

تصویربرداری الکترونیکی

مهندس مهدی مدیری

عضو هیات علمی دانشکده نقشه‌برداری

دستگاه‌های تهیه تصویر الکترونیکی معمولاً از دو آرایه آشکار ساز دو بعدی المانهای CCD^۱ دریافت تصویر می‌کنند. به نحوی که از هر دو آشکار ساز در آرایه، یک پیکسل را در میدان تصاویر قرائت می‌کند. CCD یک تراشه سیلیکون میکروالکترونیک، سنجنده نیمه هادی^۲ است که انرژی الکترومغناطیس را آشکار می‌سازد. وقتی این انرژی به سطح سیلیکون CCD برخورد می‌کند، شارژ الکترونیکی تولید می‌شود به نحوی که حجم شارژ با روشنایی منظره متناسب می‌باشد. عناصر CCD که برای استفاده در سنسچ از دور طراحی شده‌اند، اصولاً توانایی تشخیص طیف وسیعتری از روشنایی منظره نسبت به فیلم عکسبرداری دارند.

داده‌های الکترونیکی تصویر را می‌توان همانند وقتی که از دستگاه ضبط ویدئویی یا داده‌های دیجیتالی یا دوربین دیجیتالی استفاده می‌شود، به عنوان یک سیگنال آنالوگ ضبط و ثبت کرد. دریافت تصویر الکترونیکی دیجیتالی مستلزم این است که تصویر را به آرایه‌ای از پیکسل‌های مجرد و جدا از هم تقسیم نمود که هر پیکسل دارای یک DN^۳ باشد به نحوی که روشنایی منظره در هر باند طیفی نشان دهد. داده‌های دیجیتالی تصویر را می‌توان به آسانی با استفاده از کامپیوترهای دیجیتالی پردازش و ذخیره سازی نمود.

در دوربین دیجیتالی از بدنه و لنز دوربین استفاده می‌شود، ولی داده‌های تصویر را بجای فیلم با عناصر CCD ثبت و ضبط می‌نمایند دوربین دیجیتالی، سیگنالهای الکتریکی که با آشکار سازها تولید شده است با بکارگیری واسطه‌هایی نظیر دیسک‌های کامپیوتری به صورت دیجیتالی ذخیره سازی می‌کند. در صورتی که فرآیند مزبور در مفهوم نسبی خود "عکسبرداری" نمی‌باشد (یعنی تصاویر مستقیماً روی فیلم عکاسی ثبت نمی‌گردد) ولی اغلب به آن "عکسبرداری دیجیتالی" می‌گویند. اندازه آرایه دوبعدی دوربینهای دیجیتالی دامنه‌ای از 512x512 پیکسل

در نقشه‌برداری هوایی، فرآیند تهیه تصویر (عکسبرداری هوایی) با استفاده از دوربین عکسبرداری هوایی و فیلم عکاسی به عنوان واسطه ثبت و ذخیره تصویر، مهمترین مراحل فنی هنری و اعتباری فعالیت‌های مختلف تهیه نقشه است که تاکنون مورد بهره‌برداری مختلف تهیه نقشه و تعبیر و تفسیر قرار می‌گیرد. امروزه تهیه تصویر الکترونیکی با تفاوت اصولی با شیوه عکسبرداری و استفاده از سیستم‌های تصویربرداری الکترونیکی، تحولی بنیادی در نقشه‌برداری هوایی را در پی دارد که به مرور در پروسه عملیات قرار می‌گیرد.

جدول (۱): مقایسه پروسه عکسبرداری هوایی با تهیه تصویر

الکترونیکی

مشخصه	پروسه عکسبرداری	تهیه تصویر الکترونیکی
دریافت داده‌ها	فیلم در دوربین	المانهای نیمه‌هادی CCD
ذخیره کردن داده‌ها	فیلم یا کاغذ عکاسی	واسطه‌های مغناطیسی نوری و نیمه‌هادی
تغییر و تبدیل داده‌ها	ظهور شیمیایی و چاپ نوری	تهیه تصویر دیجیتالی
انتقال داده‌ها	پست، فاکس و مرسولات پستی	دورسنجی، خطوط تلفن و شبکه‌های رایانه‌ای
نمایش نسخه نمونه	اسلاید و فیلم	نمایشگر رایانه
نمایش نسخه چاپی (تکثیر)	چاپ و فیلم	چاپگرهای حرارتی، جوهری و الکتروفتوگرافی

* منبع جدول از: Khosla, R. P, From Photons to Bits, Physics Today,

vol, 45, no, 12, 1992, PP. 42-49.

متری در حدود 2.5 تا 3 میلیون پیکسل است. به این دلیل، اگر چه تحولات جاری سیستم‌های تهیه تصویر دیجیتالی خوب است ولی این تصاویر به اندازه جزئیات تصویری که از فیلم عکسبرداری با یک فرمات حاصل می‌شوند، نیست. وضوح سیستم‌های آینده دوربین دیجیتالی به پای وضوح فیلم عکسبرداری می‌رسد، ولی باید گفت که با بهبود وضوح، نیازمندی ذخیره داده‌ها نیز افزایش پیدا خواهد نمود.

بنابراین، برای دستیابی به بهبود دو برابر وضوح به چهار برابر افزایش در ذخیره داده‌ها نیاز است.



نگاره (۲): تصویر دیجیتالی یک ناحیه مسکونی که با دوربین دیجیتالی DC3 کداک تهیه شده است. در این تصویر، اندازه سلول وضوح زمینی 30 سانتی متر در هر پیکسل است. مقیاس 1:2300 است - دانشگاه ایلتی اوهایو

نگاره‌های (۲) و (۳) تصاویر دوربین دیجیتالی را نشان می‌دهند. نگاره (۲) تصویر بزرگ مقیاس از یک ناحیه مسکونی را نشان می‌دهد که به وسیله دوربین دیجیتالی DC3 کداک با اندازه سلول وضوح زمینی 30 سانتی متر ثبت گردیده است. نگاره (۳) یک زوج تصویر دیجیتالی استریو بزرگ مقیاس را نشان می‌دهد که به وسیله دوربین دیجیتالی کداک

تا 2048x2048 یا بیشتر دارند. برای نمونه، نگاره (۱) دوربین دیجیتالی DCS200 (Kodak Professional DCS200) را نشان می‌دهد که از بدنه یک دوربین Nikon استفاده می‌کند به نحوی در پشت آن یک دوربین کداک تعبیه شده است که فیلم 35 میلی‌متری دوربین Nikon را تعویض می‌کند. در زیر بدنه دوربین Nikon یک دستگاه ذخیره دیجیتالی قرار گرفته است که در آن می‌توان تعدادی از تصاویر را ثبت نمود. سیستم مذکور از یک آرایه پیکسل 1524 ستونی x 1012 ردیفی استفاده می‌کند به طوری که هر سنجنده در آرایه‌ای به اندازه $9\mu\text{m} \times 9\mu\text{m}$ می‌باشد. در این سیستم به زمانهای نوردهی $\frac{1}{8000}$ ثانیه می‌توان دست یافت و تصاویر سیاه و سفید یا رنگی می‌باشند.



نگاره (۱): دوربین دیجیتالی DCS200 کداک را نشان می‌دهد.

دوربین دیجیتالی همانند دوربینی است که در نگاره (۱) با آرایه پیکسل 1012×1524 نمایش داده شده برای ثبت داده‌ها بیش از یک و نیم میلیون پیکسل استفاده می‌کند. چنانچه فیلم عکاسی پیکسلی وجود داشته باشد، هیچ رقمی به تنهایی نمی‌تواند تعداد پیکسل‌هایی که فیلم عکاسی از آن برخوردار خواهد بود، را نشان دهد. بعلاوه پیکسل در یک آرایه CCD از نظر اندازه و شکل یکنواخت هستند و در یک الگوی هندسی سیستماتیک (آرایه دو بعدی) مرتب شده‌اند، در صورتی که "پیکسل‌ها" در یک فیلم عکاسی (خوشه‌های ذرات برومور نقره) از نظر اندازه، شکل و توزیع مکانی تصادفی می‌باشند. بااین وجود، تعداد مناسب در یک فریم فیلم 35 میلی



نگاره (۳): یک زوج تصاویر دیجیتالی استریو از ناحیه شهری که توسط دوربین دیجیتالی کداک MEGAPLU1.4 برداشته شده است، اندازه سلول وضوح زمینی در این دو تصویر $0.7\mu\text{m}$ در هر پیکسل است. مقیاس 1:7300 می باشد - دانشگاه Carleton کانادا.

بستگی به ارتفاع پروازی و سیستم اپتیکی سنجنده‌ای دارد که برای دریافت تصویر برگزیده شده است. علاوه بر ذخیره داده‌های دیجیتالی تصویر، سیستم مزبور به طور پیوسته یک گیرنده GPS را کنترل نموده، عرض، طول و ارتفاع داده‌ها را ثبت می‌نماید تا موقعیت و محل هواپیما را در هر بار که تصویر برداشت می‌شود، مشخص کند. تصویر (1a) رنگ نرمال* را ارائه می‌نماید که به صورت دیجیتالی بانمایش باندهای حساس آبی، سبز و قرمز داده‌های سیستم ADAR Sys.5000 به عنوان آبی، سبز و قرمز در خروجی تهیه شده است. تصویر (1b) "مادون قرمز" را نشان می‌دهد که با ترکیب باندهای حساس سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک به ترتیب به عنوان آبی، سبز و قرمز به صورت دیجیتالی تهیه شده است. به لحاظ ادراکی، این فرآیند همانند فرآیندی است که برای تولید تصویر (۲) استفاده شده است، به استثنای اینکه تصویر (۲) با استفاده از ترانسپارات‌های فیلم عکاسی و با استفاده از صفحه تصویر مخصوص افزایش رنگ تهیه شده است در صورتی که تصویر (۱) با استفاده از داده‌هایی تهیه شده که بلحاظ تهیه تصویر در یک فرم و شکل کاملاً دیجیتالی باقی مانده است تا زمانی که تصاویر نهایی بر روی فیلم رنگی به وسیله کامپیوتر دیجیتالی ثبت گردد. دوربینهای دیجیتالی برای تهیه تصاویر هوایی استفاده می‌شوند که بیش

MEGAPLUS 1.4 با اندازه سلول وضوح زمینی 70 سانتی متر ثبت گردیده است.

آرایش استاندارد برای این سیستم باید از چهار سنجنده CCD استفاده کند بنحوی که باندهای وسیع را در ناحیه طیفی آبی، سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک را دریافت دارد. دو هر صورت، هر سنجنده رامی توان به نحوی آرایش نمود که باندهای طیفی از $0.012\mu\text{m}$ تا $0.30\mu\text{m}$ در عرض را قرائت کند.

نگاره (۴) تصاویر دیجیتالی چند بانندی که به وسیله دوربین دیجیتالی سیستم ADAR5000 دریافت شده را نشان می‌دهد: (a) باند آبی؛ (b) باندهای سبز؛ (c) باندهای قرمز و (d) باند مادون قرمز نزدیک. تصاویر ناحیه شهری در اطراف دادگاه Kolispell مونتانا را با اندازه سلول وضوح زمینی 70 سانتی متر در پیکسل را نشان می‌دهد. مقیاس تصویر 1:3900 است.

سیستمی که برای دریافت تصاویر در نگاره (۴) مورد استفاده قرار گرفت، 739 ستون $478 \times$ ردیف را قرائت نمود. در هر حال انواع دیگری از این سیستم‌ها به بازار عرضه شده‌اند که از سنجنده‌های بزرگتری بهره می‌گیرند. دامنه زمان نوردهی یا عکسبرداری از $\frac{1}{60}$ تا $\frac{1}{2000}$ ثانیه است. اندازه سلول وضوح زمینی معمولاً بین نیم تا 4 متر در هر پیکسل می‌باشد که



از این با استفاده از دوربینهای 35 تا 70 میلی متری انجام می‌گرفت، استفاده از دوربینهای دیجیتالی دارای امتیازاتی است از جمله:

زمان برگشت سریع (یعنی تصاویر به طور سریع برای رؤیت در دسترس قرار می‌گیرند)،
یک فرمات سازگار با کامپیوتر (فیلم‌های عکاسی نیاز به اسکن دارند تا داده‌های سازگار با کامپیوتر تولید گردد)،
وسعت عمل نوردی دوربینهای دیجیتالی بیشتر از دوربینهای است که از فیلم استفاده می‌کنند.

در هر صورت، همانطور که پیش از این بیان گردید، وضوح فضایی دوربینهای دیجیتالی امروزی پایین‌تر از وضوح فضایی دوربینهای است که از فیلم عکاسی استفاده می‌کنند. تصاویر دیجیتالی را می‌توان در فرمات سازگار کامپیوتری به آسانی پردازش نمود و سپس با استفاده از فنون پردازش تصویر دیجیتالی از جمله فنون مختلف تقویت و طبقه‌بندی به نمایش درآورد. □

منابع:

- 1) مسدیری، مهدی: عکاسی و عکسبرداری در مهندسی نقشه‌برداری، تهران، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۷۹.
- 2) Lillesand, Kiefer, Remote Sensing and Image Interpretation, John Wiley & Sons, New York, 1994

پاورقی:

1) Charge - Coupled Device - CCD

این کلمه به عنصری اطلاق می‌شود که مرکب است از: یک لایه نیمه هادی در پایین، یک لایه عایق در وسط و چند الکترودهای فلزی در بالا در زمان اعمال ولتاژ به یکی از الکترودهای فلزی بدلیل ایجاد حالت خاص در عنصر ذکر شده، حامل اقلیت که مشخص کننده اطلاعات هستند در همان واحد ذخیره می‌شوند و زمانی که ولتاژ منفی به الکترودهای مجاور اعمال گردید، اطلاعات هم به همان صورت به واحد مجاور انتقال می‌یابند.

2) Sensor

عنصر حساس و آشکارساز اولیه به نام عمومی به کار برده شده برای دستگاهی که تغییرات یک کمیت فیزیکی نظیر نور، صوت و یا امواج رادیویی را دریافته و آنرا به سیگنالهای اطلاعات مناسب تبدیل می‌کند بنابراین از دوربین تلویزیونی، و یا مبدل می‌توان از جمله این دستگاهها نام برد.

3) Direct Numerical

نگاره (۴): تصاویر چند بانندی را نشان می‌دهد که به وسیله یک سیستم دوربین دیجیتالی چند طیفی موسوم به Airborn Data Acquisition & Registration (ADARSysystem5000) به دست آمده است.