Archive of SID

پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۸، تابستان ۱۳۸۸
صص ۵۸-۴۵

تهیهٔ نقشه و تخمین سطح زیرکشت برنج در شهرستان ساری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای رادارست (RADARSAT)

پرویز ضیائیان فیروزآبادی ـ استادیار دانشگاه تربیت معلم تهران
لیلا صیاد بیدهندی ـ دانشجوی دورهٔ دکترای جغرافیای برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه تهران
محمد اسکندری نوده* ـ دانشجوی دورهٔ دکترای جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران
پذیرش مقاله: ۱۳۸۶/۲/۲۶ تأیید نهایی: ۱۳۸۷/۱۲/۱۹

چکیده

سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی در زمینهٔ رشد کشاورزی و بهبود اوضاع و احوال روستاها و روستاییان نیازمند آمار و اطلاعات درست و بهنگام است. در ایران به‌دست آوردن آمار مربوط به کشاورزی، بیشتر از طریق کارشناسی و روش‌های سنتی صورت می‌پذیرد. بررسی‌ها نشان داده است که این روش‌ها دارای خطاهای زیادی است. در این پژوهش سعی شده است تا با استفاده از روش‌های جدید ـ ازجمله بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای و فناوری‌های سنجش از دور ـ با خطای کمتری به تولید آمار و اطلاعات کشاورزی بپردازد. از درهم آمیختن داده‌ها در قالب سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌توان ضمن رسیدن به نتایجی با دقت و صحت بیشتر، امکان ذخیره و بازیابی، تجزیه و تحلیل، اندازه‌گیری، ترکیب و مدل‌سازی فعالیت‌های مختلف مدیریت منابع زمینی را فراهم آورد. در این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای رادارست دریافتی در سال ۱۹۹۸ و مقایسهٔ آن با تصاویر اپتیکی لندست برای تهیهٔ نقشه و تخمین سطح زیر کشت برنج در شهرستان ساری استفاده شده است. بعد از همسان‌سازیِ مختصاتیِ داده‌های موجود، از روش‌های متفاوت پردازش تصویر ـ ازجمله طبقه‌بندی تصاویر برمبنای روش حداکثر مشابهت (MLC) ـ برای شناسایی و تمییز زمین‌های برنجکاری استفاده شد. مقایسهٔ نتایج به‌دست آمده با نقشه‌های کشت برنج موجود بیانگر آن است که روش‌های کسب آمار کشاورزی از طریق فناوری‌های سنجش از دور، بسیار دقیق‌تر از روش‌های سنتی کسب آمار و اطلاعات مکانی است.

کلیدواژه‌ها: فناوری‌های سنجش از دور، تصاویر ماهواره‌ای رادارست، آمارگیری، شهرستان ساری، برنج.

مقدمه

برنج از اصلی‌ترین اقلام مورد نیاز کشور در سال‌های اخیر به‌شمار می‌آید. وسعت و پراکندگی این محصول مهم کشاورزی در شمال کشور در مقایسه با مناطق دیگر بیشتر است. تاکنون به‌منظور بهبود تولید این محصول مهم تحقیقات بسیار متنوع و زیادی انجام گرفته است، اما در این میان به نحوهٔ توزیع مکانی و وسعت برنجکاری در ایران توجه چندانی

نویسندهٔ مسئول: ۰۹۱۲۶۷۶۵۴۴۶
* E- mail: eskandarinod_education@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

نشده است. تحقیقات نشان داده است که دو استان گیلان و مازندران بالاترین سطح زیر کشت برنج را دارند. برآورد سطح مختلف محصولات کشاورزی در کشور معمولاً از سه طریق کارشناسی، برآورد از طریق فهرست‌برداری و استفاده از فناوری‌های جدید انجام یافته است (مرآت‌نیا، ۱۳۷۵، الف).

دقت روش کارشناسی بسیار اندک است و نمی‌توان نتایج آن را در تصمیم‌گیری‌های مهم به کار گرفت. در روش برآورد از طریق فهرست‌برداری، هرچند سطح زیر کشت محصول تخمین زده می‌شود، اما پراکندگی آن را به دست نخواهد داد. سومین روش، روش استفاده از فناوری‌های جدید ازجمله سنجش از دور[1] و سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی[2] است. در گذشته برای آمارگیری‌های بخش زراعت و باغداری گریزی جز تهیهٔ فهرست سکونتگاه‌ها و بهره‌برداران و احیاناً عکس‌های هوایی نبود و چون تجدید عکس‌های هوایی با تواتر بسیار طولانی انجام می‌گرفت، استفاده از این عکس‌ها هم فقط در موارد استثنایی امکان‌پذیر بود. بنابراین در عمل تنها وسیلهٔ تهیهٔ چارچوب آمارگیری، فهرست سکونتگاه‌ها و بهره‌برداران بود. امروزه با پیدایش داده‌ها و تصاویر ماهواره‌ای، وسیلهٔ سومی نیز برای آماده کردن چارچوب‌ها فراهم شده است.

افزون بر آنچه که گذشت هم‌اینکه به‌علت بروز برخی خطاها ـ به‌ویژه تفاوت میان نتایج آمارگیری‌های مشابه سازمان‌های گوناگون ـ به اعتبار آمارها لطمهٔ زیادی وارد شده است؛ تا جایی‌که مستندات آماری، جای خود را به اظهارنظر این و آن داده است. از این‌رو شایسته است با بهره جستن از همهٔ امکانات، دربارهٔ صحت سنجش‌ها تعمق شود. در این زمینه داده‌های سنجش از دور مغتنم است و به کمک آنها می‌توان علاوه بر اجرای بررسی‌ها و تهیهٔ نقشه‌های گوناگون، مساحت سطح زیر کشت محصولات مهم را نیز محاسبه کرد و با نتایج روش‌های سنتی مقایسه کرد (دریایی، ۱۳۷۵، ۴).

برنج محصولی است که به آب و حرارت فراوان نیاز دارد. بیشتر شالیزارهای برنج در سراسر جهان در مناطق گرم و مرطوب قرار دارند. محیط‌های مرطوب با باران و ابرهای سنگین پوشیده شده است. در مناطق رشد برنج به‌دست آوردن اطلاعات اپتیکی سنجش از دور دشوار است. تصاویر رادار و از آن مهم‌تر تحلیل SAR[3] با همه نوع هوا و مستقل از روشنایی و با قابلیت تصویربرداری و مشاهدهٔ مجدد فرکانس‌ها، منبعی مهم برای پیش‌بینی و نمایش برنج در مناطق حاره و جنب حاره است (Yan, Hao et al., 1998, 2).

با توجه به نکات مذکور و نیز عنایت به اینکه اکثر کشورهای دارای کشاورزی مکانیزه و صنعتی، آمار دقیقی از سرانه‌های کشاورزی‌شان دارند که به آنان در فرایندهای مختلف برنامه‌ریزی یاری می‌رساند، کمبود این داده‌ها در کشور ما کاملاً مشهود و بارز می‌نماید. این فقدان اطلاعات نه تنها در خصوص برنج، بلکه در مورد اکثر محصولات کشاورزی ایران نیز به چشم می‌خورد و ضرورت مطالعات بیشتری را در این زمینه ایجاد می‌کند. تنگنای دیگری که برنامه‌ریزان و محققان را مجبور به استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و تکنیکی عصر حاضر می‌سازد، دقت و صحت اطلاعات پایهٔ آن و

1. Remote Sensing
2. Geographic Information System
3. SAR Analyse

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین نقص و کاستی سایر روش‌های آماری است؛ ازجمله این نارسایی‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- لغزش‌های ناشی از نارسایی چارچوب‌های آماری، نظیر فهرست ناقص آبادی‌ها و به‌ویژه بهره‌برداری‌ها و نادرستی یا کهنگی نقشه‌ها.
- لغزش‌های ناشی از سنجش مانند نارسایی در تنظیم پرسش‌نامه (یعنی ابزارهای سنجش) که موجب از قلم‌افتادگی و دریافت پاسخ‌های غلط است. نارسایی در آموزش پرسشگران و یا بی‌علاقگی آنان که موجب بی‌دقتی در طرح پرسش‌ها و ثبت پاسخ‌هاست؛ و از همه مهم‌تر بی‌اعتمادی پاسخگویان که از موجبات پیدایش جواب‌های نادرست است.
- خطاهای ناشی از نمونه‌گیری که حدود یا بازده اطمینان پاسخ‌ها را زیادتر از حد مورد قبول می‌سازد.

رادارست نوعی ناظر پیشرفتهٔ زمین است، این قمر مصنوعی ساخت کشور کاناداست و تغییرات محیطی و منابع طبیعی و گیاهی را به نمایش می‌گذارد. این فضاپیما در نوامبر سال ۱۹۹۵ به فضا پرتاب شده است. رادارست، کانادا و جهان را با یک قمر مصنوعی و یک سیستم رادار مؤثر مجهز ساخته و دارای قابلیت‌های زیادی در ارائه مستمر و مرتب مقادیر فراوانی از اطلاعات است. همچنین رادارست اطلاعات مفیدی را در مورد تجارت و نیز در مورد کاربران علمی، از جمله در زمینه‌های گیاهی، نقشه‌برداری، آبشناسی، جنگلداری و اقیانوس‌شناسی، اطلاعات یخ‌شناسی و شناسایی سواحل در اختیار می‌گذارد (Rokosh, 2003, 1). با پیشرفت تکنیک‌ها و فناوری‌های سنجش از دور، کاربرد این داده‌ها در علوم طبیعی گسترش روزافزونی یافته است (Wood et. al, 1998, 41).

با تمام این تفاسیر، پیشینه‌ای از رادار و نقش آن در تعیین مکان‌های محصولات کشاورزی در داخل کشور ما وجود ندارد و اطلاعات موجود در داخل کشور، تنها به تصاویر اپتیک محدود می‌شود و نوشتار مربوط به مقولهٔ رادار را تحقیقات و مطالعات خارجی کامل می‌کنند. با توجه به منابع خارجی موجود در خصوص موضوع مورد بررسی، می‌توان به نتایج برخی از طرح‌های تحقیقاتی که به‌صورت مقاله در کشورهای مختلف دنیا ارائه شده است اشاره کرد:

«اوگاوا» و همکاران، اقدام به بررسی نمایش محصول برنج با استفاده از داده‌های رادار و اپتیک کردند. نتایج مطالعات آنان بیانگر این است که به‌دلیل تفاوت در طیف‌های برنج در فصول رویش، می‌توان با تفاوت گذاشتن بین این طیف‌ها، شالیزارهای برنج را شناسایی کرد. با توجه به مزیت تصاویر رادار ـ که در همهٔ شرایط جوّی امکان تصویربرداری آن فراهم است ـ این روش (استفاده از رادار ـ که در همهٔ شرایط جوّی امکان تصویربرداری آن فراهم است ـ این روش (استفاده از رادار و ترکیب آن با تصاویر TM) توانسته است در ژاپن در منطقهٔ ساپورو[1] با ۹۷/۷ درصد صحت، مزارع کشت برنج را مشخص کند (Ogava et al., 1997, 1-7).

«مک نارین» و همکاران وی، پژوهشی را در زمینهٔ فواید کاربرد سنجش از دور در زمینه‌های کشاورزی را در مرکز سنجش از دور کانادا به انجام رسانده‌اند. این پژوهش به نقش سامانهٔ اطلاعات محصول[2] (CIS) اشاره می‌کند و به کاربردهای تصاویر اپتیک و استفادهٔ آن در آشکارسازی محصولات کشاورزی و نیز نقش مؤثرتر تصاویر رادار با پیدایش

1. Sapporo
2. Crop Information System

www.SID.ir

Archive of SID

رادارست ۱ و ۲ می‌پردازد. در پایان پژوهش مذکور، مطالبی نیز در مورد نمایش محصول برنج با استفاده از تصاویر اپتیک و رادار آمده است (Mc.Narin & Brown, 2002, 1-5).

«یان» و همکاران او از داده‌های رادارست برای عملکرد نمایش برنج و پتانسیل آن برای تخمین محصول استفاده کرده‌اند. آنها در مقاله‌شان به اطلاعات ضروری، روش پردازش این اطلاعات، تقویم زراعی و موارد مربوط به محصول برنج پرداخته‌اند و سرانجام نتیجهٔ طرح را به صورت دو نمودار که حاوی Backscatterهای برنج است، ارائه داده‌اند (Yan et al., 1998, 2-10).

«گنگ» و همکاران او در مورد تهیهٔ نقشهٔ پراکندگی برنج با استفاده از SAR ، به استفاده از تصاویر رادار و همچنین استفاده از باند ششم تصاویر TM برای تهیهٔ نقشهٔ برنجکاری اشاره کرده‌اند (Cuong et al., 2002, 2-6).

«لاکول» و همکارانش نیز در مورد نمایش و تخمین میزان سطح زیرکشت محصول برنج با استفاده از باند حرارتی و تصاویر رادارست در دو ایالت پاتومتانی[1] و آیات هایای[2] تایلند مطالعاتی داشته‌اند (Lacoul et al., 2002, 1-5). همچنین «اوکاموتو» و همکاران وی پژوهشی دربارهٔ ارزیابی تغییرات برنج در مناطق حاشیه‌ای در ژاپن انجام داده‌اند، که مشابه تحقیقات پیشین، ترکیب اپتیک و رادار را مدنظر قرار داده و با توجه به همین روش زمین‌های کشت برنج را مشخص ساخته است (Okamoto et al., 2003, 1-8).

به‌طور خلاصه باید گفت که تحقیقات و منابع خارجی فراوانی در این زمینه در دسترس قرار دارد. در داخل کشور، اکثر پژوهش‌های مرتبط با برنج به شمال کشور، یعنی استان‌های گیلان و مازندران اختصاص دارد، و البته مکان‌های کشت برنج در کشور نیز منطبق بر همین نواحی است.

ادارهٔ جهاد کشاورزی استان گیلان در سال ۱۳۷۲ و ۱۳۷۳ اقدام به تهیهٔ نقشهٔ تصویری اراضی برنج‌کاری با استفاده از تصاویر TM کرد (اداره کشاورزی استان گیلان، ۱۳۷۴، ۷۳-۱). بلافاصله پس از این مطالعه، ژاله دریایی و همکارانش در ادارهٔ کل آمار و اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی مازندران، با استفاده از تصاویر TM سال ۱۹۹۳ و بهره‌گیری از اطلاعات ماهواره‌ای، اقدام به برآورد سطح زیر کشت و تهیهٔ نقشهٔ برنج‌کاری استان مازندران کردند (دریایی و دیگران، ۱۳۷۵، ۳۲-۱).

همان‌طور که می‌دانیم پراکندگی و مطالعهٔ آن، از اصول و بنیان‌های علم جغرافیا به‌شمار می‌آید. درک فضایی ـ مکانی پدیده‌ها و طریقهٔ استقرار و مکان‌گزینی آنان، وابسته به درک قانون‌مندی‌های مختلف در پیدایش این پراکندگی‌هاست. به عبارت دیگر، پراکندگی‌های صورتبندی در هر مکان، معلولی از نظام‌های مختلف فضایی ـ مکانی، اجتماعی، اقتصادی و حتی سیاسی و اداری آن قلمرو محسوب می‌شوند. لذا ضروری است که با توجه به قانون‌مندی‌های موجود، برای رفع کاستی‌های اطلاعاتی اقدام شود و تا حد امکان، آمار و داده‌های توصیفی و ابزاری جامع‌تری در خصوص پراکندگی محصولات و سطوح زیر کشت تهیه گردد. پژوهش حاضر، بر آن است تا با توجه به نقش حیاتی و مهم محصول برنج در زنجیرهٔ غذایی مردم کشور و همچنین اهمیت این محصول میان اقلام کشاورزی، به مطالعهٔ سطح

1. Pathumthani
2. Ayuatthaya

www.SID.ir

Archive of SID

زیر کشت و تهیهٔ نقشهٔ پراکندگی آن اقدام کند. از آنجا که بیشتر مناطق شالیکاری در شمال ایران و در دو استان گیلان و مازندران قرار دارند و اینکه استان مازندران رتبهٔ اول را در تولید و سطح زیر کشت برنج نسبت به سایر استان‌ها داراست، به مطالعهٔ زمین‌های شالیکاری در مرکز این استان ـ یعنی شهرستان ساری ـ پرداخته شده است.

در پژوهش حاضر سعی بر آن است تا با استفاده از فناوری‌های جدید سنجش از دور و سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی (GIS)، نقشهٔ پراکندگی و سطح زیرکشت برنج در شهرستان ساری تهیه گردد. مزیت پژوهش حاضر در آن است که افزون بر استفاده از داده‌های اپتیک، نظیر تصاویر هفت‌باندی سنجندهٔ TM، از داده‌های راداری که سنجندهٔ رادارست[1] کانادا تهیه کرده است، بهره می‌جوید. اساس و بنیان این تحقیق، تحلیل تصاویر رادار با استفاده از رایانه و نرم‌افزار PCI.GEOMATICA است.

به‌طور کلی هدف از این تحقیق عبارت است از:

۱. تهیهٔ نقشهٔ پراکندگی برنج در شهرستان ساری با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای (RADARSAT,TM).
۲. تخمین و برآورد سطح زیر کشت برنج در شهرستان ساری با استفاده از روش‌های ابزاری و بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای مذکور.
۳. اکثر برآوردهای سطح زیر کشت در کشور براساس روش‌های کارشناسی بوده است، در اینجا سعی بر آن است تا با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای، روشی ارائه گردد که تخمین و برآورد سطح زیر کشت با خطای بسیار کمتری در مقایسه با گذشته صورت پذیرد.

مواد و روش‌ها

اطلاعات مورد استفاده در منطقهٔ مورد مطالعه شامل تصاویر ۳ زمانهٔ ماهوارهٔ رادارست، تصویر اپتیکی ماهواره لندست و وکتور نقشه‌های کاربری اراضی و آمار و اطلاعات مربوط به محصولات کشاورزی منطقه، به‌ویژه برنج و تقویم زراعی آنهاست. همچنین از روش حداکثر مشابهت برای طبقه‌بندی تصاویر و آشکارسازی تغییرات استفاده شده است.

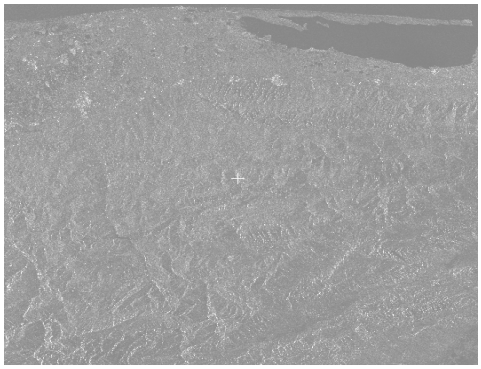
تصاویر ماهواره‌ای رادارست

این تصاویر متعلق به ماهوارهٔ رادارست کشور کانادا و مربوط به ۳ ماه مختلف از سال ۱۹۹۸ است. تصویر اول در تاریخ ۵ ماه می ۱۹۹۸ از منطقهٔ مورد مطالعه دریافت شده است (زمان کاشت). قدرت تفکیک مکانی این تصویر ۱۲/۵ متر و قدرت تفکیک رادیومتری آن ۱۶ بیت است (شکل ۱). تصویر دوم در تاریخ ۲۲ ماه ژوئن از منطقه دریافت شده و قدرت تفکیک مکانی و رادیومتری آن همانند تصویر اول است (زمان داشت) (شکل ۲). تصویر سوم در تاریخ ۲ ماه سپتامبر ۱۹۹۸ از منطقه مورد مطالعه گرفته شده و قدرت تفکیک مکانی و رادیومتری آن مشابه تصویر اول و دوم است (زمان برداشت) (شکل ۳).

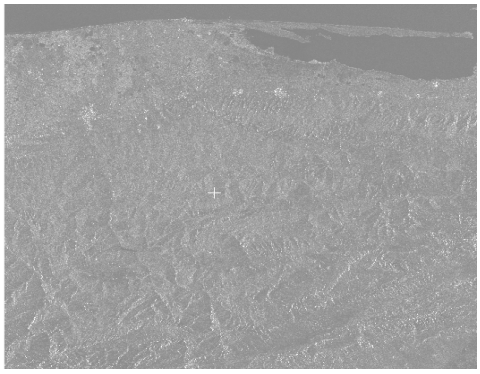
1. RADARSAT

www.SID.ir

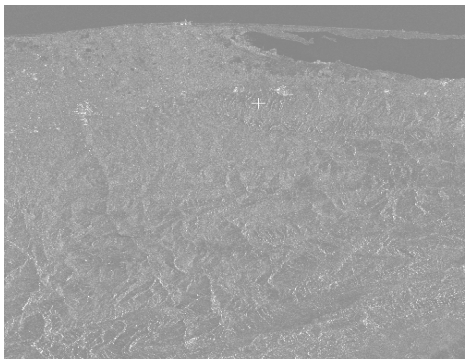
Archive of SID



شکل ۱. تصویر رادارست در تاریخ ۱۹۹۸/۵/۵



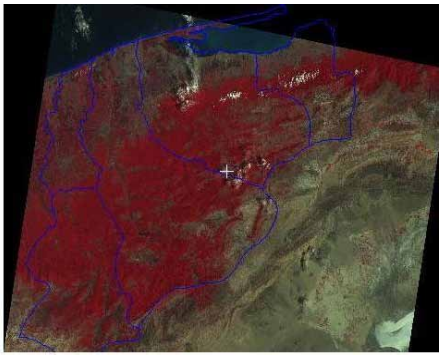
شکل ۲. تصویر رادارست در تاریخ ۱۹۹۸/۶/۲۲



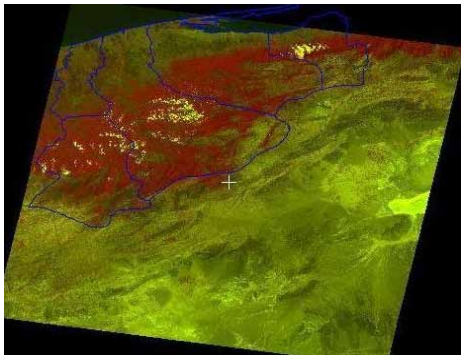
شکل ۳. تصویر رادارست در تاریخ ۱۹۹۸/۹/۲

تصاویر اپتیکی ماهواره لندست

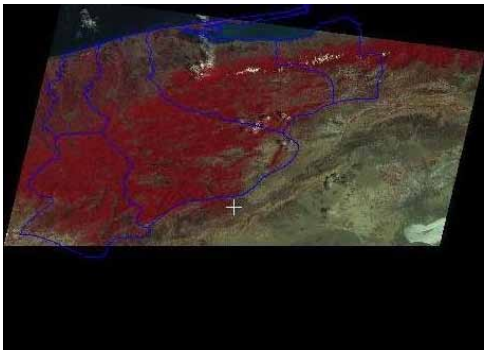
این تصاویر مربوط به ماهوارهٔ لندست ۵ است که در سال‌های ۱۹۹۷ و ۱۹۹۸ از منطقهٔ مورد مطالعه دریافت شده است. این تصاویر ۷ باند دارد و قدرت تفکیک مکانی آنها ۳۰ متر و در باند حرارتی (باند ۶) ۱۲۰ متر است. قدرت تفکیک رادیومتری این تصاویر ۸ بیت است (شکل ۴ و ۵). شکل ۶ تصویر زمین مرجع‌شدهٔ اپتیک بین تصاویر ۴ و ۵ است.



شکل ۴. تصویر زمین مرجع‌شده اپتیک ۱۹۹۸



شکل ۵. تصویر زمین مرجع‌شده اپتیک ۱۹۹۷



شکل ۶. تصویر زمین مرجع‌شده اپتیک
بین تصاویر سال‌های ۱۹۹۷ و ۱۹۹۸

www.SID.ir

Archive of SID

آمار مربوط به سطح زیرکشت محصولات مختلف، به‌ویژه برنج در منطقه مورد مطالعه یکی دیگر از داده‌های مورد نیاز و ضروری در پژوهش حاضر بود. همچنین از تقویم زراعی کشت برنج در منطقه و تطابق تاریخی آن با محصولات دیگر نیز در این پژوهش بهره گرفته شد.

الگوریتم طبقه‌بندی از طریق حداکثر مشابهت[1] (MLC)

این روش برمبنای حداکثر احتمال است و پیکسل را به کلاسی تعلق می‌دهد که بیشترین احتمال تعلق به آن کلاس را به‌صورت شرطی داراست. مبنای این روش براساس قانون بیشترین احتمال است و به‌صورت زیر عمل می‌کند:

$$\begin{aligned} &If \\ &P(i)P(x|i) \geq P(j)p(x|j) \\ &And \quad p(X|i)p(i) > Ti \\ &Then \quad X \varepsilon i \end{aligned} \qquad (۱)$$

که در اینجا i کلاس (طبقه)، x درجهٔ روشنایی (DN) و Ti عدد مربوط به آستانه است. که می‌توان آن را چنین بیان کرد:

$$\begin{aligned} &gi(X) = Lnp(i) + LnP(X|i) \\ &If \\ &gi(X) > gi(x) \\ &And \\ &gi(X) > Ti \\ &Then\ X \varepsilon i \end{aligned} \qquad (۲)$$

مراحل اجرای تحقیق

۱. ورود داده‌ها به سامانهٔ پردازش تصاویر:

ورود داده‌های راداری به نرم‌افزارهای سنجش از دور، به‌صورتی‌که این نرم‌افزار قادر باشد پارامترهای تصویر را به‌صورت کامل بشناسد تا از روی آن قادر به استخراج بازگشت انرژی و زاویهٔ برخورد[2] این داده‌ها باشد تا بتوان از آن برای عمل آشکارسازی تغییرات استفاده کرد.

در پژوهش حاضر این عمل با استفاده از نرم‌افزار PCI و بخش CDSAR آن که ویژهٔ ورود داده‌های سنجنده‌های رادارست و ERS طراحی شده است، انجام پذیرفت و هر سه تصویر با این روش به این نرم‌افزار وارد شدند. در این بخش از نرم‌افزار PCI فرمت LGSOWG (CEOS) تصویر راداری به فرمت pix ـ که پسوند فایل‌های این نرم‌افزار است ـ تبدیل گردید، بدین ترتیب این نرم‌افزار، تصویر رادارست را همراه با پارامترهای موجود در فایل‌های آن می‌خواند و ذخیره می‌کند.

1. Maximum Likelihood Classification
2. Backscatter & incidence angle

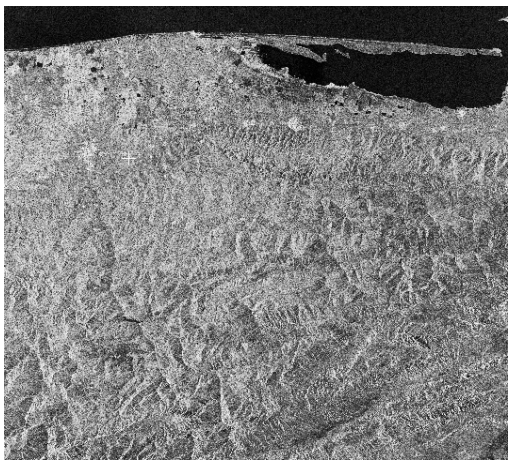
www.SID.ir

Archive of SID

۲. استخراج بازگشت انرژی (Backscatter) تصاویر راداری:

استخراج بازگشت انرژی تصاویر راداری حتماً مستلزم شناخت پارامترهای تصاویر راداری به‌وسیلهٔ نرم‌افزار است تا بتواند اجزای لازم برای محاسبهٔ بازگشت انرژی را شناسایی و محاسبه کند. در نرم‌افزار PCI Geomatica این عمل در قسمت SARSIGM انجام می‌شود. وظیفه این بخش از نرم‌افزار، تهیهٔ یک باند بازگشت انرژی از تصویر خام راداری است و برای هرکدام از تاریخ‌های تصویر رادار (۳ زمانه) یک بازگشت انرژی مخصوص به خود تولید گردید، که قدرت تفکیک رادیومتری آن ۳۲ بیت است.

برای محاسبهٔ بازگشت انرژی باید زاویهٔ برخورد نیز به‌وسیلهٔ قسمت SARINCD نرم‌افزار PCI محاسبه می‌گردید. در پژوهش حاضر، مرحلهٔ ایجاد باند بازگشت انرژی در نرم‌افزار PCI انجام شد تا در مراحل بعدی مورد استفاده قرار گیرد. شکل‌های ۷، ۸ و ۹ بازگشت‌های انرژی تولیدشده‌اند.



شکل ۷. بازگشت انرژی تصویر اول رادار ۱۹۹۸/۵/۵

شکل ۸. بازگشت انرژی تصویر دوم رادار ۱۹۹۸/۶/۲۲

شکل ۹. بازگشت انرژی تصویر سوم رادار ۱۹۹۸/۹/۲

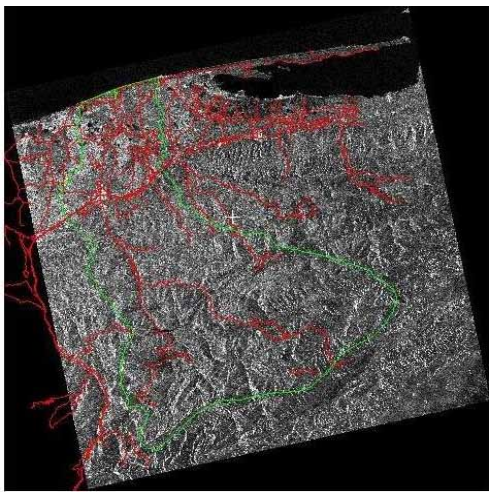
۳. انطباق تصاویر راداری ۳ زمانه و زمین مرجع کردن تصاویر:

از آنجا که در پژوهش حاضر، سنجش قابلیت تصاویر راداری برای عمل آشکارسازی تغییرات مدّنظر است، باید

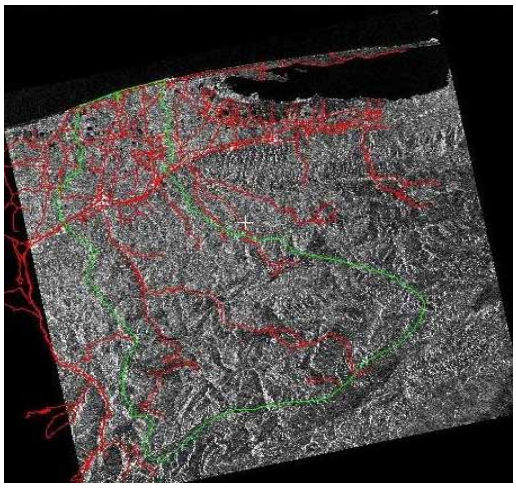
www.SID.ir

Archive of SID

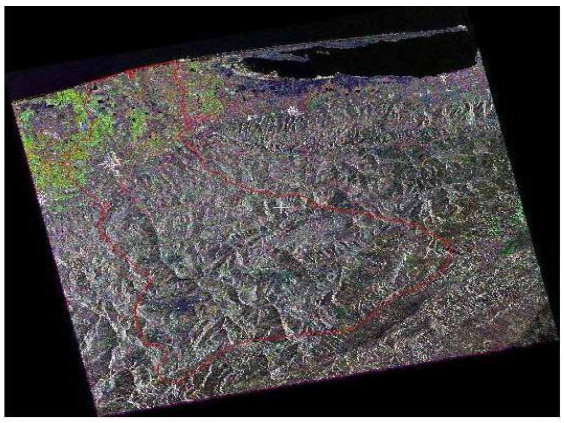
تصاویر زمان‌های مختلف به‌طور دقیق و با حداقل خطا با یکدیگر منطبق باشند، وگرنه آشکارسازی تغییرات آنها دقت پایینی خواهد داشت و خطای آن بالا می‌رود. در پژوهش حاضر، تصویر مربوط به ماه ژوئن به‌عنوان تصویر مبنا گرفته شده و دو تصویر دیگر با آن منطبق شده‌اند (شکل‌های ۱۰، ۱۱ و ۱۲). با توجه به اینکه نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و نقشه‌هایی که وزارت جهاد کشاورزی تهیه کرده، به‌صورت غیررقومی در دسترس کاربران است، این نقشه‌ها پس از اسکن به‌وسیلهٔ بخش Gcpworks نرم‌افزار Geomatica زمین مرجع شدند. در مرحلهٔ بعد، تصاویر ماهواره‌ای اپتیکی و راداری بر مبنای نقشه‌های زمین مرجع‌شدهٔ توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ زمین مرجع شدند. داده‌های راداری و اپتیک از لحاظ رادیومتریک مشکل خاصی نداشتند، لذا تصحیح رادیومتریک بر روی آنها انجام نشد.



شکل ۱۰. Register شده رادار در تاریخ ۱۹۹۸/۶/۲۲



شکل ۱۱. Register شده رادار در تاریخ ۱۹۹۸/۹/۲



شکل ۱۲. Register تصاویر اول، دوم و سوم رادار منطبق بر هم

بدین ترتیب تصاویر رادار مربوط به سه دورهٔ کاشت، داشت و برداشت برنج تهیه گردید. از میان روش‌های متفاوتی که برای آشکارسازی تغییرات وجود دارد، در این پژوهش از روش مورد اشاره در نرم‌افزار GEOMATICA استفاده شد. به‌دلیل اینکه عمل آشکارسازی تغییرات در تصاویر راداری علاوه بر تغییرات محصول برنج، تغییرات سایر محصولات را نیز شامل می‌شد، با استفاده از تقویم زراعی محصولات کشاورزی استان مازندران، تغییرات محصول برنج نیز در تصاویر ماهواره‌ای شناسایی گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

یافته‌های تحقیق

در پژوهش حاضر به‌منظور آشکارسازی تغییرات منطقهٔ مورد مطالعه با استفاده از تصاویر راداری، نقشهٔ نهایی مناطق زیرکشت برنج با استفاده از تصاویر راداری تهیه گردید و سپس تغییرات منطقه با نقشه کاربری اراضی مقایسه شد. نتیجهٔ این مقایسه نشان می‌دهد که تصویر تغییرات منطقهٔ مورد مطالعه با کاربری برنج منطبق است. در ادامه، مناطقِ بدون تغییر و یا با تغییرات منفی در تصویر تغییرات حذف شدند و مناطق باقی‌مانده به‌عنوان نقشهٔ کاربری برنج معرفی گردیدند. در تهیهٔ نقشهٔ برنج‌کاری، از ترکیب تصاویر اپتیکی و راداری استفاده شد که نتایج مطلوبی دربرداشت و دقت تصویر تولیدی را افزایش داد. در ادامه، نتایج این تحقیق همراه با مراحل اجرای آن در هر مرحله ذکر می‌شود.

در زمان انجام پژوهش حاضر، نقشه‌های کاربری اراضی موجود از منطقه با تصویر اپتیکی منطقهٔ مورد مطالعه مقایسه شد. مقایسهٔ آنها نشان داد که نقشه‌های کاربری موجود با اشکالاتی مواجه‌اند که ازجمله می‌توان به کوچک بودن مقیاس نقشه‌ها اشاره کرد، به‌طوری‌که نمی‌توان این نقشه‌ها را با پیکسل‌های ۱۲/۵ متری رادار مقایسه کرد و دقت نقشه‌های به‌دست آمده از این تصاویر را با این نقشه‌ها منطبق دانست. از طرفی چون این پژوهش بیشتر با دیدگاه کشاورزی انجام پذیرفته و هدف از آشکارسازی تغییرات در آن تهیهٔ نقشهٔ برنج‌کاری منطقهٔ مورد مطالعه است، این نقشه‌ها باید با نقشه کاربری زمین همان سال مورد مقایسه قرار گیرند و از روی نقشهٔ شدت تغییرات و تقویم زراعی منطقهٔ مطالعاتی به نوع محصول پی برده شود و نقشهٔ مربوط به آنها تهیه گردد.

در اینجا برای تهیهٔ نقشه برنج‌کاری، از تصاویر اپتیکی و راداری به‌صورت توأم استفاده شده است. دلیل این استفاده، جمع‌کردن مزیت‌های تصویر راداری و اپتیکی در یک تصویر است، تا بتوان با استفاده از آن تصویری به‌دست آورد که بیشترین دقت را برای نقشه‌بندی کاربری زمین فراهم کند و از دید بصری، هم از تصویر اپتیکی و هم از تصویر راداری قوی‌تر باشد و امکان دید تفسیری بهتری را برای استفاده‌کنندگان از تصویر فراهم آورد. برای تهیهٔ نقشهٔ برنجکاری منطقهٔ مورد مطالعه، ابتدا تصاویر اپتیکی منطقه بررسی گردید. این تصاویر را ماهوارهٔ لندست در سال‌های ۱۹۹۸ و ۱۹۸۷ از منطقه دریافت کرده بود. از آنجا که تصویر سال ۱۹۹۸ همزمان با تاریخ تصاویر راداری ما بود ـ یعنی در همان سال از منطقه دریافت شده بود ـ به‌عنوان تصویر اصلی اپتیک در نظر گرفته شد. این تصویر دارای ابر است و باید توجه داشت که در مناطق ابری، علاوه بر قدرت دید پایین، در طبقه‌بندی تصویر نیز دشواری‌هایی ایجاد می‌شود و دقت طبقه‌بندی پایین می‌آید. این در حالی است که در تصویر رادار ابر وجود ندارد و امواج راداری قادر به عبور از ابر هستند. از طرفی در همین تصویر اپتیکی، جنگل‌های شمال به‌خوبی با تصویر رنگی مجازی قابل رؤیت و جداسازی و نقشه‌بندی هستند، درحالی‌که در تصویر راداری پیکرهٔ شهرها با مناطق جنگلی و کوهستانی شبیه یکدیگرند و از این جهت این تصویر دارای نقص است (تأکید بر استفادهٔ توأم از تصاویر اپتیک و رادار به همین دلیل است).

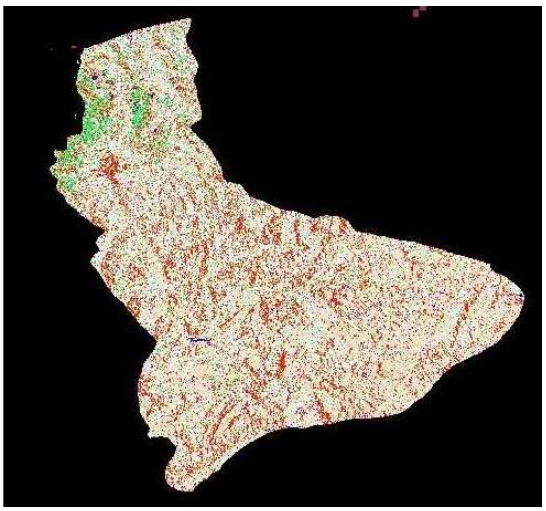
طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای از طریق حداکثر مشابهت (MLC): با استفاده از روش شناسایی تغییرات[1] و استفاده از داده‌های راداری تاریخ‌های اول، دوم و سوم، تصویری حاصل شد که نشانگر محدوده‌های تغییریافته در فاصلهٔ زمانی

1. Change detection

www.SID.ir

Archive of SID

دریافت تصاویر است. چون این تصویر نشان‌دهندهٔ محل‌هایی است که تغییرات را افزون بر روی شالیزارها بر روی نواحی دیگر نیز نشان می‌دهد، لذا از تصویر اپتیکی هم استفاده شد تا بتوان محل‌هایی را مشخص کرد که تغییرات آنها بیشتر در اثر کشت برنج بوده است و نه کشت دیگر. بدین وسیله و با استفاده از روش طبقه‌بندی برمبنای حداکثر مشابهت (MLC) داده‌های راداری طبقه‌بندی شدند و نواحی برنج‌کاری‌شده از نواحی دیگر جدا شدند. تصویر شماره ۱۳ به ترتیب تغییرات آشکارشده را در تصاویر منطبق شدهٔ تاریخ‌های اول، دوم و سوم رادار و طبقه‌بندی تغییرات مذکور را به روش طبقه‌بندی برمبنای حداکثر مشابهت نشان می‌دهد.



شکل ۱۳. تصویر تولیدشده تغییرات به روش MLC

با توجه به تصاویر تولید شدهٔ برنج‌کاری که از ترکیب رادار و اپتیک به‌دست آمد، سطح زیر کشت برنج در شهرستان ساری معادل ۲۳,۱۳۶ هکتار ارزیابی شد. طبق بررسی‌های به‌عمل آمده و شرایط خاص تصاویر اپتیک در روزهای ابری و نارسایی تصاویر در این مواقع، تصاویر رادار که بدون تأثیرپذیری از ابرناکی هوا، اطلاعات دقیقی از سطح زمین ارسال می‌دارند، قابل اطمینان‌ترند و به احتمال زیاد ابرناکی هوا در نتایج استخراج‌شده از تصاویر اپتیک سطح زیر کشت نمی‌تواند به‌تنهایی مساحت واقعی زمین‌های برنج‌کاری و حتی تغییرات را نشان دهد (کمااینکه رادار هم به تنهایی محدودیت‌هایی دارد و مراد بررسی تلفیقی از هر دو تصویر است).

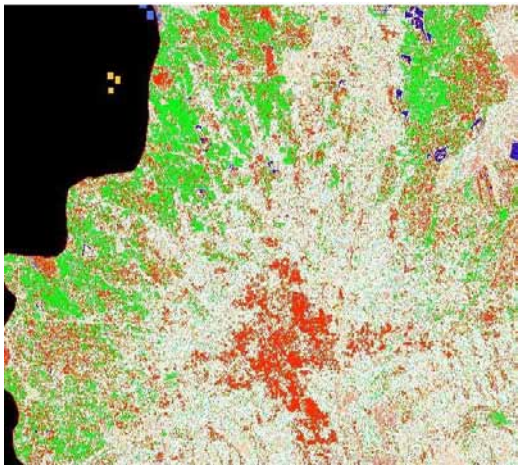
لازم به ذکر است که وزارت کشاورزی (سابق) در آمارنامهٔ کشاورزی استان به‌صورت کارشناسی سطح زیر کشت برنج را در سال ۱۳۷۷ ـ که مصادف است با تاریخ تصاویر مورد بررسی ما ـ برابر با ۲۷,۴۳۵ هکتار اعلام کرده است (وزارت کشاورزی، ۱۳۷۷، ۲۵). این ارقام نیز نشان می‌دهد که نتایج حاصل از تصاویر تلفیقی رادار و اپتیک، هم از لحاظ تکنیکی و فنی صحیح‌تر و بدن خطاتر از تصاویر اپتیک تنهاست و هم در مقایسه با بحث‌ها و برآوردهای کارشناسی ـ که مبنایی نظری توأم با اعمال نظر و سلایق دارند ـ قابل اعتمادترست.

چون داده‌های ماهواره‌ای موجود به زمان‌های گذشته مربوط بودند، دو مشکل عمده در بررسی این تصاویر پیش رو بود. یکی از آنها تعیین محل‌های مناسب برای طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای راداری بود که با استفاده از نقشهٔ کاربری اراضی تولیدشده به‌وسیلهٔ وزارت جهاد کشاورزی برطرف گردید. دومین مشکل، عدم دسترسی به دقتِ نتایج آماری

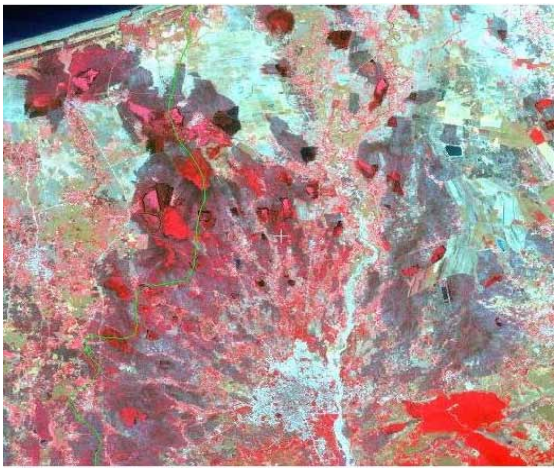
www.SID.ir

Archive of SID

به‌دست آمده بود، چرا که به‌دلیل تغییرات فراوان کاربری اراضی، نمی‌توان با بازدید زمینی دقت نتایج آماری را مشخص ساخت. به هر حال، نتایج آماری حاکی از آن است که فناوری‌های سنجش از دور و سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌توانند در برآورد سطح زیرکشت محصولات کشاورزی ـ به‌ویژه برنج ـ مؤثر باشند. شکل ۱۴ پراکندگی و موقعیت شالیزارها را در منطقهٔ ساری نشان می‌دهد (تصویر رادار). این تصویر ـ با تغییراتی ـ مشابه شکل ۱۵ است، که پراکندگی برنج را در همان منطقه نشان می‌دهد (تصویر اپتیک).



شکل ۱۴. نتایج نهایی تغییرات به‌دست آمده از تصاویر رادار



شکل ۱۵. نتایج نهایی تغییرات به‌دست آمده از تصاویر اپتیک

میزان همبستگی بالای بین دو شکل ۱۴ و ۱۵ نشان می‌دهد که توان ترکیب دو دادهٔ ماهواره‌ای (داده‌های اپتیکی و راداری) در برآورد سطح زیر کشت و پراکندگی برنج بسیار خوب و مناسب است.

نتیجه‌گیری

زندگی روستاییان و معیشت آنان وابستگی مستقیم به کشاورزی دارد؛ به عبارتی اقتصاد روستایی ـ به‌ویژه در روستاهای ایران و روستاهای شمال کشور ـ بر بخش کشاورزی متکی است. استفادهٔ بهینه از زمین‌های کشاورزی دغدغهٔ مسئولان کشوری و استانی در نواحی مرتبط است، و امید است که پژوهش حاضر بتواند کمک ارزنده‌ای در تبدیل کشاورزی سنتی به کشاورزی کاربردی و استفادهٔ بهینه و مؤثر از زمین، نهاده‌ها و حتی در سیاست‌گذاری‌های کلان کشاورزی باشد.

با توجه به چنین ضرورتی، فواید استفاده از روش‌های کمّی در برآورد واقعی سطح زیر کشت محصولات مشخص می‌شود. همچنین استفاده از فناوری سنجش از دور در مطالعات روستایی و کشاورزی، منافع بسیار ارزنده‌ای برای سیاست‌گذاران بخش کشاورزی به دنبال دارد. به‌عنوان نمونه با آگاهی از نتایج این مطالعات می‌توان از تغییرات کاربری اراضی کشاورزی جلوگیری کرد و با تخمین دقیق سطح زیر کشت، از پتانسیل‌های واقعی نواحی کشاورزی آگاه شد.

همچنین آگاهی مسئولان از سطح زیر کشت سبب حل مسائل حقوقی زمین می‌شود و با استفاده از نقشه‌های تولیدشده می‌توان مرزبندی زمین‌های کشاورزی را که از موانع اساسی و سنتی کشاورزی بومی در ایران به‌شمار می‌آید، برطرف ساخت.

مهمتر از همه اینکه، مسئولان و کشاورزان با آگاهی از سطح زیرکشت می‌توانند خدمات و تجهیزاتی منطبق با

www.SID.ir

Archive of SID

داشته‌های موجود ارائه کنند و یقیناً این امر در بهبود اوضاع کشاورزی در زمینه‌هایی از قبیل بذرهای اصلاح شده، ساخت سیلوها و انبارها، خدمات مکانیزه و منطبق با شرایط بومی و سایر موارد مفید واقع می‌گردد.

استفاده از داده‌ها و اطلاعات مکانی، علوم را در محیط جدیدی قرار داده است که اعتنا نکردن به آن سبب رکود و عقب‌ماندگی می‌شود. برآوردهای کارشناسی و غیرعلمی که از محاسبهٔ سطح زیر کشت به‌صورت پرسش‌نامه‌ای و حضوری به دست کارشناسان انجام می‌شود، دوران خود را سپری کرده است و بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای به مثابهٔ راهکاری جدید نه تنها کاستی‌های ناشی از خطای انسانی را کاهش می‌دهد بلکه می‌تواند در امر برنامه‌ریزی‌های مختلف در حیطه کشاورزی نیز کارگشا باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که استفادهٔ توأم از تصاویر رادار و لندست در مطالعات کشاورزی مورد توجه و تأکید قرار گیرد.

نتایج به‌دست آمده از انجام این تحقیق به‌همراه پیشنهادهای مرتبط را می‌توان چنین بیان کرد:

۱. هرچند داده‌های سنجنده‌های اپتیکی توان زیادی در تولید نقشه‌های بهنگام دارند، اما وجود ابر موجب کاهش توانایی در استفاده از آنها می‌شود و داده‌های راداری جایگزین مناسبی در مناطق با پوشش ابری به‌شمار می‌آیند.

۲. تحقیق در زمینهٔ تجزیه و تحلیل داده‌های راداری، از نیازهای جامعهٔ سنجش از دور است و کاربردهای این داده‌ها در زمینه‌های برآورد رطوبت خاک و تولید مدل ارتفاعی رقومی زمین (DEM) از جمله زمینه‌های بکر تحقیقات به‌شمار می‌آید.

۳. تلفیق داده‌های اپتیکی و راداری[1] می‌تواند کمک مؤثری در بهبود نقشه‌های تولیدشده باشد.

۴. استفاده از داده‌های حرارتی به‌همراه داده‌های راداری و اپتیکی نیز می‌تواند زمینه‌ساز پیشرفت در تولید نقشه‌های موضوعی به‌شمار آید.

۵. هرچند در این پژوهش به‌طور مستقیم به هزینه و زمان لازم برای انجام چنین محاسباتی پرداخته نشده اما آنچه مسلم است عدم نیاز به مراجعهٔ مستمر به مزارع کشاورزی و انجام پرسش و پاسخ، باعث کاهش در هر دو مورد (هزینه و زمان) خواهد شد.

۶. برنامه‌های مستمر استفاده از داده‌های ماهواره‌ای می‌توانند زمینه‌ساز ایجاد داده‌های مبنایی در سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای برنامه‌ریزی‌های مناسب در بخش کشاورزی کشور به‌شمار آیند.

منابع

Agricultural Ministry of Iran, 1377, S**tatistic Book of Agricultural Crops in Mazandaran Province**.

Agricultural Ministry of Iran, 1383, **Land sat Satellite Image in 1998**.

Agricultural Ministry of Iran, 1383, **Vector Land use Map of Sari Suburb**.

Baez-Gonzalez, A.D., Chen, P.Y., Tiscareno-Lopez, M. and Srinivasan, R., 2002, **Using Satellite and Field Data with Crop Growth Modeling to Monitor and Estimate Corn Yield in Mexico,** Crop Sci. 42:1943–1949.

Conrad, C., Ruecker, G.R., Colditz, R.R., Strunz, G. and Dech, S., 2004a, **Crop Monitoring**

1. Data fusion

www.SID.ir

Archive of SID

Using Multi-temporal MODIS Remote Sensing Data in Khorezm, In Humboldt-workshop "The Use of GIS And Simulation Models For Research And Decision Support in Central Asia," Tashkent, Uzbekistan, 9–11 July 2004.

Cu.V.P, Cuong. Q., Huley, J. Q. Tand, 2002, **Rice Mapping by SAR in the Service of Land Resources Explotation in Mekong Delta**, Part II Remote Sensing and Geographic Information System (GIS) Applications for Sustainable Development, p.2-6.

Dalezios, N.R., Domenikiotis, C., Loukas, A., Tzortzios, S.T. and Kalaitzidis, C., 2001, **Cotton Yield Estimation Based on NOAA/ AVHRR Produced NDVI,** Phys. Chem. Earth (B) 26:247–251.

Daryaee, J., 1375, **Mapping and Acreage Estimating of Rice Crop in Mazandaran Province with Use of Satellite Date**, Agricultural Ministry of Iran, Planning and Fund Assistant, General Journal, NO. 75/15, pp. 1-10.

Gilan Agricultural Office, 1374, **Image Evidence of Rice**, Design and plan Assistant, General Journal, NO. 1, PP. 1-73.

Lacoul, M., Honda, K., Yokoyama, R., Martin, M., 2002, **Monitoring and Assessing Rice Crop With Multitemporal RADARSAT Fine Beam Mode Data in Pathumthani and Ayuatthaya Province of Thailand**, p.1-5. www.ScienceDirect.com.

Lobell, D.B., Asner, G.P., Ortiz-Monasterio, J.I. and Benning, T.L., 2003, **Remote Sensing of Regional Crop Production in the Yaqui Valley, Mexico: Stimates and Uncertainties,** Agric. Ecosyst. Environ. 94:205–220.

Map Build Organization of Iran, 1383, **Topography Map of SARI Suburb in Scale of 50000**.

Marat nia, A., 1375, **Mapping and Acreage Estimating of Rice Crop in Mazandaran Province with Use of Satellite Date**, Agricultural Ministry of Iran, Planning and Fund Assistance, General Journal, NO. 75/15, pp. A & C.

McNarin, H. & Brown, R. J., 2002, **Remote Sensing in Support of Crop Management**, Canada Centre for Remote Sensing, p. 1-5.

Ogawa, S., Huynan, JR and Jensen, H., 1997, **Monitoring of Rice Field Using SAR Data and Optical Data**, p.1-7.

Okamoto, K. & Kawashima H., 2003, **Evaluation of Change in Rice Cropping in the Marhinal Zone**, NIAES, Journal of Agriculture and Environment, p.1-8.

Prince, S.D., and Goward, S.N., 1995, **Global Primary Production: A Remote Sensing Approach,** J. Biogeogr, 22:815–835.

Rokosh, K., 2003, **Radarsat**, Canadian Space Agency , IEEE, p.1-5.

Rosenthal, W.D., and Gerik, T.J., 1991, **Radiation Use Efficiency among Cotton Cultivars,** Agron. J. 83:655–658.

Space Organization of Iran, 1383, **Land sat Satellite Image in 1998 and 1999**.

Wood, D., Brow, R. J. & McNarin, H., 1998, **Operational Considerations in Using RADARSAT Data for Agricultural Monitoring**, 20th Canadian Symposium on Remote Sensing , Calgary , Albert, p.41-44.

www.ScienceDirect.com.

Yan, S., Hao, L. and Huynen, JR., 1998, **Radarsat Data for Operational Rice Monitoring and It' s Potential for Yield Estimation**, p.2-10, www.ScienceDirect.com.

www.SID.ir