

۱- چکیده

تشخیص و طبقه‌بندی عوارض روی تصاویر، به عنوان زیربنای بسیاری از کاربردها از جمله تهیه مدل رقومی ارتفاعی زمین، شناسایی تغییرات، به روز رسانی 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 هر کدام از پیکسلهای ورودی به عملیات طبقه‌بندی می‌شود. برای این مبنا، شناخت و تشخیص، با تکیه بر اختلافاتی که اشیاء از لحاظ خصوصیات ثبت شده توسط سنجنده‌های مختلف بایکدیگر 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 گرفته‌است. اما هیچ کدام 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 دهنده افزایش دقت طبقه‌بندی با استفاده همزمان از داده‌های عکس هوایی رقومی و لیدار می‌باشد.

واژگان کلیدی:

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

تلفیق داده‌های لیدار و عکس رقومی هوایی به منظور افزایش دقت طبقه‌بندی

مهندس احمد جواهری

کارشناس ارشد فتوگرامتری

مهندس ابراهیم قلی پور

کارشناس نقشه برداری

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 مؤلفه ساختاری، بافتی و طیفی طبقه‌بندی می‌شود. به هر داده و یا اطلاعاتی که به توصیف شیء می‌پردازد توصیف گر گوئیم و مجموعه‌ای از این توصیف گرها در کنار یکدیگر فضای توصیف را تشکیل می‌دهند. میزان کامل بودن فضای توصیف از مؤلفه‌های سه گانه بافتی طیفی و ساختاری، تأثیر مستقیمی بر نتایج 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 کننده مؤلفه‌های توصیفی

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

۱-۳- داده‌های لیدار

استفاده از امواج لیزر برای مقاصد فاصله یابی تکنولوژی جدیدی نیست و طی چند دهه 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 مرسوم 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 تهیه 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 الکترومغناطیس 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 اندازه گیری 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 لیرزی از، GPS IMU نیز به منظور مشاهده المانهای توجیه خارجی هر دسته اشعه استفاده می شود.

۳-۲- عکس هوایی

از دیرباز داده های عکس هوایی یکی از منابع مهم برای تهیه اطلاعات هندسی عوارض در مناطق مختلف بشمار می رود. پیشرفت تکنولوژی باعث افزایش قدرت تفکیک و محدوده های طول موجی قابل ثبت توسط این سنجنده ها و به همین نسبت کاربردهای وسیع تر این داده ها در ارائه اطلاعات طیفی نیز گردیده است. در این تحقیق از عکسهای هوایی به عنوان داده های تأمین کننده اطلاعات طیفی، در سه باند آبی، قرمز و سبز استفاده شده است.

۳-۳- پیش پردازش

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

✓ حذف خطاهای سیستماتیک از داده های لیدار

برای اطمینان از صحت داده های مورد آزمایش روش حذف خطای سیستماتیک حداکثر ارتفاع منطقه، مورد استفاده قرار گرفت. پیاده سازی این روند در مورد داده های لیدار منجر به حذف نقاطی می گردد که به توپوگرافی منطقه مورد نظر تعلق ندارد و با ارتفاعی بسیار بیشتر از ارتفاعات مورد انتظار در منطقه، ثبت شده اند.

✓ هم مرجع نمودن داده های لیدار و عکس هوایی

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

✓ تهیه عکس قائم

در نرم افزار 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 توصیف گر ناهمواری (RF)

اطلاعات فاصله سنجی لیدار بیانگر اطلاعات ارتفاعی از سطح زمین

نسبت به مرجعی مشخص است. در شکل از بیان ارتفاعات، می توان انتظار وقوع هر عارضه در هر ارتفاعی را داشت. به همین خاطر این داده ها به صورت خام، توصیف گرهای مناسبی برای استخراج الگوها نیستند. می توان توصیف گر تغییرات ارتفاع، را از این داده ها با کم کردن داده های سه بعدی ارتفاعی از داده های لیدار به دست آوریم.

به علت عدم وجود داده های سه بعدی رقومی منطقه، این اطلاعات از خود داده ها 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 اندازه 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 داده های فاصله سنجی اولیه و ثانویه لیدار توصیف گر تغییرات ارتفاعات تهیه گردید. با نفوذ پالس های 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 می گردد.

توصیف گری که به بیان اختلاف این دو داده ثبت شده پردازد، توصیف گر مناسبی برای استخراج الگوی متخلخل است. می توان توصیف گر NDDI با فرمول زیر استخراج کرد.

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

این توصیف گر حاوی اطلاعات مناسبی برای توصیف درختان می باشد ولی رفتار مشابه لبه های ساختمان باعث آلودگی این داده ها شده و این توصیف گر، صرفاً حاوی اطلاعات درخت نمی باشد.

می توان معیاری بر میزان ناهمواری سطح اشیاء تعریف کرده و از این معیار برای شناخت اشیاء استفاده کرد. برای محاسبه این مقدار در یک همسایگی از پیکسل صفحه ای پردازش داده می شود. از مقایسه بردار نرمال سطح با میانگین محاسبه شده در تمام تصویر به معیاری در مورد ناهمواری سطح دست پیدا می کنیم.

پس از استخراج توصیف گرهای ذکر شده از داده های لیدار و همچنین هر کدام از سه باند عکس هوایی رقومی فضای توصیف نهایی تشکیل گردید. این فضا به عنوان ورودی به الگوریتم طبقه بندی معرفی می شوند.

۴- الگوریتم طبقه بندی بیشترین شباهت

الگوریتم بیشترین شباهت که یکی از الگوریتمهای نظارت شده طبقه بندی محسوب می گردد، یکی از شناخته شده ترین الگوریتمهای آماری برای طبقه بندی داده است. اساس الگوریتمهای بیزی، تجزیه و تحلیل های 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 می گیرد و از این تخمین در مورد تصمیم گیری در مورد نوع کلاس مشاهدات جدید استفاده می گردد.

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

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

Confusion Matrix		ML				
		دقت	پوشش گیاهی	جاده	درخت	ساختمان
کلاس واقعی	ساختمان	0.918 4	6	12	18	40 5
	درخت	0.766 2	68	0	331	33
	جاده	0.888 9	25	400	16	9
	پوشش گیاهی	0.942 3	441	3	24	0
	دقت		0.816 7	0.963 9	0.850 9	0.9060

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

Confusion Matrix		ML				
		دقت	پوشش گیاهی	جاده	درخت	ساختمان
کلاس واقعی	ساختمان	0.45 12	6	12	18	405
	درخت	0.69 21	68	0	331	33
	جاده	0.84 44	25	400	16	9
	پوشش گیاهی	0.77 33	441	3	24	0
	دقت		0.74 20	0.63 12	0.66 44	0.789 7

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

Confusion Matrix		ML				
		دقت	پوشش گیاهی	جاده	درخت	ساختمان
کلاس واقعی	ساختمان	0.451 2	11	193	3	19 0
	درخت	0.692 1	109	22	2	2 9
	جاده	0.844 4	1	380	1	51 8
	پوشش گیاهی	0.773 3	348	7	9	0 5
	دقت		0.742 0	0.631 2	0.6644	0.7897

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

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

$$x \in w_i \text{ if}$$

$$P(w_i | x) > P(w_j | x) \text{ for all } i \neq j \quad (1)$$

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

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

بنابراین برای محاسبه مقدار احتمال تعلق هر نمونه به کلاس فرمول (۱) لازم است تا احتمال اتفاق هر کلاس $P(w_i)$ و تابع توزیع مشاهدات در هر کلاس $P(x | w_i)$ 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 این که توزیع عوارض (کلاسها) در مناطق شهری حالت منظمی ندارد و نمی‌توان نظمی در آن پیدا کرد تا معیاری از احتمال اتفاق هر کلاس 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 $P(x | w_i)$ 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 داده 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 ثانویه 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.

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

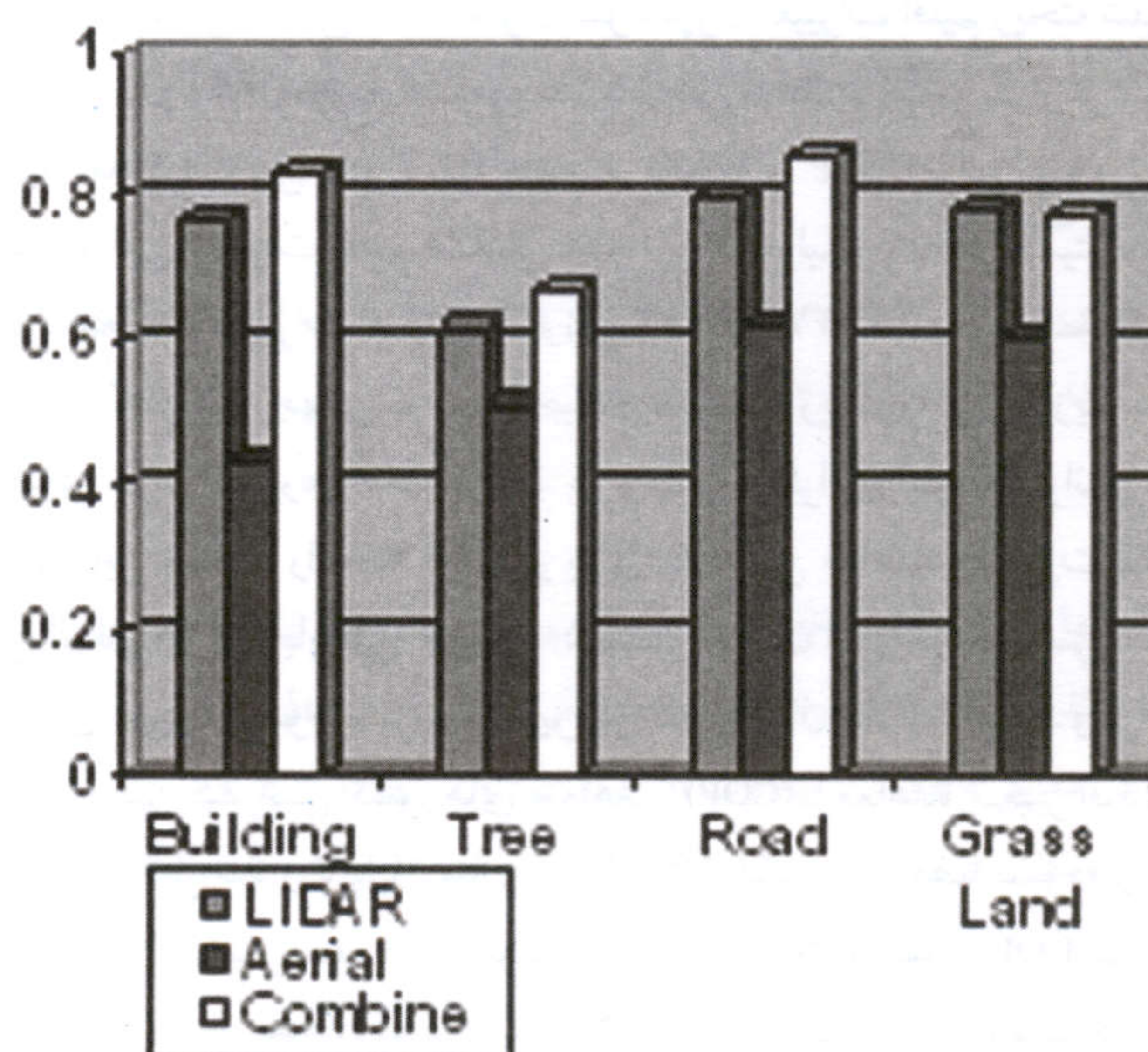
2- Light Detection and Ranging

3- Light amplification by Stimulated emission of radiation

4- Airborne Laser Scanning

این فضای توصیف و الگوریتم بیشترین شباهت انجام دهیم، ماتریس خطای نتایج حاصل را می توان در جدول (۳) ملاحظه کرد. نتایج حاصل از طبقه بندی را با استفاده از پارامتر برآوردگر دقت کل نیز در نمودار زیر می توان ملاحظه کرد.

با مقایسه مقادیر برآوردگر دقت کل حاصل از طبقه بندی با استفاده از سه فضای توصیف، شامل باندهای رنگی عکس هوایی، داده های اولیه و ثانویه شدت روشنایی و فضای توصیفی شامل هر دو این دسته داده مشخص می گردد، اضافه شدن مؤلفه های طیفی به فضای توصیف، باعث افزایش دقت در همه کلاسها به جز کلاس پوشش گیاهی می گردد. بیشترین افزایش متعلق به کلاس ساختمان به میزان ۳۳٪ می باشد. این تلفیق باعث کاهش دقت در کلاس پوشش گیاهی به میزان ۱٪ گردیده است. پس از بررسی تک تک نمونه های اخذ شده در این کلاس مشخص گردید، این کاهش بیشتر به خاطر تنوع بیش از حد اطلاعات طیفی در این کلاس می باشد. نتایج نشان می دهد، طبقه بندی فضای توصیفی که صرفاً شامل داده های عکس هوایی باشد، منجر به اخذ نتایج قابل قبولی نمی گردد؛ و به کارگیری این داده ها در کنار داده های لیدار باعث بهبود دقت طبقه بندی می گردد.



نمودار ۱: مقایسه نتایج حاصل از طبقه بندی فضای توصیف شامل داده های لیدار، عکس هوایی و تلفیق این دو دسته داده با پارامتر برآورد دقت کل

۶- منابع

۱- احمد جواهری، طبقه بندی عوارض سه بعدی با استفاده از یک روش تلفیق اطلاعات در سطح عارضه، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی نقشه برداری دانشگاه تهران ۱۳۸۵

2- Richards, John, A., ``Remote Sensing Digital Image Analysis An