اشاره

روند تحولات جدید در دورکاوی شهری

مهدی مدیری
عضو هیأت علمی دانشکده نقشه‌برداری
mmodiri@ut.ac.ir

چکیده

کیفیت محیطی شهر، مفهومی پویا و چندوجهی است که عوامل طبیعی و انسانی قابل اجرا را در مقیاس‌های فضایی متفاوت دربرمی‌گیرد. به منظور دستیابی به مشخصات دینامیک پیوسته محیط شهری شهرها، اطلاعات ماهواره‌ای تنها منبع اطلاعاتی مناسب هستند. هرچند تا این اواخر، سنجنده‌های ماهواره‌ای قادر به ثبت و نمایش اطلاعات جزئیات مناطق شهری نبودند. از آنجا که سامانه‌های اطلاعات شهری نیاز به داده‌های با قدرت تفکیک بالا دارد، عکسبرداری هوایی به عنوان ورودی تصویری استاندارد مورد استفاده قرار گرفته است. در هر حال ابداع ماهواره‌های جدید با سنجنده‌های چند طیفی و با قدرت تفکیک بالا (ابعاد یک متر و کمتر ماهواره‌های Quick Bird,Ikonos) و پویشگرهای هوایی دیجیتالی با مشخصات هندسی عالی و قدرت تفکیک فضایی مناسب در حد سانتیمتر، فنون عکسبرداری هوایی آنالوگ را به چالش کشیده است. سنجنده‌های چندطیفی با قدرت تفکیک بالا و عکسهای رقومی به همراه داده‌های مکانی و مختصاتی سیستم تعیین موقعیت جهانی و سیستم‌های ناوبری خودکار، شرایط به روز درآوردن پایگاه داده‌ای سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی را ایجاد می‌نماید. منبع دیگر اطلاعات سه بعدی برای مدل‌سازی، سنجنده‌ها با پویش لیزری است که اطلاعات ارتفاعی نسبتاً دقیق با کیفیت بالا تولید می‌کنند. مقاله به طرح روند تحولات و طرح تکنیک‌های ترکیب طیفی و مشخصات تصاویر به منظور بررسی مناسب کیفیت و محیط شهری می‌پردازد.

واژگان کلیدی: سنجنده‌های ماهواره‌ای، پویشگرهای دیجیتالی، قدرت تفکیک فضایی، تکنیکهای تلفیق تصویر.

مقدمه

از آن‌جا که سامانه‌های اطلاعات شهری نیاز به تفکیک‌پذیری بالا دارد، عکسبرداری هوایی به عنوان ورودی تصویری استاندارد مورد استفاده قرار گرفته است. در هر حال ابداع ماهواره‌های جدید مجهز به سنجنده‌های با قدرت تفکیک بالا و بیش از یک متر (مانند Ikonos و Quik Bird) و پویشگرهای هوایی دیجیتالی با شکل هندسی عالی و قدرت تفکیک فضایی بالا در حد سانتیمتر، فنون عکسبرداری

هوایی آنالوگ را به چالش کشیده است. این سنجنده‌های با قدرت تفکیک فضایی بالا و استعداد رقومی برای تولید و به روز درآوردن پایگاه‌های داده‌ای سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی به ویژه برای مناطق شهری شرایط مناسبی را فراهم‌ساخته‌اند. نسل جدید سنجنده‌های ماهواره‌ای با کیفیت تشخیص در حد بالا، قادر به تصویربرداری از جزئیات هستند و اطلاعات مناسب پوشش شهری را فراهم می‌سازند. *(Nichol & Wang: 2005)* این سنجنده‌ها با استفاده از روش تفاضلی GPS و سیستم‌های ناوبری، داده‌های تصویری چندطیفی با قدرت تفکیک عوارض بسیار بالا را برای پایگاه داده‌های مکانی GIS فراهم می‌سازند. به منظور ایجاد مدل‌سازی شهری، سنجنده‌های لیزری نیز اطلاعات ارتفاعی دقیق تولید می‌کنند. در این بررسی، پیشرفت‌هایی که در زمینه سنجنده‌های جدید و مثالهایی از داده‌پردازی یکپارچه ارائه می‌گردد؛ بالاترین قدرت تفکیک فضایی برای همه سنجنده‌های تصویربرداری در شیوه تمام رنگی آنها به دست می‌آید، در حالی که اطلاعات چند طیفی در قدرت تفکیک پایین‌تر حاصل می‌شود. نسبت بین تفکیک تمام رنگی و چند طیفی معمولاً در مرتبه ۱:۲ تا ۱:۸ است. به ویژه برای آنالیز پوشش گیاهی و کمی کردن پراکندگی شهری، اطلاعات چندطیفی یکی از شرایط ضروری است. برای به دست آوردن داده‌های تصویری چندطیفی با تفکیک‌پذیری فضایی بالا، تصاویر تمام رنگی و چندطیفی باید ادغام گردند. (Blasche&Strool,2001)

روش جدیدی برای ترکیب تصاویر براساس انتقال (IHS)[1] استاندارد همراه با فیلتر کردن دامنه فوریه ارائه می‌شود. این روش ویژگی‌های طیفی تصاویر با قدرت تفکیک پایین را حفظ می‌کند با استفاده از این قدرت ترکیب تصاویر چند طیفی را می‌توان با تغییر ویژگی‌های طیفی یکپارچه کرد.

سنجنده‌های ماهواره‌ای

پیشنهاد برنامه‌های ماهواره‌های تجاری با قدرت تفکیک بسیار بالا، راهگشای زمینه‌های کاربردی جدید برای دورکاوی برمبنای فضا می‌باشد. داده‌های ماهواره‌ها، برای اولین بار پتانسیلی برای کاربردهای بزرگ مقیاس برنامه‌ریزی شهری و پایش زیست محیطی با جزئیات ارائه کرده‌اند. قدرت تفکیک فضایی ۶۰ سانتیمتر تا ۱ متر (رنگی) و ۲/۵ تا ۴ متر (چند طیفی)، عکسبرداری هوایی را به چالش کشیده است. در این رابطه شرکتهای دورکاوی مختلفی، اقدام به داده‌پردازی و ارائه تصاویر ماهواره‌ای به روز و دریافت اینترنتی می‌نمایند. شبکه‌های سنجنده با توانایی دوره تکرار ۲ تا ۳ روز و با قدرت و توانایی برجسته‌بینی در طول و عرض مختلف گسترش یافته‌اند. ایکونوس ۲ در سال ۱۹۹۹ در فضا قرار گرفت و جزو اولین ماهواره‌های با قدرت تفکیک بالاست. (Bhlers,M,2007) (جدول ۱) ماهواره چند طیفی کوتیک برد با توان تفکیک ۷۰ سانتیمتر، پتانسیل مناسب برای کاربردهای شهری و نمایش عوارض وساختمانهای منفرد را دارد (جدول (۲).

سنجنده‌های هوایی رقومی

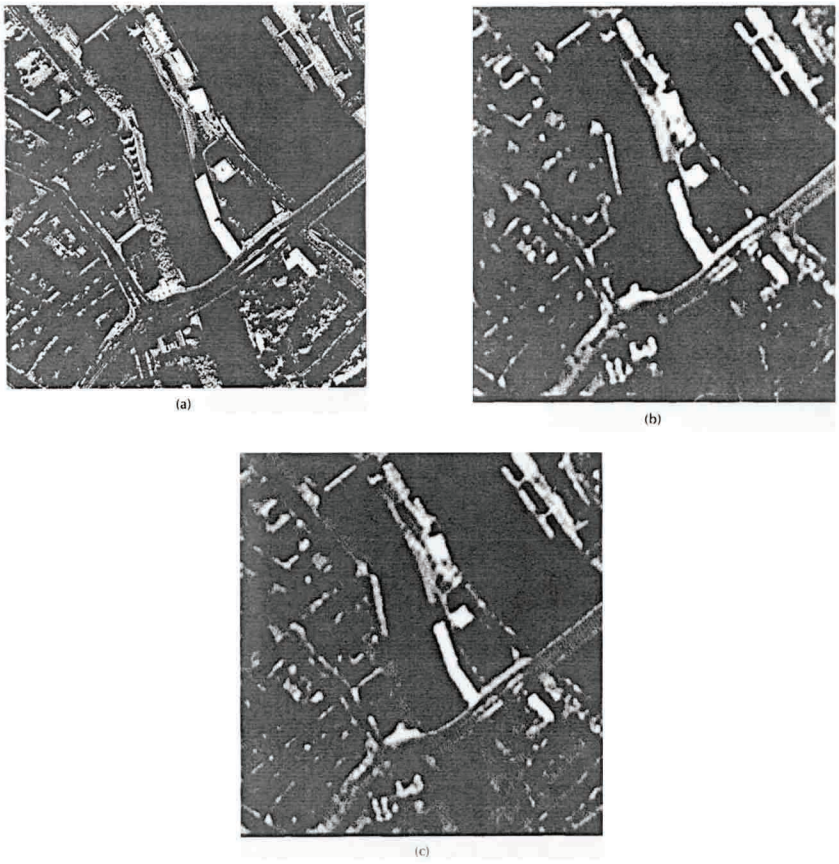
پس از یک دوره طولانی در سیر تحول عکسبرداری هوایی، هم اکنون شاهد ظهور سیستم‌های عکسبرداری رقومی کاربردی هستیم که جایگزین دوربین‌های عکسبرداری هوایی فریمی می‌شوند. فنون پیشرفته مانند سیستم‌های ناوبری همراه با GPS و فنون سنجنده رقومی پیشرفته بر قوی‌ترین پویشگرهای سفینه‌های فضایی فاقد پایداری هندسی پیروز شدند.

تحقیقات عمومی وخصوصی بر توسعه و پیشرفت آرایه‌های خطی رقومی یا پویشگرهای ماتریسی که در واقع به عنوان جانشینی برای دوربین‌های هوایی کلاسیک می‌باشد، متمرکز شده است. (Blaschre,2002)

پارامترهای فنی سامانه‌های هوایی با قدرت تفکیک بسیار بالا

برای یک سیستم ثبت دیجیتالی هوایی دو فناوری متفاوت به کار گرفته می‌شود. Z/I و Vexcel از دو آرایه دو بعدی و یک مجموعه لنزهای دید زوجی شده برای رقابت کردن با پرسپکتیو مرکزی دوربین فریمی استفاده می‌کند.

مزیت دوربین‌های ماتریسی دو بعدی این است که از تمام تکنیک‌های فتوگرامتریک استاندارد در محیط رقومی می‌توان استفاده کرد. *(Lebero & Gruber, 2003)*



نگاره (۱): تصاویر ایکونوس ۲ با توانایی کاربردهای برنامه‌ریزی شهری

Company	Space Imaging	Digital Globe	Orbimage	Imagesat	National Space Organization Taiwan	Indian Space Research Organization	CNES
System	Ikonos II Launch 9/1999	Quick Bird 2 Launch11/2001	orb View-3 Launch 6/2003	EROS A1 Launch12/2000	Formosat-2 Launch 5/2004	Cartosat -1 Launch 5/2005	Spot-5 Launch 5/2002
URL	www.space imaging.com	www.digitalglobe.com	www.orbimage.com	www.imagesat.com	www.nspo.org.tw	www.isro.org	www.spotimage.fr
Modus	pan 11 bit / Multispectral 11bit	pan 11 bit / Multispectral 11bit	pan 11 bit / Multispectral 11bit	pan 11 bit	pan / Multispectral	pan 10 bit / Multispectra 10bit	pan 8 bit / Multispectral 8bit
Geometric resolution	1m / 4m	0.61m / 2.44m	1m / 4m	1.8m (hypersampling 1m)	2m / 8m	2.54m / 2.54m	2.5m / 10m / 5m swir 20m
Spectral resolution (nm)	525-929 / 445-516(b) 506-595(g) 632-698 (r) 767-853(nir)	450-900 / 450-520(b) 520-600(g) 630-690 (r) 760-900(nir)	450-900 / 450-520(b) 520-600(g) 630-690 (r) 700-900(nir)	500-900	450-900 / 450-520(b) 520-600(g) 630-690 (r) 760-900(nir)	500-850 / 500-850	480-710 / 500-590(g) 600-680(r) 780-890 (nir) 1580-1750(swir)
scale for applications		1:5000 - 1:25000			1:12000-1:30000	1:12500-1:25000	1:20000-1:50000
Swath width	11 km	16.5 km	8 km	13.5 km	24km	29.4 km (fore) 26.2 km (aft)	60 km
Image scene size	11 × 11 km^2	16.5× 16.5 km^2	8 × 8 km^2	13.5 × 13.5 km^2	24 × 24 km^2	25 × 25 km^2	60 × 60 km^2
Orbit altitude	681 km	450km	470 km	480 km	891 km	618 km	822 km
Inclination	98.1 sun synchronous	97.2 sun synchronous	97 sun synchronous	97.3 sun synchronous	99.14 sun synchronous	97.87 sun synchronous	98.7 sun synchronous

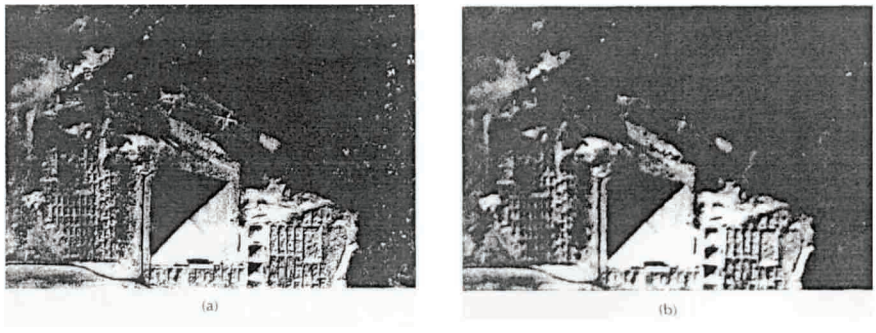
Source: Based on Ehlers, M., in Ehlers, M., H.J.Kaufmann, and U.Michel (Eds) Remote Sensing for Environmental Monitoring. GIS Applications, and Geology III, In January 2006 Orbimage Acquired space Imaging to form the company Geo Eye.

جدول (۱): برنامه‌های ماهواره‌ای با قدرت تفکیک عوارض خیلی بالا

System	HRSC - Ax	Dss	ADS 40	Ultracam - D	DMC
Company	DLR	Emerge	Leica Geosystems	Vexcel Crop	Z/I Imaging
URL	www.dlr.de	www.emergedss.com	www.gis.leica - geosystems.com	www.vexcel.com	www.ziimging.com
	Line CCD	Area CCD	Lime CCD	Area CCD	Area CCD
	2000	2004	2000	2003	2002
	151 mm	55 mm (color and CIR) 35 mm (only color)	62.7 mm	100 mm (28 mm multispectral)	120 mm (25 mm multispectral)
	29°	37° × 55.4°	64°	55° × 37°	74° × 74°
	9	1	7	9	8
	12,172	4,077	2 × 12,000 (pan) 12,000 (ms)	11,500 (pan) 4,008 (ms)	13,824 (pan) 3,000 (msl)
	-	4,092	-	7,500 (pan) 2,672 (ms)	7,680 (pan) 2,000 (ms)
	6.5 μm	9 μm	6.5 μm	9 μm	12 μm
Geometric resolution	12 bit	12 bit	12 bit	> 12bit	12 bit
Spectral resolution (nm)	520-760 (pan) 450-510 (blue) 530-576 (green) 642-682 (red) 770-814 (NIR)	RGB modus: CIR Modus: 400-500 (blue) 510-600 (green) 500-600 (green) 600-700 (nor/NIR) 600-680 (red) 720-920 (NIR)	464-680 (pan) 428-4-492 (blue) 533-587 (green) 608-662 (red) 703-757 (NIR) or 853-887 (NIR opt.)	390-690 (pan) 390-470 (blue) 420-580 (green) 620-690 (red) 690-900 (NIR)	400-580 (pan) 400-580 (blue) 500-650 (green) 590-675 (red) 675-850 (NIR)
Readout frequency	1640 Lines /s	0.25 image / s	800 Lines/s	0.75 Images /s	0.5 Images / s
Stabilization	zeiss T - AS platform	Own platform	LH platform	Own platform	zeiss T - AS platform
Data recording	High speed recorded	80 GB exchangeable hard disk	MM40 mass storage	RAID disk system	SCU (>1TB)
Georefereneing	Applanix POS/DG	Applainx POS IMU	Applanix POS IMU	Not specified	POS Z/I 519

Source: Based on Schiewe.J and M.Ehlers, Photogrammetrie - Ferenerkundung - Geoinf (PFG) 6 : 463 - 474.2004

جدول (۲): مشخصات سنجنده‌های عکسبرداری هوایی (پنج نمونه انتخابی)



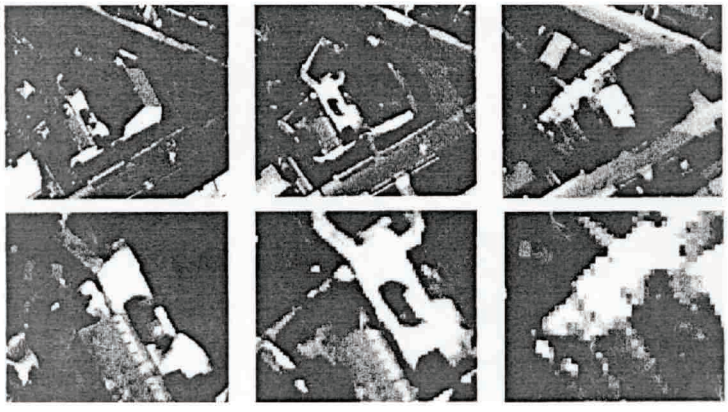
نگاره (۲): نمونه‌ای از تصاویر کوئیک برد چند طیفی با کاربردهای وسیع شهری

System	FALCON	ALTM 3033,307		ALS 50
Company	bpoSys	Optech		Leica geosystems
URL	www.toposys.de	www.optech.on.ca		www.gis.leica-geosystems.com
Recording principle	Glasfiber Array	Rotating mirror		Rotating mirror
Multiple reflections	Max. 2 echoes	Max.4 echoes		Max. 4 echoes
Image sensor	Line sanner (pixel size 0.5m)	DSS		ADS 40
Spectral resolution in nm	450-490 (blue) 500-580 (green) 580-660 (red) 770-890 (NIR)	RGB modus: 400-500 (blue) 500-600 (green) 600-680 (blue)	CIR modus: 510-600 (g) 600-720 (nor/NIR) 720-920 (NR)	465-680 (pan) 428-492 (blue) 533-587 (green) 608-662 (red) 703-757 (NIR) or 833-887 (NIR opt)
Palse frequency	83 KHz	up to 70 KHz		up to 83 KHz
Scanning frequency	653 Hz	70 Hz		412.33 × Fov -0.6548 (max.51°)
Max.flying height	1600 m	3000 m		4000m
Scan angle (fov)	± 7°	±0...25		±0...37.5°
Swath width (h = 1000m)	245 m	930 m		153m
Resolution	0.02 m	0.01 m		0.01m
Vertical accuracy	± 0.15m	± 0.15 m (h = 1200 m)		± 0.15 m ... ±0.50 m
Horizontal accuracy	-	± 0.50 m (h = 1000m)		±0.15m ... ±0.75m

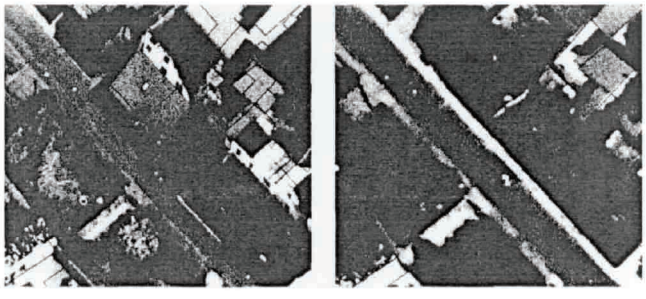
Source: After Schiewe, J. and M. Ehlers, photogrammetrie - Fernerkundung - Geoinf. (PFG).6: 463-474, 2004.

جدول (۳): سامانه‌های LIDAR با سنجنده‌های تصویربرداری

نگاره (۳) به ترتیب یک مجموعه سایت را نشان می‌دهد که با سه سنجنده متفاوت با قدرت تفکیک بسیار بالا در اندازه‌های پیکسل ۱۰، ۲۵ و ۵۰ سانتیمتر ثبت شده است. نگاره (۴) تفاوتهای هندسی بین پرسپکتیو مرکز برای دوربین‌های CCDs سطحی و CCDs خطی را نشان می‌دهد. اینکه کدام رهیافت مناسب‌تر است بستگی زیادی به نیاز کاربر و نسبت قیمت به کارایی و عملکردسامانه‌های مربوطه دارد. جدول (۲) پنج سامانه دوربین هوایی رقومی انتخاب شده با قدرت تفکیک عوارض بسیار بالا در اندازه پیکسل‌های ۱۰، ۲۵ و ۵۰ سانتیمتر را نشان می‌دهد.



نگاره (۳)



نگاره (۴)

سامانه‌های چندسنجنده‌ای

توسعه GPS و سامانه‌های اینرشیال ناوبری در پیشرفت سامانه‌های LIDAR و پویشگر لیزری کاربردی نقش اساسی داشته‌اند. استفاده همزمان از LIDAR و فناوری تصویربرداری سامانه‌های چند سنجنده‌ای، شرایطی را بوجود آورده تا مدل‌های سطحی رقومی دقیق و داده‌های تصویری بطور همزمان تولید گردد. در جدول (۳) چند سامانه چند سنجنده‌ای معرفی می‌گردد که در حال حاضر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

پردازش داده‌های ارتفاعی را می‌توان به روش‌های متفاوت انجام داد.

– برای سنجنده‌های Area CCD مانند DMC تکنیکهای دیجیتال فتوگرامتری استاندارد (تطبیق تصویری یا همبستگی پوششی) را می‌توان استفاده کرد و مدل‌های ارتفاعی را از تصاویر فریمی که دارای پوشش استرئوسکوپی است، ایجاد نمود.

– برای سنجنده‌های Line CCD مانند ADS، مدل هندسی استرئوسکوپی و نرم‌افزار ویژه پردازش لازم است.

تلفیق تصاویر[۲]

با توجه به این که هر سنجنده براساس هدف و مأموریت مشخص طراحی می‌شود و دارای توانایی و کاربرد تولید تصاویر با قدرت تفکیک هندسی بالا و یا قدرت تفکیک طیفی خاصی می‌باشند، معمولاً مطلوب این است که هر تصویر به طور همزمان، قدرت تفکیک طیفی و مکانی را با هم داشته باشد.

اکثر سامانه‌های تصویربرداری یکی از دو ویژگی (مکانی و طیفی) را دارند مانند TM, SPOT و... و تعدادی دیگر دارای قدرت تفکیک مکانی و قابلیت طیفی نسبتاً مناسبی می‌باشند مانند Ikonos, KFA 1000 Kvr 1000 و.... به منظور تأمین خواسته کاربران از سامانه‌های بخش اول که اکثر سنجنده‌ها را دربرمی‌گیرد، از روش تلفیق تصویر استفاده می‌گردد. روش تلفیق به لحاظ علمی و اقتصادی بسیار مناسب و بسیاری از نیازهای کاربران را تأمین می‌نماید. ادوارد و جنسولین[۳] در IJGIS[۴] تأکید می‌نمایند، تلفیق تصویر از دو یا چند تصویر که برای تشکیل تصویر جدید در نظر گرفته می‌شود با استفاده از الگوریتم خاصی انجام گیرد. تلفیق تصویر برای فراهم ساختن امکان تشخیص و استخراج اطلاعات جامع و کامل صورت می‌گیرد. بسیاری از تصاویر ماهواره‌ای که دارای دقت هندسی بسیار بالا می‌باشند، لیکن به صورت پانکروماتیک هستند و بسیاری دیگر از تصاویر دارای شرایط طیفی بسیار مناسب هستند و امکان استخراج حجم گسترده‌ای از اطلاعات را فراهم می‌سازند. تلفیق دو تصویر می‌تواند همه شرایط کمی و کیفی (دقت هندسی و قدرت تفکیک بالا از یک سو و توان استخراج اطلاعات گسترده در طیف‌های مختلف از سوی دیگر) را برای دستیابی به اطلاعات شهری فراهم سازد. (Edward & Jeansalin,2004)

تلفیق تصویر، تکنیکی است تا داده‌های منابع مختلف را جهت دستیابی به اطلاعات با کیفیت مناسب فراهم سازد. با به کارگیری مجموعه‌ای از روش‌ها، داده‌های هندسی، گرافیکی، موضوعی حاصل از منابع گوناگون و ماهیت متفاوت، کیفیت اطلاعات مورد انتظار برنامه‌ریزی شهری را بهبود می‌بخشد.

روشهای تلفیق تصویر

به منظور دستیابی به تصاویر دارای کیفیت مکانی و طیفی، تکنیک‌های مختلفی که هر یک مستلزم طی فرآیندی خاص است، مورد استفاده قرار می‌گیرند. بررسی و ارزیابی هر یک از تکنیک‌های تلفیق

تصویر، مستلزم بررسی تطبیقی و مقایسه زمان، دقت، صحت و هزینه می‌باشد و فرصتی بیشتر طلب می‌کند. به نمونه‌هایی از تکنیک‌های معروف اشاره می‌گردد.

- تکنیک Enhance Image
- تکنیک جداسازی مکانی و طیفی IHS
- تکنیک Arithematic
- تکنیک PCA
- تکنیک Brovey Transform
- تکنیک Wavelet
- تکنیک Principal Component
- تکنیک Multiplicative

نتیجه گیری

توسعه دورکاوی با قابلیت قدرت تفکیک بالا و بسیار بالا در سالهای اخیر دوران بلوغ خود را طی می‌کند. سامانه‌های تصویربرداری ماهواره‌ای و عکسبرداری رقومی با توانایی پردازش تصویر در کاربردهای بزرگ مقیاس، دوران عکسبرداری با دوربین‌های آنالوگ را پایان داده است. امروزه شاهد تواناییهای سنجنده‌های تصویربرداری هوایی و عکسبرداری رقومی با قدرت تفکیک بالا و بسیار بالا برای کاربردهای شهری بوده‌ایم که می‌توانند نیازهای طرحهای ارزیابی کیفیت محیطی شهر را تأمین نمایند. تقریباً همه‌سامانه‌های تصویری دارای قابلیت عکسبرداری سه بعدی، دامنه طیفی گسترده جهت پردازش و استخراج ترکیبی به منظور استخراج و تولید اطلاعات مورد نیاز مطالعات شهری می‌باشند.

منابع و مآخذ

1) Blaschke, T. and Strobl, (2001) What's wrong with pixels? some recent development interfacing remote sensing and GIS, Geo - Inf - syst, 6/01 : 12-17.

2) Blaschke, t. (Ed), (2002) Fernerkundung and GIS: Neue sensoren - innovative Methoden, wichmann verlage, Heidelberg.

3) Edwards, G and R. Jeansoulin, (2004) Data fusion - from a logic perspective with a view to implementation guest editorial. Int. J. Geogr. Inf, Sci, 18 (4): 303-307.

4) Ehlers, M., J. Schiewe and M.Miller (2003) 3D modeling using high resolution and iiultisensorul remote sensing (03): 30-37.

5) Ehlers, M (2007) New Developments and Trends to urban remote sensing.

6) Pricker, p. and sandau, U.and walker, S (2000) why LH systems took the three - line road, July: 45-47.

7) Schiewe, Jand Ehlers,M (2004)Photogrammetrie-Fernerkundung-Geoint(PEG).6:463-474.

8)Ehlers,M and Kaufmann,H,J and Michel,u(2006) Remote Sensing for Environmental Monitoring. GIS Applications and Geology III.

9) Lebert, & Graber, M (2003) Flying the neb Larg format digital aerial Camera Ultracam., In Fritsch,D(E.d).

پی‌نوشت

1) Intensity hue saturation (IHS)

2) Image Fusion

3) Edward and Jeansoulin (2004)

4) International Journal of Geographical Information Science (IJGIS)