

به نام یزدان پاک

همه سوال های

سنجشی از دور

و

سیستم اطلاعات جغرافیایی

G.I.S & RS

(جلد ۶)

۱۴۰۳-۱۴۰۴

تهیه کنندگان

گروه مولفین پردازش

فهرست مطالب

پیش گفتار.....	۷
آزمون کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی ۱۴۰۳	
اصول تفسیر عکس های هوایی	۱۱
پاسخنامه اصول تفسیر عکس های هوایی	۱۴
ژئومورفولوژی و جغرافیای زیستی	۳۰
پاسخنامه ژئومورفولوژی و جغرافیای زیستی	۳۲
جغرافیای شهری و روستایی	۴۹
پاسخنامه جغرافیای شهری و روستایی	۵۱
سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی	۶۴
پاسخنامه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی	۶۶
آزمون کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی ۱۴۰۴	
اصول تفسیر عکس های هوایی	۷۹
پاسخنامه اصول تفسیر عکس های هوایی	۸۲
ژئومورفولوژی و جغرافیای زیستی	۹۶
پاسخنامه ژئومورفولوژی و جغرافیای زیستی	۹۸
جغرافیای شهری و روستایی	۱۰۷
پاسخنامه جغرافیای شهری و روستایی	۱۰۹
سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی	۱۲۱
پاسخنامه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی	۱۲۴
منابع.....	۱۴۳

آزمون کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی ۱۴۰۳

اصول تفسیر عکس‌های هوایی



۱. اکثر جنگل‌های تجاری شمال ایران، پهن‌برگ بوده و درصد کمی شامل پوشش‌های سوزنی برگ است، برای بررسی بهتر این دو گونه پوشش از روی عکس‌های هوایی، کدام عوامل تأثیر بیشتری دارند؟
(۱) تن - سایه (۲) شکل - اندازه
(۳) الگو - رنگ (۴) زمان عکس‌برداری - موقعیت توپوگرافیک
۲. کدام یک از اجزای تفسیری عکس‌های هوایی، به ترتیب، به انعکاس نور و مقیاس، حساسیت بالاتری دارند؟
(۱) شکل - رنگ (۲) تن عکس - بافت
(۳) الگو - تن (۴) شکل - موقعیت توپوگرافیک عوارض
۳. در منطقه‌ای عکس‌برداری هوایی با ارتفاع پرواز ۱۸۵۰ متر، با دوربینی به فاصله کانونی 154^{mm} ، عکس‌های با ابعاد $23^{cm} \times 23^{cm}$ ، پوشش طولی ۶۰٪ و عرضی ۳۰٪ انجام شده است. مساحت منطقه مفید مدل چند km^2 است؟
(۱) ۱/۸ (۲) ۲ (۳) ۲/۴ (۴) ۳
۴. در صورتی که حداکثر خطای مجاز ارتفاعی در نقشه ۲ متر باشد، حداکثر ارتفاع پرواز چند متر است؟
(۱) ۳۰۰۰ (۲) ۱۵۰۰ (۳) ۱۰۰۰ (۴) ۳۰۰
۵. تفاوت اصلی عکس‌برداری هوایی و پرنده‌های بدون سرنشین (UAV)، کدام است؟
(۱) طرح پرواز (۲) عدم نیاز به مثلث‌بندی
(۳) پوشش‌های طولی و عرضی (۴) استفاده از دوربین‌های غیرمتریک
۶. مشکل استفاده از معادلات پارامتریک (مانند شرط هم‌خطی)، در تصحیح هندسی عکس‌های هوایی کدام است؟
(۱) نیاز به برداشت نقاط کنترل زیاد و عدم تعادل مدل
(۲) دشواری در مقاربت شدن معادلات و نیاز به نرمال‌سازی
(۳) خطر نوسان چندجمله‌ای و نیاز به داشتن نقاط کنترل زیاد
(۴) تعداد پارامترهای زیاد و عدم امکان مدل‌سازی منابع خطای ناشناخته
۷. کدام مورد در رابطه با «تفسیر» درست است؟
(۱) تفسیر با استنتاج تحلیل‌گر اطلاعات را بر اساس حضور اطلاعات مرتبط نزدیک شناسایی می‌کند.
(۲) تفسیر با استنتاج تحلیل‌گر اطلاعات را بر اساس حضور اطلاعات غیرمرتبط را شناسایی می‌کند.
(۳) تفسیر با استنتاج بدون داشتن اطلاعات دارای ارتباط ضعیف است.
(۴) تفسیر با استنتاج سخت‌ترین و دقیق‌ترین نوع تفسیر است.
۸. طول باز هوایی یک عکس‌های قائم با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ و ابعاد $23^{cm} \times 23^{cm}$ و پوشش طولی ۶۰٪، چند متر است؟
(۱) ۹۲ (۲) ۱۳۶ (۳) ۹۲۰ (۴) ۱۳۸۰



۹. در فرایند توجیه نسبی دو عکس هوایی، اثر المان b_x (انتقالی در جهت x) بر روی نقاط مدلی کدام است؟

- (۱) تغییر جهت
(۲) اعوجاج یک‌طرفه
(۳) اعوجاج مرکزی
(۴) تغییر مقیاس به‌صورت خطی

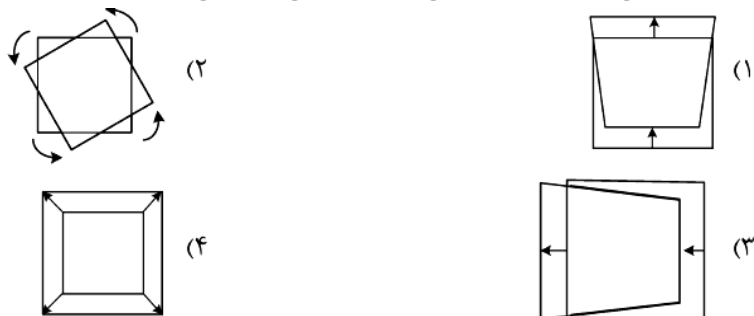
۱۰. منظور از ترمیم تصویر (Image rectification) چیست؟

- (۱) حذف جابه‌جایی‌های ناشی از تیلت عکس‌برداری
(۲) حذف جابه‌جایی‌های ناشی از اختلاف ارتفاع عوارض
(۳) حذف جابه‌جایی‌های ناشی از تیلت و تأثیرات ناشی از ارتفاع عوارض
(۴) همان فرایند اورتوگرافی است با هدف حذف خطاهای هندسی تصویر

۱۱. کدام مورد در خصوص عکس‌برداری هوایی درست است؟

- (۱) ذرات گردوغبار موجب کم‌شدن تباین در بخش‌های با روشنایی کم مانند سایه‌ها می‌شود.
(۲) ذرات گردوغبار موجب زیادشدن تباین در بخش‌های با روشنایی کم مانند سایه‌ها می‌شود.
(۳) در عرض‌های جغرافیایی بالا شدت تابش و بازتاب کم، موجب کیفیت بهتر عکس هوایی می‌شود.
(۴) در عرض‌های جغرافیایی بالا شدت تابش و بازتاب کم، موجب محدودیت در عکس‌برداری می‌شود.

۱۲. اثر زاویه دورانی کاپا در عکس هوایی، چه جابه‌جایی ایجاد می‌کند؟



۱۳. در یک عکس هوایی جابه‌جایی نسبت به تیلت اعوجاج عدسی و جابه‌جایی ارتفاعی، به ترتیب، نسبت به کدام نقاط حالت شعاعی دارند؟

آبی	سبز	قرمز	رنگ حاصل
۲۴۵	۱۵	۲۵۵	a
۱۱	۲۵۰	۲۴۹	b

- (۱) نقطه هم‌بار - مرکز عکس - نقطه نادیر
(۲) مرکز عکس - مرکز عکس - نقطه نادیر
(۳) نقطه هم‌بار - مرکز عکس - مرکز عکس
(۴) مرکز عکس - نقطه نادیر - مرکز عکس

۱۴. در فرایند توجیه نسبی دو عکس هوایی با معادله شرط هم‌خطی، به‌ازای هر نقطه مدلی، چند معادله مشاهدات ایجاد می‌شود؟

- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۴ (۴) ۵

۱۵. در عکس‌برداری هوایی با یک دوربین با مقیاس ثابت، چگونه می‌توان اثر مقدار جابه‌جایی ارتفاعی را کمتر کرد؟

- (۱) ازدیاد پوشش طولی و عرضی
(۲) دوران دوربین عکس‌برداری
(۳) افزایش سرعت هواپیما
(۴) تغییر ارتفاع پرواز

۱۶. رنگ‌های a و b در سیستم RGB در حالت ۸ بیتی، به‌ترتیب چگونه است؟

- (۱) زرد و آبی
(۲) بنفش و زرد
(۳) زرد و بنفش
(۴) بنفش و قرمز

۱۷. نخستین گام برای اندازه‌گیری رنگ اقیانوس، چیست؟

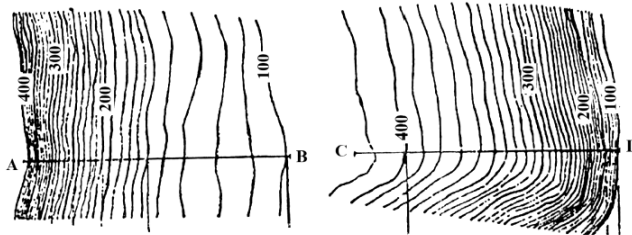
- (۱) تصحیح اتمسفری
(۲) حذف تغییرات تابش خورشید
(۳) حذف اثرات مواد آلی در آب
(۴) دخالت دادن تغییرات تابش خورشید

۱۸. عکس هوایی با مقیاس $\frac{1}{15000}$ با دوربینی که فاصله کانونی آن ۱۵۲/۴ میلی‌متر است، جهت تهیه نقشه منطقه‌ای با ارتفاع

متوسط ۱۰,۰۰۰ متر مورد نیاز می‌باشد، ارتفاع پرواز تقریباً چند متر باید باشد؟

- (۱) ۲۰۰۰ (۲) ۲۵۰۰ (۳) ۳۳۰۰ (۴) ۵۰۰۰

۱۹. نیمرخ‌های AB و CD به ترتیب مربوط به کدام شکل زمین است؟



(۲) دامنه محدب - دامنه مقعر

(۴) دره U شکل - دره V شکل

(۱) دامنه مقعر - دامنه محدب

(۳) دره V شکل - دره U شکل

۲۰. کدام مورد در خصوص «سیستم رنگ RGB»، درست است؟

- (۱) رنگ بنفش = رنگ سفید + رنگ قرمز
(۲) رنگ سفید = رنگ سبز + رنگ آبی
(۳) رنگ قرمز = رنگ سفید - رنگ آبی
(۴) رنگ فیروزه‌ای = رنگ سفید - رنگ قرمز

موضوع سوال: موضوع محوری این سؤال، شناخت مهم‌ترین عوامل در فرآیند تفسیر عکس‌های هوایی (Aerial Photo Interpretation) برای تفکیک گونه‌های درختی (پهن‌برگ در برابر سوزنی‌برگ) در اکوسیستم جنگل‌های هیرکانی شمال ایران است.

پاسخ تشریحی:

دلیل برتری گزینه ۴ به دو عامل کلیدی اکولوژیک و فنولوژیک (Phenology) بازمی‌گردد:

نخست، عامل زمان عکس‌برداری (Time of Photography): در جنگل‌های شمال ایران، اکثر گونه‌های تجاری پهن‌برگ از نوع خزان‌کننده (Deciduous) هستند (مانند راش، بلوط و ممرز)، در حالی که گونه‌های سوزنی‌برگ (Coniferous) معمولاً همیشه‌سبز (Evergreen) می‌باشند. اگر عکس‌برداری در فصول پاییزی یا زمستان انجام شود، به دلیل خزان درختان پهن‌برگ و سبز ماندن سوزنی‌برگان، تباین (Contrast) بسیار بالایی در تصاویر ایجاد می‌شود که تفکیک آن‌ها را به سادگی امکان‌پذیر می‌سازد. بنابراین، زمان عکس‌برداری تعیین‌کننده اصلی ویژگی‌های ظاهری پوشش گیاهی در تصویر است.

دوم، عامل موقعیت توپوگرافیک (Topographic Position): گونه‌های مختلف جنگلی در شرایط توپوگرافیک خاصی (مانند ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت دامنه) مستقر می‌شوند. در جنگل‌های تجاری شمال، پهن‌برگان بر اساس ارتفاع (مانند راشستان‌ها در ارتفاعات میانی جنگل‌های کاسپین) زون‌بندی مشخصی دارند و گونه‌های سوزنی‌برگ بومی یا دست‌کاشت نیز در رویشگاه‌ها و شرایط توپوگرافی متمایزی استقرار می‌یابند. ترکیب هوشمندانه زمان عکس‌برداری و آگاهی از موقعیت توپوگرافیک منطقه، قدرتمندترین ابزار مفسر برای تفکیک دقیق این دو توده جنگلی محسوب می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه ۱ (تن - سایه): اگرچه تن (Tone) و سایه (Shadow) از عناصر پایه‌ای تفسیر هستند، اما بدون انتخاب زمان مناسب عکس‌برداری، تفاوت تن بین پوشش پهن‌برگ و سوزنی‌برگ در اواسط تابستان ممکن است بسیار ناچیز و گمراه‌کننده باشد. وضعیت سایه نیز بیشتر به زاویه تابش خورشید بستگی دارد و در توده‌های متراکم جنگلی شمال، سایه تاج درختان در هم تنیده شده و تفکیک گونه را دشوار می‌کند.

گزینه ۲ (شکل - اندازه): شکل تاج (Crown Shape) و اندازه آن برای تفکیک تک‌درختان مفید است (به‌عنوان مثال تاج مخروطی برای سوزنی‌برگان و تاج چتری یا کروی برای پهن‌برگان). اما در جنگل‌های انبوه تجاری، مرز تاج درختان به هم پیوسته است (Canopy Closure) و شناسایی شکل و اندازه تک‌درختان امکان‌پذیر نیست.

گزینه ۳ (الگو - رنگ): الگو (Pattern) بیشتر برای تشخیص جنگل‌های دست‌کاشت (با الگوی ردیفی و منظم) از جنگل‌های طبیعی کاربرد دارد. رنگ (Color) نیز در عکس‌های سیاه و سفید کاربردی ندارد و حتی در عکس‌های رنگی استاندارد نیز، در فصل تابستان تفاوت رنگ سبز این دو گونه برای تفکیک دقیق کافی نیست و این امر مجدداً وابستگی شدیدی به انتخاب زمان مناسب (فصل خزان) دارد.

نکات تکمیلی:

در مطالعات پیشرفته سنجش از دور و علوم جنگل، امروزه برای بارزسازی این تفاوت‌های پوششی از عکس‌های هوایی مادون قرمز رنگی (Color Infrared - CIR) و تصاویر ماهواره‌ای چندطیفی (Multispectral) استفاده می‌شود. در این تصاویر، میزان بازتابش گیاهان در باند مادون قرمز نزدیک (NIR) ساختار سلولی برگ‌ها را نمایان می‌سازد که بین سوزنی‌برگان و پهن‌برگان تفاوت فاحشی دارد. همچنین، استخراج منحنی‌های فنولوژیک با استفاده از تصاویر سری زمانی، جایگزین مدرن و پویایی برای انتخاب صرف یک «زمان عکس‌برداری» در عکس‌های هوایی سنتی شده است.

منابع:

- زبیری، محمود. (۱۳۸۸). *اصول تفسیر عکس‌های هوایی (با کاربرد در منابع طبیعی)*. انتشارات دانشگاه تهران.
- مخدوم، مجید. (۱۳۹۸). *شالوده آمایش سرزمین*. انتشارات دانشگاه تهران.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W & Chipman, J. W. (۲۰۱۵). *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley & Sons.



۲. گزینه ۲)

موضوع سوال: هسته مرکزی این سؤال بر شناخت ماهیت فیزیکی و هندسی «عناصر اولیه تفسیر بصری» (Elements of Visual Interpretation) متمرکز است و هدف آن شناسایی عناصری است که به ترتیب بیشترین وابستگی را به میزان بازتابش انرژی الکترومغناطیسی (انعکاس نور) و ابعاد هندسی تصویر (مقیاس) دارند.

پاسخ تشریحی:

تن عکس (Tone): تن یا درجه روشنی، ابتدایی‌ترین و بنیادی‌ترین عنصر تفسیر است. این عنصر مستقیماً نشان‌دهنده شدت انرژی الکترومغناطیسی (نور) بازتاب‌یافته، ساطع‌شده یا عبور کرده از پدیده‌هاست که توسط حسگر ثبت می‌شود. در واقع، تمام عناصر تفسیری دیگر از تغییرات فضایی «تن» به وجود می‌آیند. بنابراین، تن عکس بالاترین و مستقیم‌ترین حساسیت را نسبت به میزان انعکاس نور پدیده‌ها دارد.

بافت (Texture): بافت به معنای فراوانی و میزان تکرار تغییرات «تن» در یک بخش از تصویر است و احساسی از زبری یا نرمی پدیده را القا می‌کند. بافت به شدت وابسته به مقیاس (Scale) است. به عنوان مثال، تاج یک درخت در یک عکس هوایی با مقیاس بزرگ، بافتی خشن و زبر دارد که ناشی از سایه و روشن برگ‌ها و شاخه‌هاست. اما همین جنگل در یک تصویر با مقیاس کوچک (مانند تصویر ماهواره‌ای با رزولوشن پایین)، بافتی کاملاً نرم و یکنواخت پیدا می‌کند، زیرا جزئیات درون تاجی قابل تفکیک نبوده و در یک پیکسل ادغام می‌شوند. از این رو، بافت حساس‌ترین عنصر تفسیری نسبت به تغییرات مقیاس است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه ۱ (شکل - رنگ): شکل (Shape) به حاشیه و هندسه فضایی پدیده مربوط است و ارتباط مستقیمی با شدت انعکاس نور ندارد. اگرچه رنگ (Color) با انعکاس در ارتباط است، اما ترتیب قرارگیری در این گزینه (انعکاس برای شکل و مقیاس برای رنگ) کاملاً نادرست است.

گزینه ۳ (الگو - تن): الگو (Pattern) به آرایش فضایی و نظم قرارگیری پدیده‌ها (مانند باغات ردیفی یا شبکه خیابان‌ها) دلالت دارد و وابسته به انعکاس نور نیست. تن نیز اگرچه با انعکاس مرتبط است، اما در جایگاه دوم (وابستگی به مقیاس) قرار گرفته که پاسخ درستی برای بخش دوم سؤال محسوب نمی‌شود.

گزینه ۴ (شکل - موقعیت توپوگرافیک عوارض): موقعیت توپوگرافیک (Topographic Position) یک عنصر استنتاجی است که به استقرار پدیده در محیط فیزیکی اشاره دارد و شکل نیز همان‌طور که بیان شد، نماینده انعکاس نور نیست. هیچ‌یک از اجزای این گزینه پاسخگوی ویژگی‌های خواسته‌شده در صورت سؤال نیستند.

نکات تکمیلی:

در سیستم‌های نوین پردازش تصویر، مفاهیم سنتی تن و بافت به پارامترهای کمی تبدیل شده‌اند. در تحلیل‌های تصویر پایه‌های گرا (OBIA)، تن معادل با مقادیر طیفی (Spectral Values) پیکسل‌ها در نظر گرفته می‌شود. همچنین، بافت با استفاده از الگوریتم‌های پیچیده ریاضی مانند «ماتریس هم‌رخدادی سطح خاکستری» (GLCM) مدل‌سازی می‌گردد. در این رویکرد مدرن نیز، مقیاس‌بندی صحیح (Scale Parameter) در فرآیند قطعه‌بندی (Segmentation) تصاویری با رزولوشن بالا، شرط اساسی برای استخراج دقیق بافت پدیده‌ها به شمار می‌رود که مؤید اهمیت علمی و ماندگار مفهوم مقیاس در آنالیز بافت است.

منابع:

- زبیری، محمود. (۱۳۸۸). *اصول تفسیر عکس‌های هوایی (با کاربرد در منابع طبیعی)*. انتشارات دانشگاه تهران.
- علوی‌پناه، سید کاظم. (۱۳۸۲). *کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک)*. انتشارات دانشگاه تهران.
- Jensen, J. R. (۲۰۰۷). *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. Pearson Prentice Hall.

۳. گزینه ۲)

موضوع سوال: محوریت این سؤال، ارزیابی توانایی محاسبه مقیاس پرواز و تبدیل ابعاد عکس به ابعاد زمینی جهت به دست آوردن «مساحت مفید مدل پوششی» (Effective Model Area) در عملیات فتوگرامتری و عکس‌برداری هوایی است.

پاسخ تشریحی:

در عکس‌برداری‌های هوایی استاندارد که ابعاد عکس ذکر نمی‌شود، همواره ابعاد استاندارد جهانی یعنی ۲۳ در ۲۳ سانتی‌متر (۲۳۰ در ۲۳۰ میلی‌متر) فرض می‌گردد.



گام اول: محاسبه مقیاس عکس هوایی (Scale). مقیاس از نسبت فاصله کانونی (f) به ارتفاع پرواز (H) به دست می‌آید:

$$S = \frac{f}{H} = \frac{0.154 \text{ m}}{1850 \text{ m}} = \frac{1}{12012.98} \approx \frac{1}{12013}$$

گام دوم: محاسبه ابعاد پوشش زمینی هر عکس (D). با ضرب ابعاد عکس (d) در مخرج مقیاس، طول و عرض زمینی تحت پوشش یک عکس محاسبه می‌شود:

$$D = d \times \frac{H}{f} = 0.23 \text{ m} \times 12013 = 2763 \text{ m} = 2.763 \text{ km}$$

گام سوم: اعمال درصد‌های پوشش (Overlap) برای یافتن مساحت مفید. در فتوگرامتری، مساحت مفید یک مدل سه‌بعدی از کسر شدن میزان پوشش طولی (Forward Overlap) و پوشش عرضی (Lateral Overlap) از ابعاد کل به دست می‌آید. طول مفید (Base) برابر است با:

$$B = D \times (1 - P_L) = 2.763 \times (1 - 0.60) = 1.105 \text{ km}$$

عرض مفید (Width) برابر است با:

$$W = D \times (1 - P_W) = 2.763 \times (1 - 0.30) = 1.934 \text{ km}$$

گام نهایی: محاسبه مساحت مفید.

$$A = B \times W = 1.105 \text{ km} \times 1.934 \text{ km} = 2.137 \text{ km}^2$$

منابع:

- زبیری، محمود. (۱۳۸۸). اصول تفسیر عکس‌های هوایی (با کاربرد در منابع طبیعی). انتشارات دانشگاه تهران.
- عزیزی، قاسم. (۱۳۹۵). مبانی فتوگرامتری و تفسیر عکس‌های هوایی. انتشارات دانشگاه پیام نور.
- Wolf, P. R., Dewitt, B. A & Wilkinson, B. E. (۲۰۱۴). *Elements of Photogrammetry with Applications in GIS*. McGraw-Hill Education.

۴. گزینه ۱

موضوع سوال: موضوع محوری این سؤال، درک رابطه ریاضی و تجربی بین ارتفاع پرواز و دقت ارتفاعی (Vertical Accuracy) در طراحی پروژه‌های عکس‌برداری هوایی و فتوگرامتری است.

پاسخ تشریحی:

در برنامه‌ریزی پرواز برای تهیه نقشه‌های توپوگرافی و فتوگرامتری کلاسیک، یکی از مهم‌ترین پارامترها تعیین حداکثر ارتفاع پرواز مجاز است تا خطای ارتفاعی نقاط از حد استاندارد فراتر نرود. دقت ارتفاعی در یک مدل سه‌بعدی وابستگی مستقیمی به ارتفاع پرواز (H) دارد. بر اساس اصول تجربی و استانداردهای رایج فتوگرامتری (به‌ویژه با دوربین‌های آنالوگ متریک با فاصله کانونی نرمال)، یک قاعده کلی و پذیرفته‌شده وجود دارد که بیان می‌کند حداکثر خطای مجاز ارتفاعی (یا دقت استخراج ارتفاع نقاط) به‌طور متوسط برابر با $\frac{1}{1500}$ ارتفاع پرواز است. این رابطه به صورت زیر فرمول‌بندی می‌شود:

$$H_{\max} = 1500 \times \Delta Z_{\max}$$

در این معادله:

- $H_{\max}$: حداکثر ارتفاع پرواز (بر حسب متر)
- $\Delta Z_{\max}$: حداکثر خطای مجاز ارتفاعی (بر حسب متر)

$$H_{\max} = 1500 \times 2 = 3000 \text{ m}$$

نکات تکمیلی:

امروزه با گذار از فتوگرامتری آنالوگ به فتوگرامتری دیجیتال و استفاده از دوربین‌های رقومی با فرمت بزرگ (Large Format Digital Cameras)، این ضرایب تجربی جای خود را به معادلات دقیق انتشار خطا (Error Propagation) داده‌اند. در سیستم‌های مدرن، خطای ارتفاعی با استفاده از نسبت باز هوایی به ارتفاع پرواز (B/H)، ابعاد پیکسل روی زمین (GSD) و خطای اندازه‌گیری اختلاف منظر روی تصویر (σ_{px}) مدل‌سازی می‌شود:



$$\sigma_Z = \frac{H}{B} \times GSD \times \sigma_{px}$$

این رویکرد تحلیلی اجازه می دهد تا در ارتفاعات بسیار بالاتر نیز، به لطف رزولوشن بالای سنسورها، دقت های ارتفاعی در حد سانتی متر به دست آید و وابستگی مطلق به ضریب سنتی ۱۵۰۰ از بین برود.

منابع:

- زبیری، محمود. (۱۳۸۸). اصول تفسیر عکس های هوایی. انتشارات دانشگاه تهران.
- عزیزی، قاسم. (۱۳۹۵). مبانی فتوگرامتری و تفسیر عکس های هوایی. انتشارات دانشگاه پیام نور.
- Wolf, P. R., Dewitt, B. A & Wilkinson, B. E. (۲۰۱۴). *Elements of Photogrammetry with Applications in GIS* McGraw-Hill Education.

۵. گزینه ۳

موضوع سوال: محوریت این سؤال، درک تفاوت های بنیادین در هندسه تصویربرداری و استانداردهای طراحی پرواز بین فتوگرامتری کلاسیک (با هواپیماهای سرنشین دار) و فتوگرامتری نوین مبتنی بر پهپادها (UAV Photogrammetry) است.

پاسخ تشریحی:

دلیل اصلی انتخاب پوشش های طولی و عرضی (Forward and Lateral Overlaps) به عنوان تفاوت اصلی، به الگوریتم های پردازشی مورد استفاده در این دو روش بازمی گردد:

در فتوگرامتری هوایی کلاسیک، هدف اصلی ایجاد دید برجسته (Stereoscopic Vision) با حداقل تعداد عکس است تا هزینه های پرواز و پردازش کاهش یابد. به همین دلیل، استاندارد پوشش طولی ۶۰ درصد (برای تضمین دید سه بعدی) و پوشش عرضی ۳۰ درصد (برای اتصال نوارهای پروازی) تعیین شده است.

اما در پرنده های بدون سرنشین (UAV)، پردازش تصاویر بر پایه الگوریتم های بینایی ماشین (Computer Vision) و به طور خاص ساختار از حرکت (Structure from Motion - SfM) انجام می شود. الگوریتم SfM برای یافتن نقاط گرهی (Tie Points) و توجیه دقیق هندسی، نیازمند افزونگی (Redundancy) بسیار بالایی در مشاهدات است. پهپادها معمولاً در ارتفاع پایین پرواز می کنند و تحت تأثیر تلاطم های جوی قرار دارند؛ لذا برای اطمینان از این که هر نقطه از زمین در چندین عکس (اغلب بیش از ۵ تا ۹ عکس متوالی) دیده شود، پوشش های طولی و عرضی بسیار بالایی طلب می کنند. در پروازهای UAV، پوشش طولی حداقل ۸۰ تا ۸۵ درصد و پوشش عرضی ۷۰ تا ۸۰ درصد در نظر گرفته می شود. این اختلاف فاحش در میزان هم پوشانی، بارزترین تفاوت عملیاتی در اجرای این دو روش است.

بررسی سایر گزینه ها:

- **گزینه ۱ (طرح پرواز):** هر دو سیستم نیازمند طراحی پرواز (Flight Plan) هستند. اگرچه پارامترهای طرح پرواز (مانند ارتفاع و سرعت) متفاوت است، اما اصل وجودی طرح پرواز بین هر دو مشترک است و تفاوت ماهوی محسوب نمی شود.
- **گزینه ۲ (عدم نیاز به مثلث بندی):** این گزینه کاملاً نادرست است. در هر دو روش فتوگرامتری کلاسیک و پهپاد، مثلث بندی هوایی (Aerial Triangulation) برای توجیه بلوک و ارتباط دادن تصاویر به سیستم مختصات زمینی الزامی است. در پهپادها این کار از طریق سرشکنی باندل (Bundle Block Adjustment) در فرآیند SfM انجام می پذیرد.
- **گزینه ۴ (استفاده از دوربین های غیر متریک):** اگرچه بیشتر پهپادهای تجاری از دوربین های غیر متریک (Non-metric Cameras) استفاده می کنند، اما امروزه پهپادهای نقشه برداری حرفه ای به دوربین های متریک و کالیبره شده مجهز هستند. از سوی دیگر، در فتوگرامتری هوایی نیز می توان از دوربین های غیر متریک با روش های کالیبراسیون خودکار (Self-calibration) استفاده کرد. بنابراین، این مورد یک تفاوت مطلق و همیشگی نیست، در حالی که تفاوت در میزان پوشش ها یک الزام الگوریتمی و قطعی است.

نکات تکمیلی:

گذار از استریو-فتوگرامتری سنتی به الگوریتم های SfM و استریو چنددیدی (Multi-View Stereo - MVS) در پهپادها، انقلابی در تولید مدل های رقومی ارتفاعی (DSM) و ابر نقاط (Point Clouds) متراکم ایجاد کرده است. در این پارادایم جدید، هندسه بلوک پروازی از حالت نوارهای موازی و منظم (نرمال) خارج شده و امکان پروازهای شبکه ای (Grid) یا متقاطع با زوایای مایل (Oblique) برای مدل سازی سه بعدی دقیق تر ساختمان ها و عوارض شهری فراهم شده است که همگی نیازمند همان پوشش های بسیار بالای تصاویر هستند.



منابع:

- عزیزی، قاسم و صادقیان، سعید. (۱۳۹۸). فتوگرامتری پهپاد (اصول و کاربردها). انتشارات سازمان نقشه‌برداری کشور.
- زبیری، محمود. (۱۳۸۸). اصول تفسیر عکس‌های هوایی. انتشارات دانشگاه تهران.
- Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M & Sarazzi, D. (۲۰۱۱). UAV photogrammetry for mapping and 3d modeling—current status and future perspectives *International archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, ۳۸(C.۲۲), ۱.

۶. گزینه ۴

موضوع سوال: این سؤال به چالش‌های بنیادین استفاده از «مدل‌های فیزیکی» (Physical Models) یا پارامتریک در فرآیند بازسازی هندسی تصاویر می‌پردازد. کانون پرسش بر این نکته استوار است که در فتوگرامتری تحلیلی، معادلات پارامتریک تا چه حد قادر به پوشش تمامی خطاهای موجود در لحظه اخذ تصویر هستند.

پاسخ تشریحی:

معادلات پارامتریک، به‌ویژه «شرط هم‌خطی» (Collinearity Condition)، بر پایه هندسه پرسپکتیو و مسیر فیزیکی عبور اشعه نور از شیء به مرکز تصویر و سپس سنسور بنا شده‌اند. دلیل برتری گزینه ۴ را می‌توان در دو محور تحلیل کرد: نخست، تعدد پارامترها (Large Number of Parameters): برای یک توجیه دقیق، باید پارامترهای توجیه داخلی (مانند فاصله کانونی و نقطه اصلی) و توجیه خارجی (موقعیت و زوایای دوران دوربین) به دقت معلوم باشند. دوم، ناتوانی در مدل‌سازی خطاهای ناشناخته: بزرگ‌ترین نقطه ضعف این مدل‌ها، صلب بودن (Rigidity) آن‌هاست. مدل‌های پارامتریک تنها خطاهایی را تصحیح می‌کنند که پارامتر فیزیکی آن‌ها در معادله تعریف شده باشد. اگر در سیستم تصویربرداری منابع خطای پیچیده و ناشناخته‌ای وجود داشته باشد که منشأ فیزیکی آن‌ها به درستی درک نشده یا در مدل لحاظ نشده باشد (مانند اعوجاجات غیرسیستماتیک سنسور یا تغییر شکل‌های غیرخطی فیلم در دوربین‌های قدیمی)، این معادلات قادر به جذب و رفع این خطاها نیستند.

فرمول کلی شرط هم‌خطی به شرح زیر است:

$$x = -f \frac{a_1(X - X_s) + b_1(Y - Y_s) + c_1(Z - Z_s)}{a_3(X - X_s) + b_3(Y - Y_s) + c_3(Z - Z_s)}$$

$$y = -f \frac{a_2(X - X_s) + b_2(Y - Y_s) + c_2(Z - Z_s)}{a_3(X - X_s) + b_3(Y - Y_s) + c_3(Z - Z_s)}$$

$$x = -f \frac{a_1(X - X_s) + b_1(Y - Y_s) + c_1(Z - Z_s)}{a_3(X - X_s) + b_3(Y - Y_s) + c_3(Z - Z_s)}$$

$$y = -f \frac{a_2(X - X_s) + b_2(Y - Y_s) + c_2(Z - Z_s)}{a_3(X - X_s) + b_3(Y - Y_s) + c_3(Z - Z_s)}$$

بررسی سایر گزینه‌ها:

- گزینه ۱ (نیاز به نقاط کنترل زیاد): این مورد بیشتر نقص مدل‌های ناپارامتریک (مانند چندجمله‌ای‌های درجه بالا) است. مدل‌های پارامتریک در صورت معلوم بودن پارامترهای دوربین، با حداقل نقاط کنترل (حتی ۳ نقطه) قابل حل هستند.
- گزینه ۲ (دشواری مقاربت شدن): اگرچه حل این معادلات به روش کمترین مربعات نیازمند حدس اولیه و تکرار است، اما با الگوریتم‌های مدرن، تقارب (Convergence) مشکل اصلی و بنیادین این روش محسوب نمی‌شود.
- گزینه ۳ (نوسان چندجمله‌ای): این پدیده که به «اثر رانگ» (Runge's phenomenon) معروف است، دقیقاً مربوط به مدل‌های تجربی و چندجمله‌ای (Polynomials) است و در معادلات پارامتریک هم‌خطی رخ نمی‌دهد.

نکات تکمیلی:

برای رفع محدودیت‌های ذکر شده در گزینه ۴، در سنجش از دور مدرن از مدل‌های جایگزین مانند «توابع گویا» (Rational Function Models - RFM) استفاده می‌شود. این مدل‌ها به جای تکیه بر پارامترهای فیزیکی صلب، از ضرایب چندجمله‌ای استفاده می‌کنند که