

# گزارش علمی از ارزیابی داده‌های ERS-1 SAR در نقشه‌برداری توپوگرافی

تدوین : Dowman - دانشگاه لندن  
برگردان : فاطمه رضیعی (محقق جغرافیایی)

این گزارش، سازماندهی و مراحل انجام کار توسط گروه OEEPE و کار گروهی GeoSAR را بر روی دقت geocoding و داده‌های SAR 1 - ERS و کاربرد داده‌ها را در نقشه‌برداری شامل می‌شود. گروه GeoSAR مرکب است از دانشمندان و مهندسين جامعه بین‌الملل که با تعاریف، توسعه و عملکرد تسهیلات پردازش geocoding داده‌ها با تصویرهای راداری از هوا و ماهواره‌های فضایی سروکار دارند. این گروه از سال ۱۹۸۷ میلادی تاکنون چهار کارگاه برپا کرده است. آخرین آنها در ماه مه سال ۱۹۹۳ میلادی بود که در آن جلسه کار انجام شده بر روی تست OEEPE / GeoSAR ارائه شد و مورد بحث قرار گرفت. گزارش کار آن جلسه توسط شرکت علوم مشاهدات زمینی در سال ۱۹۹۴ میلادی چاپ شد. سمیناری نیز توسط OEEPE در موسسه ژئودزی IFAG واقع در شهر فرانکفورت بر پا شد و تست geocoding و پروژه OEEPE را در مدل چشم‌انداز دیجیتال اروپا در کنار هم آورد. گزارشهای آن جلسه توسط کالج دانشگاه لندن به چاپ رسیده است (سال ۱۹۹۴ میلادی).

## ۲-۱) خصوصیات داده‌های رادار SAR

تصویر راداری از انرژی دریافت شده توسط سنسور sensor، از نقطه‌ای بر روی زمین در زمان و دامنه اندازه‌گیری مشخص، خلق می‌شود. انرژی به شکل امواج میکروویو انتقال می‌یابد. داده‌های راداری بر اعمال زیر مبتنی است:

- رادار انتقال دهنده، یک پالس انرژی الکترومغناطیسی را با زاویه انتظار  $\theta$  به سمت زمین می‌فرستد.
- موجها از سطوحی پخش می‌شوند که به آن برخورد می‌کنند.

## چکیده:

OEEPE برای آماده‌سازی و انجام تستی جهت مقایسه روشهای مختلف geocoding و داده‌های ERS-1 SPR و کاربرد داده‌های geocoded SAR در نقشه‌برداری توپوگرافیک با گروه Geo SAR همکاری کرده است. ESA با ارائه داده‌ها، تست را تأیید کرده است. (DRL) داده‌ها را جمع‌آوری و توزیع نموده است.

EFAE دیگر داده‌های فاز دوم کار را ارائه کرد، این داده‌ها عبارت بودند از: تصویرهای 1000 - KFA داده‌های Thematic Mapper و مدل ارتفاع دیجیتال (DEM) محل تست در اطراف شهر فرانکفورت واقع در کشور آلمان بوده و تصاویر چهار 1 - ERS همراه با دو DEM و اطلاعات کنترل زمینی قابل ارایه می‌باشد.

بیست سازمان از کشورهای اروپایی و آمریکای شمالی به تست داده‌ها توجه و علاقه نشان دادند. این اطلاعات برای چهارده سازمان مختلف ارسال شد. گزارشهای برخی از این سازمانها در چهارمین ایستگاه Geo SAR ارائه شد.

این گزارشها اهداف تست را مشخص کرده و داده‌های ارایه شده را تشریح می‌کند. روشها و نتایج به اختصار درآمده شرکت‌کنندگان و مقالات ضمیمه‌ای، موضوع را به تفصیل بررسی و نقل می‌کنند. در تست به این نتیجه رسیدند که در مقایسه با نقشه‌ها در حالی که حجم اطلاعات مربوط به نقشه‌برداری محدود بوده، می‌توان از Geocoding دقت بالایی به دست آورد.

## ۱) سابقه (پیش‌زمینه):

### ۱-۱) سازمان:

ارتفاع، به آنتن بسیار بزرگی نیاز خواهد بود. رادار SAR از آنتن بزرگ شبیه‌سازی شده، استفاده می‌کند. از این رو رادار (دریچه مصنوعی) خوانده می‌شود.

رادار SAR و رادار SLAR هر دو دارای تئوری هندسی یکسانی هستند (به نگاره (۱-۱) نگاه کنید). وضوح تصویر راداری در مورد دامنه و آزیموت متفاوت بوده و با طول پالس و عرض شعاع آنتن تعیین می‌شود. طول پالس، ابعاد المان نمونه‌برداری زمین از تراک سفینه فضایی را در جهت دامنه کنترل می‌کند و عرض آنتن، اندازه المان نمونه‌برداری زمین در طول تراک سفینه در جهت آزیموت را کنترل می‌کند. وضوح در دامنه انحراف  $R_r$  برابر است با یک دوم طول پالس انتقال یافته.

$$R_2 = \frac{r_c}{2}$$

در حالیکه  $r$  نسبت (تراخ) پالس و  $C$  سرعت انتشار موج رادار است. عرض آنتن، وضوح فضایی در جهت آزیموت (azimuth) را تعیین می‌کند. با بیرون زدن شعاع از آنتن، وضوح فضایی با افزایش فاصله زمین کاهش می‌یابد. این وضوح در جهت  $(R_\alpha)$  از معادله زیر به دست می‌آید:

$$R_\alpha = \frac{\lambda R}{D}$$

در حالیکه  $\lambda R$  طول موج سیگنال،  $R$  دامنه انحراف و  $D$  عرض آنتن است. برای بهبود وضوح فضایی، با باید عرض شعاعها افزایش پیدا کند و یا باید طول موج به کار رفته کاهش زیادی پیدا کند. که این کار غیر عملی است، زیرا میکروویوها را نسبت به تأثیرات جوی مثل ابرهای بارانی حساس می‌کند و با باید طول آنتن افزایش زیادی پیدا کند که این کار باعث خطرات هوانوردی می‌شود. از این رو آنتن واقعی (SLAR) به آنتن SAR تبدیل می‌شود.

خواص هندسی تصویرهای راداری رابطه کمی با خواص عکسبرداری هوایی یا تصویرهای به دست آمده از ماهواره‌های مثل Spot دارند. در سیستم راداری، دامنه اندازه‌گیری شده در سطح پیش‌بینی می‌شود (نگاره ۱-۲۸).

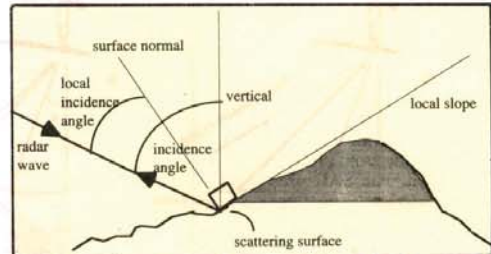
چرخش سنجنده (sensor) هیچ تأثیری بر دامنه ندارد - به شکلی که خم شدن، بر تصویر هوایی و چگونگی اعوجاج تأثیر می‌گذارد. البته تأثیر عوارض زمین بر وضعیت اشیاء قابل توجه است.

### ● سه نوع انحراف در اثر اختلاف ارتفاع به وجود می‌آید:

- Foreshortening: دامنه انحراف SAR نسبت به سطح زمین باعث جابه‌جایی شی می‌شود (نگاره ۱-۲۹).
- عوارض بلند در تصویر SAR از وضعیت صحیح خود جابه‌جا می‌شوند به شکلی که بالای شی نزدیکتر از پایین آن به نظر می‌آید.
- Layover: یکی از حالات شدید کوتاه شدگی است، که در آن زاویه شیب بیشتر از زاویه Nadir - OFF  $(\theta)$  است (نگاره ۱-۲۹).
- عوارض معکوس می‌شوند.
- Shadow یا سایه: اطلاعات پنهان در تصویربرداری SAR

دوره هشتم، شماره بیست و نهم / ۳۱

- پرتو پخش شده، به عقب بازتابیده شده و به وسیله سیستم راداری کشف می‌شود و نیز دامنه انحراف در تأخیر زمانی میان انتقال و بازتابش را تشریح می‌کند.



نگاره (۱-۱) شکل هندسی پرتو رادار با سطح موجی شکل را نشان می‌دهد.

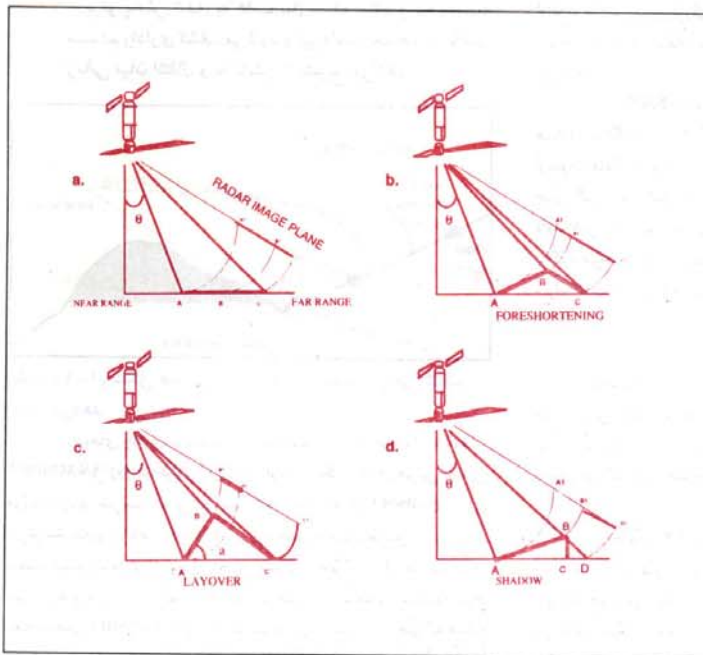
داده‌های راداری نسبت به انواع سیستم تصویربرداری مثل داده‌های scanner قابل رویت حرارتی و ماوراء قرمز با عکسبرداری هوایی چندین مزیت دارند. مزیت اصلی آن است که سنجنده‌های (sensor) راداری می‌توانند بدون ارتباط با آب و هوا و وضعیت و شرایط نور و برمشی منظم، تصویربرداری را انجام دهند. طول موجهای رادار جذب ابرها نمی‌شوند و می‌توان از آنها برای کشف عوارض سطحی استفاده کرد. سنجنده‌های (sensor) راداری می‌توانند در روز یا شب و یا حتی به هنگام مه، باران، ابرهای برف‌زا و دود تصویربرداری کنند. البته معایبی نیز در مورد داده‌های رادار SAR وجود دارد که اصلیتیرین آنها مشکل بودن تغییر داده‌ها به واسطه روند تکوین تصویر است. همچنین انحراف هندسی فزاینده‌ای نیز وجود دارد که کار تغییر را مشکلتر ساخته و اصلاح هندسی در نواحی مرتفع را ضروری می‌سازد.

سیگنال راداری، اطلاعات رنگ (به دست آمده از سنجنده‌های (sensor) طول موج نوری) با اطلاعات دما (به دست آمده از سنجنده‌های (sensor) مادون قرمز حرارتی) را تشخیص نمی‌دهد. اما بازتابش بازبری سطوح، شیب و قابلیت هدایت الکتریکی آن در ارتباط است. جزئیات مربوط به خصوصیات رادار SAR و راهنمای تغییر اطلاعات را می‌توانید در مقاله Kelfer, Lillesand (سال ۱۹۹۴ میلادی) بیابید.

### ● دو نوع سنجنده (sensor) راداری وجود دارند:

- SLAR (رادار (sideways - looking Air born) که به سمت انتقال اشاره داشته و سیگنال را دریافت می‌کند.
- SAR (رادار (Synthetic Aperture) که برای استفاده از سفینه فضایی تغییر یافته است.
- رادار SAR از حرکت سفینه به هنگام انتقال پالسهای متغیر، از یک آنتن بلند استفاده می‌کند. اختلاف اصلی میان رادار SLAR و رادار SAR در این حقیقت نهفته است که برای نیل به وضوح فضایی قابل قبول از

## نگاره (۱-۲): تأثیرات پستی و بلندیها بر تصویر ژئومتری



تغییر کرده است.

ERS-1 دارای سنجنده تصویر، ابزار میکروویو فعال (AMI) است و در باند C به صورت رادار SAR یا Wave-Scatterometer و به صورت همزمان با wind-scatterometer کار می‌کند. عمدتاً برای مشاهدات اقیانوسی و مشخص کردن وضعیت یخها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ابزار عملی در روز ۲۷ ماه ژوئیه سال ۱۹۹۱ میلادی فعال شد و از آن زمان تاکنون در حالت درستی کار کرده است. مقدار زیادی اطلاعات برای تجزیه و تحلیل بعدی و پردازش آتی جمع‌آوری کرده است. "ESA" ماهواره دوم ERS-Z را در ماه آوریل سال ۱۹۹۵ میلادی به فضا فرستاد و تداوم مشاهده از راه دور را تضمین کرد.

SAR با وضوح فضایی  $30 \times 30$  متر در حالت تصویربرداری محدوده‌ای به عرض ۱۰۰ کیلومتر (۲۵۰ کیلومتر در سمت راست مدار و در زاویه  $\theta$  برابر ۲۳ درجه در (mid-swath) را می‌پیماید. نگاره (۱-۳)

### هندسه تصویربرداری:

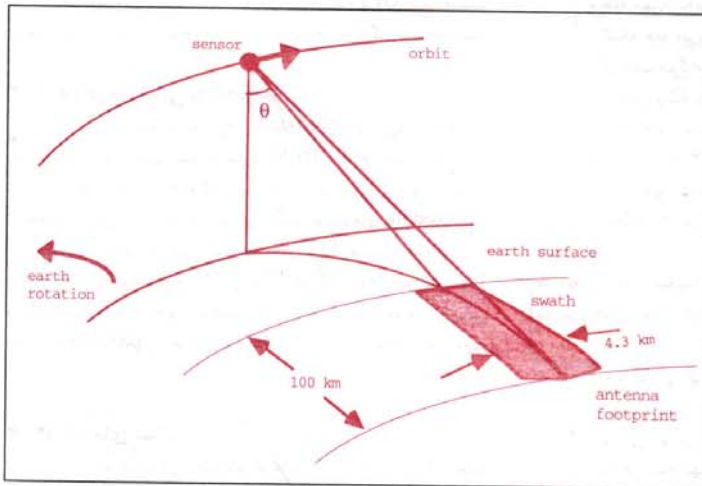
رادار بخش میکروویو طیف الکترومغناطیسی با فرکانس ۵/۳ (طول موج حدود  $6 \text{ cm}$ ) را حس می‌کند که باند C است. ویژگیهای ابزار میکروویو فعال ERS-1 در جدول (۱-۱) آورده شده‌اند.

است. نواحی سایه‌زمانی در تصویر رادار بروز می‌کنند که شیب زمین بیشتر از شیب شعاع راداری است. از این رو زمین به وسیله رادار دیده نمی‌شود (نگاره ۱-۲b). هندسه SAR امکان می‌دهد تا اطلاعات توبوگرافیک از تصویر گرفته شود. اما لازم است که در اقتباس اطلاعات کارتوگرافیک اصلاحات دقیقاً اعمال شود. خطای ناشی از ارتفاع زمین، سرعت سکو، اختلافات ارتفاع و رانش به وسیله Geocoding اصلاح می‌شود. هدف تصویربرداری SAR geocoding انتقال داده‌های دامنه انحراف اصلاح نشده به نقشه استاندارد پیش‌بینی شده با خطاهای ایجاد شده توسط حذف ارتفاع و چرخانیدن است. به صورتی که شمال با مرزهای سیستم نقشه استاندارد هم‌سو شود. شیوه‌های geocoding دقت  $\text{sub-pixel}$  برای فرآورده geocoding را به دست می‌دهند. می‌توان نواحی تحت تأثیر سایه را از DEM و اطلاعات مداری (در طول geocoding) پیش‌بینی کرد.

### ۱-۳ ویژگیهای ماهواره ERS-1:

ماهواره ERS-1 به وسیله موسسه فضایی اروپا "ESA" در روز هفدهم ماه ژوئیه سال ۱۹۹۱ میلادی به فضا پرتاب شد. ماهواره در مدار sun-synchronous و در ارتفاع میانگین ۷۸۰ کیلومتر و سیکل تکراری ۳ روز به گردش درآمد. البته سیکل تکرار در مراحل در طول عمر ماهواره





ارتفاع دیجیتالی) یا geocoding بیضوی (تنها اصلاح تأثیرات انحنای زمین) را دارند. سیستم geocoding به کار رفته باید قابلیت معتبرسازی نتایج تصویر geocoding را داشته باشد.

● فاز دو با تست دقت تصویر geocoded و کاربرد آن برای نقشه‌برداری سروکار دارد. از سازمانهای مربوطه خواسته شده تا در این فاز از تست شرکت کنند.

تست با کمک بسیار زیاد ESA انجام شد و با انتشار داده‌ها توسط DLR موافق بود، زیرا که DLR داده‌ها را جمع‌آوری و توزیع کرده و در تست شرکت کرده بود.

بسیست سازمان به این تست توجه نشان دادند. هیجده سازمان با مشارکت در آن موافق بودند. دو سازمان خواستار نظارت بودند و دو سازمان تنها خواستار مشارکت در فاز دو بودند. انجام این گزارش نتایج همکاری ده سازمان را دربر می‌گیرد که در گزارش نهایی شرکت کرده بودند.

### ۳) تشریح تست

#### ۳-۱) فاز اول geocoding

تصویری دقیق در دامنه انحراف و در مراکز توزیع شد که می‌توانستند ظرفیت geocoding را نشان دهند. البته این ظرفیت شامل geocoding زمین نمی‌شد؛ زیرا geocoding بیضوی نیز باید ارزیابی شده و امکان مشارکت مراکز بیشتری را فراهم کند. نقشه‌های توپوگرافیک محدوده تست و تعدادی از نقاط کنترل زمینی به دست آمده از مساحی زمین نیز به مراکز داده شد. از هر مرکز شرکت‌کننده خواسته شد تا یک تصویر geocoded از محل تست تهیه کرده و از یک سری پارامترهای ثابت استفاده نموده و سپس این تصویر را با پرونده‌های تست خود معتبر سازد.

دوره هشتم، شماره بیست و نهم / ۳۳

#### Technical parameters of ERS-1

flight altitude	783 km
orbital inclination	98°
wavelength	5.6 cm in C-band
incident angle	23°
spatial resolution	
range	<33 m
azimuth	<30 m
radiometric resolution	16 bits per pixel
scene size	100 x 100 km
geographic limitation	poles
coverage cycle	3, 35, 176 days

#### جدول (۱-۱)

### ۲) اهداف و سازمان تست

تست geocoding دو هدف دارد. اولاً ارزیابی پتانسیل تولید داده‌های geocoding و ثانیاً «ارزیابی دقت آن داده‌ها و کارایی آنها در نقشه‌برداری، اصلاح نقشه، تهیه و بررسی داده‌های اصلی.

تست به دو بخش تقسیم می‌شود:

● فاز یک با geocoding داده‌های SAR و سازمانهایی سروکار دارند که قابلیت انجام geocoding زمینی (اصلاح تأثیرات ارتفاع با مدل

منطقه شهر فرانکفورت در Gausse

با شبکه چهل متری این داده‌ها از منحنیهای اندازه‌گیری شده منطقه و در قالب فتوگرامتری تهیه شد - داده‌های ارزیابی 5 ETOPO

ارایه شده توسط NOAA

- پارامترهای بیضوی WG 584

- نقشه ۱:۲۰۰۰۰۰ منطقه

- نقشه توپوگرافیک ۱:۵۰۰۰۰ منطقه از 40 DEM

- نقاط کنترل زمینی

## ● محل تست تغییرات عوارض زمین را در برداشت که کاربری‌های زیر را شامل می‌شد:

- زمین ناهموار، کوه‌ها، دشت

- جنگل‌ها و پارک‌ها

- آب‌های سطحی (رودخانه‌ها و کانالها)

- نواحی شهری با تراکم بالا

- نواحی نیمه شهری با تراکم پایین و خانه‌های مسکونی

- نواحی تولیدی و صنعتی

- فرودگاه

- جاده‌های اصلی و فرعی

## ۴) روشهای geocoding

### ۴-۱) اصول کلی geocoding

رادار SAR پالسی را انتقال می‌دهد که از زمین منعکس شده و توسط ماهواره دریافت می‌شود و به جهت محاسبه زمان صرف شده در رفت و برگشت سنجنده تا زمین، مورد استفاده قرار می‌گیرد. زمان انتقال پالسی، با توجه به زمان شروع، وضعیت آزیموت (Azimuth) را به دست می‌دهد. به منظور افزایش وضوح، یک chirp به پالسی اضافه شده و فیلترگذاری هماهنگ در پردازشگر، منطقاً به عملکرد مبنایی انجام می‌شود. میتوان از azimuth, range تصویری از slant range به دست آورد و مقدار سیگنال دریافتی (برگشتی) ماهواره را بر روی زمین مشخص کرد:

تصویر در مقایسه با نقشه‌برداری دارای انحراف و اعوجاج خواهد بود. زیرا دامنه فاصله، مایل نقشه نخواهد بود. بلکه عبارت خواهد بود از فاصله با نقطه‌ای در ارتفاع n در بالای ماخذ. این تغییر شکل، باعث بروز تأثیرات Lay over می‌شود. اختلاف ارتفاع موجب سایه می‌شود همانند نگاره (۱-۲). با جابه‌جایی سکو، انحراف بیشتری ایجاد خواهد شد.

رادار SAR، هندسه‌اش مشابهی دارد. اما وضعیت آزیموت (azimuth) با پردازش سیگنالهای دریافتی در یک فاصله زمانی اولاً با انجام فیلترگذاری در هر پالسی برگشتی منطبق است. ثانیاً با بررسی تاریخچه Doppler و تعیین صفر Doppler محاسبه می‌شود.

صفر Doppler و تعیین صفر Doppler را زمانی به دست می‌دهد که در آن هدف، تراک ماهواره نشان داده شده، بر بردار سرعت

در چهارمین کارگاه GeoSAR و سمینار OEEPE نتایج به‌دست آمده در مورد داده‌های مربوط به مدل چشم‌انداز دیجیتال گزارش شده است.

## ۳-۲) فاز دوم ارزیابی geocoding

قرار بر این شد که تصویرهای geocoded برای ارزیابی بیشتر به سازمانهای نقشه‌برداری سپرده شود. DEM و نقاط کنترل زمین به سازمانهای نقشه‌برداری نیز داده شد. اما مراکز نقشه‌برداری تنها به کمک نقشه‌های بخشی از ناحیه مورد بررسی، دقت تصویرهای geocoding را تست کرده و از تصویرها جهت تهیه نقشه‌های توپوگرافیک استفاده کردند. فاز دوم توسط هیچ کدام از شرکت کنندگان کاملاً اجرا نشد (به واسطه فقدان منابع و تجهیزات مناسب). سه شرکت کننده کار ارزیابی تصویر geocoding را انجام دادند و گزارش کار آنان در بخش شش آورده شده است.

## ۳-۳) داده‌های تست:

محدوده تست در ناحیه شهر فرانکفورت بود. این محدوده نقشه ۱:۵۰۰۰۰ شهر فرانکفورت را در برگرفت. (در ناحیه Hessun) که در سال ۱۹۸۹ میلادی تنظیم شد. پیش‌بینی Gavss-Kruger (Transverse Mercator) بر پایه Bessel و داده‌های Postdam به کار برده شد. گوشه‌های این ناحیه در مختصات جغرافیایی

upperloft	08°20'E:X=345207.40m
	50°12'N:Y=5562735.94m
upperright(N.W):	08°20'E:X=3452208.84m
	50°12'N:Y=5562576.39m
Lowerleft	08°20'E:X=3452208.84m
Lowerright(S.W):	08°40'E:X=3476104.35m
	50°00'N:Y=5540332.79m

ناحیه‌ای که در تصویر (۳-۱) دیده می‌شود نقشه خلاصه شده به مقیاس ۱:۲۰۰۰۰۰ است.

نگاره (۳-۲) SAR.PRI است تصویر ناحیه ماهواره‌ای SAR.PRT است.

تصویر بُرد زمینی ERS-1:ESASAR.PRI تصاویر ماهواره‌ای

تصویر ESASAR.GEC ellipsoid geocod

تصویر ESASAR.GTcterrain geocod

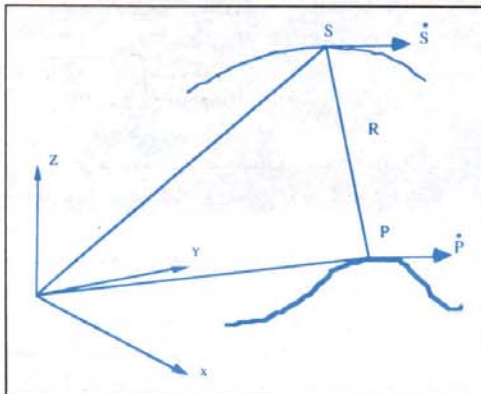
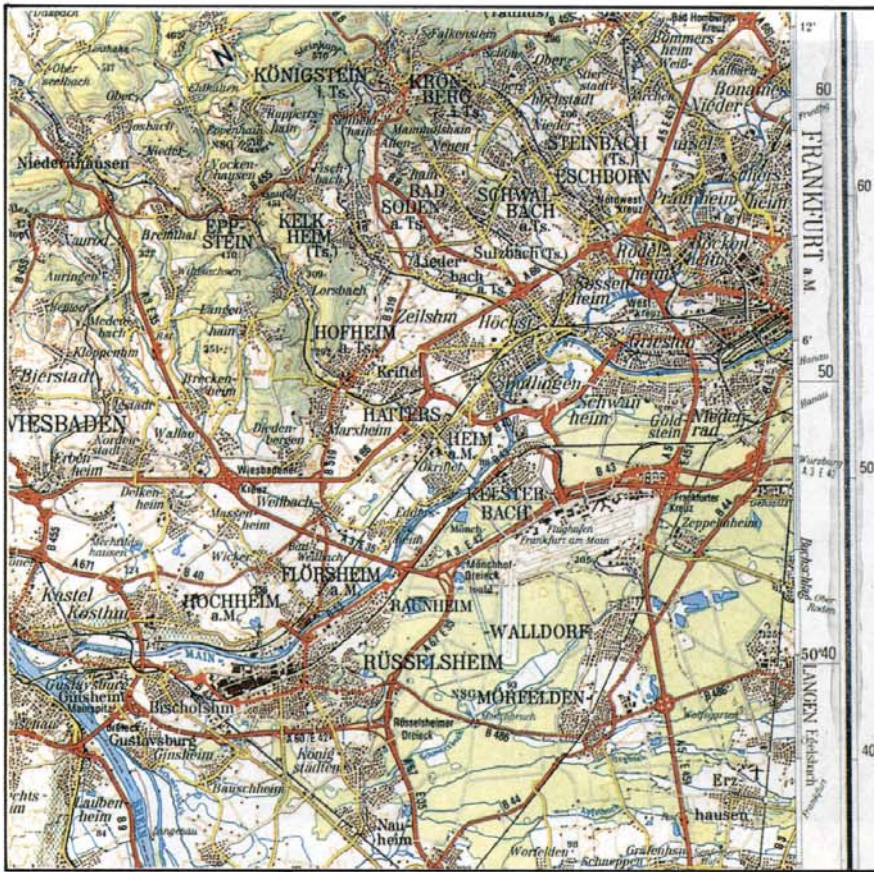
تصویر بُرد DLR Slant

## ● داده‌های مدار:

این مدار اولین مدار تعیین شده توسط مرکز عمل کننده ماهواره برای ESA بود.

DEM - سری داده‌های مربوط به محدوده ۲۰×۲۰ کیلومتری

تصویر (۳-۱)  
نقشه تست  
۱:۲۰۰۰۰  
منطقه



تصویر (۴-۱): اساس رابطه هندسی در SAR

سنجنده عمود است. پس وضعیت تصویر به صورت slantrange زمان آزیموت (azimuth) داده می‌شود.

روند geocoding با تعیین نقاط مربوطه در تصویر با مختصات  $(i,j)$ ، و زمین  $(P)$  با مختصات  $(xp,yp,zp)$ ، تغییر شکل مقدار راديو متریک در تصویر وضعیت مربوطه زمین، سروکار دارد. رابطه اصلی میان وضعیت سنجنده  $(S)$  و وضعیت زمین  $(P)$  داده شده در سیستم هماهنگ برعکس  $x,y,z$  در نگاره  $(1-4)$  نشان داده شده است. رابطه میان این نقاط از معادله زیر به دست می‌آید:

$$R = 1S - P1 \quad [1]$$

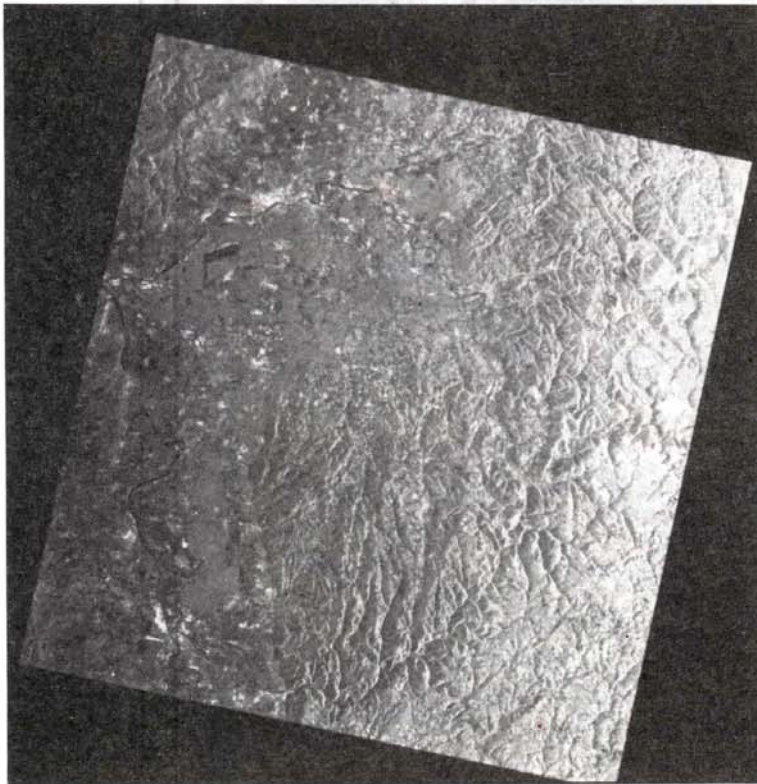
$$FD = \frac{z}{\lambda R} (s - p) \cdot (s + p) \quad [2]$$

در معادله فوق در زمان داده شده  $t$ :

$$R = \text{دامنه شیب}$$

$(X_s, Y_s, Z_s) = S$  بردار وضعیت سنجنده





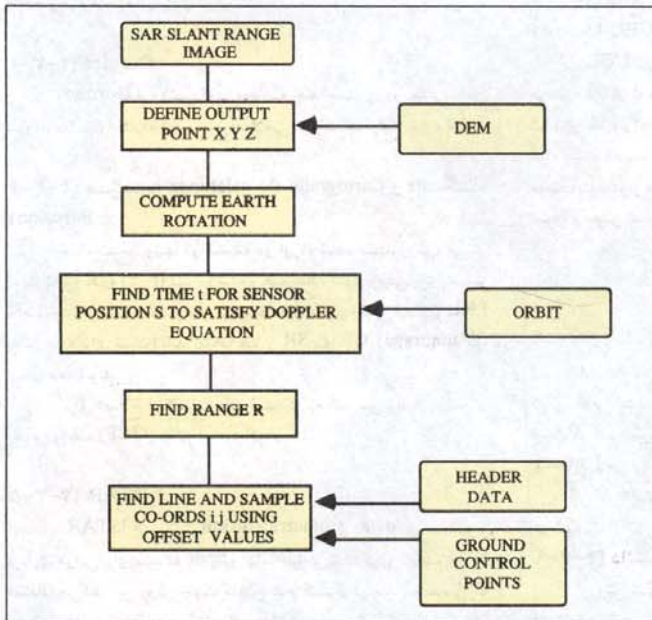
تصویر (۲-۳)  
تصویر SAR  
نشان دهنده  
محدوده تست  
در گوشه  
شمال غربی

اصلاح تأثیرات اختلاف ارتفاع کاهش پیدا می‌کند. می‌توان کاهش جابه‌جایی زمین را با گرفتن میانگین ارتفاع زمین، در مدل پیشی اصلاح کرد. در معادلات  $P(k, j)$  همان  $P$  در نظر گرفته می‌شود که بردار سرعت زمین در نقطه‌ای است که قابل تعیین است. پس مسئله، یافتن مختصات  $P(j, i)$  تصویر است. که در این اطلاعات دانستن مدار ماهواره لازم است. و معمولاً با داده‌ها ارایه می‌شود.

فرکانس Doppler نیز می‌باید مشخص باشد. این مقدار با تصاویر ERS-1 معمولاً برابر صفر است پس یافتن وضعیت مدار  $S$  و سرعت مربوطه  $S$  دامنه‌ای را به دست می‌دهد که در معادله صدق می‌کند. این کار با تکرار انجام می‌شود. با یافتن وضعیت صحیح در مدار می‌توان آنرا زمانی تعبیر کرد که در آن، نقطه فوق تعیین شده است. پس می‌توان زمان و دامنه را به مختصات خط و نمونه موجود در تصویر تبدیل کرد. برای انجام این تبدیل، نقطه رابط بین تصویر و ماهواره را باید مشخص کرد. این اطلاعات در داده‌های بالای تصویر به شکل زمان و دامنه Pixel اول و آخر تصویر،

$S$  = بردار سرعت سنجنده  
 $P =$  بردار وضعیت نقطه  $(X_P, Y_P, Z_P)$   
 $P =$  بردار سرعت نقطه  
 $FD =$  فرکانس Doppler  
 $\lambda =$  طول موج رادار

برای هر نقطه تصویر که با مختصات pixel  $(j, i)$  تشریح شده، دامنه‌ای نسبت به نقاط ثابت روی تصویر در نظر گرفته می‌شود. به عنوان مثال pixel اول و آخر، زمان نیز نسبت به همان نقاط ثابت مشخص می‌شود. مدار ماهواره با دقت نسبی مشخص می‌شود. اما این مدار با توجه به نوع ماهواره تغییر خواهد کرد. برای geocoding معمولاً تبدیل (ترانسفورماسیون) عارضه بر تصویر استفاده می‌شود. با این روش، مختصات  $P$  در تصویر خروجی مشخص می‌شود. ارتفاع از مدل دیجیتال (DEM) گرفته می‌شود. اگر DEM در دسترس نباشد باید از مدل زمینی مثل پیشی استفاده کرد. اما در آن صورت دقت geocoding به واسطه عدم



داده می‌شوند.

این پروسه را می‌توان بدون کنترل زمینی انجام داد (در صورتی که رابطه بین تصویر و وضعیت مدار با دقت کافی داده شده باشد). چنانچه دقت کافی موجود نباشد باید از نقاط کنترل زمینی استفاده کرد.

روند محاسبه مبتنی بر روش فوق، در نگاره (۴-۱) آورده شده است.

می‌توان داده‌های SAR ERS-1 را به صورت تصویر مسرکی به دست آورد. (SAR SLC) که تصویری یک بعدی است (و یا تصویری با چند دید زمینی یعنی SAR geocoder (SAR PRI) ها معمولاً برای ورود یکی از این فرآورده‌ها طراحی می‌شوند. چنانچه از تصویر برد زمینی استفاده شود، آنگاه باید یک مرحله اضافی جهت تبدیل برد محاسبه شده انجام داد.

تمامی شرکت کنندگان در تست geocoding از این روش استفاده می‌کنند. خلاصه‌ای از تمامی روشها همراه با تفسیرهای دریافتی در بخش (۴-۳) آورده شده است.

#### نگاره (۴-۲): مراحل ژئوگذاری برای تصاویر مایل

##### DLR (۴-۳-۲)

پردازشهای آلمانی (PAF) و تسهیلات بایگانی، مسئول ارایه فرآورده‌های geocoded برای ESA هستند. فرآورده‌های اصلی، محصول geocoded ellipsoid (SAR.GEC) و زمین (SAR.GTC) geocoded هستند. هر دوی این فرآورده‌ها برای تست توسط DLR ارایه شدند.

الگوریتم geocoding به کار رفته توسط DLR، روند مذکور را در نگاره (۳-۲) (توسط Roth و دیگران سال ۱۹۹۳ میلادی و Meier سال ۱۹۹۳ میلادی) دنبال می‌کند. برای هر حالت زاویه‌ای، تصاویر SAR (S<sub>0</sub>) بردارهای تندی و موقعیتهای سنجنده محاسبه و سپس ذخیره شده‌اند.

انتقال فرکانس Doppler (FD) برای هر نقطه و یا Doppler centroid مقایسه شد و در پردازشگر SAR مورد استفاده قرار گرفت. مقایسه این دو مقدار، امکان ارزیابی وضعیت جدید ماهواره و کار مسجده را امکان‌پذیر می‌سازد. نقاط کنترل زمینی<sup>۲</sup> (GCP) در خلق فرآورده‌های بکار رفته و ارزیابی کیفیت محصول نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. DLR جواب می‌دهد که مورد بحرانی و شاخص در تولید محصول geocoded اصلاح شده زمین برای این تست عبارتند از: اندازه‌گیری دستی نقاط tie در کل مسایل و کسب و انجام DEM ها به

#### ۴-۲ محصولات جانبی (فرعی):

از تست geocoding فرآورده‌های جانبی (فرعی) می‌توان به دست آورد که به ارزیابی و کاربرد و تصویر geocoding کمک می‌کند. فرآورده‌های اصلی، ماسکهایی هستند که نواحی سایه و Layover را نشان می‌دهند. (تصویری که از DEM) نیز محاسبه می‌شود آن هم برای نشان دادن این مطلب به کار می‌رود که کدام ناحیه از تصویر اصلی یا تصویر geocoded باید در سایه یا Layover باشد. محصول دیگر، ماسک زاویه تلاقی حقیقی را نشان داده و شیب زمین و وضعیت آن را در هر اسکن به حساب می‌آورد. شکل اصلاح شده این محصول، نقشه انرژی است که محدوده مربوط به زمین و جهت آن نسبت به سنجنده sensor را تعیین می‌کند. این محصولات به تفصیل در مقالات Meier و دیگران سال ۱۹۹۳ میلادی و Dowman و دیگران سال ۱۹۹۳ میلادی تشریح و بحث شده است.

#### ۴-۳ نتایج و روشهای شرکت کنندگان

##### ۴-۳-۱ مقدمه

در این بخش مختصری از روش شرکت کنندگان ارایه می‌شود. جزئیات بیشتر مربوط به روشها در ضمیمه دو سپس خلاصه و بحث نتایج در بخش پنج آورده شده است.



## ۸-۳-۴) کالج دانشگاه شهر لندن و آزمایشگاه تحقیقی GEC Marconi

UCL از geocoded ارایه شده با GEC Marconi برای  
موسسه تحقیقات دفاعی بریتانیا استفاده کرد. این روش نیز از روش تشریح  
شده در نگاره (۲-۵) تبعیت می‌کند. طرح "Tie Pointing" به کار برده  
شده است. که بعد از انتقال عوارض به تصویر GCP ها را ارایه کرده، و  
مختصات تصویر محاسبه شده را با مختصات اندازه‌گیری شده، مقایسه  
نموده و سپس تصویر را به شکل زیر اصلاح کرده است.

$$dc = c + b.i + a.L^2$$

دامنه خطای آزیموت:

$$a, b, c: \text{ضرایب}$$

تست نشان داد که در غالب موارد، انتقال azimuth, range برای اصلاح  
تصویر کافی است. در برخی موارد جمله خطی در آزیموت بهبود کمی  
ایجاد می‌کند. تغییرات کوچک در موقعیت تصویر و در نواحی نزدیک  
Layover می‌تواند تغییر زیادی را در موقعیت نظیر خود در نقشه، به وجود  
آورد. این کار باعث تغییر شکل محدوده وسیعی در تصویر Geocoded  
می‌شود.

## ۹-۳-۴) دانشگاه فنی شهر وین (Vienna)

روش شهر وین (Vienna) با روشهای قبلی متفاوت است  
(روشهایی که در آن از برنامه باندل اجستمنت فتوگرامتری به استثناء  
داده‌های مداری استفاده می‌شود. در حالی که از محاسبه ضرایب  
چندجمله‌ای مدار با استفاده از نقاط کنترل زمینی استفاده می‌شود). برنامه  
باندل اجستمنت ORIENT خوانده می‌شود. برای تشریح مدار و  
پارامترهای تصویر جهت مقیاس و امتداد تصویر برداری، از چند جمله‌ای  
درجه ۹ (ن) استفاده می‌شود. این روش به هنگام استفاده از داده‌های  
aircraft scanner تشریح می‌شود.

## ۵) نتایج ژئودگذاری

نتایج حاصله باقیمانده نقاط کنترل کمتر از ۲۰ را نشان می‌دهد، که  
سازگار هستند و نشان می‌دهند که SAR geocoding با این دقت  
امکان‌پذیر است و با الگوریتمهای مختلفی می‌توان به این استاندارد رسید.  
هیچ یک از شرکت‌کنندگان برای ارزیابی نتایج خود از نقاط کنترل (check)  
استفاده نکردند. این کار چند دلیل داشت. Thomson - CSF  
می‌کرد که نقاط کنترل (Check) موجود به حد کافی برای بررسی نتایج او  
دقیق نیستند. دیگر شرکت‌کنندگان، مشکل یافتن نقاط کنترل خصوصاً  
در نواحی تپه‌ای را گزارش کردند. احتمال دارد که برخی اختلافات مشاهده  
شده بر دقت روشهای به کار رفته، مبتنی باشد. تغییر شکل ZD Dornier  
تأثیر relief را اصلاح نمی‌کند و نتایج وینیا (vienner) انطباق خوبی با  
کنترل دارند. اما نتایج دارای دقت کمتر در نقاط نقشه حاصل، استفاده از  
باندل اجستمنت و خطاهای نقشه است. جدای از این موارد، نتایج به نوبه

هنگام وجود مآخذهای متفاوت.

## ۳-۳-۳) Dornier

Dornier از روشی که با محاسبه چند جمله‌ای دو بعدی خطی  
سرکار داشت، استفاده کرد و هیچ اصلاحی در اختلاف ارتفاع انجام نداد.

## ۴-۳-۴) مؤسسه Cartografic de calalunga و دانشگاه Barcelona

مقاله شرح روشها در ضمیمه دو آورده شده است. روش، همان  
است که در نگاره (۲-۳) تشریح شده و هیچ نقطه کنترل زمینی برای تصویر  
SR مورد نیاز نیست. اما در صورت استفاده از تصویر زمینی (تصویر PRL  
به کار رفته برای تست) باید GCP ها از SR به GR (groundrage)  
انتقال داده شوند.

برای اصلاح اطلاعات داده شده در زمان، می‌توان از اولین و  
آخرین ردیف (GCP) ها نیز استفاده کرد.

## ۵-۳-۴) ISTAR

ISTAR از روش "data geometric fusion" و تصویر  
بردارای هوایی برای سیستم Spot و نهایتاً طراحی شده برای سیستم SAR  
استفاده می‌کند. این روش جهت کاهش نقاط کنترل در مدل هندسی با  
وزنهای متفاوت استفاده می‌کند. راه حلها نسبت به وزنهای بسیار حساس  
هستند.

ISTAR همچنین از داده‌های ETOPO 5 نیز استفاده کرد. وی نشان داد  
که این روش در مقایسه با سایر روشها نتایج بهتری را به دست می‌دهند.

## ۶-۳-۴) Thomson - CSF

شرح کار انجام شده توسط Thomson نیز از روند استفاده  
مشابهی حکایت می‌کند. اما GCP را در حل مسایل به کار می‌گیرد. از مدل  
geometric Fusion برای حل تمامی پارامترهای مجهول سنجنده و  
تصحیحات مقادیر اولیه نقاط tie استفاده می‌شود. چنین نتیجه‌گیری  
می‌شود که هنگام بالا بودن خطای اندازه‌گیری، تعدیل وضعیت نقطه tie  
ضروری است. این روش خصوصاً زمانی مفید است که SAR باید با  
داده‌های دیگر سنجنده‌ها ترکیب شود.

## ۷-۳-۴) Telespazio

Telespazio پردازشهای ایتالیایی (PAF) و تسهیلات بایگانی  
را به کار گرفته است. روش به کار رفته برای تست، همان روش به کار رفته  
توسط PAF است. هر دو تصویر geocoded زمین و بیضی قابل تولید  
هستند. تبدیل (ترانسفورماسیون) توسط استخراج نقاط شبکه بر روی  
تصویر انجام می‌گردد. سپس پارامترها برای هر نقطه از شبکه محاسبه شده  
و نقاط درون شبکه‌ها واسطه‌یابی<sup>۳</sup> می‌شوند.

Organisation	Tie points			Check points			Map points		
	No	E(m)	N(m)	No	E(m)	N(m)	No	E(m)	N(m)
Dornier (2D transformation only)	16	30	57						
DLR	35	12.3	10.3	9	9.2	4.8			
ICC	25	18.4	13.4	23	17.4	18.9	16	18.6	21.0
ISTAR	31	8.7	8.0	27	11.4	8.0			
Telespazio									
GEC				17	60.5	36.0			
GTC							30	17.9	18.5
Thomson CSF									
Adj without tie points	35	12.0	10.8						
Adj with tie points	35	1.6	0.5						
TU Vienna	35	5.0						25.0	
University College London	7	4.0	8.5						

داده‌های دیگر ماهواره‌ها بررسی و انجام شد. دو تصویر d از فاز یک تست geocoding و دیگر داده‌های مدل چشم انداز دیجیتالی OEEPE نیز در دسترس قرار داشت. داده‌های زیر مورد استفاده قرار گرفتند:

ERS-1 SAR geocoded scene by DLR

ER-1 SAR geocoded scene by TV Vienna

Landsat - TM7 bands of the Thematic Mapper

KFA-1000 Spaceborne Carnerea orthophoto

تصاویر به صورت هندسی ثبت و با استفاده از ادغام باندهای مختلف تصویر ارزیابی می‌شود. دقت هندسی تصویر حاصله نیز به دست آمد که در پاراگرافهای زیر نتایج اصلی به اختصار آورده می‌شوند.

خط ساحلی رودخانه Main در منطقه شهر فرانکفورت، ساده‌ترین محل بخش قابل ترسیم تست است. این منطقه مشخص‌ترین بخشی است که به وضوح در تمامی تصویربرداری‌ها از جمله مکانهای SAR قابل رؤیت است. مشخص کردن رودخانه‌های کوچک مشکل است. و در بسیاری از موارد با دیگر عوارض خطی مثل جاده‌های درجه دوم اشتباه گرفته می‌شوند (به واسطه شباهت الگوی فضایی خود). دیگر بسترهای آبی مثل برکه‌ها نیز با مکانهای Landsat - TM ادغام شده که با داده‌های SAR به سادگی قابل ترسیم است. در حالی که به صورت مبهمی در SAR/KFA-1000 دیده می‌شود. در تصویربرداری SAR ساختمانها به واسطه ابعاد کوچکشان، جزء عوارض هستند که درست نشان داده نمی‌شوند. در تصویر راداری تنها می‌توان مرزهای مناطق شهری را تشخیص داد. ساختمانهای بزرگ، نواحی صنعتی و فرودگاهها بسیار مبهم (گنگ) نشان داده می‌شوند.

دوره هشتم، شماره بیست و نهم / ۳۹

خود قابل طرح هستند. مسئله اصلی، به دست آوردن DEM‌های مناسب و در صورت دسترسی به آنها تبدیلشان به ماخذ لازم است. گفته شد که کاهش دقت geocoding با فاصله گذاری DEM تا ۲۰۰ متر می‌کند. می‌شود. البته الگوریتمهایی طراحی شده‌اند که بدون نقاط Tie کار می‌کنند. اما برای کنترل کردن و اصلاح انتقال سیستماتیک، به کنترل نیاز داریم همان طوری که قبلاً گفته شد انتخاب نقاط Tie یک روند دستی (مکانیکی) وقتگیر است. به هنگام کنترل کردن مسئله، نتایج مشابهی بروز می‌کند زیرا به انتخاب تعداد زیادی نقطه نیاز داریم. تلویزیون شهر وین (TV Vienna) کاربرد ویژگیهای اقتباس شده از نقشه را آزمود. اما بعداً به مسائل مشابهی رسید. خصوصاً در نواحی مرتفعی که از ویژگیهای فرهنگی برخوردار بودند.

## ۶ کاربرد SAR در نقشه برداری

### ۶-۱ بررسی:

در فاز دوم تست، سه سازمان شرکت کرده و کاربرد داده‌های SAR را در نقشه برداری ارزیابی کردند. این سه سازمان عبارت بودند از: کالج دانشگاه شهر لندن، دانشگاه کشاورزی کشور نوروز، دانشگاه فنی (صنعتی) وین. کار انجام شده توسط هر کدام از آنها متفاوت بوده و به صورت مجزا گزارش شده است.

### ۶-۲ کالج دانشگاه شهر لندن:

در UCL، تعیین کاربری داده‌های SAR نقشه برداری همراه با

نقشه‌ای به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰ به صورت رقومی تهیه گردید و برای برقراری ارتباط عوارض نقشه و تصویر از رابطه خطی استفاده شد.

۱۲ دوازده ویژگی از شانزده مورد فوق به صورت موفقیت آمیزی با عملیات سازگار (منطق) پیوسته و باقی‌مانده  $X = 1/5 \pm 12/5^m$  و  $Y = 1/2 \pm 2^m$  را به دست داد. این امر نشان می‌دهد که به هنگام استفاده از عوارض خطی یا هوایی می‌توان به ارتباط خوبی رسید. البته این مطلب به مشخص کردن ویژگیهای منطقه‌ای کمکی نمی‌کند. این روش قابلیت خودکار شدن (اتوماسیون) را دارد. نتایج دیگر وین، اختلاف زیادی را در حاشیه‌های تصویر geocoded بین دو محصول OLR تولید شده توسط OLR و وین نشان دادند.

#### ۴-۶) اظهارات کلی

ارزیابی پتانسیل داده‌های ERS-1 SAR برای نقشه‌برداری توپوگرافیک، در فاز دوم تست انجام شد. داده‌ها را بعد از ادغام، با داده‌های تصویر ارزیابی کرده و نشان داد که عوارض فرهنگی را می‌توان از روی داده‌های رادار و سیستم پوشش Thematic Mapper و دوربین KFA-1000 Spaceborn تشخیص داد. این موارد با نقشه موجود مقایسه شد. نتایج استفاده از داده‌های تصویر میکروویو Space norm نشان می‌دهد، میزان اطلاعات کمی را (بدون تأثیر داده‌های نقشه) می‌توان به دست آورد. دقتا رضایت‌بخش نبودند (در مقایسه با دقت به دست آمده از داده‌های TM - Landsat و KFA-1000). اگر داده‌های موجود مورد استفاده قرار گیرد، می‌توان عوارض جدیدی را مشخص و نقشه‌برداری کرد.

قابلیت کشف عوارض در تصویربرداری ERS-1 geocoded SAR به وضوح Pixel زمینی 12/5 M بستگی دارد. ماهیت مکانیزم بازتاب فضایی واکنش هدف را کنترل کرده و انحرافات هندسی قابل توجهی را ایجاد می‌کند. دقت نقطه‌یابی در داده‌های ERS-1 SAR خصوصاً نقاطی که با موقعیت GCP ها در مرحله اصلاح سروکار دارند، کیفیت هندسی تصویر geocoded را تعیین می‌کند.

به دست آوردن داده‌های ERS-1 SAR با اورتوسونو KFA-1000 و خصوصاً با باند های TM - Landsat شیوه بسیار خوبی در افزایش اطلاعات فضایی است. عوارض قطعی در تصویرهای رنگی و بدون کمک نقشه راحت‌تر تفسیر می‌شوند.

مفسران دانشگاه کشاورزی نوروز تفسیر تصاویر SAR را مشکل یافتند و تصویربرداری نوری را برگزیدند. آنها فکر می‌کردند که این امر تغییر کیفیت خروجی را افزایش خواهد داد.

#### ۴-۷) نتیجه‌گیری:

تعدادی از شرکت‌کنندگان در این پروژه به بررسی خواص داده‌های SAR ERS-1 پرداختند. آنها نشان دادند که در داده‌های geocoded SAR روش شناسی وجود دارد و در صورت دسترسی به دقت DEM

خانه‌های مناطق مسکونی مشخص نمی‌شوند. رنگ ترکیبات (اجزاء) تصویر، به مشخص سازی خصوصاً در تمایز ساختمانهای متفرّد در نواحی باز کمک می‌کند. جاده‌های اصلی را می‌توان بدون استفاده از نقشه، در سری داده‌ها (به جزء بناهای SAR مجزا) به راحتی تشخیص داد. در تغییر جاده‌های اصلی در نواحی شهری و ساختمانها به صورت مجزا مشکلاتی پدید می‌آید.

دقت نسبی ثبت با اعمال نقشه مرجع در تصاویر دوباره برداشته شده، تایید می‌شود. میزان دقت در نواحی مسطح و در جایی که بیشتر GCP ها واقع شده‌اند، نسبتاً خوب است. انطباق تصویر در طول رودخانه‌ها، جایی که موقعیت GCP ها در پلهای ساده است، بسیار خوب است. تصویر SAR در نواحی غیرمسطح به واسطه مشکلات انتخاب GCP، تناقض زیادی را نشان داد.

استفاده از داده‌های ERS-1 SAR به منظور نقشه‌برداری توپوگرافیک به واسطه ماهیت خود مشکلاتی ایجاد می‌کند. داده‌های فضایی اپتیک از دیگر منابع نشان می‌دهد که ترسیم مستقیم به مراتب مفیدتر است. نتایج تفسیر بعدی داده‌های SAR همراه با نقشه منطقه (به منظور مرور نقشه) و یا همراه با داده‌های چندطیفی نشان دادند که کاربرد بهتری دارند. ثبت دقیق، مهمترین مرحله پیش از پردازش است در صورتی که داده‌ها به این طریق به دست آیند و تست geocoding نشان داد که کارایی زیادی در انجام این کارها دارد.

#### ۴-۶) دانشگاه کشاورزی کشور نوروز:

روش دیگری را در ارزیابی داده‌های نقشه‌برداری به کاربرد. از سری داده‌های ارایه شده توسط دانشگاه فنی وین، پنج ناحیه فرعی ۴۰۰ خط در پانصد Pixel انتخاب شد. برای هر منطقه تفسیر عینی، مستقیماً از روی صفحه نمایش سیستم پردازش تصویر ERDAS انجام شد. هر منطقه به وسیله یک نفر تفسیر شد و این گزارش به عنوان پرونده در کنار تفسیرهای سایر مفسرین ثبت شد. تمامی مفسرین دریافتند که ظاهر شلوغ تصویر ERS 1- SAR در مقایسه با تصویرهای سنجنده‌های sensors نوری در Landsat و Spot معروف مسئله‌ای در تفسیر هستند. تأثیر شدید سطح زمین بر بازتاب سیگنال رادار نیز مسئله می‌باشد زیرا داده‌های نواحی Layover را که با geocoding اصلاح شده‌اند، محو می‌کنند. تصویرهای ماهواره‌ای سنجنده‌های sensor نوری در کل، برای مقاصد نقشه‌برداری و برای مفسرین شرکت کننده در تست ارجحیت دارند. البته تصویرهای ERS-1 SAR برای برخی کاربردها مفید هستند و در کل این نوع نقشه داده‌های ماهواره تصویر Spot و Landsat با ارزشی را به دست می‌دهد.

#### ۴-۶) دانشگاه فنی (صنعتی) شهر وین:

Killiany در سال ۱۹۹۱ میلادی روشی را در ثبت تصاویر با استفاده از عوارض زمین ارایه کرده است. این روش در داده‌های SAR شهر فرانکفورت به کار برده شده است. ۱۶ ویژگی کنترل زمینی مشخص شد و



پارامترهای متنوع، باید ارزیابی شوند. علی‌رغم مسایل تغییر تصویربرداری رادار در کاربردهای نقشه‌کشی، این روش در جامعه دانشمندان، به عنوان سنجنده (sensor) کارآمد مشاهدات زمینی در نظر گرفته شده است. این حقیقت که روش فوق مزئیتهایی نسبت به دیگر سنجنده‌ها (sensor) دارد مانند ارایه نمای بی‌نظیری از زمین و تداوم عرضه داده‌ها و همچنین دسترسی به داده‌ها و قابلیت ارایه اطلاعات در تمامی شرایط جوی، محققین را به تمرکز بر روی پیشرفت بیشتر تکنیکها و برای به دست آوردن نتایج بهتر سوق داده است. این موارد عبارتند از: استفاده از داده‌های SAR نیمه گذرا و تداخل داده‌های Multisensor، تکنولوژیهای بعدی در این بررسی مفید بوده‌اند. روشهای پردازش تصویر مثل تسویه و کشف حاشیه (لبه) کیفیت تصویر را بهبود بخشیده و اطلاعات خطی مربوط به نقشه را ارایه می‌کنند.

انجام این پروژه نشان داده است که داده‌های SAR را می‌توان به صورت هندسی و با دقت بالایی اصلاح کرد. اما در مشخص کردن نقاط کنترل زمینی و تفسیر ویژگیها، مسائل فزاینده‌ای وجود دارد. البته زمانی که قابلیت کار SAR در تمامی شرایط آب و هوایی مطرح می‌شود اطلاعات ذی‌قیمتی به دست می‌دهد به دست آوردن آنها با دیگر وسایل امکان پذیر نیست. در این موارد اصلاح و ثبت داده‌ها ضروری است. □

تصویر ortho حاصله را می‌توان با یک نقشه ۱:۵۰۰۰۰ ثبت کرد. روشن است که روشهای geocoding برای پردازش ESA و بایگانی (PAF) توسط DLR ارایه شدند. مؤثرترین روشهای اقتباس شده از اصلاحات فتوگرامتریک دسته‌ای هستند و نمی‌توانند نتایج یکسانی را به دست دهند. البته آنها باید شرایط ویژه‌ای برای استفاده از داده‌های SAR داشته باشند. در نواحی دارای برجستگیهای کم، geocoding بیضی و روشهای دیگری را می‌توان به صورت کارآمدی مورد استفاده قرار داد.

در فاز دوم مسایل تفسیر داده‌ای SAR مشخص شده است. برای بهبود کیفیت تصویر پیشنهاداتی ارایه شده است. تکنیکها و مزایای ادغام SAR با دیگر داده‌ها نیز نشان داده شده است.

با وجود شرکت سازمانهای متعددی در پروژه، ارتباطی میان پروژه OEEPE و مدل چشم‌انداز دیجیتال اروپایی (DLME) وجود داشته است. لذا یک کارگاه مشترک برپا شد که به بررسی و بحث مقیدی انجامید و در نتیجه برخی کاربردهای داده‌های SAR مشخص شد که عبارتند از: نشان دادن طوفان و طغیان، زمین‌شناسی، ساحل‌شناسی، سطوح برکه و پوشش زمین (تغییرات را کشف می‌کند اما آثر نمی‌سند). قابلیت کار در همه شرایط جوی مزیت مهمی است و می‌تواند به هنگام عملیات نقشه‌برداری در طوفان و برف مفید باشد. این کاربردها با استفاده از Interferometric SAR برای بهبود نقشه‌های پیوسته و کشف تغییرات جدید به کار می‌روند همچنین بررسی شد که پتانسیلی برای ادغام SAR و نوری و طبقه‌بندی وجود دارد. انتظار می‌رفت که استفاده از داده‌های مولتی پلاریزاسیون و Multi incidence از SIR-B و SAR X استفاده از SAR را گسترش می‌دهد. اما هنوز به کار زیادی نیاز بود.

از روی دو پروژه داده‌های مقیدی، در منطقه فرانکفورت به دست آمده است. این داده‌ها در دسترس دانشمندان قرار گرفته است. وجود داده‌های SAR با صفحه‌های متنوع بهبود پیدا کرده است و توسط DLR توزیع خواهد شد.

IFAG داده‌های DLME را به DLR داده است و این داده‌ها برای توزیع بر روی یک exabyte جمع شده‌اند. این داده‌ها موارد زیر را شامل می‌شوند: داده‌های Thematic Mapper سالهای ۱۹۸۴ و ۱۹۸۷ میلادی، داده‌های رقومی شده KFA 1000 و محصولات raster از پروژه DLME از این پروژه می‌توان پیشنهادات زیر را ذکر کرد:

- اتماسیون نقاط کنترل زمینی لازم است. این یکی از مسایل SAR geocoding و داده‌های حاصله بعدی است.

- برای معتبر ساختن فرآورده‌های به دست آمده از منابع مختلف، به کار فراوانی نیاز داریم. هر کدام از فرآورده‌ها، خطاهای مربوط به خود را دارند. که عبارتند از: داده‌های تصویر DEM ها و داده‌های نقشه. برای مشخص کردن این خطاها به روشهایی نیاز داریم.

- در ارایه داده‌های نوری با SAR، ارایه تکنیکها و مشخص کردن کاربردهای داده‌های SAR، به کار فراوان نیاز داریم.

- داده‌های هیات SAR Radarster C, SIR - T, Envisa با

#### پاورقی:

- 1) OEEPE
- سیستم علامت‌گذاری زمینی یک ناحیه  
- Geocoding
- نقاط کنترل زمینی  
2) Ground controlpoint (GCP)
- واسطه‌یابی کردن  
3) to Interpolate