تلفیق داده‌های لیدار و عکس رقومی‌هوایی به منظور افزایش دقت طبقه‌بندی

مهندس احمد جواهری
کارشناس ارشد فتوگرامتری
مهندس ابراهیم قلی پور
کارشناس نقشه‌برداری

۱- چکیده

تشخیص و طبقه‌بندی عوارض روی تصاویر، به‌عنوان زیربنای بسیاری ازکاربردها ازجمله تهیه مدل رقومی ارتفاعی زمین، شناسایی تغییرات، به‌روزرسانی نقشه‌ها و بسیاری موارد دیگر در علوم مهندسی ژئوماتیک مطرح بوده و در سالهای اخیر محققین سعی در بهبود دقت در انجام این روند داشته‌اند. شناخت عوارض و طبقه‌بندی تصویر، مجموعه پردازشها و عملیاتی را گویند که منجر به شناسایی عوارض و نسبت دادن برچسب به هرکدام از پیکسلهای ورودی به عملیات طبقه‌بندی می‌شود. بر این مبنا، شناخت و تشخیص، با تکیه بر اختلافاتی که اشیاء از لحاظ خصوصیات ثبت شده توسط سنجنده‌های مختلف با یکدیگر دارند، قابل انجام است. هر چه اطلاعات متنوع‌تری از عوارض موجود باشد نتایج با دقت و قابلیت اعتماد بالاتری حاصل می‌گردد. امروزه با پیشرفت تکنولوژی، انواع مختلفی از اطلاعات توسط سنجنده‌های مختلف در دسترس قرار گرفته است. اما هیچ‌کدام از این منابع داده تمام خصوصیات بافتی، هندسی و طیفی یک شی را به همراه ندارند. به همین خاطر تلفیق اطلاعات حاصل از سنجنده‌های مختلف به منظور کامل کردن فضای توصیف که منجر به استخراج دقیق‌تر عوارض می‌گردد، گریزناپذیر است. در این تحقیق، تلفیق اطلاعات عکس هوایی رقومی و داده‌های لیدار مورد ارزیابی قرار گرفته و نقش آن در افزایش دقت طبقه‌بندی با استفاده از یک مجموعه داده از منطقه‌ای در آلمان، مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان دهندهٔ افزایش دقت طبقه‌بندی با استفاده همزمان از داده‌های عکس هوایی رقومی و لیدار می‌باشد.

واژگان کلیدی:

لیدار، عکس رقومی هوایی، توصیف‌گر، فضای توصیف، ماتریس خطا.

۲- مقدمه

در فتوگرامتری و بینایی کامپیوتر، تشخیص عوارض و طبقه‌بندی آن با استفاده از تصاویر اخذ شده از آنها انجام می‌پذیرد. به صورت کلی خصوصیات قابل ثبت عوارض توسط عکس، به سه مؤلفهٔ ساختاری، بافتی و طیفی طبقه‌بندی می‌شود. به هر داده و یا اطلاعاتی که به توصیف شیء می‌پردازد توصیف‌گر گوییم و مجموعه‌ای از این توصیف‌گرها در کنار یکدیگر فضای توصیف را تشکیل می‌دهند. میزان کامل بودن فضای توصیف از مؤلفه‌های سه گانه بافتی طیفی و ساختاری، تأثیر مستقیمی برنتایج نهایی طبقه‌بندی دارد. در این تحقیق ابتدا داده‌های لیدار و عکس هوایی را به عنوان داده‌های ورودی به فضای توصیف معرفی کرده، پس از توضیح مختصری در مورد الگوریتم طبقه‌بندی بیشترین شباهت، در بخش آخر به بررسی نقش تلفیق اطلاعات در افزایش دقت می‌پردازیم.

۳- منابع تأمین کنندهٔ مؤلفه‌های توصیفی

دو منبع داده لیدار و عکس هوایی به عنوان داده‌های تأمین کنندهٔ اعضای فضای توصیف مورد استفاده قرار گرفتند که در ذیل به ارائه مختصری راجع به هر کدام از این دو منبع می‌پردازیم.

۳-۱- داده‌های لیدار

استفاده از امواج لیزر برای مقاصد فاصله یابی تکنولوژی جدیدی نیست و طی چند دههٔ گذشته به طور گسترده‌ای در علوم مختلف از جمله ژئوماتیک مورد استفاد قرار گرفته است. امکان به کارگیری دستگاههایی از جمله طولیاب‌ها و توتال استیشن‌ها مرهون استفاده از همین تکنولوژی است. این تکنولوژی در فتوگرامتری نیز مورد استفاده بوده است. مثال بارز به کارگیری این تکنولوژی طی دهه‌های گذشته در فتوگرامتری تهیهٔ یک پروفیل ارتفاعی از پای هواپیما در امتداد پرواز در طی یک عملیات عکس برداری هوایی است که این مشاهدات ابزار قدرتمندی برای سرشکن کردن بلوکهای فتوگرامتری و تعیین المانهای توجیه خارجی عکسها بوده است.

اما امروزه امکان به کارگیری همزمان از داده‌های فاصله سنجی لیزر (Laser Ranging) و سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS)[۱] و تکنیکهایی برای تعیین وضعیت هواپیما در هر لحظه باعث گسترش روز افزون استفاده از این داده‌ها شده است. این امکان باعث می‌شود المان‌های توجیه خارجی هر دسته اشعه لیزر قابل محاسبه گردد. استفاده از این تکنولوژی باعث ایجاد تحولی بنیادین در تهیه اطلاعات ارتفاعی و تهیه مدل رقومی ارتفاعی زمین و استخراج اتوماتیک اشیاء شده است. این تکنولوژی مانند سیستم راداری است که به جای استفاده از امواج الکترومگنتیک در محدوده طول موجهای رادیویی از محدوده طول موجهای بینایی و به صورت محدودتر از امواج مادون قرمز و ماورای بنفش استفاده می‌کند. به همین خاطر امواجی که مورد استفاده قرار می‌دهد بین ده تا صد هزار برابر کوچکتر از امواج مورد استفاده در سیستم رادار است. این نوع رادار با اسامی دیگری از قبیل

[۲]LIDAR & Laser & Radar

[۳]Laser Altimetry & [۴]Als & Optical Radar & Ladar

نیز خوانده می‌شود و ما آنرا به نام لیدار می‌شناسیم. هدف از بکارگیری سیستم‌های لیدار استخراج اطلاعات سه بعدی از سطح عارضه می‌باشد. در این راستا، سیستم جاروبگر لیزر برداری در راستای خط دید از روزنه پرتاب لیزر تا شیی که به آن برخورد می‌کند را اندازه‌گیری می‌کند. موقعیت سه بعدی

این شیء، در صورتی قابل محاسبه است که در هر لحظه موقعیت و وضعیت سیستم نسبت به یک سیستم مرجع مشخص باشد. برای این منظور، در حین عملیات فاصله سنجی توسط سیستم جاروب کننده لیزری از، GPS IMU نیز به منظور مشاهدهٔ المانهای توجیه خارجی هر دسته اشعه استفاده می‌شود.

۳-۲- عکس هوایی

از دیرباز داده‌های عکس هوایی یکی از منابع مهم برای تهیه، اطلاعات هندسی عوارض در مناطق مختلف بشمار می‌رود. پیشرفت تکنولوژی باعث افزایش قدرت تفکیک و محدوده‌های طول موجی قابل ثبت توسط این سنجنده‌ها و به همین نسبت کاربردهای وسیع‌تر این داده‌ها در ارائه اطلاعات طیفی نیز گردیده است. در این تحقیق از عکسهای هوایی به عنوان داده‌های تأمین کنندهٔ اطلاعات طیفی، در سه باند آبی، قرمز و سبز استفاده شده است.

۳-۳- پیش پردازش

پیش پردازش به مجموعه عملیاتی اطلاق می‌گردد که روی داده انجام گرفته تا مجموعه داده به عنوان ورودی به الگوریتم آماده گردد. این عملیات شامل حذف خطاهای سیستماتیک از داده‌های لیدار، هم مرجع نمودن داده‌های لیدار و عکس هوایی و نهایتاً تهیه عکس قائم و سپس استخراج مناطق آموزش و تست می‌باشد.

✓حذف خطاهای سیستماتیک از داده‌های لیدار

برای اطمینان از صحت داده‌های مورد آزمایش روش حذف خطای سیستماتیک حداکثر ارتفاع منطقه، مورد استفاده قرار گرفت. پیاده‌سازی این روند در مورد داده‌های لیدار منجر به حذف نقاطی می‌گردد که به توپوگرافی منطقهٔ مورد نظر تعلق ندارد و با ارتفاعی بسیار بیشتر از ارتفاعات مورد انتظار در منطقه، ثبت شده‌اند.

✓هم مرجع نمودن داده‌های لیدار و عکس هوایی

به منظور استفاده همزمان از این دو دسته داده، قبل از هر گونه پردازشی، لازم است این داده‌ها هم مرجع گردند. این داده‌ها با اخذ نقاط مشترک و با استفاده از ترانسفرماسیون DLT هم مرجع و سپس قدرت تفکیک مکانی آنها نیز با هم برابر گردید.

✓تهیهٔ عکس قائم

در نرم‌افزار ژئوماتیکا، نسبت به قائم کردن عکس هوایی رنگی با معرفی پالس طول ثانویه لیدار به عنوان DSM اقدام گردید تا سیستم تصویر دو مجموعه داده یکی گردند.

✓استخراج توصیف گرهای NDDI , (DTM-DSM) و توصیف‌گر ناهمواری (RF)

اطلاعات فاصله سنجی لیدار بیانگر اطلاعات ارتفاعی از سطح زمین نسبت به مرجعی مشخص است. در شکل از بیان ارتفاعات، می‌توان انتظار وقوع هر عارضه در هر ارتفاعی را داشت. به همین خاطر این داده‌ها به صورت خام، توصیف گرهای مناسبی برای استخراج الگوها نیستند. می‌توان توصیف گر تغییرات ارتفاع، را از این داده‌ها باکم کردن داده‌های سه بعدی ارتفاعی از داده‌های لیدار به دست آوریم.

به علت عدم وجود داده‌های سه بعدی رقومی منطقه، این اطلاعات از خود داده‌ها استخراج گردید به این صورت که با انتخاب و استخراج نقاط روی سطح زمین، از جمله نقاط روی سطح خیابانها، پارکینگها، یا مناطق کشاورزی نقاط ارتفاعی با پراکندگی مناسبی تهیه گردید. سپس شبکه منظمی به اندازهٔ قاب لیدار و با همان قدرت تفکیک تهیه گردید و نقاط واقع بر این شبکه، با روش انترپولاسیون همسایگی چهارگانه، دارای ارتفاع گردیدند. در نهایت با کم کردن این داده از داده‌های فاصله سنجی اولیه و ثانویه لیدار توصیف گر تغییرات ارتفاعات تهیه گردید. با نفوذ پالس‌های لیزر در اشیاء متخلخل مانند درختان و بازگشت چندین انعکاس به سمت فرستنده و همچنین قابلیت ثبت این پالسها توسط لیدار، امکان شناسایی این اشیاء میسر می‌گردد.

توصیف گری که به بیان اختلاف این دو دادهٔ ثبت شده بپردازد، توصیف گر مناسبی برای استخراج الگوی متخلخل است. می‌توان توصیف گر NDDI با فرمول زیر استخراج کرد.

$$NDDI = \frac{First\ Pulse\ Rang - Last\ Pulse\ Rang}{First\ Pulse\ Rang + Last\ Rang}\ Pulse$$

این توصیف گر حاوی اطلاعات مناسبی برای توصیف درختان می‌باشد ولی رفتار مشابه لبه‌های ساختمان باعث آلودگی این داده‌ها شده و این توصیف‌گر، صرفاً حاوی اطلاعات درخت نمی‌باشد.

می‌توان معیاری بر میزان ناهمواری سطح اشیاء تعریف کرده و از این معیار برای شناخت اشیاء استفاده کرد. برای محاسبهٔ این مقدار در یک همسایگی از پیکسل صفحه‌ای پردازش داده می‌شود .از مقایسه بردار نرمال سطح با میانگین محاسبه شده در تمام تصویر به معیاری در مورد ناهمواری سطح دست پیدا می‌کنیم.

پس از استخراج توصیف گرهای ذکر شده از داده‌های لیدار و همچنین هر کدام از سه باند عکس هوایی رقومی فضای توصیف نهایی تشکیل گردید. این فضا به عنوان ورودی به الگوریتم طبقه‌بندی معرفی می‌شوند.

۴- الگوریتم طبقه‌بندی بیشترین شباهت

الگوریتم بیشترین شباهت که یکی از الگوریتمهای نظارت شدهٔ طبقه‌بندی محسوب می‌گردد، یکی از شناخته شده‌ترین الگوریتمهای آماری برای طبقه‌بندی داده است. اساس الگوریتمهای بیزی، تجزیه و تحلیلهای آماری بر روی مشاهدات است. در این روشها، تخمین توابع توزیع مشاهدات آموزشی در هر الگو با استفاده از توابع مختلفی از جمله گوسی، نمایی و غیره انجام می‌گیرد و از این تخمین در مورد تصمیم‌گیری در مورد نوع کلاس مشاهدات جدید استفاده می‌گردد.

در این روش تعلق هر پیکسل به کلاس با احتمال بیان می‌گردد، به این

معنی که هر پیکسل مفروض X، به کلاسی (W_i) تعلق می‌گیرد که بیشترین احتمال را در تعلق به آن کلاس داشته باشد.

$x \in w_i$ if

$P(w_i \mid x) > P(w_j \mid x)$ for all $i \neq j$ (1)

که در فرمول فوق احتمال $P(w_i \mid x)$ به صورت تعریف ذیل محاسبه است.

$$p(w_i \mid x) = \frac{p(x \mid w_i)p(w_i)}{P(x)} \quad (2)$$

بنابراین برای محاسبه مقدار احتمال تعلق هر نمونه به کلاس فرمول (1) لازم است تا احتمال اتفاق هر کلاس $P(w_i)$ و تابع توزیع مشاهدات در هر کلاس $P(x \mid w_i)$ محاسبه گردد.

روش دقیقی برای تخمین تابع توزیع کلاس یا احتمال وقوع هر کلاس در داده، $P(w_i)$ وجود ندارد و این مقدار باید از روی داده تخمین زده شود. به خاطر این‌که توزیع عوارض (کلاسها) در مناطق شهری حالت منظمی ندارد و نمی‌توان نظمی در آن پیدا کرد تا معیاری از احتمال اتفاق هرکلاس در داده‌های مختلف قابل تخمین باشد، بنابراین فرض ما در حل عملی مسأله تساوی احتمال وقوع همه کلاسها با همدیگر است. بر خلاف قبل، تابع توزیع مشاهدات $P(x \mid w_i)$ را با روشهای مختلفی می‌توان تخمین زد. در حل این مسأله فرض توزیع گوس و توزیع حالت ناپارامتری مورد آزمایش قرار گرفت. توزیع حالت ناپارامتری روی همان داده جوابهای دقیقتری را به دنبال داشت. ولی این تخمین روی داده‌های دیگر به جواب بهتری نسبت به تخمین حالت گوس نمی‌رسد.

در این تحقیق تابع توزیع مشاهدات در هر کلاس با فرض توزیع گوس، تخمین زده شد.

۵- ارزیابی نتایج

چنانکه ذکر گردید، در این تحقیق به منظور انجام روند شناسایی و تشخیص از داده‌ها و تشکیل فضای توصیف از دو منبع مختلف دادهٔ لیدار و عکس هوایی استفاده گردید. در این بخش تلفیق اطلاعات و نقش آن در بهبود دقت مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور با استفاده از الگوریتم بیشترین شباهت، به طبقه‌بندی با فضای توصیف شامل داده‌ها و توصیف گرهای لیدار به تنهایی، داده‌های عکس هوایی به تنهایی و تلفیق این دو اقدام گردید.

نتایج شناسایی و تشخیص عوارض ساختمان، درخت، جاده و پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های لیدار و فضای توصیف شامل پالس اولیه و ثانویهٔ درجات خاکستری و توصیف گرهای پالس اولیه و ثانویه تغییرات ارتفاع، ناهمواری و اختلافات نرمال شده در جدول (۱) آورده شده است.

چنانکه ملاحظه می‌گردد، استخراج عوارض خانه و درخت با فضای توصیف ذکر شده دقت بالاتری دارد.

ماتریس خطای حاصل از طبقه‌بندی فضای توصیفی صرفاً شامل داده‌های عکس هوایی در سه باند رنگی آبی، قرمز و سبز: در جدول (۲) ملاحظه می‌گردد.

جدول ۱: ماتریس خطای تشکیل شده با استفاده از الگوریتم طبقه‌بندی و داده‌های لیدار

Confusion Matrix		ML				
		ساختمان	درخت	جاده	پوشش گیاهی	دقت
کلاس واقعی	ساختمان	405	18	12	6	0.9184
	درخت	33	331	0	68	0.7662
	جاده	9	16	400	25	0.8889
	پوشش گیاهی	0	24	3	441	0.9423
	دقت	0.9060	0.8509	0.9639	0.8167	

جدول ۲: ماتریس خطای تشکیل شده با استفاده از الگوریتم طبقه‌بندی و داده‌های عکس هوایی

Confusion Matrix		ML				
		ساختمان	درخت	جاده	پوشش گیاهی	دقت
کلاس واقعی	ساختمان	405	18	12	6	0.4512
	درخت	33	331	0	68	0.6921
	جاده	9	16	400	25	0.8444
	پوشش گیاهی	0	24	3	441	0.7733
	دقت	0.7897	0.6644	0.6312	0.7420	

جدول ۳: ماتریس خطای تشکیل شده با استفاده از الگوریتم طبقه‌بندی و داده‌های لیدار عکس هوایی

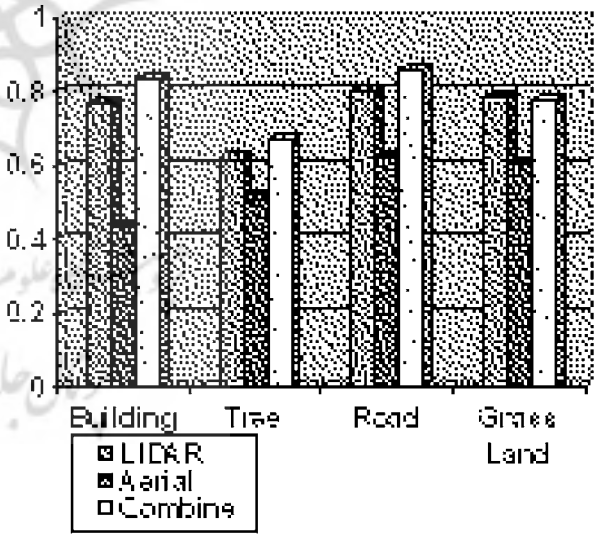
Confusion Matrix		ML				
		ساختمان	درخت	جاده	پوشش گیاهی	دقت
کلاس واقعی	ساختمان	190	38	193	11	0.4512
	درخت	2	29	22	109	0.6921
	جاده	51	18	380	1	0.8444
	پوشش گیاهی	0	95	7	348	0.7733
	دقت	0.7897	0.6644	0.6312	0.7420	

اگر فضای توصیف را از تمام داده‌ها و توصیف گرهای قابل استخراج از دو مجموعه دادهٔ لیدار و عکس هوایی، تشکیل داده و سپس طبقه‌بندی را با

این فضای توصیف و الگوریتم بیشترین شباهت انجام دهیم، ماتریس خطای نتایج حاصل را می‌توان در جدول (۳) ملاحظه کرد.

نتایج حاصل از طبقه‌بندی را با استفاده از پارامتر برآوردگر دقت کل نیز در نمودار زیر می‌توان ملاحظه کرد.

با مقایسهٔ مقادیر برآورد گر دقت کل حاصل از طبقه‌بندی با استفاده از سه فضای توصیف، شامل باندهای رنگی عکس هوایی، داده‌های اولیه و ثانویهٔ شدت روشنایی و فضای توصیفی شامل هر دو این دسته داده مشخص می‌گردد، اضافه شدن مؤلفه‌های طیفی به فضای توصیف، باعث افزایش دقت در همهٔ کلاسها به جز کلاس پوشش گیاهی می‌گردد. بیشترین افزایش متعلق به کلاس ساختمان به میزان ۳۳٪ می‌باشد .این تلفیق باعث کاهش دقت درکلاس پوشش گیاهی به میزان ۱٪ گردیده است. پس از بررسی تک تک نمونه‌های اخذ شده در این کلاس مشخص گردید، این کاهش بیشتر به خاطر تنوع بیش از حد اطلاعات طیفی در این کلاس می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد، طبقه‌بندی فضای توصیفی که صرفاً شامل داده‌های عکس هوایی باشد، منجر به اخذ نتایج قابل قبولی نمی‌گردد؛ و به کارگیری این داده‌ها در کنار داده‌های لیدار باعث بهبود دقت طبقه‌بندی می‌گردد.



نمودار ۱: مقایسه نتایج حاصل از طبقه‌بندی فضای‌توصیف‌شامل‌داده‌های لیدار، عکس هوایی و تلفیق این دو دسته داده با پارامتر برآورد دقت کل

۶- منابع

۱-احمد جواهری، طبقه‌بندی عوارض سه‌بعدی با استفاده از یک روش تلفیق اطلاعات در سطح عارضه، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، گروه مهندسی نقشه‌برداری دانشگاه تهران ۱۳۸۵

2- Richards, John, A,. ``Remote Sensing Digital Image Analysis An Introduction`` Book, Springer Publisher,

3- Tuceryan M., 1998. ``Texture Analysis`` The Handbook of Pattern Recognition and computer vision (2nd Edition, World Scientific publishing Co207-248.,

4-``An Introduction to Laser Scanning`` Surveying Engineering Department Ferris State university

5- Michael crane, et all 2002, Report of the U.S. Geological Survey Lidar`` Remote Sensing Program, 2002.

۷- پی نوشت

1- Global Positioning System

2- Light Detection and Ranging

3- Light amplification by Stimulated emission of radiation

4- Airborne Laser Scanning

علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی