گیرد .

نصب IBIS-L در داخل معادن رو باز



ماشین های معدن در حال کار در داخل یک معدن رو باز



۲- پایش پایداری شیب در معادن روباز :

پایبنداری سطوح شیبدار در سطح معادن بزرگ یک چالش مهم برای تامین امنیت کارگران و ماشین آلات معدن است که امروزه بیش از پیش صنعت را برای یافتن راه حل‌های بلند مدت تحت فشار قرار داده است . بر طبق آمار رسمی NIOSH (مؤسسه بین‌المللی در آمریکا برای سلامت و امنیت شغلی) که حوادث ناگوار پایبنداری سطوح شیبدار را از سال 1995 تا 2003 در آمریکا اعلام کرد در حدود 12% از کل معادن آمریکا دارای تلفات جانی بوده و ماشین آلات معدن خسارت دیده است اگر جابه‌جایی‌های کوچک روی دیواره‌ی بلند یک معدن که ممکن است تا رانش دیواره معدن پیشروی کند شناسایی‌شوند می‌توان با اعلام هشدار به موقع، کارگران و ماشین آلات صنعتی را با ایمنی کامل از منطقه کاری خارج کرد . در این زمینه سیستم IBIS-L یک راهکار کاملاً متفاوت با توجه به سیستم‌های اندازه‌گیری موجود ارائه می‌دهد .

ویژگی‌های اصلی سیستم IBIS-L که در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفت به شرح زیر است :

توضیحات اندازه‌گیری :

قابلیت به کارگیری دستگاه IBIS-L با همکاری شرکت DMT GmbH به منظور ارزیابی پایداری شیب یک معدن زغال سنگ روباز که متعلق به RWE power^۲ کشور آلمان بوده است بررسی شد . دستگاه با پارامترهای عملکردی که در جدول زیر آمده است ، راه اندازی و مورد استفاده قرار گرفته است .

DISTANCE FROM THE SLOPE [m]	730-1600
SAMPLING RATE (number of acquisitions per hour)	8
RANGE RESOLUTION [m]	0.5
CROSS-RANGE RESOLUTION [mrad]	4.5
MAXIMUM DISTANCE [m]	1900

- قسمت سنجش از دوری دستگاه : فاصله قابل اندازه‌گیری تا 3-4 km

- عدم نیاز به استفاده از رفلکتور بر روی سطوح شیبدار

- بیشترین صحت اندازه‌گیری در حدود 0.1 mm

- قابلیت مدیریت و پایش آنی سطوح شیبدار با مساحتی در حدود 1km²

- نمونه برداری جهت بررسی نقاط در بازه‌های زمانی ۵ دقیقه ای

- عملکرد اتوماتیک و self-powered بودن دستگاه

- قابل استفاده در هر گونه شرایط آب و هوایی (شب و روز)

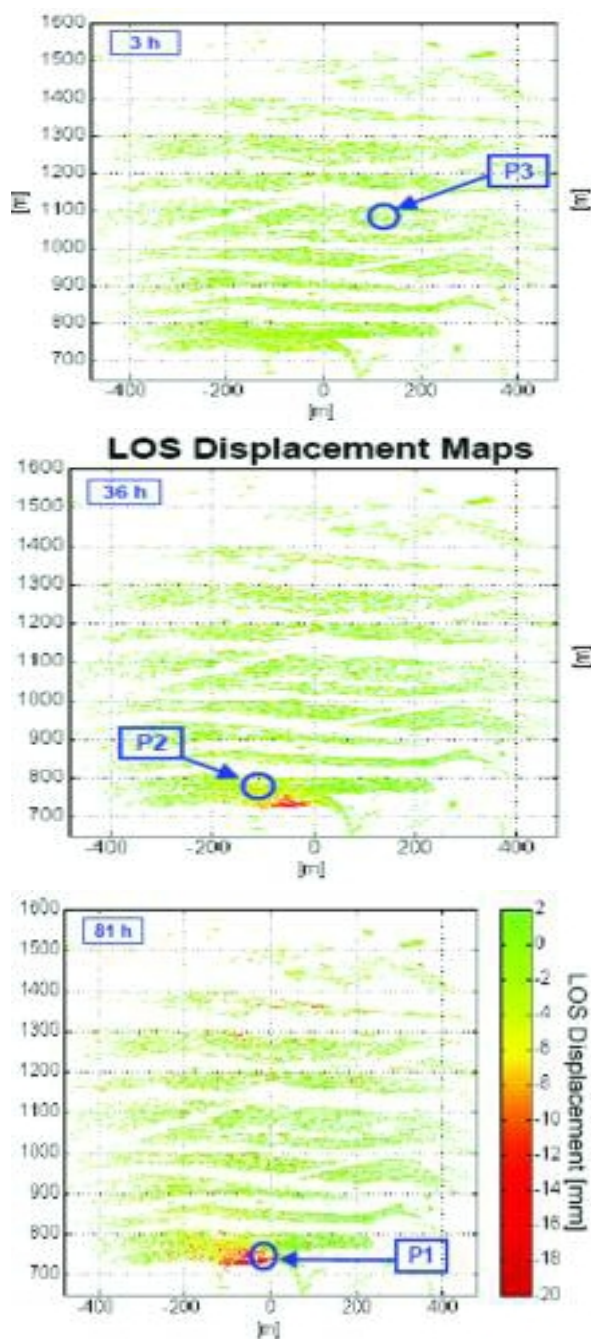
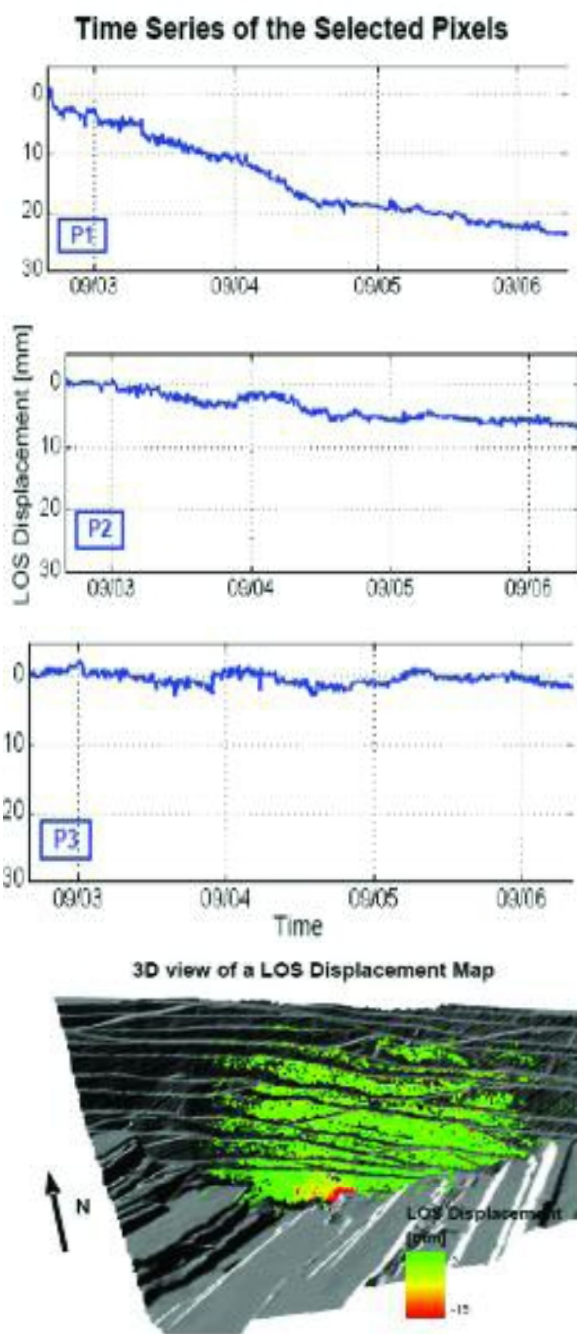
- قابل حمل بودن و جابه‌جایی آسان سیستم

- کنترل از راه دور

آشکارا، بیانگر کاهش تدریجی سرعت حرکت ذراتی که در فاصله نسبتاً دورتری از بخش‌هایی که بیشترین ناپایداری را در منطقه دارند، می‌باشد. مرکز و بخش بالایی سطح شیب‌دار نشان‌دهنده ثبات کاملاً خوب می‌باشد البته به استثنای برخی مناطق که به صورت محلی در حال جابجایی هستند.

نتایج پایش و اندازه‌گیری :

نقشه‌های جابجایی تجمعی به طور کاملاً واضح بخش‌های در حال جابجایی را از پایین‌ترین قسمت مرکزی معدن تا نزدیک دستگاه حفار را شناسایی نمود. جابجایی در داخل منطقه به طور



نتیجه گیری :

- 1- تجسم تصویر دو بعدی راداری از لغزش
- 2- تصویری از یک نقشه جابجایی دو بعدی از کل لغزش
- 3- تصویری از جابجایی های یک پیکسل نسبت به زمان

توضیحات اندازه گیری :

یکی از مزیت های IBIS-L این است که به طور همزمان جابجایی کل منطقه مورد بررسی بوسیله پرتوهای آنتنی که یک نقشه پیوسته از جابجایی های کل منطقه ارائه می دهد را اندازه گیری می کند .

به منظور بهره برداری از این ویژگی کلیدی برای پایش و مدیریت لغزش ها ، بهترین موقعیت برای نصب سنسور در مناطق در حال حرکت می باشد بطوریکه پرتوهای آنتنی بتوانند کل لغزش ها را همانطور که در شکل ۲ نمایش داده شده را پوشش دهند.

از نقطه استقرار IBIS-L ، دستگاه لغزش های کل منطقه به ابعاد $1000\text{ m} \times 400\text{ m}$ را نمایش می دهد .

دستگاه با پارامترهای عملکردی زیر راه اندازی شده بود :

۱- حداکثر برد 2000 m

۲- فاصله نمونه برداری 50 cm

۳- دقت زاویه 4.5 mrad

۴- فاصله زمانی نمونه برداری : بطور مستمر



Fig. 2: IBIS-L area coverage

نتایج نشان می دهند که سیستم IBIS-L قابلیت های لازم را جهت اندازه گیری های جابجایی بسیار دقیق در حدود کمتر از یک میلیمتر را در هر شرایط آب و هوایی (شب و روز) را برای معادن عریض و شیب دار (تمامی دیواره ها) به صورت آنی و بدون نیاز به دسترسی مستقیم به نواحی تحت پایش را داراست .

۲- بررسی لغزش های زمین :

بررسی حرکات زمین (شیب های ناپایدار ، لغزش های زمین یخچال های طبیعی و) یک وظیفه مهم برای متخصصین ژئوتکنیک است که از آنها انتظار می رود با پیش بینی حوادث طبیعی که زندگی بشر را به مخاطره می اندازد باعث کاهش تلفات جانی و خسارت های مالی شوند. سیستم IBIS-L راه حل کاملاً جدیدی در این زمینه ی پرکاربرد معرفی می کند که قابلیت های بیشتری نسبت به دستگاه های اندازه گیری جابجایی قدیمی را دارا می باشد .

ویژگی های اصلی سیستم IBIS-L که در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفت به شرح زیر است :

- قسمت سنجش از دوری دستگاه : فاصله قابل اندازه گیری تا 4 km

- بیشترین صحت اندازه گیری در حدود 0.1 mm

- نقشه برداری دو بعدی به طور همزمان از جابجایی های مناطق بزرگ

- نمونه برداری جهت بررسی نقاط در بازه های زمانی ۵ دقیقه ای - عملکرد خودکار

- قابل استفاده در هر گونه شرایط آب و هوایی (شب و روز)

نتایج تجربی بدست آمده بعد از انجام نقشه برداری روی یک زمین لغزه در Tessina در ایالت Belluno در ایتالیا عبارتند از :



Fig. 3: installation site

شکل ۶ نشان می‌دهد :

نقشه جابجایی از کل منطقه برداشت شده : رنگ هر پیکسل ، مربوط به میزان جابجایی مربوطه است و می‌تواند با استفاده از نوار رنگ در سمت راست پانل بازیابی شود .

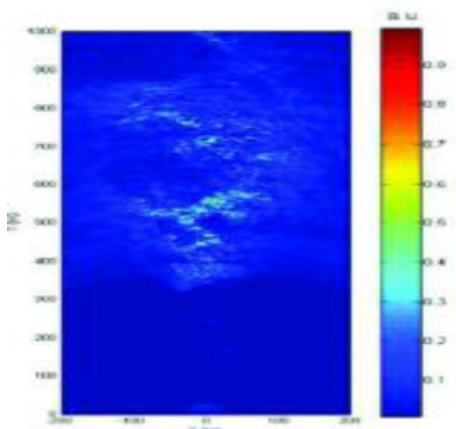


Fig. 4: landslide power image

دریافت شده بوسیله سیستم IBIS-L و همچنین یک برآورد کیفی از دقت اندازه‌گیری برای هر پیکسل واقع در تصویر را ارائه می‌دهد. بیشتر امواج برگشتی دقت مکانی بهتر از دقت جابجایی را ارائه می‌دهند . تصاویر مربوطه می‌تواند یک مدل ارتفاعی خوب (DEM) به منظور نمایش سه بعدی مناسب از منطقه مورد نظر را ارائه دهند.

نتایج نقشه جابجایی از لغزش زمین :

شکل شماره ۶ نرم افزار پردازش داده‌های راداری را نشان می‌دهد . این شکل نتایج حاصل از ۱۸۹ بار اسکن نمودن منطقه مورد نظر است که مدت زمانی ۳۱ ساعت را در برداشته است .

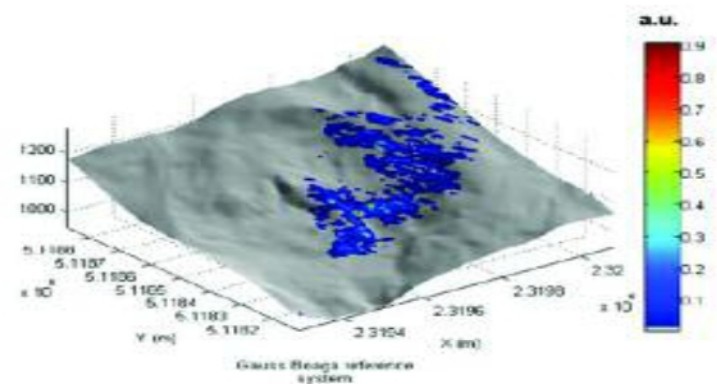


Fig. 5: landslide power image projected over DEM

با نمونه برداری هر ۱۰ دقیقه یکبار از منطقه مورد بررسی (شب و روز کار مداوم) اندازه‌گیری کلا تا سه روز به طول انجامید .

نمایش نتایج تصویر راداری از لغزش زمین :

شکل (۴) نقشه تمرکز رانش تولید شده را که توسط سیستم IBIS-L (موقعیت IBIS-L در مختصات (۰، ۰) می‌باشد) را نمایش می‌دهد :

نقشه IBIS-L اطلاعاتی در مورد شدت سیگنال امواج برگشتی

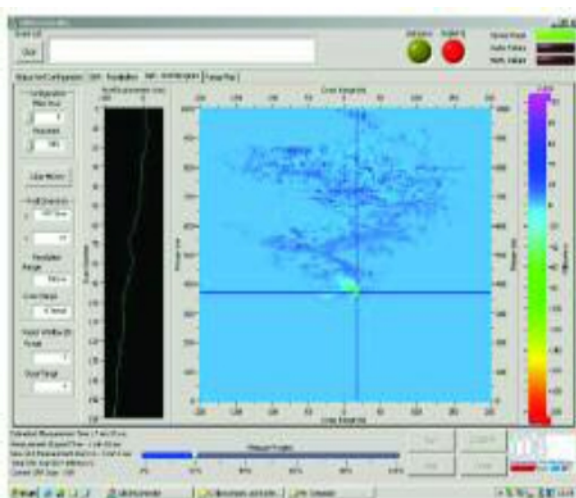


Fig. 6: real time displacement map

تغییر مکان هر پیکسل روی نقشه تهیه شده بوسیله IBIS-L به تعداد اسکن دستگاه از آن منطقه وابسته است. به عنوان مثال پیکسل انتخاب شده در شکل شماره ۶ در حدود ۸.۵ mm در راستای دستگاه جابجایی داشته است. با بررسی نتایج جابجایی‌ها در یک دوره کامل بدون حضور عامل در منطقه مورد نظر میتوان برنامه‌های مدیریتی برای حفظ امنیت پایه‌ریزی کرد تا در مواقع ضروری با اعلام هشدار باعث عکس‌العمل مناسب از طرف افراد ساکن در منطقه شود. همانطور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود نقشه جابجایی لغزش زمین برای جابجایی تک پیکسل نسبت به زمان را می‌توان توسط سیستم‌های پیچیده ارسال داده بدست آورد و روی hard disk رایانه ذخیره کرد.

شکل‌های زیر نقشه جابجایی بدست آمده از پردازش داده از سه مشاهده در دوره‌های زمانی متفاوت که در جدول زیر گزارش شده است را نشان می‌دهد.

Period	Start	End	Duration
1	12:52 day1	22:33 day1	09:41
2	22:33 day1	08:05 day2	09:08
3	09:21 day2	19:18 day2	09:32

Tab. 1: observation periods

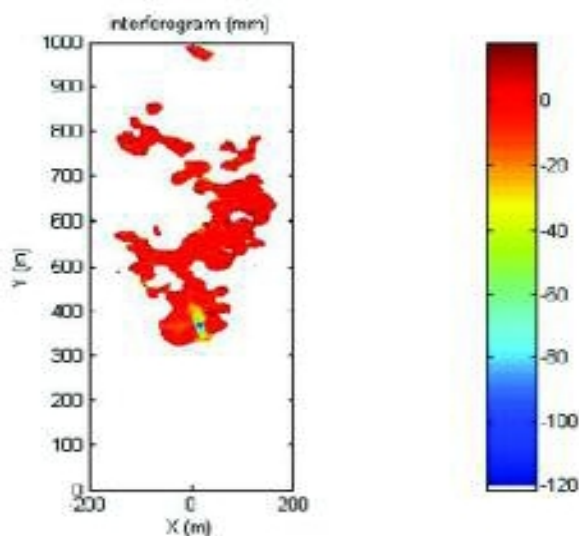


Fig. 7: IBIS-L displacement map – period 1

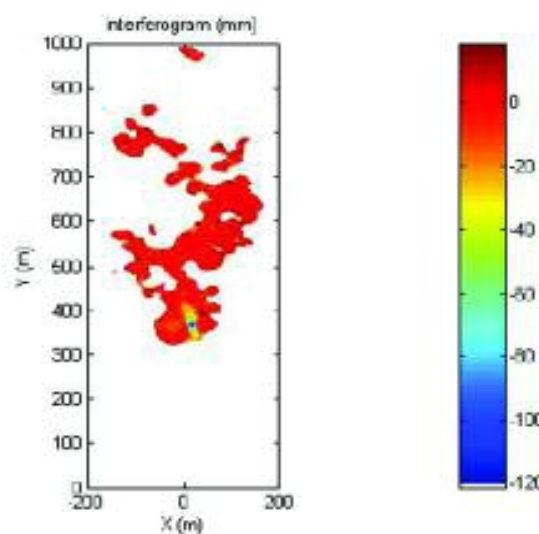


Fig. 8: IBIS-L displacement map – period 2

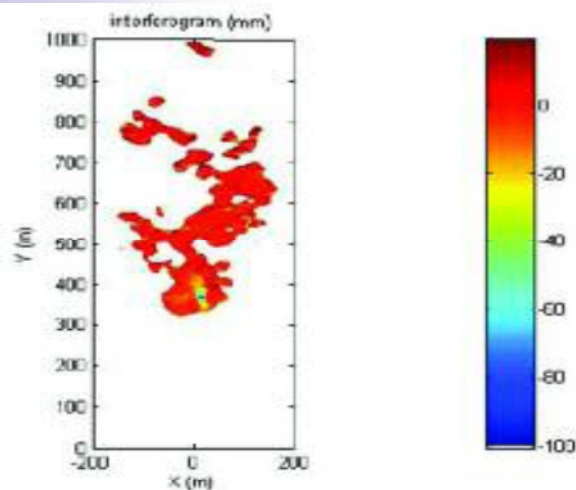


Fig. 9: IBIS-L displacement map – period 3

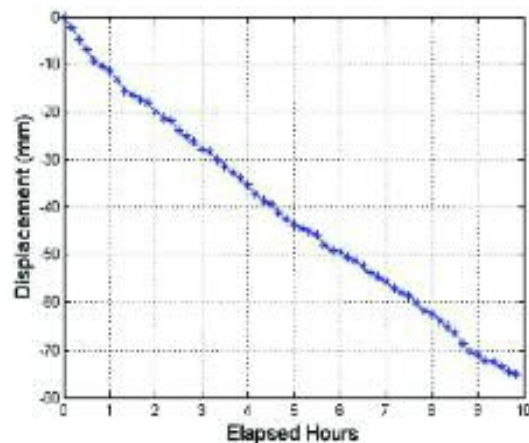


Fig. 10: IBIS-L single pixel displacement – period 1

- دستگاه IBIS-L بدون نیاز به دسترسی مستقیم به مناطق مورد نظر عمل پایش را انجام می‌دهد چون هیچ نیازی به قرارگیری رفلکتور روی مناطق ناپایدار وجود ندارد.

- پایش در یک زمان از کل منطقه لغزش

- پایش لغزش در هر شرایط آب و هوایی

- پایش لغزش بدون حضور اپراتور، چون سیستم قابلیت کار کردن به صورت کاملاً اتوماتیک را دارد.

نتیجه کلی :

دستگاه IBIS-L با دقتی که از سوی کمپانی مورد نظر بیان شده نیازمند بررسی بیشتر است و البته لازم است که این تکنولوژی با تکنولوژی‌های دیگر موجود نقشه‌برداری دقیق ژئودتیک (میکروژئودزی) مورد بررسی قرارگیرد و نیاز به انجام کارهای تحقیقاتی در آینده دارد .

منابع :

IDS Ingegneria Dei Sistemi S.P.A.
Branch Office
GeoRadar Division
Via Sterpulino 20

گردآوری، ترجمه و تنظیم : نریمان بیکی
Beiky.nariman@gmail.com

می‌دهد .

نتیجه :

این مورد مطالعاتی امکان استفاده از IBIS-L را به عنوان یک وسیله برای پایش حرکات یک زمین لغزه با دقتی زیر ۰.۱mm افزایش می‌دهد.

استفاده از IBIS-L این اجازه را به ما می‌دهد تا :

- پایش از راه دور IBIS-L از لغزش زمین بین ۰.۱ تا ۱۰۰ متر دور از مناطق ناپایدار مورد نظر صورت گیرد.

INGENERIA DEI SISTEMI - ۱

Data courtesy of RWE Power - ۲