کاربرد تکنولوژی ماهواره‌ای و سیستمهای هوابردلیزری دربرآورد ومدیریت بهره برداری حوضه‌های برفگیر

از : رامین کیامهر
(کارشناس ارشد ژئودزی و عضو هیأت علمی دانشگاه زنجان)

چکیده

امروزه مدیریت صحیح بر منابع آبی، بدون داشتن اطلاعات دقیق از آن، امری غیرممکن است. از طرف دیگر بهره‌گیری از روشهای سنّتی موجود در برآورد حجم منابع آبی حوضه‌های برفگیر، علاوه بر مشکلات اجرایی و هزینه بالا، عملاً به خاطر مشکل دسترسی به مناطق صعب‌العبور، دقّت کافی را نیز به دست نمی‌دهد. اخبار سیل‌های غافلگیر کننده در این دهه به خصوص در سالهای اخیر، خود نمونه‌ای از عدم کارآیی در حجم برآورد این منابع و در نتیجه ضایع شدن منابع انسانی - کشاورزی بوده است. با توجّه به ماهیّت دینامیکی حوضه‌های برفی، تکنیک سنجش از دور به عنوان بهترین ابزار از حیث به روز بودن اطلاعات و قابلیّت دسترسی و هزینه مناسب، در مقایسه با روشهای سنّتی، مطرح شده و کاربرد وسیعی را در مدیریّت منابع آبی عهده‌دار گردیده است. در این مقاله روش برآورد دو پارامتر مهم سطح و عمق حوضه برفی از طریق تلفیق اطلاعات تصاویر سنجش از دور و سیستمهای جدید هوابرد لیزری (هواپیما و هلیکوپتر) به کمک روشهای تعیین موقعیّت ماهواره‌ای GPS و تکنیک جدید DGPS پیشنهاد و تشریح می‌گردد.

پیشگفتار:

امروزه به جهت گسترش و رشد روزافزون شهرها و روستاها در نقاط مختلف کره زمین، فشار برای استفاده و به کارگیری منابع طبیعی مانند منابع معدنی، جنگلها و آبها چنان افزایش یافته که تنها با اتّخاذ روش صحیح مدیریّت برای کنترل این تغییرات می‌توان تحوّلاتی در روشهای استفاده بهینه از منابع به وجود آورد. به دنبال بررسیهای گوناگون، ماهواره تکنولوژی منابع زمین ERTS-1 طرّاحی گردید. این ماهواره در ۲۲ جولای سال ۱۹۷۲ میلادی به وسیله راکت - THOR DELTA به فضا پرتاب گردید. و تا ۶ ژانویه سال ۱۹۷۸ میلادی در فضا بود. این اوّلین

ماهواره بدون سرنشین بود که جهت کسب اطّلاعات راجع به منابع زمین طرّاحی گردید و در مدار زمین قرار گرفت. قبل از پرتاب ERTS - B در ۲۲ ژانویه سال ۱۹۷۵ میلادی این سری ماهواره به LANDSAT تغییر نام یافت و تاکنون تعدادی از این ماهواره در مدار زمین قرار گرفته است که پیوست ۱ مشخصات آنها را نشان می‌دهد. به طور کلّی نیاز به برنامه‌ریزی، جهت آبیاری مناطق کشاورزی، تأمین آب مشروب شهری، تولید نیرو و پیش‌بینی سیل و پارامترهای دیگر، ضرورت استفاده از تصاویر و اطّلاعات ماهواره‌ای را به عنوان ابزاری قوی، به روز و ارزان‌قیمت جهت برآورد ظرفیت حوضه‌های منابع آبی در مناطق کوهستانی فراهم می‌آورد.

در این بررسی، دو پارامتر مهمّ سطح و عمق پوشش برف، در حوضه‌های برفگیر مورد بررسی قرار گرفته و توان ماهواره‌ها و سنجنده‌های مختلف در خصوص بررسی پارامترهای فوق مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

اوّلین پارامتر در انتخاب نوع ماهواره جهت این بررسی، ارزیابی دقّت مورد درخواست، در برآورد سطح خواهد بود که برای دقّتهای بالاتر، لزوم به کارگیری سیستمهای دقیق‌تری نظیر landsat, spot ضروری می‌نماید. پارامتر دیگر در ارزیابی، زمانِ لازم برای اطلاعات دوباره از منطقه است، که امکان محاسبه و تقریب تغییرات سطح پوشش برف را بعد از هر بارندگی میسّر می‌سازد. بدیهی است که اگر دقّت پایین با سرعت تکرار بالا مدّنظر باشد، ماهواره NOAA می‌تواند با دوره (پریود) نصف روزه امکان بررسی مناسب روزانه جهت این کار را میسّر سازد.

علاوه بر این، مزیّت استفاده از تصاویر در زمانهای مختلف این است که می‌تواند سرعت ذوب یخ و برف را در حوضه، دقیقاً بررسی و با تلفیق اطّلاعات سطحی حاصل از این تصاویر در دوره‌های زمانی منظم، با اطّلاعات حجم دبی آبهای رودخانه‌های حوضه مربوطه که مرتّباً ثبت گردیده، امکان تعیین مدلهای مناسب بین سطح برف موجود حوضه و دبی رودخانه‌های حوضه در دوره زمانی مشخّص یا تعیین مدلهای سه متغیری برحسب سطح دبی و درجه حرارت را میسّر می‌نماید. روش مشابهی برای تعیین trand تغییرات سطح دریاچه ارومیه با دبی رودخانه‌های وارده به این حوضه آبی میسّر بوده که می‌تواند ابزار مناسبی برای تحلیل روند تغییرات، پیش‌بینی و بررسی علل دیگر، موثر در این امر باشد. متأسفانه با توجّه به ماهیّت خاصّ تصاویر ماهواره‌ای و محدودیّت و دقّت ارتفاعی اطّلاعات حاصله از آنها، چنانکه در جداول ذیل مشخّص است نمی‌توان تحلیل مناسبی از عمق حوضه برخی از این تصاویر گرفت و تحلیل‌های ضعیفی هم که از تصاویر بعدی اخذ می‌گردد معمولاً رابطه غیرمستقیمی را بین پارامتر شدّت انعکاس نور سطح برف (ALBEDO) با عمق برف حوضه میسّر می‌سازد که این برآورد معمولاً بسیار تقریبی بوده و صرفاً برای حوضه‌های با عمق برف کم می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

وجود این مشکل و اهمیّت عمق برف در بررسی حجم آب حوضه‌های برفی، ضرورت استفاده از ابزارهای مناسب دیگری را جهت تکمیل اطّلاعات و تحلیل دقیق و مناسب طلب می‌کند. یکی از راه‌حلهای سنّتی، استفاده از اطّلاعات ایستگاههای محلّی اندازه‌گیری عمق برف است که به خاطر عدم دسترسی به کلّ منطقه و هزینه زیاد و ماهیّت عمل نمونه‌برداری نمی‌تواند ابزاری دقیق را جهت بررسی سطح پوشش حوضه به صورت پیوسته فراهم آورد.

جدیدترین تکنیکی که از سال ۹۴ میلادی برای بررسی پارامتر عمق حوضه‌های برفی استفاده می‌گردد روش پروفیل‌برداری لیزری از طریق هواپیما یا حتّی هلیکوپتر می‌باشد. ابزارهای لازم برای این کار شبیه سیستم اکوساندر جهت هیدروگرافی است. لیکن موج به کار رفته در دو فرکانس جداگانه از منبع لیزری بوده، که با توجّه به فرکانس، دارای قدرت نفوذ بالا و پایین و انعکاس از سطح زمین و سطح برف می‌باشند. اختلاف مقدار طول اندازه‌گیری شده برگشتی از سطح زمین و برف، مقدار عمق برف را در نقطه، یا خطّ مورد بررسی، نشان می‌دهد. جهت تعیین موقعیّت اطّلاعات اخذ شده برای نقاط یا پروفیل یک منطقه، از سیستم تعیین موقعیّت (GPS) به روش DGPS استفاده می‌گردد که امکان تعیین دقیق موقعیّت هواپیما یا هلیکوپتر را در هر لحظه میسّر می‌سازد.

در این روش یک گیرنده با آنتن مرکزی به عنوان گیرنده مرجع روی ایستگاه با مختصّات مشخّص مستقر شده و اطّلاعات و تصمیمات لازم را با بردهای مختلف به گیرنده‌های دیگر مستقر در منطقه ارسال می‌کند. این سیستم امکان تعیین موقعیّت دقیق را برای غلبه بر مشکل (SA) ارتش آمریکا میسّر می‌سازد. (جهت اطّلاع از جزئیات سیستم به ضمیمه مقاله مراجعه فرمائید). نگاره‌های ۲ و ۳ تکنیک لیزری پروفیل برداری از طریق هواپیما و هلیکوپتر را نمایش می‌دهد. بدیهی است با توجّه به فاصله نمونه‌برداری و وضعیّت سطح توپوگرافی منطقه، امکان تعیین مدل DTM از پروفیلهای برداشت شده میسّر می‌گردد که می‌توانند ابزار دقیقی برای ارزیابی و نمایش عمق حوضه مورد مطالعه باشد. در مورد مناطق مرزی با توجّه به مقرّرات و تشریفات مرزی می‌توان از این سیستم به صورت ارزان‌قیمت در هلیکوپتر استفاده نمود. ضمناً در صورت استفاده از روشهای سنّتی برداشت اطّلاعات زمینی توسط عوامل صحرایی، امکان تعیین موقعیّت هر عامل و ارتباط آن با مقادیر عمق اندازه‌گیری شده میسّر بوده و این تلفیق، نتایج دقیق نمونه‌برداری شده توسط GPS را میسّر می‌سازد.

پیوست ۱ - مشخّصات تعدادی از ماهواره‌های منابع طبیعی:

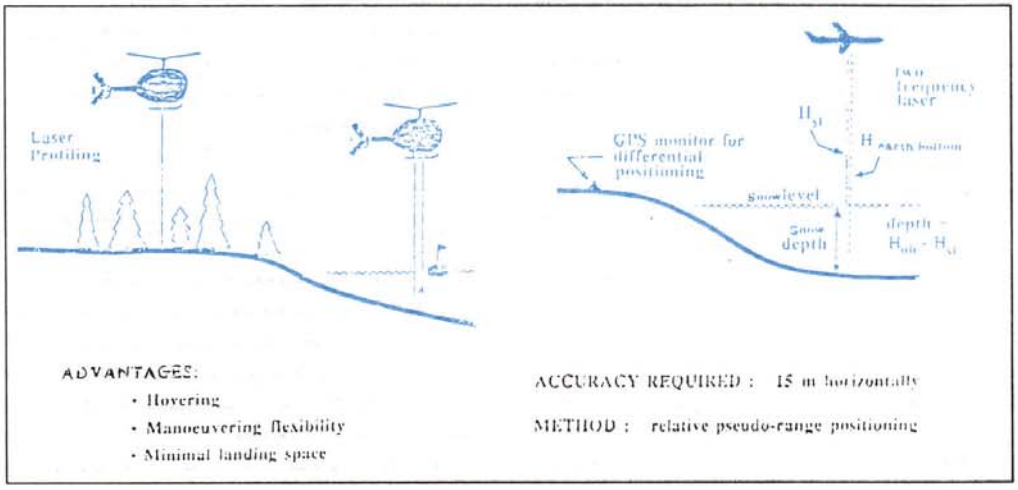
۱) ماهواره لندست

در جولای سال ۱۹۷۲ میلادی اولین ماهواره منابع زمینی تحت عنوان ماهواره ارتس (ERTS) که بعداً لندست (LANDSAT) نامیده شد به فضا پرتاب گردید. این ماهواره موفقیّت‌آمیزترین ماهواره منابع زمینی بود، زیرا برای نخستین بار از تمامی سطح کره زمین تصویر تهیه نمود و برای استفاده از آنها هیچ گونه ممنوعیّت سیاسی، امنیّتی و حق چاپ محفوظ، وجود نداشت. ماهواره لندست در ۶ می سال ۱۹۷۲ میلادی به فضا پرتاب شد ولی در مدار تعیین شده قرار نگرفت و استفاده از آن مقدور نشد. از زمان پرتاب در سال ۱۹۷۲ میلادی این ماهواره‌ها به طور مرتب در هر ۱۶ روز و بدون وقفه، یازده تصویر همزمان از سطح زمین، از جمله ایران و تهران تهیه کرده‌اند.

از مهمترین سیستمهای سنجنده تصویربرداری ماهواره لندست ◀

نگارهٔ ۲ : روش پروفیل‌برداری لیزری توسّط هواپیما از پوشش برف

روش نمونه‌برداری از عمق برف توسط هلیکوپتر



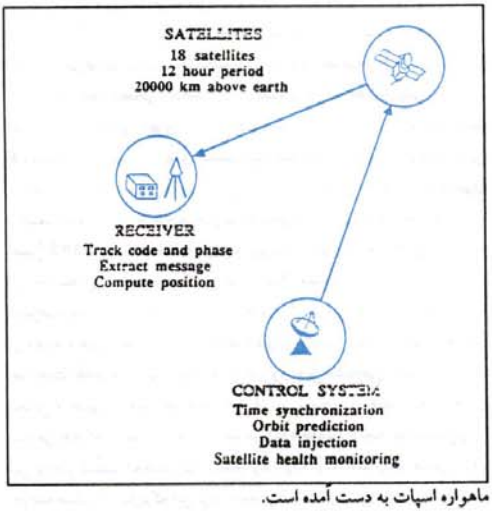
سیستم MSS و سیستم TM است. سنجنده MSS تصاویری با توان تفکیک فضائی ۸۰ متر در محدوده‌های ۱۸۵ × ۱۸۵ کیلومتری در چهار باند متفاوت سبز، قرمز و دو باند مادون قرمز به صورت همزمان در هر ۱۶ روز به دست داده است.

سنجنده TM ماهواره لندست نیز تصاویری در محدوده ۱۸۵×۱۸۵ کیلومتری با توان تفکیک ۳۰ متر را در هفت باند متفاوت آبی، سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک وسط و مادون قرمز حرارتی همزمان با هم در ۱۶ روز به دست می‌دهد. با استفاده از این هفت باند در طول موجهای متفاوت می‌توان تصاویر متعدّد و نسبتاً نامحدود به صورت سیاه و سفید، رنگی و رنگی مجازی به دست آورد.

۲) ماهواره اسپات

ماهواره اسپات اولّین ماهواره منابع زمینی اروپائی بوده که در سال ۱۹۸۶ میلادی به فضا پرتاب شد. این ماهواره پروژه مشترکی بین کشورهای فرانسه، بلژیک و سوئد بود. از تفاوتهای عمده آن با ماهواره لندست توان تفکیک کیفی کمتر ولی توات تفکیک فضایی بیشتر آن است. ماهواره اسپات دارای دو مد MS و پانکروماتیک برای دریافت اطّلاعات می‌باشد. مد MS اسپات در سه باند سبز، قرمز و مادون قرمز در هر ۲۶ روز از سطح کره زمین مبادرت به تهیه تصویر می‌نماید که توان تفکیک فضائی این تصاویر ۲۰ متر می‌باشد. مد دیگر تصویربرداری ماهواره اسپات ، مد پانکروماتیک بوده که تصاویری با توان تفکیک فضائی ۱۰ متر به دست می‌دهد و توانائی آن برای تهیه نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ تأیید شده است و لازم به یادآوری است، در ماهواره‌های غیرنظامی و جاسوسی که تصاویر را به صورت الکترونیکی تهیه می‌کنند، بالاترین توان تفکیک تاکنون توسّط

نگاره ۳ : ساختار کلی سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ای



ماهواره اسپات به دست آمده است.

نظر به این که اطّلاعات تصویری ماهواره لندست و اسپات هر دو رقومی بوده، امکان ترکیب آنها برای دست‌یابی به جزئیات و وضوح بیشتر طیفی و فضائی زیاد است.

علاوه‌برکشورهای آمریکا،روسیه‌وفرانسه‌کشورهای‌ژاپن، هندوچین مبادرت به پرتاب ماهواره‌های منابع زمینی نموده‌اند. منتهی دسترسی به اطّلاعات آنها به سهل‌الوصولی اطّلاعات اسپات و لندست نمی‌رسد.

۳) ماهواره‌های روسی

پس از تحوّلات در شوروی سابق دسترسی به تصاویر با کیفیّت بسیار بالا از سنجنده‌های روسی امکان‌پذیر است، که مهمترین آنها عبارتند از: تصاویر ماهواره رزورس O و ماهواره کاسموس. ماهواره رزورس O اوّلین ماهواره غیرنظامی روسی است که حامل سیستمهای سنجنده اسکانر است. این ماهواره دارای دو نوع سیستم سنجنده، یکی با توان تفکیک ۱۷۰ متر در ۵ باند طیفی و دیگری با توان تفکیک ۴۵ متر در سه با ند طیفی می‌باشد. از حیث توان تفکیک طیفی، تصاویر این ماهواره به پای تصاویر TM لندست آمریکایی نرسیده ولی توان تفکیک زمانی آن ۵ روز در مقابل ۱۶ روز ماهواره لندست است.

ماهواره کاسموس تصاویر نوع عکسی به دست داده که بوسیلهٔ دوربینهای عکاسی هوایی، توسط ماهواره‌هایی که در مدار پائین قرار دارند گرفته می‌شوند.

توان تفکیک فضائی عکسهای حاصل از دوربینهای گوناگون، مابین ۳ تا ۷ متر در نوسان بوده و این گونه عکسها جفتهای استریوسکوپی به منظور برجسته‌بینی نیز دارند، بنابراین منبعی برای تهیه نقشه توپوگرافی می‌باشند. ادّعا شده است که این ماهواره‌ها قادر هستند پوشش مکرّر به دست دهند، منتهی تداوم و تکرار آنها تابع عوامل متعدد بوده است.

پیوست ۲ : سیستم تعیین موقعیّت ماهواره‌های (GPS)

سیستم تعیین موقعیّت جهانی (GPS) ابتدا به منظور دست‌یابی ارتش آمریکا به اهداف نظامی طرّاحی گردید. مطالعات اوّلیّه روی این سیستم در دهه ۷۰ شروع و اوّلین ماهواره از این سیستم در سال ۱۹۷۸ میلادی در مدار قرار گرفت. امروزه این سیستم با بهره‌گیری از ۲۴ ماهوارهٔ پرتاب شده، در طول ۱۵ سال گذشته توانسته است پوشش کاملی از زمین را به منظور امکان تعیین موقعیّت سه بعدی در طول شبانه‌روز فراهم آورد. □

جدول (۱) کارایی سنجنده‌های مختلف در ارزیابی خصوصیّات پوشش برف.

بازتاب	باندمرئی	مادون‌قرمزنزدیک	مادون‌قرمزحرارتی	میکروویو
اندازه	•	بلی	خیر	بلی
زاویه‌زنیتی	خیر	بلی	بلی	بلی
عمق	بلی	خیر	خیر	بلی
آلودگی	بلی	خیر	خیر	خیر
ظرفیت‌آب	خیر	•	خیر	بلی
تراکم	خیر	خیر	خیر	بلی
دما	خیر	خیر	خیر	بلی

* فقط برای لایه‌های نازک و آلوده برف

جدول (۲) خصوصیّات مختلف ماهواره‌ها و سنجنده‌های مورد کاربرد در تهیّه نقشه از پوشش برف

سکو/سنجنده هندسی(مرئی)	توان‌تفکیک (رقومی/عکس)	حداقل‌سطح‌حوضه (پریود) تکرار	دوره
هواپیما			
ارتوفتو	۳متر	$1Km^2$	درصورت‌نیاز
LANDSAT			
TM	۲۸،۵متر	$2،5/5Km^2$	۱۶ روز
RBV	۴۰متر	$5/10Km^2$	۱۸روز
MSS	۵۷متر	$10/20Km^2$	۱۶روز
NOAA			
AVHRR	$1،1Km^2$	$200/500Km^2$	۱۲ساعت
GOES			
VISSR	$1،1Km^2$	$200/500Km^2$	درصورت‌نیاز

جدول (۳) اطّلاعات قابل استخراج از بررّسی پارامتر آلبدو از تصاویر سنجنده‌های مختلف

خواص	سنجنده‌بامادون‌قرمزحرارتی مرئی‌ومادون‌قرمزنزدیک	مادون‌قرمزحرارتی	میکروویو
سطح‌پوشش‌برف	بلی	بلی	بلی
عمق	اگرخیلی‌نازک	ضعیف	مناسب
ظرفیت‌آب‌پوشش	اگرخیلی‌نازک	ضعیف	قوی
چینه‌شناسی	خیر	ضعیف	قوی
آلبدو	قوی	خیر	خیر
دما	خیر	قوی	ضعیف
مرزجدایی‌برف‌وخاک	خیر	خیر	ضعیف
استفاده‌درتمام‌شرایط‌جوّی	خیر	خیر	بلی
بهترین‌توان‌تفکیک‌هندسی	۱۰متر	۱۰۰هکتار	
	۱۵۰-۳۰کیلومتر		

منابع:

۱) جزوه آموزشی‌مرکزسنجش از دور ایران - وزارت پست وتلگراف‌و تلفن

۲) دکتر مجید همراه ـ سمینار نقشه در دفاع و سازندگی - انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلّح.

۳) دکتر حسن علیزاده ربیعی - سنجش از دور - انتشارات سمت

۴) مهندس فرّخ‌برزگر و مهندس صادقیان - بررسی تأثیر بزرگراه شهید کلانتری در رسوب‌گذاری دریاچه ارومیّه - مجله علوم زمینی، سازمان زمین‌شناسی کشور.

4 - E.T.Engman, Remote Sensing in Hydrology, Chapman and Hall U.K. 1991.

5- D.Wells, Gutde to GPS Positioning Canddian GPS Associates 1987.