

آموزش سامانه گوگل ارث انجین

موتور مجازی پردازش تصاویر ماهواره‌ای



چگونه کارهای چند ماه سنجش از دور را
در چند روز انجام دهیم؟

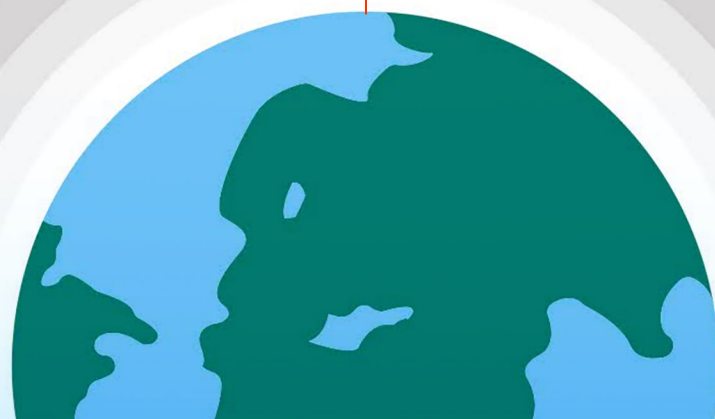
به سادگی

چاپ دوم

امیرحسین احراری

برای تولید این محتوای آموزشی هزینه‌ی زیادی صرف شده است. لطفاً با خرید آن از طریق سایت girs.ir از نویسنده کتاب حمایت کنید.
این کتاب فقط از طریق سایت girs.ir به فروش می‌رسد و هیچ شخص و یا وب‌سایت دیگری حق فروش آن را ندارد. در صورت مشاهده، از طریق مراجع قانونی اقدام خواهد شد.

سرشناسه : احراری، امیرحسین ۱۳۷۲ -
عنوان و نام پدیدآور : موتور مجازی پردازش تصاویر ماهواره‌ای: چگونه کارهای چند ماه
سنجش از دور را در چند روز انجام دهیم؟ / امیرحسین احراری.
وضعیت ویراست : [ویراست ۲].
مشخصات نشر : تهران : کلید آموزش، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری : ۲۹۰ ص.
شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۲۷۴۵۱۴-۹
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
یادداشت : چاپ قبلی: کلید آموزش، ۱۳۹۸، [۲]، ۲۴۲ ص. بالای عنوان :
یادداشت : آموزش سامانه گوگل ارث انجین.
یادداشت : عنوان دیگر: موتور مجازی پردازش تصاویر ماهواره‌ای: چگونه کارهای
چند ماه سنجش از دور را در چند روز به سادگی انجام دهیم؟.
عنوان دیگر : آموزش سامانه گوگل ارث انجین.
عنوان دیگر : موتور مجازی پردازش تصاویر ماهواره‌ای: چگونه کارهای چند ماه
سنجش از دور را در چند روز به سادگی انجام دهیم؟
موضوع : گوگل ارث
موضوع : Google Earth
موضوع : سنجش از دور -- نرم افزار
موضوع : Remote Sensing -- Software
موضوع : ماهواره‌های نقشه برداری -- داده پردازش
موضوع : Artificial satellites in surveying -- Data processing
رده بندی کنگره : ۲۱۲/G۷۰
رده بندی دیویی : ۲۸۵/۹۱۰
شماره کتابشناسی ملی : ۷۴۰۴۴۸۰
وضعیت رکورد : فیپا



آموزش سامانه گوگل ارث انجین

موتور مجازی پردازش تصاویر ماهواره‌ای

چگونه کارهای چند ماه سنجش از دور را در چند روز انجام دهیم؟

امیرحسین احراری

کارشناس سنجش از دور و پردازش تصاویر ماهواره‌ای
هم بنیانگذار استارت‌آپ‌های آموزشی girs.ir و geo360.ir



برای دانلود فایل های مکمل کتاب مانند داده ها،
عکس های رنگی، کدها و هدیه آن به نشانی زیر
مراجعه کنید:

www.girs.ir/gee-book

موتور مجازی پردازش تصاویر ماهواره ای

چگونه کارهای چند ماه سنجش از دور را در چند روز انجام دهیم؟

نویسنده	امیرحسین احراری
ویراستار	امیرحسین احراری
ناشر	کلید آموزش
آماده سازی و تولید	مؤسسه کسب و کار رهنج www.rahamj.com
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۲۷۴۵۱۴-۹
قیمت	۲۵۰۰۰ تومان



فهرست مطالب

۸	 مقدمه
۱۱	 فصل اول: گوگل ارث انجین
۱۲	 مقدمه
۱۳	 گوگل ارث انجین چیست؟
۱۴	 مزایای گوگل ارث انجین
۱۶	 تفاوت گوگل ارث انجین با دیگر نرم افزارها
۱۷	 دقت گوگل ارث انجین
۱۷	 کاربردهای گوگل ارث انجین
۱۸	 ثبت نام در گوگل ارث انجین
۲۹	 فصل دوم: ماهواره‌های سری لندست
۳۰	 فراخوانی، برش طیفی و مکانی تصاویر لندست
۴۲	 محاسبه شاخص طیفی شهری
۴۸	 انواع روش‌های محاسبه بین باندی
۵۱	 محاسبه سری زمانی NDVI
۵۵	 مقایسه چرخه رشد گیاهان در شاخص‌های NDVI و LAI
۶۴	 طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای لندست



۷۴	.....	پروداکت‌های کاربردی لندست
۸۸	.....	تولید نقشه کاربری با ترکیب پروداکت‌های لندست
۹۴	.....	تلفیق تصاویر ماهواره‌ای لندست
۱۰۰	.....	محاسبه دمای سطح زمین لندست
۱۰۹	.....	تولید نقشه کاربری: ترکیب لندست و مادیس
۱۲۱	.....	تبدیل تصاویر لندست با روش اختلاط‌زدایی طیفی
۱۲۴	.....	تولید نقشه چند زمانه دریاچه ارومیه

۱۳۰ فصل سوم: ماهواره‌های سری سنتینل

۱۳۱	.....	حذف نویز تصاویر راداری سنتینل ۱
۱۳۵	.....	سری زمانی تصاویر سنتینل ۱
۱۴۱	.....	آشکارسازی مناطق سیل‌زده با تصاویر راداری
۱۴۵	.....	سری زمانی تصاویر سنتینل ۲
۱۵۱	.....	شاخص سطح برگ ماهواره سنتینل ۲
۱۵۴	.....	تولید نقشه نوع کشت از تصاویر سنتینل ۲
۱۶۶	.....	مقایسه چرخه فنولوژی محصولات با تصاویر سنتینل ۲
۱۶۹	.....	طبقه‌بندی درختی تصاویر سنتینل ۲
۱۷۳	.....	تلفیق تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۲
۱۷۹	.....	شناسایی نوع کشت برنج در سنتینل ۳
۱۸۴	.....	تولید نقشه کشت دیم و آبی با تصاویر سنتینل ۳
۱۸۸	.....	محاسبه خودکار اراضی زیر کشت با تصاویر سنتینل ۳
۱۹۲	.....	پایش آئروسول‌ها با استفاده از داده‌های سنتینل ۵
۱۹۸	.....	پایش مونوکسید کربن با استفاده از داده‌های سنتینل ۵
۲۰۲	.....	پایش سایر مؤلفه‌های اتمسفری سنتینل ۵

۲۰۴ فصل چهارم: پروداکت‌های سنجنده مادیس

۲۰۵	.....	پایش تغییرات پوشش گیاهی
۲۱۱	.....	پایش تغییرات دمای سطح زمین



۲۱۵	پایش جزیره حرارتی شهری
۲۲۳	پایش خشکسالی
۲۲۸	پایش تغییرات گرد و غبار
۲۳۲	تولید نقشه غلظت گرد و غبار
۲۳۵	تولید نقشه تناوب رخداد گرد و غبار
۲۳۷	پایش تغییرات تبخیر و تعرق
۲۴۰	پایش تغییرات آب های سطحی
۲۴۵	کاربری اراضی
۲۴۸	پایش تغییرات مؤلفه های آبی

فصل پنجم: داده های اقلیمی و زیست محیطی ۲۵۴

۲۵۵	پایش تغییرات بارش
۲۶۳	پایش تغییرات سفره های آب زیرزمینی
۲۶۷	پایش تغییرات رطوبت خاک

فصل ششم: کاربرد سنجنده استر در کانی شناسی ۲۷۵

۲۷۶	تصحیح رادیومتریکی تصاویر استر
۲۸۰	محاسبه شاخص های طیفی کانی شناسی
۲۸۴	تجزیه مؤلفه های اصلی (PCA)



مقدمه

کتاب «موتور مجازی پردازش تصاویر ماهواره‌ای» برای کسانی نوشته شده است که در زمینه‌های تحقیقاتی و تجاری علم سنجش از دور فعالیت دارند. اگر می‌خواهید با ابزار ارزشمندی آشنا شوید که زمان انجام پردازش‌ها و بسیاری از محدودیت‌های موجود در علم سنجش از دور را به حداقل می‌رساند، این کتاب را مطالعه کنید.

کتاب موتور مجازی پردازش تصاویر ماهواره‌ای، کتابی است که به شما آموزش می‌دهد چگونه طرح‌های چند ماهه را در چند روز به انجام برسانید. اگر به این ادعا شک دارید فقط کافی است که این کتاب را یک بار به طور کامل مطالعه و تمرین کنید.

در این کتاب، روش کار با سامانه گوگل ارث انجین در پردازش‌های سری زمانی انواع داده‌های ماهواره‌ای پرکاربرد در سنجش از دور آموزش داده شده است. دلیل نامگذاری این کتاب به موتور مجازی پردازش تصاویر ماهواره‌ای آن است که گوگل ارث انجین، در حقیقت، قدرتمندترین موتور پردازشی برای کار با تصاویر ماهواره‌ای است که می‌تواند سنگین‌ترین پردازش‌ها را در کمتر از چند ثانیه به انجام برساند و هزینه زمانی و مالی بسیاری از طرح‌ها را کاهش دهد.

با توجه به اینکه تمام نکات این کتاب را هر روز در انجام انواع کارها و طرح‌ها به کار می‌برم و به دیگران نیز پیشنهاد می‌کنم، می‌توانید به نکات آموزش داده شده در آن اطمینان داشته



باشید. حتی اگر در اجرایی کردن مطالب این کتاب با مشکل مواجه شدید، می‌توانید مشکل خود را در صفحه فروش این کتاب در وبگاه girs.ir با ما در میان بگذارید. ما هر روز در این وبگاه به ده‌ها سؤال که علاقه‌مندان سنجش از دور مطرح کرده‌اند، پاسخ می‌دهیم.

مطالب این کتاب، محتوایی است که در یک کلاس چند میلیون تومانی ارائه می‌شود. هدف من از نوشتن این کتاب آن است که همه کاربران سنجش از دور، با هر سطح توان مالی و در هر جای ایران بتوانند با روش کار در گوگل ارث انجین آشنا و از مزایای آن بهره‌مند شوند. گوگل ارث انجین به تنهایی برای یادگیری کاربردی سنجش از دور کافی نیست، اما مزایا و کارایی‌های این سامانه به اندازه‌ای است که تنها پس از چند ساعت یادگیری آن، تولید محصولات آموزشی در این باره را شروع کردم و اکنون تمام مطالبی را که در این مدت آموختم، در قالب کتاب موتور مجازی پردازش تصاویر ماهواره‌ای عرضه کرده‌ام؛ چراکه معتقدم استفاده از گوگل ارث انجین در کنار نرم‌افزارهایی مانند ENVI، قدرت کاربران را برای انجام پروژه‌های پیشرفته‌تر به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد.

به نظر من، گوگل ارث انجین، ابزاری برای لذت‌بخش‌تر کردن سنجش از دور است و مشکل انجام کارهای تکراری را در پردازش تصاویر چندزمانه به حداقل می‌رساند. از سوی دیگر، یادگیری این سامانه قدرتمند مهارتی ارزشمند است که در هر جای دنیا برای شما سودمند و در نوشتن مقالات معتبر و انجام پروژه‌های تجاری آن قابل استفاده است.

فراموش نکنید که این کتاب، مجموعه‌ای از پرکاربردترین مهارت‌ها را در کار با گوگل ارث انجین در اختیار شما قرار خواهد داد. این کتاب زمانی مفید است که تمام کدهای آن را بارها تمرین کرده، در کارها و طرح‌های خود به کار ببندید. در غیر این صورت، این کتاب برای شما کارایی لازم را نخواهد داشت.

در این کتاب، الگویی واحد و کاربردی برای برنامه‌نویسی گوگل ارث انجین ارائه شده که شما را قادر می‌سازد بدون اینکه از دانش برنامه‌نویسی برخوردار باشید، اطلاعات موردنیاز خود را از هر نوع داده ماهواره‌ای به راحتی استخراج کنید. در حقیقت، این کتاب برای کسانی نوشته شده که برنامه نویس نیستند، اما علاقه دارند از فنون آن در سنجش از دور بهره بگیرند و بر سرعت کارهای خود بیفزایند.

چاپ اول کتاب موتور مجازی پردازش تصاویر ماهواره‌ای، در بهار سال ۱۳۹۸، به عنوان اولین کتاب فارسی در زمینه آموزش سامانه گوگل ارث انجین عرضه شد. استقبال کاربران به اندازه‌ای بود که طی دو ماه تمام ۵۰۰ نسخه چاپ اول آن فروخته شد. بر همین اساس، تلاش



کردیم چاپ دوم کتاب را با مطالبی بیشتر و با ارزش تر عرضه کنیم. چاپ دوم این کتاب از نظر کیفیت و کمیت در مقایسه با چاپ اول آن، بسیار ارتقا یافته و ۳۰ درصد مطالب آن جدید است. با مطالعه چاپ دوم کتاب می‌توانید با آخرین دستاوردهای ما در وبگاه girs.ir، در زمینه کار با سامانه گوگل ارث انجین آشنایی پیدا کنید.

مطالب کتاب به طور پیوسته عرضه شده و برای اینکه مباحث هر فصل را به خوبی درک کنید، لازم است فصول قبل را به دقت مطالعه کرده باشید. اگر به نسخه رنگی عکس‌های چاپ شده در متن و دیگر فایل‌های مکمل کتاب نیاز داشتید، به نشانی www.girs.ir/gee-book مراجعه کنید.

امیرحسین احراری

کارشناس سنجش از دور و پردازش تصاویر ماهواره‌ای

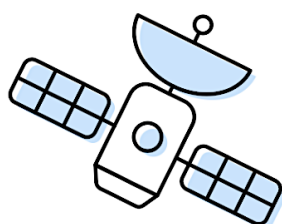
هم بنیانگذار استارت‌آپ‌های آموزشی

سنجش از دور (girs.ir) و علوم زمین (geo360.ir)



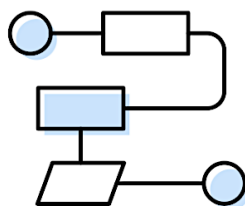
فصل اول: گوگل ارث انجین

معرفی کامل موتور مجازی پردازش تصاویر ماهواره‌ای



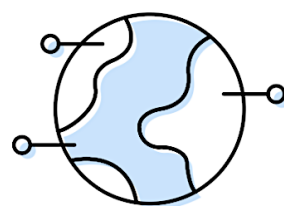
Satellite Imagery

+



Your Algorithms

+



Real World Applications

نکات آموزشی این فصل

- گوگل ارث انجین چیست؟
- مزایای گوگل ارث انجین
- کاربردهای گوگل ارث انجین
- دقت گوگل ارث انجین
- تفاوت گوگل ارث انجین با دیگر نرم افزارها
- شروع کار با گوگل ارث انجین



مقدمه

موتور مجازی پردازش تصاویر ماهواره‌ای به یک سامانه تحت وب اشاره دارد که با سرعت بسیار زیاد و هزینه بسیار اندک (رایگان)، انواع پردازش‌ها را روی تصاویر ماهواره‌ای رایگان ممکن کرده است. اگر قبلاً برای انجام یک پروژه سنجش از دور در زمینه نوع کشت باید یک تا چند ماه وقت صرف می‌کردید، اکنون با استفاده از گوگل ارث انجین می‌توانید همان پروژه را در بازه زمانی بسیار کوتاه‌تری (مثلاً چند ساعت) انجام دهید. گوگل ارث انجین یک پلتفرم علمی برای پردازش، تحلیل و بصری‌سازی تصاویر ماهواره‌ای است که سازمان‌هایی چون ناسا و سازمان فضایی اتحادیه اروپا از آن پشتیبانی می‌کنند.

امروزه این سامانه مجازی با پشتیبانی گسترده از داده‌ها و تصاویر ماهواره‌ای رایگان، امکان پردازش سریع تصاویر ماهواره‌ای را برای دانشجویان، محققان و فعالان کسب و کار سنجش از دور فراهم آورده است. شما می‌توانید با استفاده از این سامانه مجازی به انواع داده‌های ماهواره‌ای و الگوریتم‌ها دسترسی داشته باشید و پردازش‌های باکیفیتی را اجرا و نتایج آن را دانلود کنید. به عبارت دیگر، انتخاب داده‌ها، اجرای الگوریتم‌ها و تمامی پردازش‌ها تحت محیط وب انجام می‌شود و پس از تولید تصویر نهایی، نتیجه را در قالب یک تصویر رستری دانلود می‌کنید. بنابراین، گوگل ارث انجین یک نرم‌افزار نیست، بلکه یک سامانه تحت وب برای پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای است.

در حقیقت، گوگل ارث انجین از سه بخش اصلی تشکیل شده است:

- **تصاویر ماهواره‌ای:** این تصاویر را سازمان‌هایی چون ناسا و سازمان فضایی اتحادیه اروپا به طور رایگان گردآوری کرده‌اند.

- **الگوریتم‌های پیشفرض و پیشنهادی کاربران:** بسیاری از الگوریتم‌های کاربردی برای استخراج اطلاعات از تصاویر در این سامانه، به صورت توابع آماده در دسترس است.

- **کاربرد نتایج در علوم محیطی:** مهم‌ترین کارایی این سامانه، کاربردی کردن بیش از پیش علم سنجش از دور در زمینه مطالعات زیست محیطی است.

بسیاری از تصاویر و داده‌های ماهواره‌ای در گوگل ارث انجین به پیش‌پردازش‌ها و تصحیحات اولیه نیاز ندارند، بلکه به صورت آماده برای پردازش عرضه می‌شوند. در گذشته، بیشتر تمرکز کاربران بر پیش‌پردازش‌های رادیومتریکی و هندسی بود تا بتوانند نتایجی دقیق تولید کنند، اما با پیشرفت علم سنجش از دور به تدریج اهمیت مرحله پیش‌پردازش کمتر می‌شود، تا جایی که امروزه بسیاری از داده‌های ماهواره‌ای به صورت تصحیح‌شده عرضه



می‌گردد. به عبارت دیگر، هدف عرضه‌کننده‌ها آن است که توجه کاربران را به روش‌های استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای معطوف کنند. چند سال پیش این موضوع را در کلاس استاد بزرگ نرم‌افزار انوی مطرح کردم و امروزه می‌بینیم که درصد عرضه‌داده‌های تصحیح‌شده در سنجش از دور افزایش قابل‌توجهی پیدا کرده و عموماً توجه کاربران به روش‌های استخراج اطلاعات معطوف شده است؛ برای مثال، امروزه می‌توان تصاویر تصحیح اتمسفری شده ماهواره لندست را رایگان دانلود کرد. تصاویر تصحیح اتمسفری شده ماهواره سنتینل ۲ نیز به تازگی عرضه شده و همهٔ پروداکت‌های سنجندهٔ مادیس به صورت آماده در اختیار کاربران قرار گرفته است.

امروزه برای یک متخصص سنجش از دور در ایران بسیار مهم است که از چه سخت‌افزار رایانه‌ای استفاده می‌کند؛ چرا که اگر شما سیستم قدرتمندی داشته باشید، برای انجام پردازش‌ها زمان کمتری صرف می‌کنید. با توجه به افزایش هزینهٔ خرید وسایل الکترونیکی از جمله رایانه‌های شخصی و لپ‌تاپ، عملاً برای بسیاری از دانشجویان، محققان، شرکت‌های خصوصی و سازمان‌های دولتی، صرف هزینه‌های زیاد برای خرید دستگاه‌هایی با سخت‌افزار قدرتمند مقرون به صرفه نیست. سامانهٔ گوگل ارث انجین، بهترین جایگزین برای پردازش‌هایی است که به دستگاه‌های قدرتمندی نیاز دارند؛ برای مثال، مدتی پیش روی طرحی در زمینهٔ سنجش از دور کشاورزی کار می‌کردم و برای انجام طرح باید از داده‌های زیاد و حجیمی استفاده می‌کردم، به طوری که برای دانلود، پردازش و آماده‌سازی داده‌ها چند ماه وقت صرف شد. این در حالی است که اکنون با استفاده از گوگل ارث انجین می‌توانم همان کار را در یک روز و با استفاده از یک رایانهٔ معمولی انجام دهم.

گوگل ارث انجین چیست؟

بسیاری از کاربران تصور می‌کنند که گوگل ارث انجین با گوگل ارث یکی است، اما در واقع چنین نیست. شما با استفاده از گوگل ارث می‌توانید تمام مناطق، پوشش‌ها و کاربری‌های سطح زمین را با جزییات مکانی دقیق به صورت دو بعدی و سه بعدی مشاهده و مشاهدات خود را از نظر بصری تحلیل کنید. در حالی که سامانهٔ گوگل ارث انجین یک ابزار قدرتمند برای استخراج اطلاعات کاربردی طیفی، رادیومتریکی و مکانی از تصاویر ماهواره‌ای است. در حقیقت، با استفاده از گوگل ارث انجین شما می‌توانید انواع پردازش‌های طیفی و رادیومتریکی را روی پدیده‌های مختلف سطح زمین با داده‌های ماهواره‌ای متفاوت انجام دهید. این دو،



شباهت بسیاری به یکدیگر دارند، اما گوگل ارث تنها بخشی از داده‌ها و قابلیت‌هایی را که در گوگل ارث انجین وجود دارد، تأمین می‌کند.

با استفاده از گوگل ارث انجین، شما می‌توانید انواع پروژه‌ها را از مقیاس محلی تا جهانی انجام دهید؛ به‌طور دقیق‌تر این سامانه شما را قادر می‌سازد تا پردازش‌های دقیقی را برای داده‌هایی از توان تفکیک مکانی ۱۰ متر تا چند کیلومتر برای انواع مناطق و پدیده‌های مورد مطالعه در سیاره زمین به انجام برسانید. بعضی از کاربران سنجش از دور تصور می‌کنند که این سامانه تنها در مقیاس بین‌المللی مناسب است، اما این فرضی اشتباه است؛ چراکه شما با استفاده از این سامانه می‌توانید انواع پروژه‌های سنجش از دور را در مقیاس یک شهر تا کل جهان به انجام برسانید. اگر در این باره مطمئن نیستید می‌توانید آموزش‌های تولید شده من را در زمینه انواع روش‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای در گوگل ارث انجین، در بخش محصولات دانلودی و پستی وبگاه girs.ir مشاهده کنید.

شاید از خودتان بپرسید که چگونه می‌توانید از این سامانه استفاده کنید؟ پیش از آنکه پاسخ این سؤال و ادامه مباحث را مطالعه کنید، به لینک زیر مراجعه و فیلم توضیحات من را درباره کار با این سامانه مشاهده کنید.

فیلم معرفی سامانه گوگل ارث انجین:

www.girs.ir/gee-book

مزایای گوگل ارث انجین

گوگل ارث انجین از انواع داده‌های ماهواره‌ای پرکاربرد رایگان پشتیبانی می‌کند؛ برای مثال، تمام تصاویر ماهواره‌ای لندست، سنتینل، استر، مادیس و غیره در این سامانه قابل استفاده و پردازش است. از سوی دیگر، هر کاربر می‌تواند داده‌های رستری (فرمت TIF) و وکتوری (فرمت shp) موردنظر خود را در این سامانه بارگذاری و پردازش کند. در فصل‌های بعدی، درباره انواع داده‌های پشتیبانی شده از سوی این سامانه و چگونگی کار با آن‌ها به تفصیل سخن خواهیم گفت.

علاوه بر داده‌های ماهواره‌ای، انواع پروداکت‌های حاصل از مدل‌های زیست‌محیطی نیز در این سامانه در دسترس و قابل پردازش است. امروزه از بسیاری از داده‌های ماهواره‌ای به‌منزله ورودی مدل‌ها استفاده شده و خروجی آن پروداکت‌هایی با دقت بیشتر است. در بخش



سنجش از دور اقلیم‌شناسی، استفاده از چنین مدل‌هایی بسیار مرسوم است. در فصل‌های آتی، درباره‌ی داده‌های حاصل از مدل‌های گوناگون که برای پردازش‌های زیست‌محیطی آماده شده‌اند، سخن خواهیم گفت.

یکی دیگر از مهم‌ترین مزایای گوگل ارث انجین، به‌عنوان یک سامانه‌ی متن‌باز قدرتمند در سنجش از دور، امکان نوشتن مقالات معتبر در سطح بین‌المللی است؛ برای مثال، شما با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای در نرم‌افزار انوی نمی‌توانید مقاله‌هایی در مجلات علمی معتبر مانند IEEE، Remote Sensing of Environment و ISPRS به چاپ برسانید، چرا که در ایران از نسخه‌ی قفل شکسته آن‌ها استفاده می‌شود؛ مگر آنکه نسخه‌ی اصلی آن را خریده باشید. سامانه‌ی گوگل ارث انجین چنین محدودیتی ندارد و به دلیل متن‌باز بودن، نتایج آن در تمام مجلات معتبر جهانی قابل چاپ و ارجاع است. اگر در پژوهش‌های علمی خود در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی، سازمان‌ها و شرکت‌های خصوصی از این سامانه استفاده کردید، می‌توانید به مقاله‌ی مرجع آن که در وبگاه girs بارگذاری شده است، ارجاع دهید.

مقاله‌ی مرجع سامانه‌ی گوگل ارث انجین:

www.girs.ir/gee-book

در حقیقت، این سامانه‌ی پردازشی، بهترین گزینه برای پردازش‌های سری زمانی است. اگر کار شما با پردازش‌های سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای مرتبط است، مطمئن باشید که گوگل ارث انجین بهترین ابزاری است که در کوتاه‌ترین زمان، دقیق‌ترین نتایج را تولید می‌کند؛ برای مثال، شما می‌توانید در چند ثانیه چند هزار تصویر را فراخونی و پردازش‌های خاصی را پشت سر هم روی آن‌ها اجرا کنید.

علاوه بر این، شما می‌توانید کدهای خود را در قالب برنامه‌های گرافیکی در سامانه‌ی گوگل ارث انجین عرضه کنید؛ مثلاً برای محاسبه‌ی دمای سطح زمین می‌توانید یک برنامه‌ی گرافیکی طراحی کنید به گونه‌ای که با زدن چند گزینه‌ی ساده، دمای هر منطقه از سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای اندازه‌گیری شود. با بهره‌گیری از این شرایط، امکان به اشتراک گذاشتن برنامه‌های متنوع کاربردی در سنجش از دور به راحتی فراهم می‌شود.

این کتاب، «موتور مجازی پردازش تصاویر ماهواره‌ای» نامیده شد تا علاقه‌مندان به سنجش از دور با سامانه‌ی گوگل ارث انجین و قابلیت‌های آن در زمینه‌ی پردازش تصاویر ماهواره‌ای آشنا



شوند. شیوه آموزش در این کتاب به گونه‌ای است که علاقه‌مندان بتوانند بسیاری از طرح‌های خود را به سادگی و با دقت زیاد به انجام برسانند. پیشتر تمام کدهای آموزش داده شده در این کتاب را در محصولات آموزشی و طرح‌های مختلف به کار برده و اعتبار و کارایی آنها را سنجیده‌ایم.

نکته

قبل از شروع، حتماً فیلم معرفی سامانه گوگل ارث انجین را ببینید. برای کسب اطلاعات بیشتر به لینک زیر مراجعه کنید:

www.girs.ir/gee-book

تفاوت گوگل ارث انجین با دیگر نرم‌افزارها

در سال‌های اخیر، گروه ما تقریباً با تمام ابزارهای کاربردی در سنجش از دور در وبگاه girs.ir کار کرده و مهم‌ترین نقاط قوت و ضعف آن‌ها را به تجربه دریافته است. سامانه گوگل ارث انجین نیز از این قضیه مستثنی نیست؛ در دو سال اخیر، ده‌ها ساعت آموزش تخصصی کار با این سامانه را (در زمینه‌های کاربردی مختلف) تولید کرده و در کارهای تجاری و تحقیقاتی مختلف از آن بهره برده‌ایم. بررسی‌های تجربی ما در کار با این سامانه نشان داده است که گوگل ارث انجین برای همه کارها از نرم‌افزارهای دیگر بهتر نیست.

بعضی از کاربران تصور می‌کنند قابلیت‌های بارزش این سامانه به معنای بی‌ارزش بودن امکانات نرم‌افزارهای دیگر است. در حقیقت، این نادرست‌ترین دیدگاهی است که یک کارشناس سنجش از دور می‌تواند داشته باشد. فراموش نکنید که هریک از نرم‌افزارها از ویژگی‌های مثبتی برخوردارند که باعث تمایز آنها می‌شود. آنچه باعث می‌شود نرم‌افزاری را برای یک طرح انتخاب کنید، نیازهایی است که در آن طرح دارید؛ برای مثال، اگر کار شما تطابق سنجی طیفی در کانی‌شناسی باشد، سامانه گوگل ارث انجین هیچ کاربردی برای شما نخواهد داشت؛ چراکه این سامانه از کتابخانه‌های طیفی و الگوریتم‌های پیشرفته تطابق سنجی طیفی پشتیبانی نمی‌کند. این در حالی است که نرم‌افزار انوی تمام این ابزارها را در اختیار شما قرار می‌دهد.

آنچه سامانه گوگل ارث انجین را از سایر نرم‌افزارها متمایز می‌کند، قابلیت آن در پردازش‌های سری زمانی داده‌های ماهواره‌ای است. اگر با سری‌های زمانی و پردازش داده‌های بازه‌های



زمانی طولانی کار می‌کنید، اطمینان داشته باشید که سامانه گوگل ارث انجین، بهترین گزینه برای کار شماست؛ مثلاً برای برآورد تغییرات روزانه مساحت سطحی دریاچه ارومیه، اگر از این سامانه استفاده کنید، در چند دقیقه چندین هزار داده تحلیل و نتیجه آن تولید می‌شود. این در حالی است که همین کار در نرم‌افزار انوی شاید ماه‌ها به طول انجامد. بنابراین، هر نرم‌افزاری قابلیت‌های منحصر به فردی دارد که آن را متمایز می‌سازد. شما در مقام یک کارشناس همواره باید متناسب با کاربرد و ماهیت طرح خود بهترین نرم‌افزار را انتخاب کنید. فراموش نکنید که در سنجش از دور، بهترین ماهواره و بهترین نرم‌افزار فقط بر اساس کاربرد شما تعیین می‌شود.

دقت گوگل ارث انجین

یکی از پرتکرارترین سؤالات درباره سامانه گوگل ارث انجین این است که میزان دقت آن چه قدر است؟ عده‌ای از کاربران تصور می‌کنند زیاد بودن سرعت پردازشی سامانه از دقت نتایج آن می‌کاهد. در این باره باید گفت دقت نتایج پردازش تصاویر ماهواره‌ای، تابعی از نرم‌افزار و سامانه مورد استفاده نیست، بلکه به تصویر ماهواره‌ای مورد استفاده و الگوریتم به کار برده شده وابسته است؛ هرچه تصویر ماهواره‌ای با کاربرد شما متناسب‌تر باشد و از الگوریتم‌های باکیفیتتری استفاده کنید، نتایج بهتری به دست می‌آورد.

بنابراین، سامانه گوگل ارث انجین، از نظر اعتبار، یک ابزار قابل اطمینان است؛ چرا که مقالات علمی معتبری بر اساس آن نوشته شده که با یک جستجوی ساده در گوگل به راحتی آنها را خواهید یافت. با این حال، دقت محاسبات شما به تصویر ماهواره‌ای انتخاب شده و نوع الگوریتم آن وابسته است. در بخش مربوط به کاربردهای گوگل ارث انجین (بخش بعدی) مجموعه‌ای از معتبرترین مقالاتی را که با استفاده از این سامانه نوشته شده است، معرفی خواهیم کرد.

کاربردهای گوگل ارث انجین

از سال ۲۰۱۸ میلادی تا کنون، در بیش از ۱۵۸ مجله علمی (در سطح جهان) از گوگل ارث انجین برای انجام طرح‌های علمی استفاده شده است. با آنکه سامانه گوگل ارث انجین، به صورت متن باز عرضه شده است، اما در کشورهای توسعه یافته بسیار بیشتر از کشورهای در حال توسعه برای انجام طرح‌های علمی استفاده می‌شود. این سامانه برای طیف وسیعی



از کاربردهای سنجش از دور در علوم محیطی قابل استفاده است. با این حال، مهم‌ترین زمینه‌های استفاده از سامانه گوگل ارث انجین عبارت‌اند از:

- تولید و پایش نقشه پوشش گیاهی؛
- تولید انواع نقشه‌های کشاورزی؛
- تولید نقشه‌های منابع آب (مساحت سطحی و...)
- تولید نقشه‌های اقلیمی (بارش و...)
- تولید نقشه‌های آلودگی هوا؛
- تولید نقشه کاربری اراضی؛
- تولید نقشه‌های مخاطرات طبیعی (سیل و...).

فراموش نکنید که موارد بالا، مهم‌ترین زمینه‌های کنونی استفاده از گوگل ارث انجین در دنیاست و کاربردهای آن فقط به این موارد محدود نمی‌شود؛ برای مثال، اکنون این سامانه برای محاسبات شاخص‌های کانی‌شناسی (با استفاده از تصاویر استر) نیز کاربرد دارد. این در حالی است که امروزه به کاربرد گوگل ارث انجین در زمین‌شناسی به‌طور گسترده توجه نمی‌شود.

نکته

برای دریافت مقاله‌های معتبری که در آنها از سامانه گوگل ارث انجین استفاده شده است، به لینک زیر مراجعه کنید:

www.girs.ir/gee-book

ثبت نام در گوگل ارث انجین

برای وارد شدن به سامانه گوگل ارث انجین به وبگاه زیر مراجعه کنید:

<https://EarthEngine.Google.com>

نکته

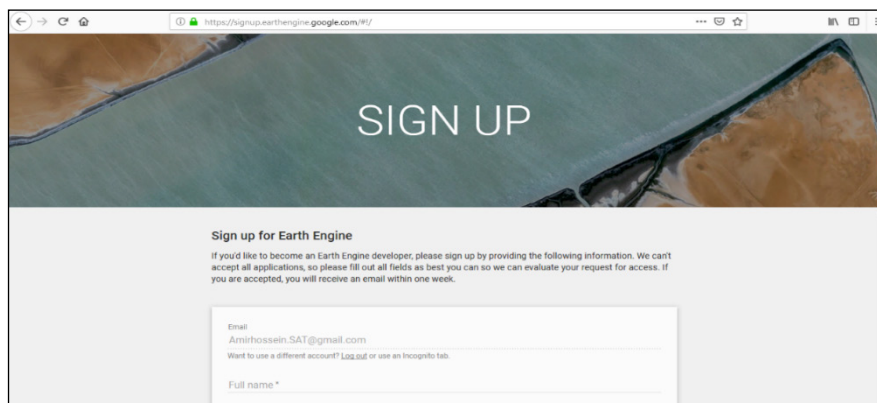
برای کار کردن با سامانه گوگل ارث انجین حتماً از مرورگر گوگل کروم استفاده کنید. این مرورگر به‌طور تخصصی توسط شرکت گوگل طراحی شده و بهترین گزینه برای کار با سامانه‌هایی است که این شرکت طراحی کرده است.

پس از ورود به وبگاه یادشده، برای ثبت نام روی گزینه `signup`، در گوشه بالای سمت راست صفحه اصلی قرار بگیرید تا وارد صفحه‌ای با نام `signin` شوید. برای استفاده از امکانات این سامانه به اکانت `gmail` نیاز است. اگر اکانت عضویت دارید، آن را وارد کرده و روی گزینه `next` کلیک کنید.

نکته

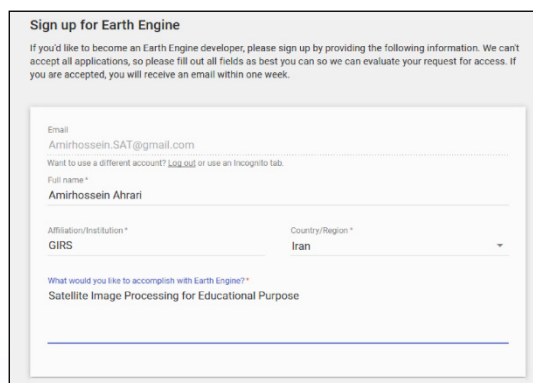
اگر اکانت `gmail` ندارید، با مراجعه به وبگاه زیر، برای ساخت آن اقدام کنید:
www.google.com/gmail

فرض می‌کنیم شما یک اکانت `gmail` دارید. در مرحله بعدی، باید رمز عبور `gmail` خود را وارد و سپس، روی گزینه `next` کلیک کنید تا وارد صفحه `signup` شوید (شکل ۱).



شکل ۱- صفحه ثبت نام در سایت گوگل ارث انجین

در صفحه `signup`، اطلاعات مورد نیاز را وارد کنید (شکل ۲).



شکل ۲- ثبت اطلاعات لازم برای ثبت نام در سایت گوگل ارث انجین



سپس، با فعال‌سازی تیک تعهدات استفاده از سامانه گوگل ارث انجین (پایین صفحه)، روی گزینه submit کلیک کنید (شکل ۳).

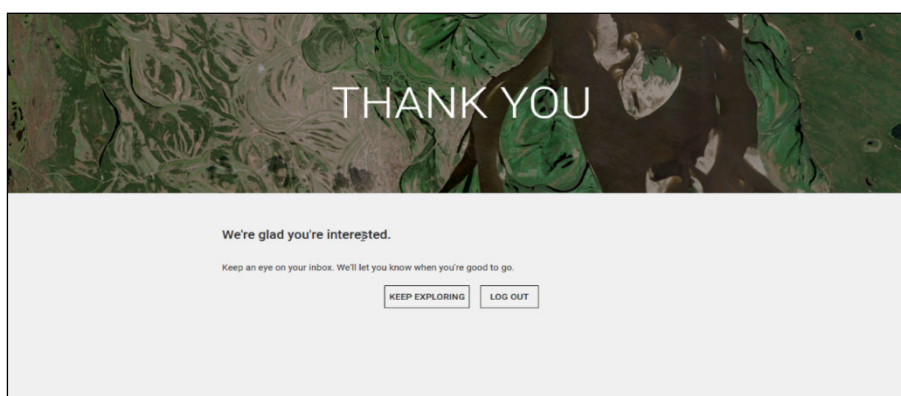
Earth Engine may only be used for development, research, or educational purposes. It may not be used for sustained commercial purposes, but may be evaluated in a production environment.

☒ I agree that my use of the Earth Engine services and related APIs is subject to my compliance with the applicable [Terms of Service](#).

☒ I am interested in learning more about commercial use of Earth Engine. Please email me with more information.

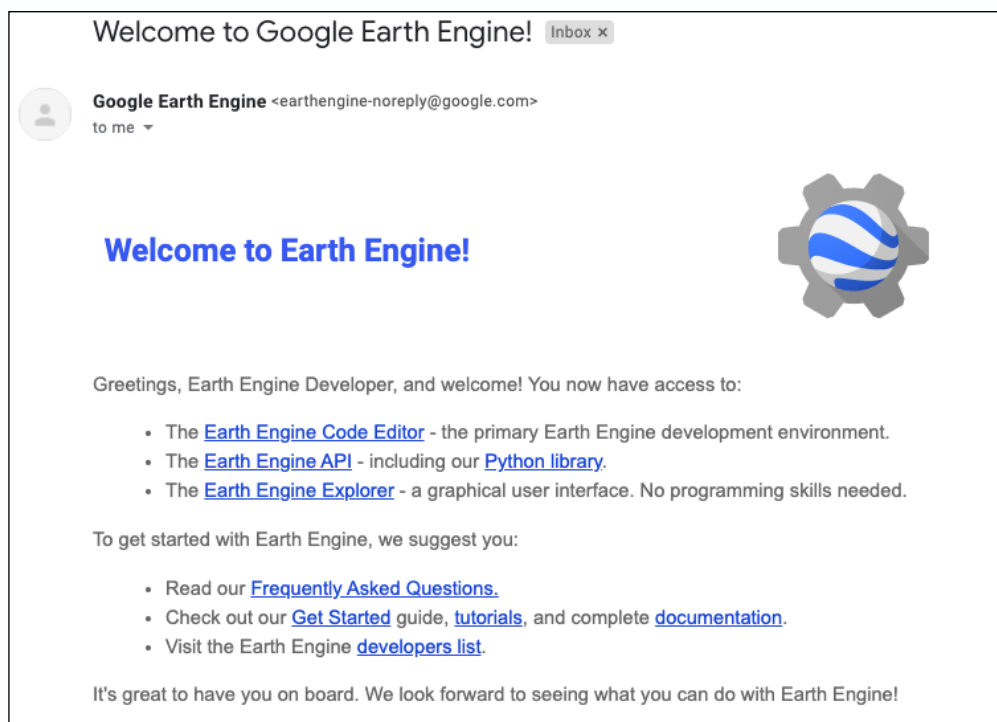
شکل ۳- فعال‌سازی تیک تعهدات استفاده از سامانه گوگل ارث انجین

حالا پیغام تشکر بابت ثبت نام در گوگل ارث انجین برای شما نمایش داده می‌شود (شکل ۴). در این مرحله، روی گزینه keep exploring کلیک کنید تا به صفحه اصلی سایت برگردید.



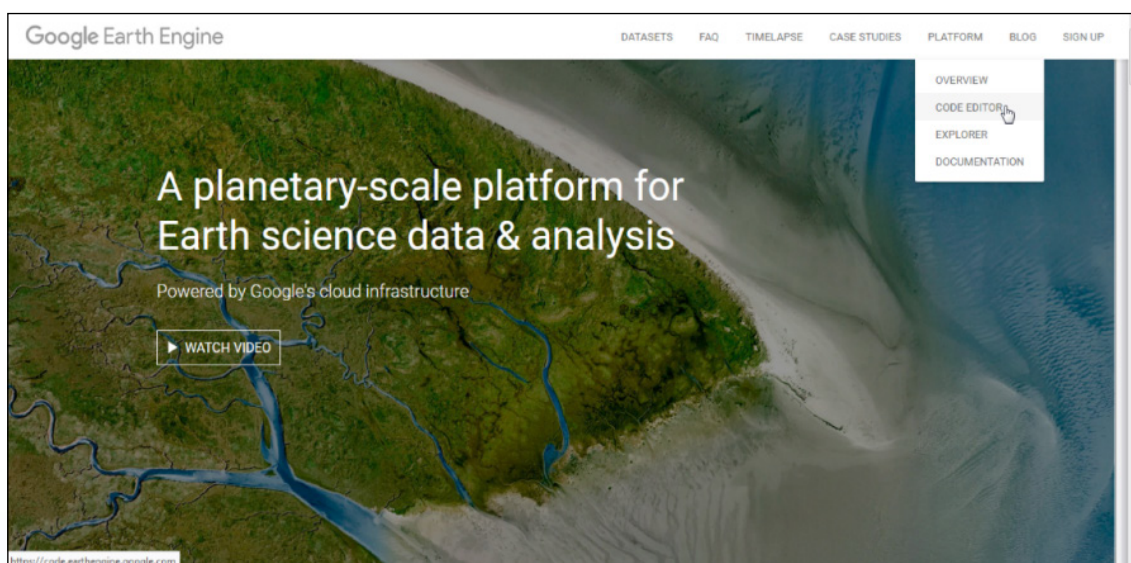
شکل ۴- پایان فرایند ثبت نام در گوگل ارث انجین

پیشتر، پس از ثبت نام کاربران در این وبگاه، بلافاصله حساب کاربری فعال می‌شد و آنها کار خود را در این سامانه آغاز می‌کردند، اما اخیراً با تغییرات ایجاد شده در این سامانه چنین اتفاقی نمی‌افتد. بر اساس تغییرات جدید، پس از پایان یافتن فرایند ثبت نام، پیامی با عنوان به گوگل ارث انجین خوش آمدید (تأیید ثبت نام) به نشانی ایمیل کاربران ارسال می‌شود. مدت زمان دریافت ایمیل تأییدیه از چند ساعت تا چند روز متغیر است و گاهی ممکن است تا یک هفته نیز طول بکشد. به هر حال نگران نباشید؛ ثبت نام شما قطعاً تأیید خواهد شد و پس از آن شما به تمام امکانات این سامانه دسترسی خواهید داشت.



شکل ۵- ایمیل تأیید ثبت نام در گوگل ارث انجین

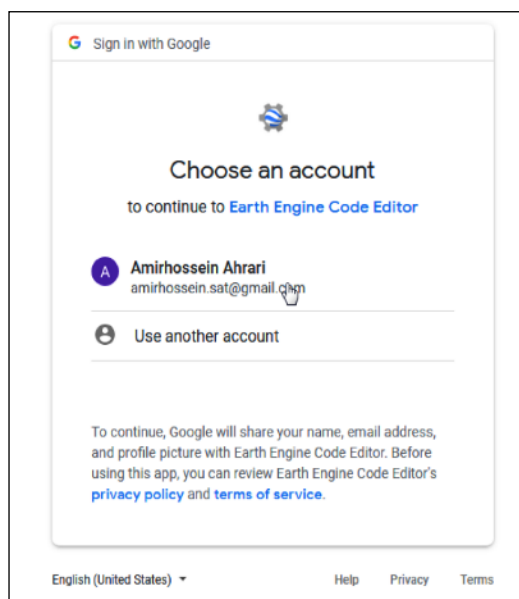
پس از دریافت ایمیل تأیید ثبت نام، همان طور که در صفحه اصلی سایت گوگل ارث انجین قرار دارید، روی گزینه platform در سمت راست بالای صفحه قرار گرفته و وارد قسمت code editor شوید (شکل ۶).



شکل ۶- ورود به قسمت کدنویسی گوگل ارث انجین

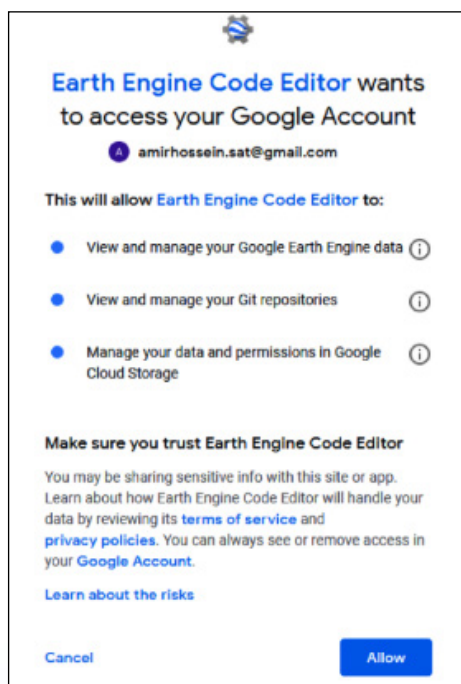


ایمیل اکانت ساخته شده را انتخاب کنید (شکل ۷).



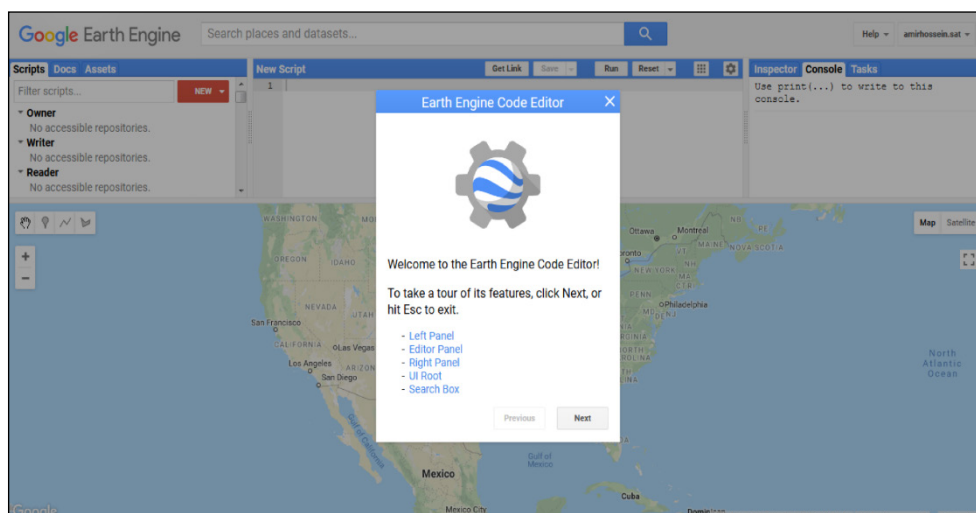
شکل ۷- انتخاب اکانت ساخته شده

سپس، پیغامی مبنی بر دسترسی گوگل به کدها و داده‌های شما نمایش داده می‌شود که باید روی گزینه allow کلیک کنید (شکل ۸).



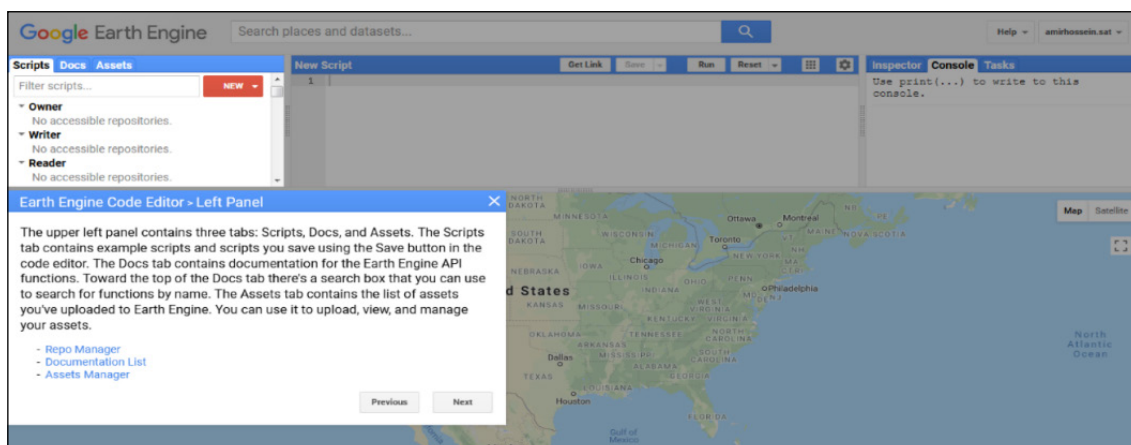
شکل ۸- دسترسی گوگل به کدهای برنامه نویسی

پس از ورود، پیغامی مبنی بر آشنایی با ویژگی‌های صفحه code editor نمایش داده می‌شود (شکل ۹).



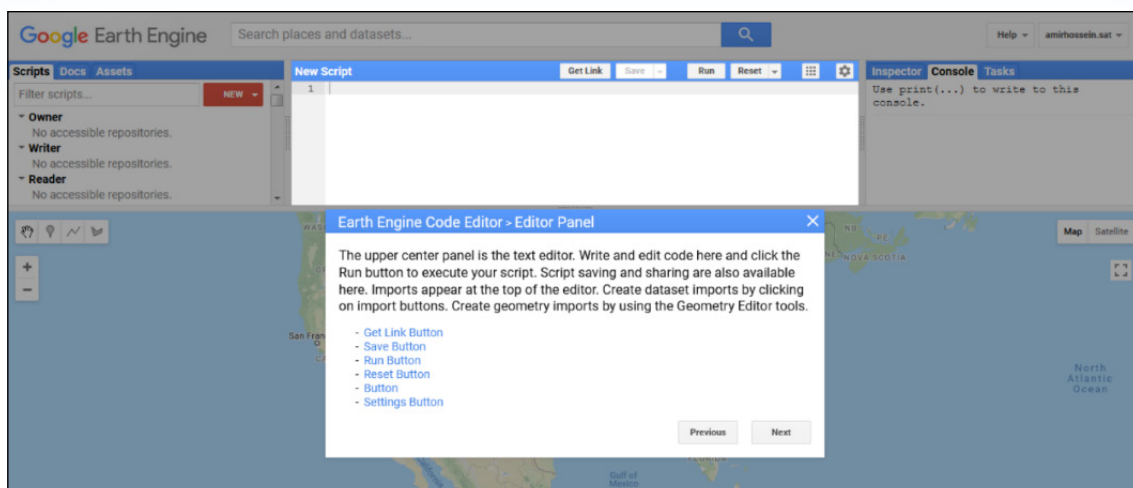
شکل ۹- آشنایی با بخش‌های مختلف گوگل ارث انجین

با زدن گزینه next، ابزارهای پنل سمت چپ با عناوین docs، scripts و assets معرفی می‌گردند (شکل ۱۰).



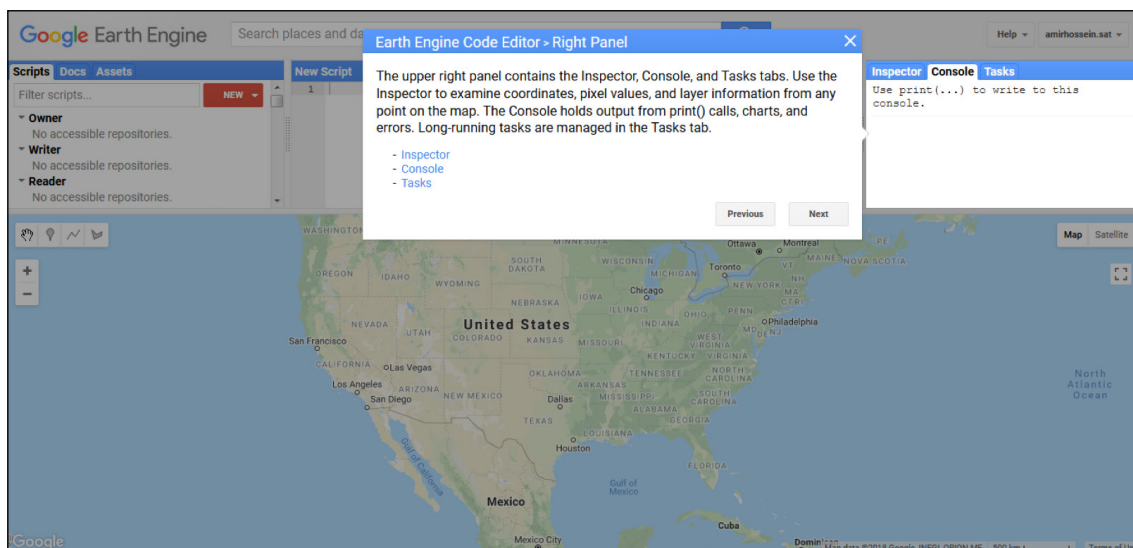
شکل ۱۰- معرفی ابزارهای موجود در پنل سمت چپ بخش کدنویسی

بخش پنل کاربری سمت چپ شامل کدهای نمونه و کدهایی است که قبلاً توسط کاربر نوشته و ذخیره شده است. سپس، روی گزینه next کلیک کنید تا با پنل editor آشنا شوید (شکل ۱۱).



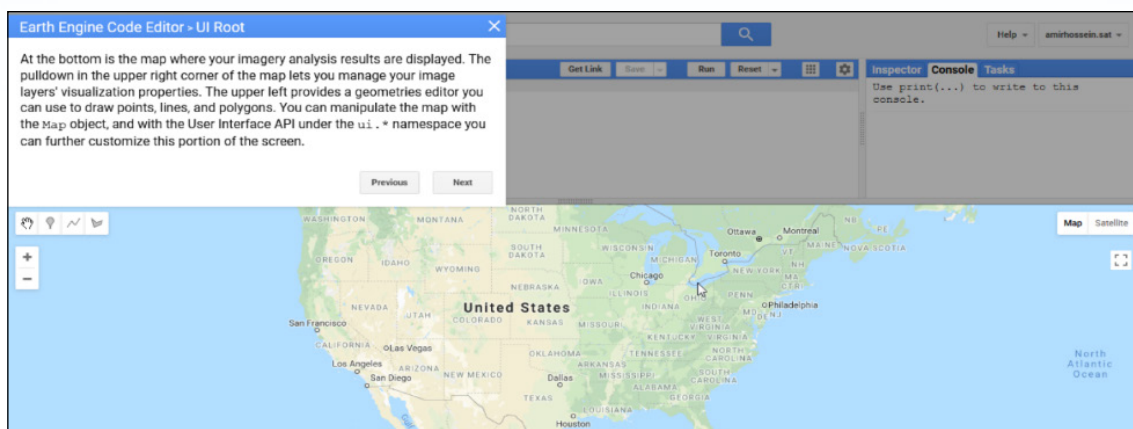
شکل ۱۱- معرفی ابزارهای پنل وسط بخش کدنویسی

فرایند نوشتن، اجرا، تصحیح و ذخیره‌سازی کدها در گوگل ارث انجین در این پنل انجام می‌شود. در این مرحله، اگر مجدداً روی next کلیک کنید، پنل سمت راست نمایش داده می‌شود (شکل ۱۲). پنل سمت راست برای نمایش فایل نتیجه محاسبات انجام‌شده در سامانه گوگل ارث انجین کاربرد دارد.



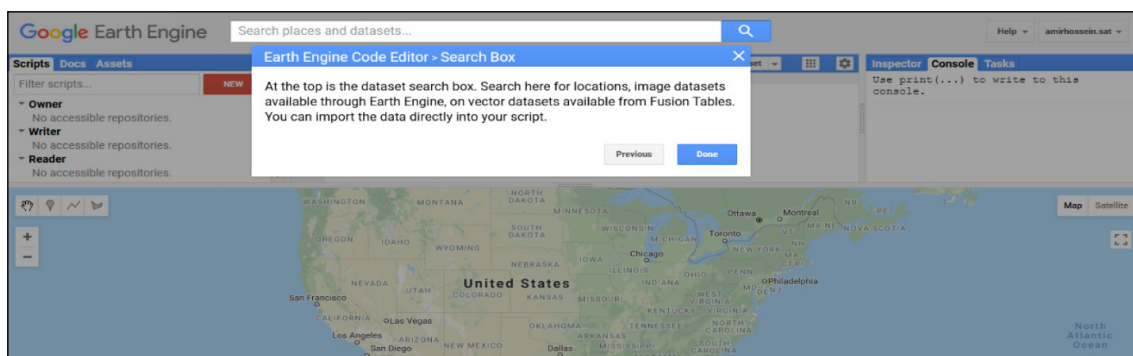
شکل ۱۲- معرفی ابزارهای پنل سمت راست بخش کدنویسی

باز هم روی گزینه next کلیک کنید تا بخش نقشه گرافیکی نمایش داده شود (شکل ۱۳). با استفاده از این قسمت، منطقه مورد مطالعه در هر طرح تعیین می‌گردد.



شکل ۱۳- نقشه گرافیکی گوگل ارث انجین

مجدداً بر روی گزینه next کلیک کنید تا بخش search box نمایش داده شود (شکل ۱۴). با استفاده از این قسمت می‌توانید انواع داده‌ها و مناطق مورد مطالعه در گوگل ارث انجین را جستجو کنید.



شکل ۱۴- پنل جستجوی گوگل ارث انجین

در نهایت، روی گزینه done کلیک کنید تا فرایند آشنایی با پنل‌های کاربری بخش کدنویسی به پایان برسد.

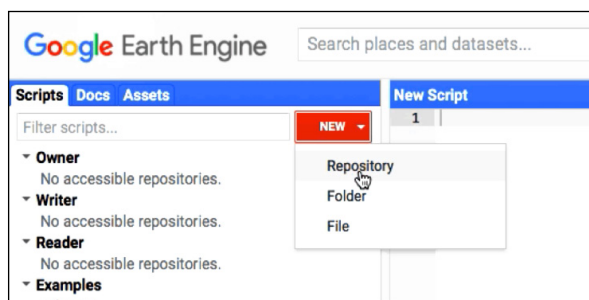
نکته

اگر برای ثبت نام در سامانه گوگل ارث انجین با مشکل مواجه شدید، به فیلم راهنمای این فرایند در نشانی زیر مراجعه کنید:

www.girs.ir/gee-book



پس از آشنایی با پنل‌های کاربری بخش کدنویسی، لازم است برای مدیریت بهتر فایل‌های مربوط به کدها، یک مخزن (repository) در بخش scripts بسازید. تمام کدهایی که در این سامانه می‌نویسید، در این قسمت ذخیره‌سازی می‌شود و پس از مدتی، مجدداً می‌توانید به آن‌ها مراجعه کنید. بدین منظور، در سربرگ scripts روی گزینه new کلیک و از کشوی باز شده، repository را انتخاب کنید (شکل ۱۵).

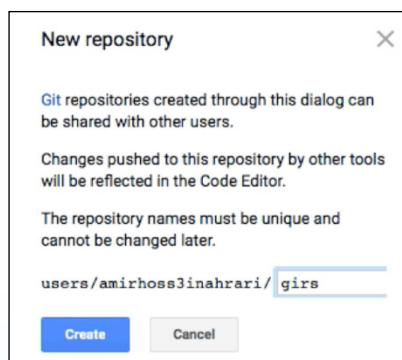


شکل ۱۵- ایجاد مخزن در پنل سمت چپ

نکته

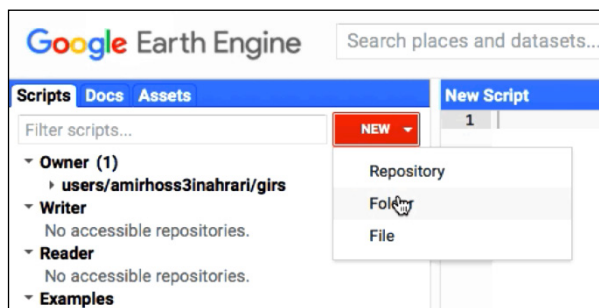
تمام فایل‌های مربوط به کدهایی که در گوگل ارث انجین می‌نویسید، در مخزن‌ها ذخیره می‌شوند.

سپس، صفحه کوچکی به نام new repository باز می‌شود که ابتدا اکانت gmail شما در آن نمایان است. گزینه next یا continue را انتخاب و وارد مرحله بعدی شوید. اسم مخزن خود را تعیین و روی گزینه create کلیک کنید. برای نمونه، من اسم مخزن را girs قرار داده‌ام که در شکل ۱۶ قابل مشاهده است. حالا برای شکل‌گیری نهایی مخزن مورد نظر، روی گزینه create کلیک کنید تا مخزنی با عنوان girs در بخش scripts ایجاد شود.



شکل ۱۶- ساخت مخزن

شما می‌توانید در یک مخزن چندین پوشه داشته باشید و کدهای کارها و طرح‌های مختلف را در آن‌ها ذخیره کنید. برای این کار، مجدداً روی گزینه new کلیک و این بار folder را انتخاب کنید (شکل ۱۷).



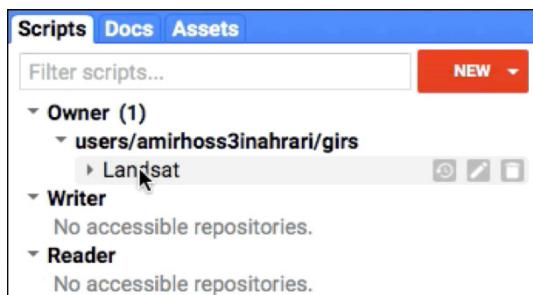
شکل ۱۷- ساخت پوشه در مخزن

سپس، نام پوشه مورد نظر خود را انتخاب کنید. با توجه به اینکه مباحث فصل دوم درباره کدنویسی پروژه‌های لندست در گوگل ارث انجین است، نام پوشه را Landsat بگذارید (شکل ۱۸).



شکل ۱۸- تعیین نام پوشه

در این مرحله، می‌توانید پوشه ساخته شده در مخزن girs را با عنوان Landsat مشاهده کنید (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- پوشه ساخته شده landsat در مخزن girs

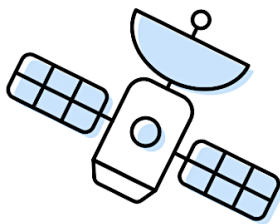


در اینجا، مطالب فصل اول به پایان رسید. به شما تبریک می‌گوییم؛ اکنون شما یکی از کاربران گوگل ارث انجین هستید. در فصول بعدی، مباحث و نکاتی را به شما آموزش می‌دهیم که تاکنون به صورت جامع و کاربردی ارائه نشده‌اند. هر سؤال یا ابهامی دارید از طریق صفحه کتاب موتور مجازی پردازش تصاویر ماهواره‌ای در وبگاه girs.ir با ما در میان بگذارید.



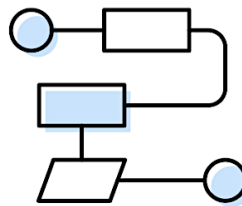
فصل دوم: ماهواره‌های سری لندست

فنون کاربردی برنامه‌نویسی تصاویر ماهواره‌ای سری لندست



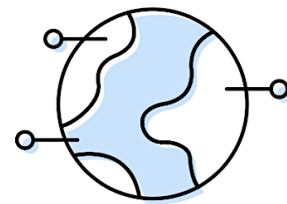
Satellite Imagery

+



Your Algorithms

+



Real World Applications

نکات آموزشی این فصل:

- آموزش کار با تصاویر ماهواره‌ای سری لندست
- روش برش طیفی و مکانی
- روش محاسبه انواع شاخص‌های طیفی کاربردی
- روش محاسبات سری زمانی داده‌های لندست
- روش تولید نقشه کاربری اراضی
- روش تولید نقشه کشت آبی و باغی
- روش استخراج انواع پروداکت‌های زیست‌محیطی لندست
- روش تلفیق تصاویر ماهواره‌ای
- روش محاسبه دمای سطح زمین
- تبدیل تصاویر ماهواره‌ای



فراخوانی، برش طیفی و مکانی تصاویر لندست

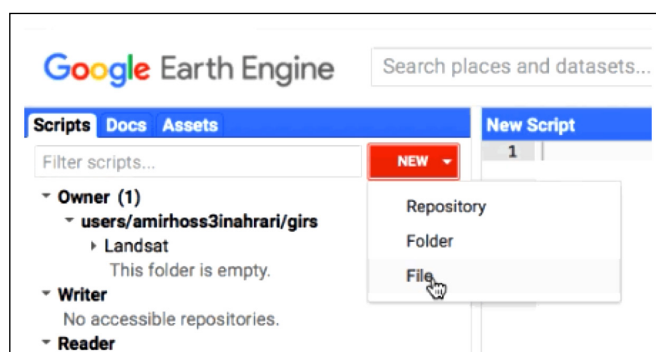
در فصل قبل، با روش ساخت اکانت، مخزن و پوشه‌نگاه دارنده هر یک از کدها در گوگل ارث انجین آشنا شدید. در این فصل قصد داریم انواع روش‌های کاربردی پردازش تصاویر لندست را به شما بیاموزم.

(۱) ایجاد یک فایل کدنویسی

پیش از نوشتن هر کد لازم است در سربرگ scripts، کشوی new را باز و یک file ایجاد کنید (شکل ۱).

نکته

هر کد باید داخل یک file نوشته، ذخیره‌سازی و اجرا شود.



شکل ۱- ساخت یک فایل برای آغاز کدنویسی

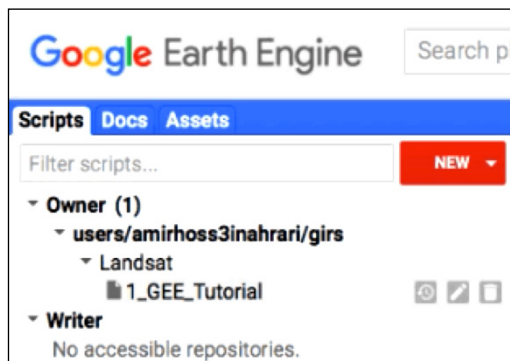
نام فایل مورد نظر را تعیین کنید (شکل ۲).



شکل ۲- تعیین نام فایل ایجاد شده



پس از ساخت فایل مورد نظر، با نگه داشتن کلیک چپ، آن را به داخل پوشه landsat منتقل کنید (شکل ۳).



شکل ۳ - انتقال فایل ساخته شده به داخل پوشه لندست

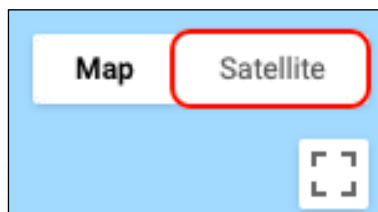
۲) انتخاب منطقه مورد مطالعه

پیش از آغاز فرایند کدنویسی، باید منطقه مورد مطالعه را تعیین کنید. در این مرحله، هدف آن است که منطقه مورد مطالعه به صورت دستی تعیین و برای کدنویسی آن اقدام شود. برای تعیین منطقه مورد مطالعه کافی است از نقشه پایین صفحه در بخش کدنویسی گوگل ارث انجین (که محیطی مانند گوگل مپ دارد) استفاده کنید.

توجه

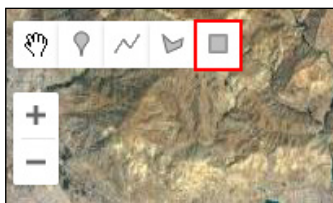
در کدهای بعدی روش تعیین منطقه مورد مطالعه بر اساس فایل‌های وکتوری آموزش داده خواهد شد.

در صفحه نمایشگر نقشه گوگل، شما می‌توانید با استفاده از گزینه satellite فرمت نقشه نمایش داده شده را تغییر دهید. این کار باعث می‌شود مناطق مختلف را به فرمت تصاویر گوگل ارث (از نظر شکل ظاهری) مشاهده کنید (شکل ۴).



شکل ۴ - مدیریت نمایشگر نقشه گوگل

سپس، موقعیت نقشه را روی شهر تهران تنظیم و گزینه `draw a rectangle` را انتخاب کنید (شکل ۵).



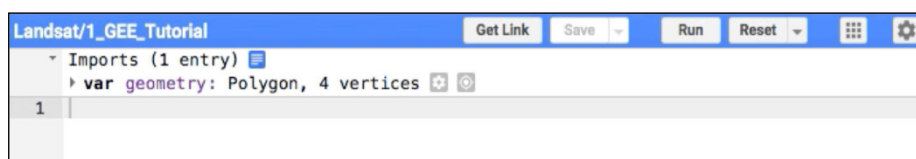
شکل ۵ - ابزار ترسیم پلی گون در نقشه گوگل ارث انجین

حالا با استفاده از این ابزار، پلی گونی به شکل مستطیل یا مربع ترسیم کنید، به طوری که شهر تهران را پوشش دهد (شکل ۶).



شکل ۶ - تعیین منطقه مورد مطالعه

پس از ترسیم پلیگون منطقه مورد مطالعه، متغیری با نام `geometry` در بخش بالایی صفحه کدنویسی پنل وسط ظاهر می‌شود (شکل ۷).



شکل ۷ - متغیر `geometry` برای منطقه مورد مطالعه

نکته

پس از تغییر و نوشتن کد، حتماً با استفاده از گزینه `save` (در تب بالای پنل وسط) آن را ذخیره کنید. گفتنی است تمام کدها در محیط گوگل ارث انجین براساس استانداردهای زبان `java` نوشته می‌شود.



پس از تعیین منطقه مورد مطالعه، کدنویسی را داخل پنل وسط آغاز می‌کنیم. توجه داشته باشید که همه کدهای آموزش داده شده، داخل پنل وسط از صفحه code editor نوشته می‌شود. برای آنکه با هر بار run کردن کد، موقعیت نقشه پایین صفحه با موقعیت منطقه مورد مطالعه منطبق باشد، از دستور center object استفاده می‌شود. حالا این دستور را داخل پنل وسط تایپ کنید. بهتر است در ابتدای هر کد از این دستور استفاده شود تا منطقه مورد مطالعه آن به خوبی قابل مشاهده باشد.

```
Map.centerObject(geometry);
```

بسیاری از کاربران در نوشتن کدها با مشکل مواجه می‌شوند؛ برای رفع این مشکل باید به بزرگ و کوچک بودن حروف در حین نوشتن دستورها دقت کرد. بنابراین، به بزرگ و کوچک بودن هر یک از عبارت‌های به کار برده شده در کد توجه کنید. برای اینکه دستورها را به درستی تایپ کنید، بهتر است هنگام تایپ آن‌ها از عملکرد ctrl + shift استفاده کنید تا شکل صحیح دستور مورد نظر را برای شما نمایش دهد. در حقیقت، این بهترین روش برای جلوگیری از بروز خطاهای تایپی هنگام کدنویسی گوگل ارث انجین است.

۳) فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای

برای فراخوانی یک مجموعه از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ برای منطقه انتخاب شده، از دستور image collection استفاده می‌شود. توجه داشته باشید که این دستور برای فراخوانی تصاویر سری زمانی به کار می‌رود.

```
var landsat = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C01/T1_SR')
    .filterBounds(geometry)
    .filterDate('2018-08-01','2018-10-01');
```

نکته

برای تعریف یک متغیر در سامانه گوگل ارث انجین که بر زبان جاوا مبتنی است، پیش از نام هر متغیر از عبارت var استفاده می‌شود.

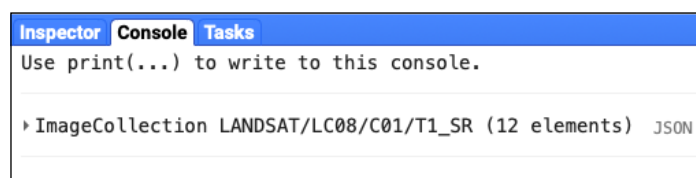
کد آی دی تصاویر لندست ۸ تصحیح اتمسفری شده، با عنوان داخل پرانتز (‘’)، در کد بالا قابل مشاهده است. سپس، با استفاده از فیلترهای مکانی و زمانی، filter date و filter bounds



تصاویر تصحیح اتمسفری شده برای منطقه مورد مطالعه و بازه زمانی آگوست تا سپتامبر سال ۲۰۱۸ فراخوانی گردیده است. حالا برای آنکه تعداد تصاویر فراخوانی شده لندست ۸ برای این بازه زمانی و مکانی مشخص شود، دستور print اجرا می‌شود.

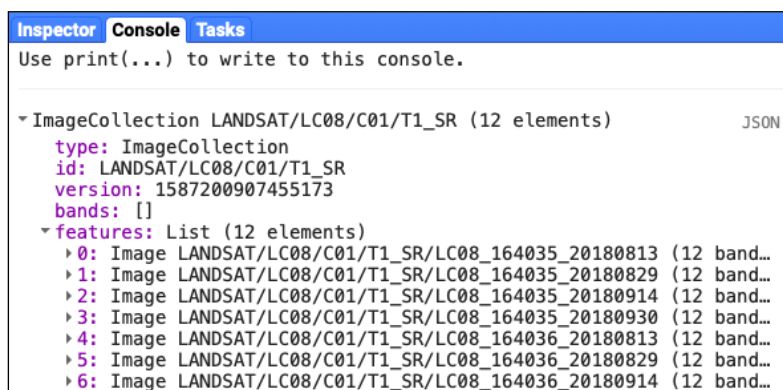
```
print(landsat);
```

در این مرحله، لازم است کد نوشته شده را با گزینه save ذخیره کنید و گزینه run را بزنید. پس از اجرای کد، نتیجه کار تا این قسمت، در پنل سمت راست در بخش console نمایش داده می‌شود (شکل ۸). توجه داشته باشید که با اجرای این دستور ۱۲ تصویر با ویژگی‌های تعریف شده، فراخوانی شدند.



شکل ۸- ۱۲ تصویر تصحیح اتمسفری شده لندست

اگر زبانه تصاویر فراخوانی شده را باز کنید، در بخش feature، تاریخ و آی دی هریک از تصاویر نمایش داده می‌شود (شکل ۹). با استفاده از آی دی تصاویر می‌توانید یک تصویر را برای یک تاریخ خاص نیز فراخوانی کنید. توجه داشته باشید که برای فراخوانی یک تصویر واحد بر اساس آی دی‌های قابل مشاهده، به جای دستور ee.ImageCollection باید از دستور ee.Image استفاده شود.



شکل ۹- فهرست تصاویر فراخوانی شده

در شکل ۱۰، تصویر کد نوشته شده تا این مرحله در پنل وسط قابل مشاهده است.



```

1_GEE_Tutorial *
Get Link Save Run Reset Apps
Imports (1 entry)
var geometry: Polygon, 4 vertices
1 Map.centerObject(geometry);
2
3 var landsat = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C01/T1_SR')
4   .filterBounds(geometry)
5   .filterDate('2018-08-01', '2018-10-01');
6
7
8 print(landsat);

```

شکل ۱۰- تصویر کد نوشته شده در پنل وسط

در مرحله قبلی با روش فراخوانی سری تصاویر آشنا شدید. برای فراخوانی یک تصویر واحد، از دستور image استفاده می‌شود:

```
var landsat = ee.Image('LANDSAT/LC08/C01/T1_SR/LC08_164035_20180914');
```

۴) برش زدن تصویر

برای برش زدن تصویر بر اساس لایه پلی گونی تعریف شده با نام geometry، از دستور clip استفاده کنید:

```
var clip = landsat.clip(geometry);
```

۵) نمایش تصاویر

سپس، برای نمایش ترکیب باند کاذب منطقه مورد مطالعه، دستور add layer به کد اضافه می‌گردد.

```
Map.addLayer(clip,{bands : ['B5','B4','B3']});
```

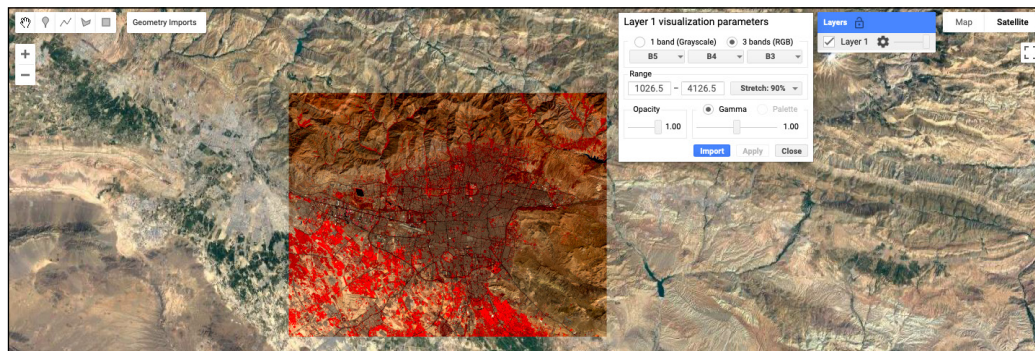
تا این مرحله کد نوشته شده را ذخیره و مجدداً اجرا کنید تا نتیجه به صورت تصویر ترکیب باند کاذب برای شهر تهران نمایش داده شود (شکل ۱۱). هدف از ران کردن مرحله به مرحله کدها آن است که ابتدا با کارکرد هریک از دستورها آشنا شوید و اگر خطایی در آن‌ها وجود داشت، پیش از ورود به مرحله بعدی اصلاح کنید.



شکل ۱۱- نتیجه حاصل از اجرای کد



همان طور که در شکل ۱۱ پیداست، نتیجه کانتراست مناسبی ندارد. با استفاده از گزینه layer در نقشه گوگل، ویژگی‌های بصری تصویر را اصلاح کنید (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- تصویر ترکیب باند کاذب بهبود یافته

در صورتی که از روش stretch ۹۰٪ استفاده کنید، میزان کانتراست بسیار افزایش می‌یابد. ابزار layer امکانی را فراهم می‌آورد که بتوانید هم‌زمان باندها را به صورت تکی یا ترکیبی از چند باند با روش‌های بهبودسازی مختلف نمایش دهید.

توجه

برای اینکه عکس‌های کتاب را به صورت رنگی ببینید، به نشانی زیر مراجعه کنید:
www.girs.ir/gee-book

۶) ترکیب باندها

هر یک از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ از ۱۱ باند طیفی برخوردار است که در این مرحله، هدف آن است که با استفاده از تکنیک برش طیفی، باندهای چند طیفی و حرارتی آن از دیگر باندها (مانند آئروسول، پانکروماتیک، سیروس و باند حرارتی ۲) تفکیک شود. بدین منظور، با استفاده از دستور select هر یک از باندهای مورد نیاز تفکیک و با استفاده از دستور image cat با یکدیگر stack می‌گردند.

```
var ms = clip.select('B[2-7]').multiply(0.0001);
var tir = clip.select('B10').multiply(0.1)
var stack = ee.Image.cat([ms,tir]);
print(stack);
```



در کد بالا، برای هریک از باندهای انتخاب شده یک scale factor اعمال شده که براساس دستورالعمل گوگل ارث انجین برای تصاویر بازتاب سطحی لندست تعریف شده است. اگر از نتیجه متغیر stack پرینت گرفته شود، حاصل یک تصویر ۷ باندهای خواهد بود که در بخش console نمایش داده می‌شود (شکل ۱۳).

```
Image LANDSAT/LC08/C01/T1_SR/LC08_165039_20180820 (7 bands)  JSON
  type: Image
  id: LANDSAT/LC08/C01/T1_SR/LC08_165039_20180820
  version: 1535876436174141
  bands: List (7 elements)
  properties: Object (24 properties)
```

شکل ۱۳- تصویر ۷ باندهای استک شده

۷) ذخیره‌سازی نتایج

برای ذخیره‌سازی تصویر تصحیح اتمسفری شده برای منطقه مورد نظر همراه با باندهای انتخابی، از دستور export image to drive استفاده کنید:

```
Export.image.toDrive({
  image : stack,
  description : 'landsat8-stack',
  scale : 30,
  region : geometry,
  maxPixels : 1e9 });
```

با استفاده از این دستور، شما خواهید توانست نتیجه را در گوگل درایو ذخیره کنید. در ادامه، هریک از پارامترهای به‌کار رفته در این دستور تشریح شده است:

- پارامتر image: برای معرفی تصویری که قصد ذخیره‌سازی آن را دارید، استفاده می‌شود.

- پارامتر description: برای تعیین نام فایل خروجی استفاده می‌شود.
- پارامتر scale: توان تفکیک مکانی تصویر خروجی را تعیین می‌کند.
- پارامتر region: منطقه مورد مطالعه تصویر خروجی را تعیین می‌کند.
- پارامتر maxpixels: تعیین‌کننده بیشترین تعداد پیکسل ممکن برای تصویر خروجی است.



نکته

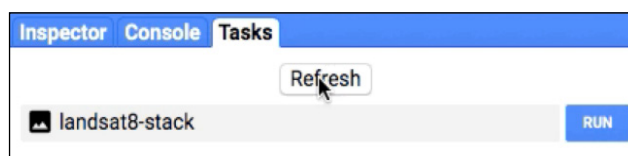
زمانی که اکانت gmail را ساختید، یک فضای ۱۵ گیگابایتی در گوگل درایو به صورت رایگان در اختیار شما قرار می‌گیرد. شما می‌توانید نتیجه پردازش‌های انجام شده در گوگل ارث انجین را در گوگل درایو ذخیره و سپس، به سیستم خود منتقل کنید.

تصویر کد نوشته شده تا این مرحله، در شکل ۱۴ نشان داده شده است.

```
1_GEE_Tutorial *
Imports (1 entry)
var geometry: Polygon, 4 vertices
1 Map.centerObject(geometry);
2
3 var landsat = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C01/T1_SR')
4 .filterBounds(geometry)
5 .filterDate('2018-08-01','2018-10-01');
6
7 print(landsat);
8
9
10 var landsat = ee.Image('LANDSAT/LC08/C01/T1_SR/LC08_165039_20180820');
11 print(landsat);
12
13 var clip = landsat.clip(geometry);
14 Map.addLayer(clip,{bands : ['B5','B4','B3']});
15
16 var ms = clip.select('B[2-7]');
17 var tir = clip.select('B10');
18 var stack = ee.Image.cat([ms,tir]);
19 print(stack);
20
21
22 Export.image.toDrive({
23   image : stack,
24   description : 'landsat8-stack',
25   scale : 30,
26   region : geometry,
27   maxPixels : 1e9
28 });
29
30
31
```

شکل ۱۴- تصویر کد نوشته شده در گوگل ارث انجین

کد نوشته شده را ذخیره (با استفاده از گزینه save) و مجدداً اجرا کنید (با استفاده از گزینه run). پس از اجرا، در صورتی که کد را تا این مرحله به درستی نوشته باشید، نتیجه ذخیره سازی با استفاده از دستور export، در بخش task از پنل سمت راست نمایش داده می‌شود (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- نمایش نتیجه حاصل از اجرای کد

سپس، روی گزینه run کلیک کنید؛ صفحه جدیدی برای شما باز می‌شود که مشخصات تصویر ذخیره شده را نمایش می‌دهد (شکل ۱۶). در این مرحله نیز گزینه run را بزنید تا فرایند بارگذاری نتیجه در گوگل درایو آغاز شود.



شکل ۱۶- مشخصات تصویر خروجی

پس از زدن گزینه run، بخش مربوط به بارگذاری نتیجه در بخش console به همراه تایمر زمانی آن نمایش داده می‌شود (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- آغاز فرایند ذخیره‌سازی نتیجه در گوگل درایو

پس از ۴۲ ثانیه فرایند بارگذاری در گوگل درایو به پایان می‌رسد و در بخش console، موفقیت فرایند انجام شده با علامت تیک تأیید می‌گردد (شکل ۱۸).

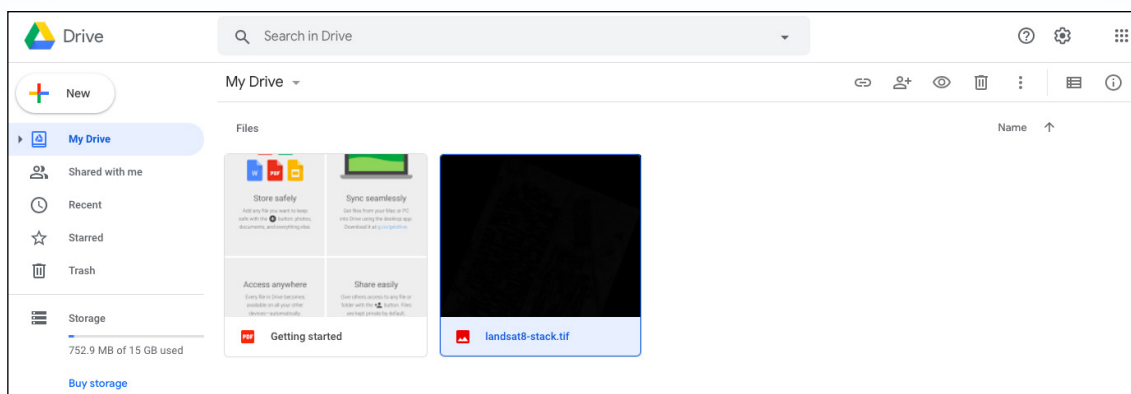


شکل ۱۸- پایان فرایند ذخیره‌سازی در گوگل درایو

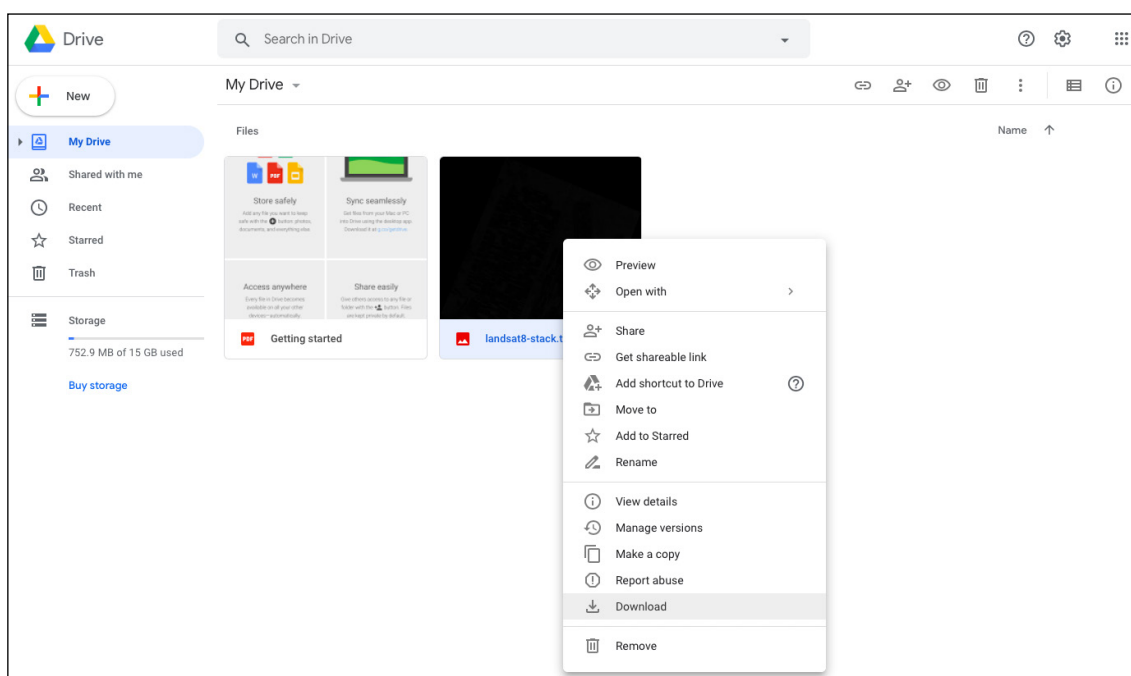
در این مرحله لازم است به گوگل درایو مراجعه و تصویر بارگذاری شده را دانلود کنید. برای ورود به گوگل درایو از طریق نشانی زیر اقدام کنید:

www.drive.Google.com/drive/my-drive

پس از ورود به گوگل درایو، روی تصویر ۸-landsat stack راست کلیک و آن را دانلود کنید (شکل‌های ۱۹ و ۲۰).



شکل ۱۹- نتیجه ذخیره شده در گوگل درایو



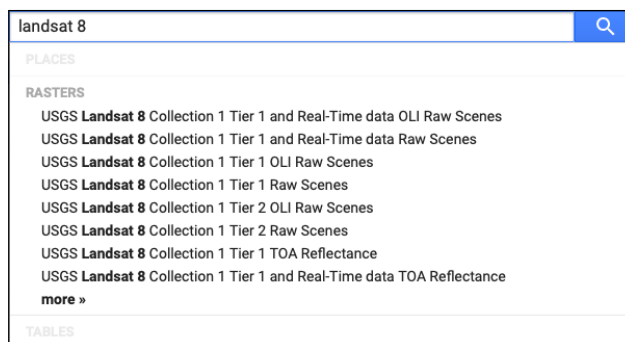
شکل ۲۰- دانلود تصویر ذخیره شده در گوگل درایو

نکته

نتایج تمام پردازش‌های صورت گرفته در گوگل ارث انجین، با فرمت TIF ذخیره‌سازی می‌گردد. به همین منظور، همه نتایج حاصل از پردازش آن، در تمام نرم‌افزارهای سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، قابلیت فراخوانی دارد؛ برای مثال نتیجه حاصل از پردازش این بخش، در انواع نرم‌افزارها مانند arcgis, geomatica, erdas, envi و... قابل فراخوانی و تحلیل است.

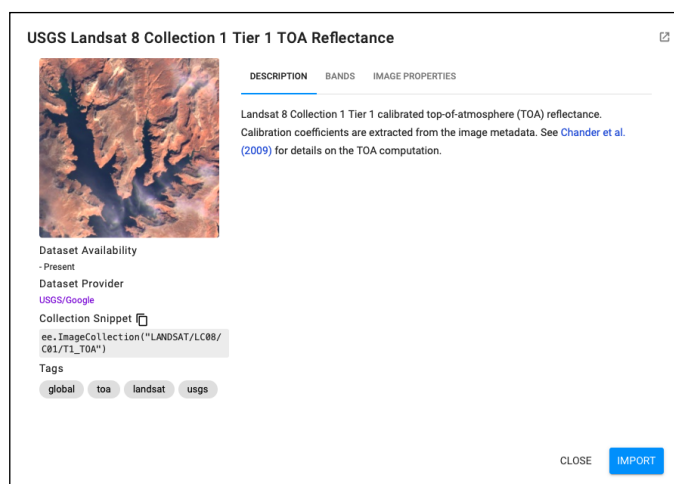
۸ جستجوی داده‌ها

در صورتی که بخواهید بدانید برای فراخوانی هریک از تصاویر لندست در سامانه گوگل ارث انجین دقیقاً از چه آی دی باید استفاده شود، می‌توانید در قسمت search، عبارت مربوط به landsat 8 را تایپ کنید (شکل ۲۱). با این روش، اطلاعات لازم برای انواع داده‌های لندست (لندست ۱ تا ۸) با هر نوع سطح پردازشی به دست می‌آید.



شکل ۲۱- جستجوی تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸

اگر روی هریک از انواع داده‌های فراخوانی شده در بخش جستجو کلیک کنید، اطلاعات کامل درباره آن به همراه آی دی نمایش داده خواهد شد (شکل ۲۲).



شکل ۲۲- جزئیات تصاویر ماهواره‌ای لندست

با این روش، شما می‌توانید نمونه کدی را که در این باره توضیح داده شد، برای انواع داده‌های ماهواره‌ای لندست با سطوح پردازشی متفاوت (اعم از تصحیح شده و تصحیح نشده) اجرا کنید. در این مرحله، به شما پیشنهاد می‌کنیم کدهای آموزشی را حتماً برای انواع



داده‌ها تمرین کنید تا مهارت لازم برای تسلط بر گوگل ارث انجین را به دست آورید؛ چرا که بدون تمرین این مطالب هرگز نمی‌توانید مهارت لازم را برای پردازش داده‌های ماهواره‌ای در گوگل ارث انجین کسب کنید.

اکنون، شما به مرحله‌ای رسیده‌اید که می‌توانید انواع داده‌های ماهواره‌ای لندست را در گوگل ارث انجین به راحتی فراخوانی و در زمان و مکانی مشخص برای دانلود آن اقدام کنید. اگر قبلاً مجبور بودید یک داده ۱ گیگابایتی دانلود کنید، الان فقط با چند خط کد ساده، تصویر تصحیح شده منطقه را به صورت برش خورده، برای باندهای مورد نیاز خود در اختیار دارید که حجم آن کمتر از ۵۰ مگابایت است.

۹) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام landsat_import_clip_1 به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید و اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

نکته

پس از انجام هر پردازش، حتماً کدهای خود را ذخیره کنید تا پس از پایان مطالعه این کتاب، یک آرشیو عالی از انواع کدها در گوگل ارث انجین در اختیار داشته باشید.

محاسبه شاخص طیفی شهری

در طرح قبلی با روش فراخوانی انواع داده‌های ماهواره‌ای لندست آشنا شدید. در این مرحله، هدف آن است که با روش محاسبه شاخص‌های طیفی مبتنی بر نرمال سازی آشنا شوید. همان طور که در بخش قبلی اشاره شد، پیش از نوشتن هر کد باید فایلی با نام مشخص ایجاد کنید. سپس، تعیین منطقه مورد مطالعه در اولویت است. در این بخش، قصد داریم روش انتخاب منطقه مورد مطالعه را بر اساس یک لایه وکتوری به شما بیاموزیم؛ گام اول این است که از طریق لینک زیر لایه وکتوری استان تهران را از وبگاه girs دانلود کنید.

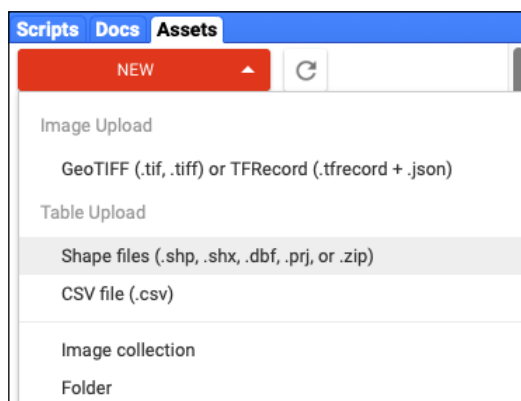


لایه‌های وکتوری استفاده شده را از نشانی زیر دانلود کنید:

www.girs.ir/gee-book

(۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

برای فراخوانی شیپ فایل در گوگل ارث انجین، لازم است ابتدا فایل وکتوری خود را zip کنید. توجه داشته باشید که فایل‌های وکتوری که قصد دارید در گوگل ارث انجین از آن‌ها استفاده کنید، حتماً باید به فرمت zip باشند. برای فراخوانی لایه وکتوری از طریق گزینه shape files، در بخش assets از پنل سمت چپ اقدام کنید (شکل ۲۳).

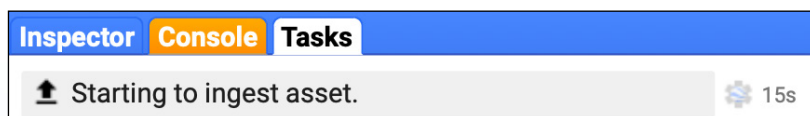


شکل ۲۳- فراخوانی لایه وکتوری

نکته

لایه‌های وکتوری فراخوانی شده در گوگل ارث انجین حتماً باید به فرمت shapefile و زیپ شده باشند.

سپس، با استفاده از گزینه select فایل زیپ لایه وکتوری تهران را انتخاب و گزینه upload را بزنید تا فرایند بارگذاری فایل مورد نظر در سامانه گوگل ارث انجین آغاز شود. تایمر بارگذاری فایل وکتوری در پنل سمت راست بخش task نشان داده می‌شود (شکل ۲۴).



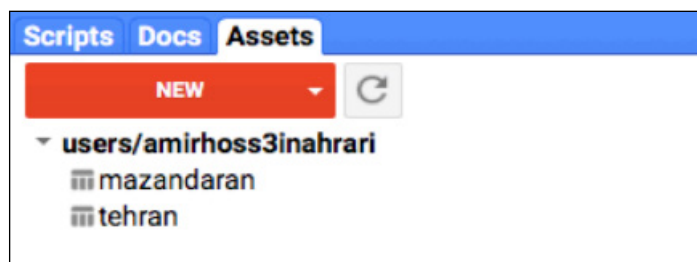
شکل ۲۴- بارگذاری فایل وکتوری در گوگل ارث انجین



نکته

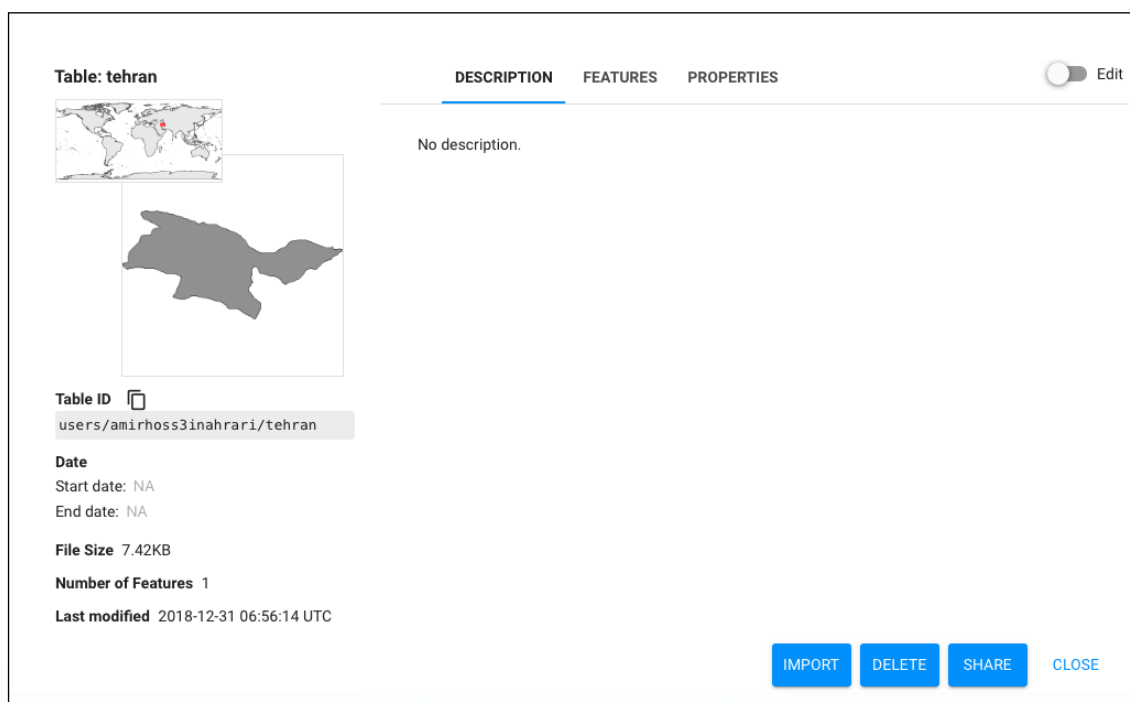
بارگذاری فایل وکتوری معمولاً بین ۵ تا ۶ دقیقه طول می‌کشد.

پس از اتمام فرایند ذخیره‌سازی، فایل tehran در بخش assets نمایش داده می‌شود (شکل ۲۵).



شکل ۲۵- بارگذاری شیپ فایل تهران

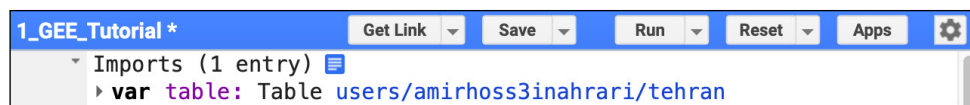
برای فراخوانی لایه وکتوری بارگذاری شده داخل کد، روی شیپ فایل tehran کلیک کنید و بعد، گزینه import را بزنید (شکل ۲۶).



شکل ۲۶- واردسازی فایل وکتوری در کد



پس از این، متغیری به نام table در قسمت بالایی پنل وسط (بخش مخصوص نوشتن کد) ظاهر می‌گردد (شکل ۲۷).



شکل ۲۷- وارد شدن فایل وکتوری در کد

گفتنی است در این بخش هدف ما محاسبه شاخص NDBI برای جداسازی شهر تهران از دیگر پدیده‌هاست. برای آنکه موقعیت نقشه گوگل بر محدوده استان تهران منطبق و سپس، نمایش داده شود، از دستورهایی زیر استفاده می‌گردد:

```
Map.centerObject(table);
Map.addLayer(table);
```

۲) فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای

در مرحله بعد، با استفاده از کد زیر، کم ابرترین تصویر موجود در فصل تابستان را برای شهر تهران تولید کنید:

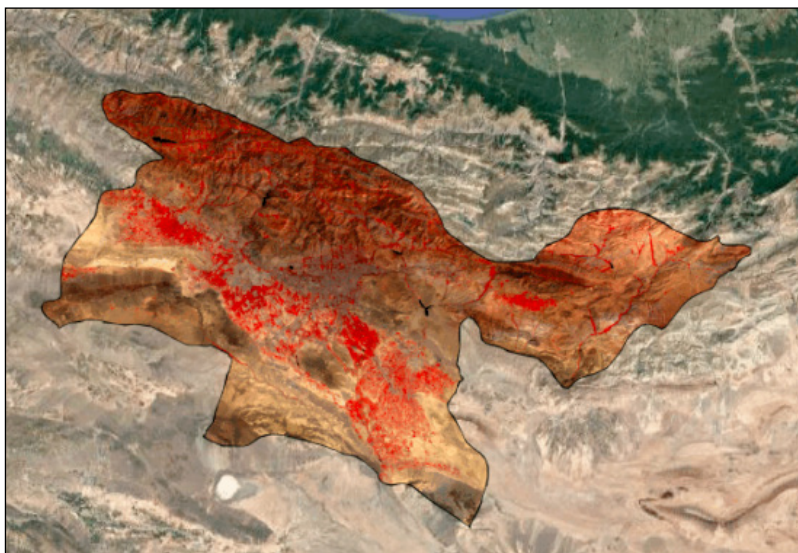
```
var landsat = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C01/T1')
    .filterBounds(table)
    .filterDate('2018-07-01', '2018-10-01')
    .median();
```

۳) برش تصاویر ماهواره‌ای

همان‌طور که در کد بالا هم دیده می‌شود، با استفاده از دستور image collection تمام تصاویر ماهواره‌ای لندست برای منطقه مورد مطالعه و فصل تابستان سال ۲۰۱۸ فراخوانی و سپس، میانه تمام تصاویر (در هر پیکسل) محاسبه و یک تصویر واحد و بدون ابر تولید می‌گردد. سپس، با استفاده از دستور clip تصویر میانه بر اساس لایه وکتوری استان تهران، برش خورده و با استفاده از دستور add layer نمایش داده می‌شود:

```
var clip = landsat.clip(table);
Map.addLayer(clip, {bands : ['B5', 'B4', 'B3']});
```

در شکل ۲۸، نتیجه بصری حاصل از اجرای دستور نمایش داده شده است. اگر این نتیجه، کانتراست مناسبی نداشت، می‌توانید برای بهبود آن اقدام کنید (روش بهبود آن در طرح قبلی توضیح داده شد).



شکل ۲۸- تصویر میانه لندست ۸ برای فصل تابستان

۴) محاسبه شاخص طیفی

برای نوشتن معادله شاخص NDBI و نمایش بصری آن از کد زیر استفاده شد. دستور normalized difference برای محاسبه ساختار معادله نرمال سازی بین دو باند استفاده می‌شود:

```
var ndbi = clip.normalizedDifference(['B2','B10']);
Map.addLayer(ndbi);
```

نکته

ساختار معادله نرمال سازی چنین است:

$$\text{normalization equation} = (A - B) / (A + B)$$

$$\text{normalized difference built-up index} = (B1 - B10) / (B1 + B10)$$

در شکل ۲۹، نتیجه حاصل از اجرای دستور شاخص NDBI نمایش داده شده است.



شکل ۲۹- تصویر حاصل از محاسبه شاخص

توجه

برای آنکه عکس‌های کتاب را به صورت رنگی ببینید، به نشانی زیر مراجعه کنید:
www.girs.ir/gee-book

۴ ذخیره‌سازی نتایج

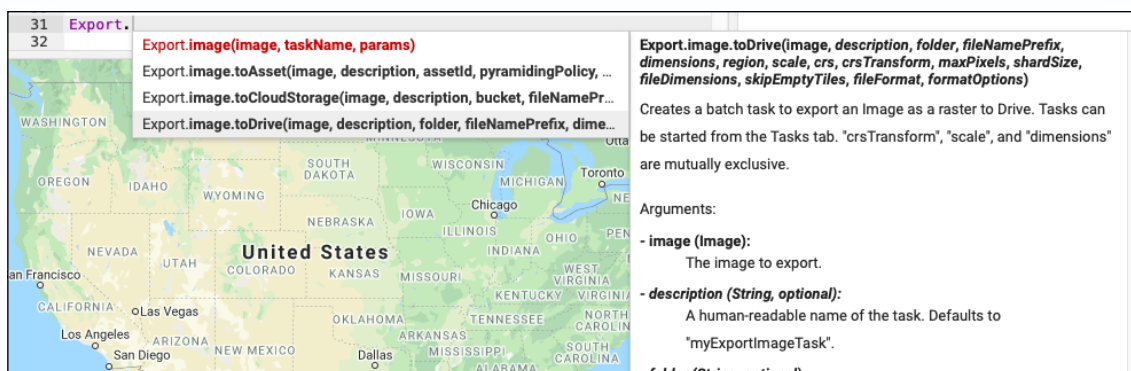
سپس، نتیجه حاصل از پردازش را (بر اساس دستورالعمل بخش قبلی) ذخیره‌سازی کنید.

```
Export.image.toDrive({
  image : ndbi,
  description : 'landsat8_ndbi',
  scale : 30,
  region : table,
  maxPixels : 1e9});
```

حالا با استفاده از همان دستورالعمل طرح قبلی، اقدام به ذخیره‌سازی نتیجه در گوگل درایو کرده و سپس، آن را به فرمت TIF در سیستم خود ذخیره کنید.

نکته

در صورتی که در هنگام نوشتن کدها گزینه‌های `ctrl+space` را باهم بزنید، نام کامل توابع و دستورهای مورد نظرتان نمایش داده می‌شود (مانند شکل ۳۰).



شکل ۳۰- نمایش عبارت کامل دستورها

نکته

استفاده از علامت ؛ در انتهای هر کد خط، نشان دهنده آن است که آن کد ادامه ندارد.

در این طرح، شما یاد گرفتید که چطور از طریق ترکیب تصاویر سری زمانی، یک تصویر ماهواره‌ای لندست بدون ابر تولید کنید و براساس یک لایه وکتوری آن را برش بزنید. از سوی دیگر، شما با روش محاسبه معادلات مبتنی بر نرمال سازی مانند شاخص NDBI نیز آشنا شدید.

۵) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام landsat_urban_index_2 به فایل های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

انواع روش های محاسبه بین باندی

در طرح قبلی ماهواره لندست، با روش محاسبه معادلات نرمال سازی بین باندی آشنا شدید. در این مرحله، هدف آن است که با انواع روش های محاسبه شاخص های طیفی آشنا شوید؛ چراکه همه معادلات بین باندی لزوماً نرمال سازی شده نیستند. به همین دلیل، مطالب این بخش از اهمیت زیادی برخوردار است.

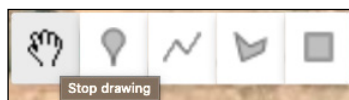
۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

در این بخش هدف آن است که روش‌های متفاوت محاسبه شاخص NDVI را برای مزارع نیشکر استان خوزستان فرا بگیرید. بدین منظور، ابتدا یک فایل برای کد جدید ایجاد کرده، سپس بخشی از مزارع نیشکر استان خوزستان را با استفاده از ابزار draw a shape به صورت پلی‌گونی انتخاب کنید (شکل ۳۱).



شکل ۳۱ - انتخاب منطقه مورد مطالعه

اگر قصد دارید پلی‌گون ترسیم‌شده را تصحیح کنید، روی گزینه stop drawing کلیک و برای تصحیح آن اقدام کنید (شکل ۳۲).



شکل ۳۲ - انتخاب ابزار اصلاح شیپ فایل

۲) فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای

ابتدا (با استفاده از کد زیر) تمام تصویر ماهواره‌ای لندست تصحیح اتمسفری شده برای ماه آگوست سال ۲۰۱۸ میلادی را فراخوانی و سپس، تصویر میانه آن را محاسبه و براساس پلیگون تعریف شده برش بزنید.

```
var landsat = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C01/T1_SR')
  .filterBounds(geometry)
  .filterDate('2018-08-01','2018-09-01')
  .median()
  .clip(geometry);
```



۳) محاسبه شاخص طیفی

برای محاسبه شاخص NDVI به سه روش متفاوت می‌توان اقدام کرد:

```
var ndvi1 = landsat.normalizedDifference(['B5','B4']);
```

```
var ndvi2 = landsat.expression(
  '(NIR - RED) / (NIR + RED)', {
    'RED' : landsat.select('B4'),
    'NIR' : landsat.select('B5')});
```

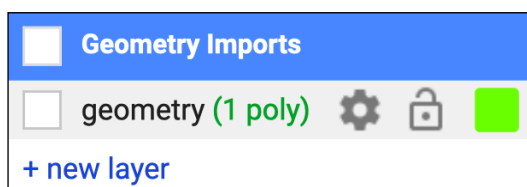
```
var ndvi3 = landsat.select('B5').subtract(landsat.select('B4'))
  .divide(landsat.select('B5').add(landsat.select('B4')));
```

۴) نمایش تصاویر

در پایان، برای بصری‌سازی تصویر خروجی، از دستور add layer استفاده کنید. می‌توانید با استفاده از بخش palette در دستور add layer، انواع ترکیبات رنگی را برای شاخص محاسبه شده ایجاد کنید. در کد زیر شاخص NDVI محاسبه شده با ترکیب سه رنگ سفید، زرد و سبز نمایش داده شده است.

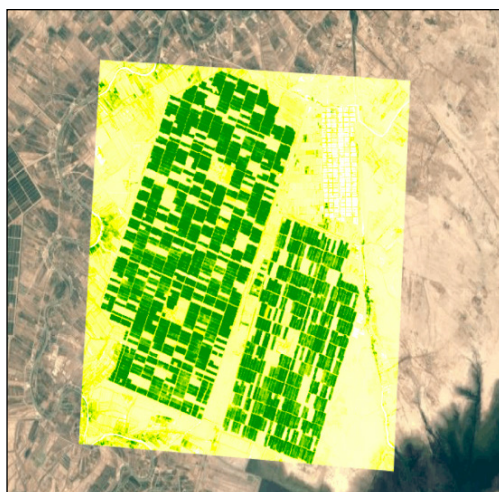
```
Map.addLayer(ndvi2, {palette : ['white','yellow','green']});
```

برای آنکه نتایج حاصل از پردازش را بهتر مشاهده کنید، لازم است پس از اجرای کد، تیک لایه ترسیم شده را در بخش geometry import بردارید (شکل ۳۳).



شکل ۳۳ - غیرفعال کردن لایه ترسیم شده

نتیجه تصویر NDVI محاسبه شده، در شکل ۳۴ قابل مشاهده است.



شکل ۳۴- نتیجه شاخص محاسبه شده

اکنون با استفاده از روش گفته شده در طرح‌های قبلی، می‌توانید ذخیره‌سازی نتیجه پردازش را انجام دهید. شما در این بخش با انواع روش‌های محاسبه شاخص‌های طیفی و روش بصری سازی تصویر NDVI (با استفاده از رنگ‌های مختلف) آشنا شدید. در طرح بعدی، روش استفاده از این روش‌های محاسباتی را در پردازش‌های سری زمانی به شما می‌آموزیم.

۵) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام 3_band_math به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

محاسبه سری زمانی NDVI

در این مرحله، هدف آن است که با روش محاسبه شاخص پوشش گیاهی NDVI به صورت سری زمانی آشنا شوید؛ برای مثال، اگر بخواهید همه شاخص‌های NDVI از تمام تصاویر موجود لندست را برای یک منطقه محاسبه کنید، باید زمان زیادی را برای دانلود تک تک تصاویر و انجام پردازش‌ها در محیط دسکتاپ صرف کنید. این در حالی است که با استفاده

از چند کد خط ساده در سامانه گوگل ارث انجین می‌توانید به سرعت مجموعه داده‌ای تولید کنید که حاوی تصاویر NDVI منطقه مورد نظر باشد.

(۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

برای انجام این طرح، ابتدا یک فایل برای آن ایجاد و سپس، منطقه مورد مطالعه را انتخاب کنید. گفتنی است منطقه مورد مطالعه در این طرح، بخشی از زمین‌های زراعی استان مازندران است (شکل ۳۵).



شکل ۳۵ - انتخاب منطقه مورد مطالعه

پس از انتخاب منطقه مورد مطالعه، با استفاده از دستور center object موقعیت نقشه گوگل بر اساس پلی‌گون ترسیم شده تعیین می‌شود.

```
Map.centerObject(geometry);
```

(۲) فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای

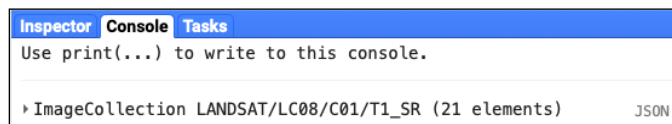
سپس، تمام تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ تصحیح شده، برای سال ۲۰۱۷ فراخوانی می‌شود. در این مرحله با استفاده از دو فیلتر equals همه تصاویر یک فریم خاص، بر اساس path و row ماهواره لندست فراخوانی می‌شود.

```
// landsat data
var landsat = ee.ImageCollection.load('LANDSAT/LC08/C01/T1_SR')
    .filterBounds(geometry)
    .filterDate('2017-01-01','2018-01-01')
    .filter(ee.Filter.equals('WRS_PATH',164))
    .filter(ee.Filter.equals('WRS_ROW',35));
```



بر اساس استفاده از دستور print می‌توان تعداد تصاویر فراخوانی شده با متغیر landsat را مشاهده کرد (شکل ۳۶).

```
print(landsat);
```



شکل ۳۶- تعداد تصاویر فراخوانی شده

۳) محاسبه شاخص طیفی

حالا باید برای تمام این ۲۱ تصویر، شاخص NDVI محاسبه و سپس، بر اساس منطقه مورد مطالعه برش زده شود. بدین منظور، باید تابعی نوشته شود که محاسبات را برای تمام این تصاویر به طور پشت سر هم انجام دهد و نتیجه آن را در یک متغیر ذخیره سازی کند.

```
var ndvi = landsat.map(function(img){
  var index = img.normalizedDifference(['B5','B4']);
  var clip = index.clip(geometry);
  var id = img.id();
  return clip.rename(id);});
```

نکته

هر تابع در برنامه نویسی، ورودی‌هایی را دریافت و محاسبه یا محاسباتی را بر روی آن‌ها انجام می‌دهد و در نهایت، نتیجه محاسبات را بر می‌گرداند.

۴) تولید مجموعه داده

در کد قبلی، با استفاده از متغیر ndvi تابعی نوشته شد که در آن تمام تصاویر فراخوانی شده در متغیر landsat به واسطه دستور map به عنوان یک img در نظر گرفته شد. سپس، برای هر تصویر ورودی، شاخص NDVI با استفاده از متغیر index محاسبه و با استفاده از متغیر clip برش خورد. در مرحله بعد، هریک از idهای تصاویر ورودی با استفاده از متغیر id استخراج و در نهایت، برای تصاویر ndvi برش خورده با استفاده از دستور rename تعریف شد. در پایان،

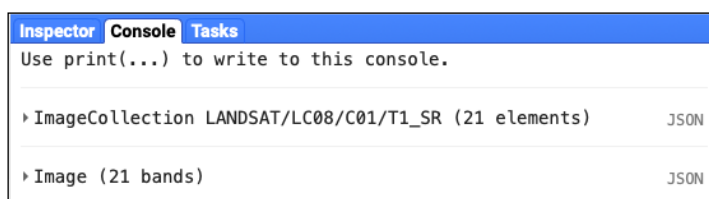


نتیجه محاسبه (معادل با ۲۱ تصویر ndvi) با استفاده از دستور return برگردانده شد. در ادامه، برای آنکه تمام تصاویر ndvi محاسبه شده در یک مجموعه داده گردآوری شوند، لازم است از دستور to bands استفاده شود:

```
var stack = ndvi.toBands();
```

در صورتی که در این مرحله از نتیجه پرینت بگیرید، شاهد یک تصویر ۲۱ بانده خواهید بود (شکل ۳۷).

```
print(stack);
```



شکل ۳۷- ذخیره سازی شاخص های محاسبه شده در یک مجموعه داده

۵) ذخیره سازی نتایج

برای ذخیره سازی مجموعه داده ۲۱ بانده ndvi، مانند آموزش های قبلی، از دستور export استفاده می شود:

```
Export.image.toDrive({
  image : stack,
  description : 'ndvi-stack',
  scale : 30,
  region : geometry,
  maxPixels : 1e9});
```

حال اگر کد را به اجرا در بیاورید، نتیجه حاصل با نام ndvi-stack در بخش task نمایش داده می شود. بر اساس دستورالعملی که در آموزش های قبلی ارائه شد، می توانید این نتیجه را در سیستم خود دانلود کنید.

اکنون شما با روش انجام یک طرح دیگر در گوگل ارث انجین آشنا شدید. در این مرحله یاد گرفتید که چگونه می توان برای چندین تصویر یک یا چند محاسبه مشابه را طراحی کرد. در این پروژه، ۲۱ تصویر ماهواره ای لندست ۸ فراخوانی و شاخص NDVI آنها محاسبه و



سپس، به صورت برش خورده در یک مجموعه داده ذخیره شد. این در حالی است که پیش از این برای انجام این فرایند باید ۲۱ تصویر ۱ گیگابایتی را دانلود می‌کردید و بعد، به طور جداگانه فرایند محاسبه شاخص ndvi و برش زدن را انجام می‌دادید. در این طرح، سامانه گوگل ارث انجین در کوتاهترین زمان ممکن، دسترسی به این داده‌ها را به همراه پردازش هایشان به طور خودکار برای شما فراهم آورد.

۶) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام landsat_ndvi_series_4 به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

توجه

اگر هنگام انجام طرح‌های تعریف شده دچار مشکل شدید، حتماً سؤالات خود را در صفحه فروش کتاب در وبگاه girs مطرح کنید.

مقایسه چرخه رشد گیاهان در شاخص‌های NDVI و LAI

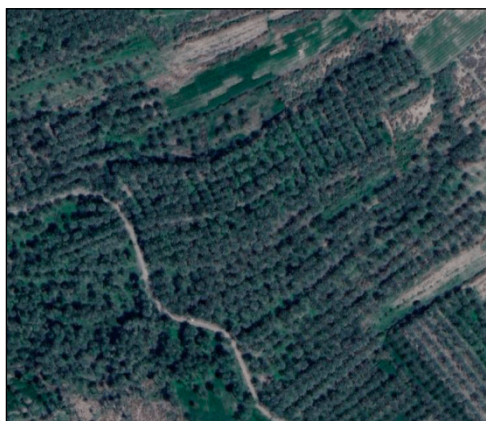
در طرح قبلی، با روش محاسبات سری زمانی داده‌های ماهواره‌ای لندست و روش اعمال محاسبات مشابه روی یک مجموعه از تصاویر فراخوانی شده آشنایی پیدا کردید. در این مرحله، هدف آن است که به شما نشان دهیم چگونه می‌توانید روند تغییرات رشد کشت‌های آبی و باغات را با استفاده از شاخص ndvi در تصاویر لندست استخراج و با یکدیگر مقایسه کنید.

۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

برای کد جدید، ابتدا یک فایل ایجاد و سپس، منطقه مورد مطالعه را تعیین کنید. منطقه مورد مطالعه در این طرح، زمین‌های زراعی حوالی شهر جیرفت کرمان است. البته پیش از آنکه پلیگونی برای منطقه مورد مطالعه ایجاد کنید، لازم است نکته‌ای را درباره کشت‌های



آبی و باغات بدانید. اگر روی زمین‌های زراعی اطراف جیرفت کرمان، در نقشه گوگل زوم کرده باشید، در برخی از قطعه زمین‌ها، الگوی درختان را به خوبی می‌توانید مشاهده کنید (شکل ۳۸). چنین مناطقی در زمین‌های زراعی نشان‌دهنده وجود باغات هستند.



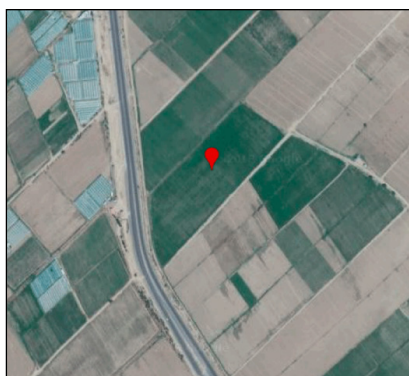
شکل ۳۸- الگوی درختان موجود در باغات

این در حالی است که در زمین‌های کشت آبی، الگوی وجود درختان دیده نمی‌شود و این مناطق تنها با ابعاد هندسی معین قابل تشخیص هستند که در زمان تصویربرداری ماهواره اگر دارای پوشش گیاهی باشند به رنگ سبز و در غیر این صورت، به رنگ خاکی دیده می‌شوند (شکل ۳۹).



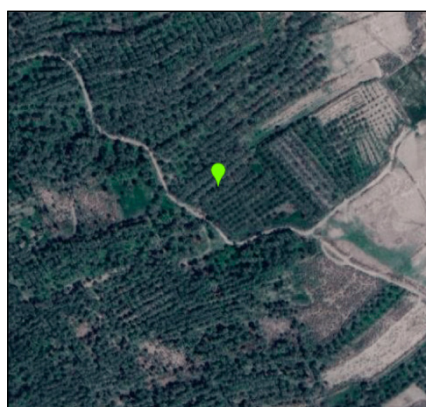
شکل ۳۹- الگوی زمین‌های زراعی (کشت آبی)

حالا که مفهوم رنگ‌های مربوط به کشت‌های آبی و باغی را در تصاویر ماهواره‌ای متوجه شدید، بخشی از زمین‌های کشت آبی جنوب شهر جیرفت را به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب کنید (شکل ۴۰). برای انتخاب منطقه مورد مطالعه، با استفاده از گزینه add a marker (📍) در کنار گزینه stop drawing، مکان مورد نظر را به صورت نقطه‌ای تعیین کنید.



شکل ۴۰- انتخاب منطقه مورد مطالعه اول

سپس، با استفاده از گزینه new layer در همان بخش geometry import، یک لایه جدید ایجاد و سپس، قسمتی از باغات را به صورت نقطه‌ای انتخاب کنید (شکل ۴۱).



شکل ۴۱- انتخاب منطقه مورد مطالعه دوم

۲) فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای

برای منطقه مورد مطالعه اول که بخشی از کشت‌های آبی بود، لازم است ابتدا شاخص ndvi محاسبه و سپس، روند تغییرات آن در این قطعه زمین در قالب نمودار نمایش داده شود. به این منظور، ابتدا تصاویر تصحیح اتمسفری شده ماهواره لندست را برای منطقه مورد مطالعه اول فراخوانی کنید.

```
var landsat = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C01/T1_SR')
  .filterBounds(geometry)
  .filterDate('2017-01-01','2018-01-01')
  .filter(ee.Filter.lessThan('CLOUD_COVER',45));
```



در این مرحله، با استفاده از یک فیلتر ابر که در کد بالا قابل مشاهده است، تنها تصاویری فراخوانی می‌شوند که در آن‌ها کمتر از ۴۵ درصد ابر وجود داشته باشد. وجود ابر در محاسبهٔ ndvi باعث ایجاد خطا در نمودار تغییرات پوشش‌های گیاهی می‌شود. گفتنی است فیلتر ابر ۱۰ درصد نیز نتیجهٔ خوبی را به ارمغان می‌آورد، اما تعداد تصاویر کمتر می‌شود.

نکته

دو منطقهٔ مطالعاتی که در این طرح برای کشت آبی و باغی انتخاب می‌کنید، ترجیحاً از نظر موقعیت مکانی به یکدیگر نزدیک باشند.

۳) محاسبهٔ شاخص طیفی

در مرحلهٔ بعد، شاخص ndvi برای تمام تصاویر ورودی محاسبه و براساس منطقهٔ مورد مطالعه برش می‌خورد.

```
var ndvi = landsat.map(function(img){
  var bands = img.multiply(0.0001);
  var index = bands.normalizedDifference(['B5','B4']);
  return index
  .copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end']); });
```

در کد بالا، برای محاسبهٔ ndvi از همان دستورالعمل طرح‌های قبلی استفاده شده است. با این حال، بخش copy properties به کد اضافه شده که کارایی آن کپی کردن اطلاعات تصاویر ورودی برای هریک از تصاویر ndvi محاسبه‌شده‌ای است که توسط تابع برگردانده می‌شود. باید گفت اضافه شدن پارامتر copy properties امکان خوانده شدن اطلاعات زمانی تصاویر ورودی و انتساب آن‌ها را به تصاویر ndvi محاسبه‌شده فراهم می‌کند.

۴) ترسیم نمودار تغییرات

در گام بعدی، لازم است براساس تصاویر ndvi محاسبه‌شده، نمودار تغییرات آن ترسیم شود. این کار با استفاده از دستور chart image series امکان‌پذیر است. برای اینکه نمودار تغییرات ndvi نمایش داده شود، از دستور print استفاده کنید:



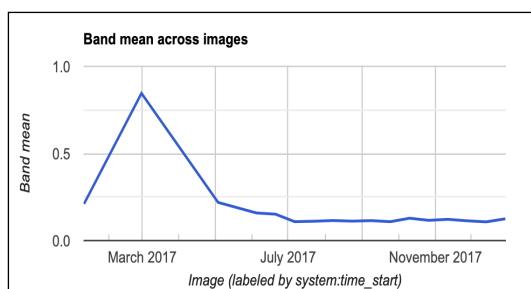
```
var chart = ui.Chart.image.series(
  ndvi, geometry, ee.Reducer.mean(), 30, 'system:time_start');
print(chart);
```

همان‌طور که در کد بالا می‌بینید، میانگین تغییرات ndvi در هر تاریخ، برای زمین‌های کشت آبی، با استفاده از پارامتر reducer mean براساس توان تفکیک مکانی ۳۰ متر داده‌های ورودی و اطلاعات زمانی تصاویر آن‌ها که از طریق پارامتر system:time_start تعریف شده، برآورد گردیده است.

توجه

تا این مرحله، کد براساس منطقه کشت آبی نوشته شده است.

در این مرحله یک بار کد نوشته شده را ذخیره و بعد، آن را اجرا کنید. سپس، نتیجه حاصل از پردازش در پنل سمت راست (بخش console) نمایش داده می‌شود (شکل ۴۲).

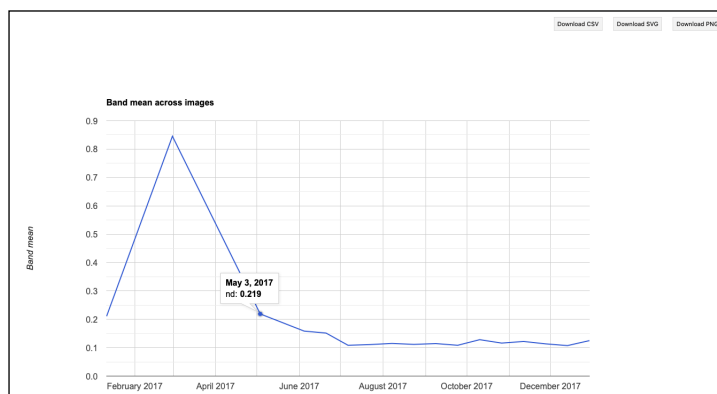


شکل ۴۲- نمودار تغییرات شاخص ndvi در منطقه کشت آبی

شاخص ndvi با تغییرات تراکم و ارتفاع گیاهان همبستگی دارد؛ بدین معنی که افزایش تراکم و رشد گیاهان موجب افزایش مقدار شاخص ndvi می‌شود و برعکس. براساس این نظر، نمودار به دست آمده از تغییرات ndvi، چرخه رشد گیاه را به خوبی نشان می‌دهد؛ برای مثال، براساس نتایج شکل ۴۲، در کشت آبی انتخاب شده نوعی از محصولات کشت می‌شود که در ماه مارس میلادی عموماً به بیشترین رشد خود رسیده، در فصل بهار برداشت می‌شود؛ چراکه مقدار ndvi در این ماه بیشتر از ۰/۵ بوده است و هر چه به فصل بهار نزدیک‌تر می‌شویم، شدت روند نزولی آن افزایش پیدا می‌کند تا اینکه به طور کامل برداشت می‌گردد. نمودار نشان می‌دهد که در دیگر فصول سال، محصولی کشت نشده است.



اگر روی علامت فلش گوشه سمت راست بالای نمودار کلیک کنید، نمودار با ابعاد بزرگ‌تر در یک صفحه جدید باز می‌شود و شما می‌توانید با استفاده از گزینه‌های download png و download csv نمودار را با فرمت‌های عکس و اکسل در سیستم خود ذخیره کنید (شکل ۴۳).



شکل ۴۳ - ذخیره‌سازی نمودار تغییرات ndvi

در شکل ۴۴، فایل اکسل به دست آمده از نمودار دیده می‌شود.

	A	B	C	D	E
1	system:time_start	ndvi			
2	Jan 11, 2017	0.211			
3	Feb 28, 2017	0.845			
4	May 3, 2017	0.219			
5	Jun 4, 2017	0.158			
6	Jun 20, 2017	0.152			
7	Jul 6, 2017	0.109			
8	Jul 22, 2017	0.111			
9	Aug 7, 2017	0.115			
10	Aug 23, 2017	0.112			
11	Sep 8, 2017	0.114			
12	Sep 24, 2017	0.109			
13	Oct 10, 2017	0.128			
14	Oct 26, 2017	0.116			
15	Nov 11, 2017	0.122			
16	Nov 27, 2017	0.113			
17	Dec 13, 2017	0.107			
18	Dec 29, 2017	0.125			

شکل ۴۴ - فایل اکسل تغییرات شاخص ndvi در زمان‌های متفاوت

۵) تکرار محاسبات قبلی

تا این مرحله، شما با روش محاسبه روند تغییرات ndvi برای کشت‌های آبی آشنایی پیدا



کردید. همین فرایند، برای محاسبه روند تغییرات در باغات نیز استفاده می‌شود، با این تفاوت که این بار منطقه مورد مطالعه به جای geometry، geometry2 تعیین می‌شود. ساختار کلی کد نوشته شده برای ترسیم نمودار تغییرات ndvi در منطقه باغات به این صورت است:

```
Map.centerObject(geometry2);

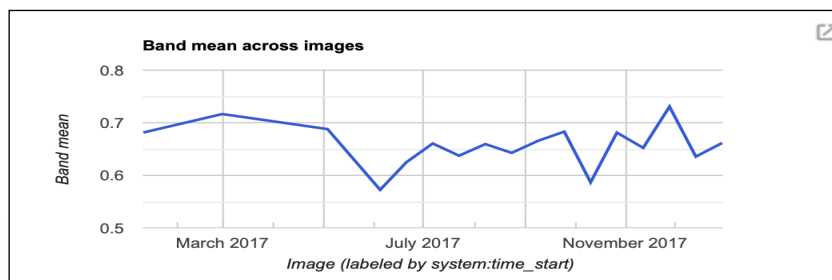
var landsat = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C01/T1_SR')
  .filterBounds(geometry2)
  .filterDate('2017-01-01','2018-01-01')
  .filter(ee.Filter.lessThan('CLOUD_COVER',10));

var ndvi = landsat.map(function(img){
var bands = img.multiply(0.0001);
  var index = bands.normalizedDifference(['B5','B4']);
  return index.rename('NDVI')
  .copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end']));

var chart = ui.Chart.image.series(
  ndvi, geometry2, ee.Reducer.mean(),30,'system:time_start' );

print(chart);
```

همان‌طور که در کد بالا مشاهده می‌کنید، دقیقاً همان کد قبلی نوشته شده و تنها متغیر geometry به geometry2 تغییر یافته است. نتیجه به دست آمده، در شکل ۴۵ قابل مشاهده است.



شکل ۴۵- نمودار تغییرات شاخص ndvi در منطقه کشت باغی



نمودار تغییرات ndvi در باغ نشان دهنده آن است که وجود همیشگی درختان در این مناطق باعث شده همواره میزان ndvi در تمام سال بالا باشد. با توجه به شکل ۴۵، همواره مقدار ndvi در این مناطق بیشتر از ۰/۵ بوده است.

۶) مقایسه روند تغییرات

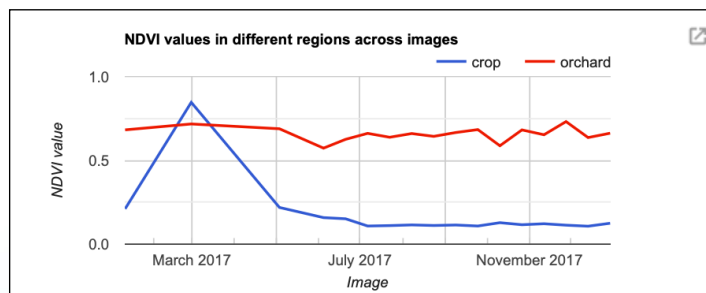
تا این مرحله به شما نشان دادیم که چطور می‌توانید روند تغییرات پوشش گیاهی را در مناطق مختلف شناسایی کنید. حالا ممکن است این سؤال در ذهن شما ایجاد شود که اگر بخواهیم روند تغییرات ndvi برای کشت آبی و باغات را در یک نمودار با یکدیگر مقایسه کنیم، باید از چه روشی استفاده کنیم؟ برای این کار، ابتدا باید هر دو منطقه انتخاب شده را در یک feature collection قرار داد.

```
var regions = ee.FeatureCollection([
  ee.Feature(ee.Geometry(geometry),{label : 'crop' }),
  ee.Feature(ee.Geometry(geometry2),{label : 'orchard'})]);
```

در کد بالا، با استفاده از دستور feature collection هر دو لایه نقطه‌ای در قالب یک متغیر با نام regions با یکدیگر ترکیب شدند. با توجه به اینکه در کد قبلی شاخص ndvi محاسبه شده، لازم است در این مرحله، کد مربوط به نمایش نمودار تغییرات ndvi هر دو منطقه در قالب یک پلات نوشته شود.

```
var plot = ui.Chart.image.seriesByRegion(
  ndvi,regions,ee.Reducer.mean(), 'NDVI',30,'system:time_start','label');
print(plot)
```

نکته مهم در این زمینه آن است که برای نمایش هم‌زمان دو نمودار در یک پلات باید از دستور chart image series by regions استفاده شود که در کد بالا مشهود است. نتیجه حاصل از اجرای این کد در شکل ۴۶ نمایش داده شده است.



شکل ۴۶- مقایسه روند تغییرات شاخص ndvi در کشت‌های آبی و باغی



همان طور که در شکل ۴۶ می‌بینید، روند تغییرات ndvi در کشت‌های آبی و باغات کاملاً از یکدیگر متمایز است. باغ، به دلیل وجود همیشگی پوشش گیاهی و درخت، در کل سال همواره ndvi بالایی دارد (مثلاً بالاتر از ۰/۵). این در حالی است که در کشت‌های آبی، زمانی که محصول به حداکثر رشد می‌رسد، مقدار ndvi بالاست، اما پس از برداشت کاهش می‌یابد. در حقیقت، جداسازی انواع گیاهان بر اساس تغییرات چرخه فنولوژی از طریق ndvi، یکی از اصلی‌ترین روش‌های جداسازی نوع کشت است که امروزه در سنجش از دور بسیار کاربرد دارد. اکنون بر اساس همان روشی که پیشتر توضیح داده شد، می‌توانید فایل عکس یا اکسل این نمودار را در دستکاپ رایانه خود دانلود کنید.

در این مرحله، شما توانستید یک طرح کاربردی دیگر را در گوگل ارث انجین با موفقیت به انجام برسانید. یاد گرفتید که چگونه تغییرات پارامتری مانند ndvi را می‌توان در قالب نمودار نمایش داد و تغییرات آن را در کشت‌های آبی و باغی با یکدیگر مقایسه کرد.

۷) محاسبه شاخص طیفی جدید

تا این مرحله بیشتر کارها با استفاده از شاخص ndvi انجام شد، اما در محاسبه شاخص‌های پیچیده‌تری مانند lai برای نوشتن کد باید از چه فرایندی استفاده کرد؟ کد زیر نمونه‌ای از محاسبه شاخص lai برای تصاویر (با ابر کمتر از ۴۵ درصد) یک فریم ماهواره لندست ۸ در یک سال است.

```
var landsat = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C01/T1_SR')
    .filterBounds(geometry)
    .filterDate('2018-01-01', '2019-01-01')
    .filter(ee.Filter.lessThan('CLOUD_COVER', 10))
    .map(function(img){
var bands = img.multiply(0.0001);
var id = img.id();

var evi = bands.expression(
    '2.5 * ( (NIR-RED) / (NIR + 6.5*RED - 7.5*BLUE + 1) )',{
    'RED' : bands.select('B4'),
    'NIR' : bands.select('B5'),
```



```
'BLUE' : bands.select('B2')});
```

```
var lai = evi.expression(  
'3.618 * EVI - 0.118',{  
'EVI' : evi });  
return lai.rename(id); });
```

در کد بالا، تصاویر تصحیح اتمسفری شده لندست فراخوانی شده است. با توجه به اینکه نوع مقادیر پروداکت تصحیح اتمسفری شده از نوع عدد صحیح است، در محاسباتی غیر از معادلات نرمال سازی بهتر است به حالت اعشاری تبدیل شوند. در حقیقت، این روش، امکان محاسبه درست شاخص‌ها در گوگل ارث انجین را فراهم می‌آورد. در تابع تعریف شده، در مرحله نخست، تصاویر ورودی تقسیم بر ۱۰ هزار شده و سپس، شاخص evi و به دنبال آن، شاخص lai محاسبه گردیده است.

۶) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام landsat_ndvi_lai_5 به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

نکته

فراموش نکنید که شاخص‌های بسیار زیادی برای محاسبه lai ارائه شده و در این بخش فقط از یکی از آن‌ها استفاده شد. گفتنی است فرمول مورد استفاده، فرمول مرجعی است که در نرم افزار envi برای محاسبه آن استفاده می‌شود.

طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای لندست

در چند طرح اخیر که برپایه داده‌های ماهواره‌ای لندست و کاربرد آن‌ها آموزش داده شد، محور کار،

روش‌های محاسبات بین‌باندی و سری زمانی بود. در این بخش قصد داریم شما را با روش‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای لندست برای تولید نقشه پوشش و کاربری اراضی آشنا کنیم.

۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

پیش از آغاز کدنویسی، یک فایل جدید ایجاد و بعد، منطقه مورد مطالعه را انتخاب کنید. در این طرح منطقه مورد مطالعه، مانند یکی از طرح‌های قبلی، بخشی از زمین‌های زراعی نیشکر استان خوزستان است (شکل ۴۷).



شکل ۴۷ - انتخاب منطقه مورد مطالعه

۲) فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای

سپس، با استفاده از کد زیر تصویر میانه ماهواره لندست ۸ را محاسبه کنید.

```
var landsat = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C01/T1_SR')
    .filterBounds(geometry)
    .filterDate('2018-08-01', '2018-09-01')
    .median()
    .clip(geometry);
```

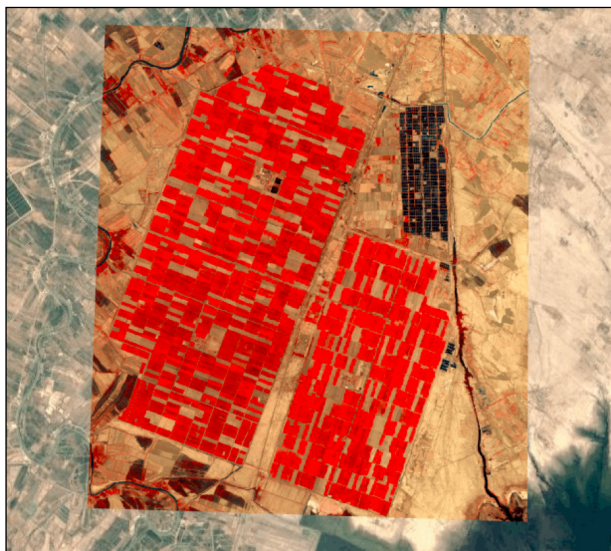
۳) نمایش تصاویر

همان‌گونه که در کد بالا می‌بینید، میانه تصاویر فراخوانی شده برای ماه آگوست، با استفاده



از دستور median، محاسبه و بر اساس منطقه مورد مطالعه (متغیر geometry) برش خورده است. حالا با استفاده از دستور add layer یک ترکیب بانندی کاذب از تصویر فراخوانی شده ایجاد کنید (شکل ۴۸).

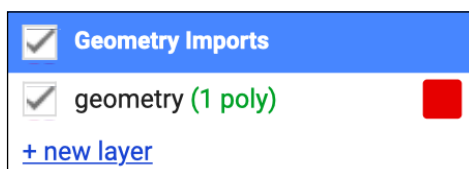
```
Map.addLayer(landsat,{bands:['B5','B4','B3']});
```



شکل ۴۸- تصویر ترکیب باند کاذب لندست

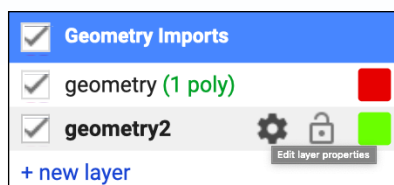
۴) برداشت نمونه‌ها

اکنون باید نمونه‌های هر یک از کلاس‌ها از روی تصویر فراخوانی شده برداشت شود. بدین منظور، از بخش geometry استفاده می‌گردد. ابتدا در بخش geometry، با استفاده از گزینه new layer اقدام به ساخت یک لایه وکتوری کنید (شکل ۴۹).



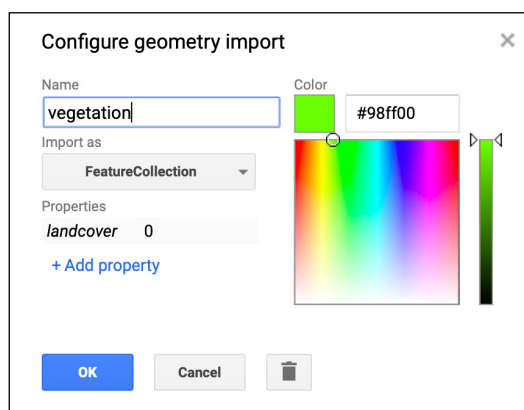
شکل ۴۹- ایجاد لایه نمونه برداری

در این مرحله، لایه‌ای با عنوان geometry2 ایجاد می‌شود. با کلیک کردن روی علامت چرخ‌دنده (edit layer properties)، مشخصات این لایه را متناسب با شکل‌های ۵۰ و ۵۱ تغییر دهید.



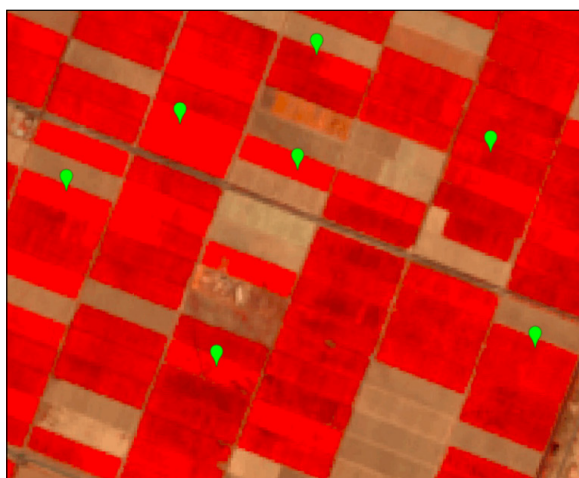
شکل ۵۰- تنظیم ویژگی‌های نمونه‌های طبقه‌بندی

همان‌طور که در شکل ۵۱ می‌بینید، تا این مرحله یک لایه وکتوری ایجاد کرده‌اید با نام vegetation، نوع feature collection و با ویژگی (یا properties name) landcover و کد کلاس (properties value) صفر، به رنگ سبز. حالا روی گزینه ok کلیک کنید.



شکل ۵۱- تنظیم ویژگی‌های نمونه‌های طبقه‌بندی

سپس، از روی تصویر ماهواره‌ای لندست، نمونه‌های کلاس پوشش گیاهی را به صورت نقطه‌ای برداشت کنید (شکل ۵۲).



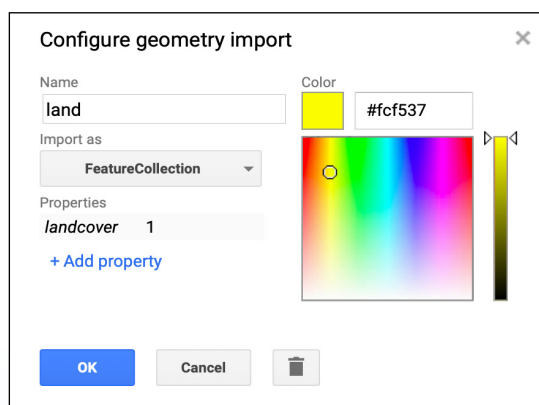
شکل ۵۲- برداشت نمونه‌های کلاس پوشش گیاهی

اگر یک نمونه را به اشتباه برداشت کردید، برای تصحیح آن لازم است تا روی گزینه stop drawing کلیک و برای حذف یا تغییر موقعیت نمونه برداشتی اقدام کنید (شکل ۵۳).



شکل ۵۳- اصلاح نمونه‌های برداشتی

در باره تعداد نمونه‌های برداشتی، باید بدانید که در سامانه گوگل ارث انجین حتماً نمونه‌ها را نقطه به نقطه برداشت کنید. برداشت نمونه به صورت پلی‌گونی مشکلاتی در انجام محاسبات آن‌ها ایجاد خواهد کرد. پس از برداشت نمونه‌های مربوط به کلاس گیاه (۳۰ نمونه)، برای سایر کلاس‌ها نیز نمونه برداشت کنید. در این مرحله، هدف آن است که یک نقشه پوشش اراضی خیلی ساده - فقط متشکل از سه کلاس (گیاه، آب و خاک) - تولید کنید. بنابراین، پس از برداشت نمونه‌های کلاس گیاه با همان روش، برای برداشت نمونه‌های آب و خاک اقدام کنید. گفتنی است که کلاس گیاه (اولین کلاس) معادل صفر قرار داده شد. برای کلاس خاک و آب نیز به ترتیب کدهای یک و دو در نظر گرفته می‌شود. پس از برداشت ۳۰ نمونه نقطه‌ای برای کلاس پوشش گیاهی، برداشت ۳۰ نمونه برای کلاس خاک (در این طرح با عنوان land نامیده شده است) انجام می‌شود (شکل‌های ۵۴ و ۵۵).

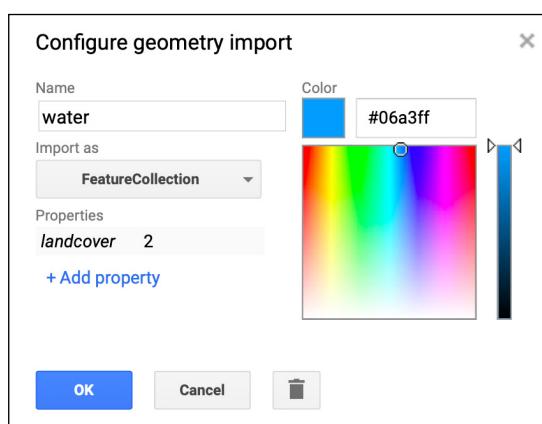


شکل ۵۴- تنظیم ویژگی نمونه‌های کلاس خاک

نکته

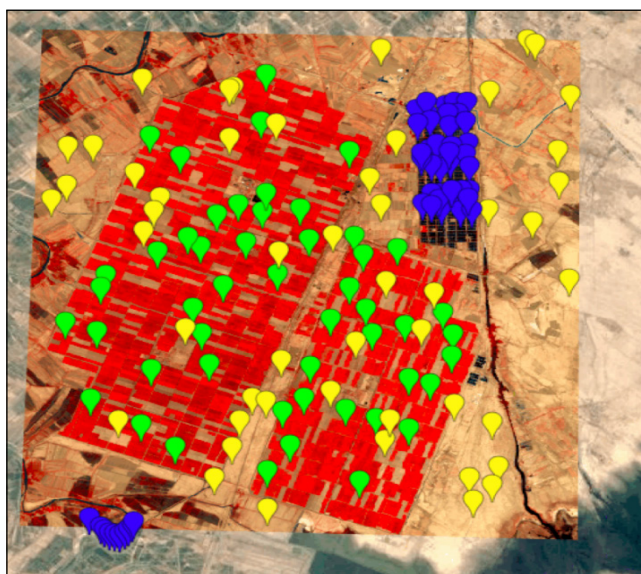
هر یک از لایه‌هایی که برای نمونه‌های طبقه‌بندی استفاده می‌شود، از یک properties یا ویژگی برخوردارند، که باید برای تمام کلاس‌ها نام یکسان و کد متفاوت باشند؛ برای مثال، برای کلاس پوشش گیاهی و خاک هر دو نام properties معادل با landcover بود، اما کد این دو کلاس متفاوت در نظر گرفته شد.

سپس، ۵۰ نمونه نقطه‌ای برای کلاس آب برداشت کنید (شکل ۵۵).



شکل ۵۵- تنظیم نمونه‌های کلاس آب

در این مرحله نمونه‌های هر یک از کلاس‌ها به طور کامل برداشت شد (شکل ۵۵).



شکل ۵۵- نمونه‌های برداشت شده برای کلاس‌ها



۵) ترکیب نمونه‌ها

سپس، لایه‌های مربوط به نمونه‌های برداشت‌شده باید در قالب یک لایه واحد با یکدیگر ترکیب شوند. برای این کار از دستور merge استفاده کنید.

```
var training_data = vegetation.merge(land).merge(water);
```

۶) تطبیق نمونه‌ها و باندها

برای مثال در کد بالا، تمام لایه‌های نمونه‌های برداشتی در یک متغیر به نام training_data ذخیره شده‌اند. در مرحله بعدی، لازم است باندهای مورد نیاز از تصویر ورودی برای طبقه‌بندی استخراج و سپس، مقدار هر نمونه برداشتی در هر یک از باندهای آن محاسبه شود.

```
var bands = ['B2', 'B3', 'B4', 'B5', 'B6', 'B7', 'B10'];
```

```
var training = landsat.select(bands).sampleRegions({
  collection : training_data,
  properties : ['landcover'],
  scale : 30});
```

در کد بالا، با استفاده از متغیر bands نام هر یک از باندهای مورد نیاز انتخاب و بعد، در متغیر training با استفاده از دستور select روی تصویر ماهواره لندست اعمال می‌شود. همان‌طور که در کد مشخص است، باندهای ۲ تا ۷ و باند ۱۰ به عنوان باندهای مورد استفاده در طبقه‌بندی تعریف شده‌اند.

سپس، با استفاده از دستور sample regions نمونه‌های برداشت‌شده با تصاویر ماهواره‌ای لندست ترکیب می‌شوند. در اینجا، منظور از ترکیب آن است که با استفاده از این دستور، مشخص می‌شود که هر یک از نمونه‌های برداشت‌شده در باندهای لندست، چه مقداری دارند. برای درک بهتر این موضوع از دستور print استفاده کنید.

```
print(training);
```

در شکل ۵۶، نتیجه حاصل از اجرای دستور پرینت نمایش داده شده است.



```

FeatureCollection (90 elements, 0 columns)
  type: FeatureCollection
  columns: Object (0 properties)
  features: List (90 elements)
    0: Feature 1_1_0_0
      type: Feature
      id: 1_1_0_0
      geometry: null
      properties: Object (8 properties)
        B10: 3078
        B2: 437.1666666666667
        B3: 858.3333333333334
        B4: 765.1666666666666
        B5: 4136.666666666667
        B6: 1618.3333333333333
        B7: 844.1666666666666
        landcover: 0

```

شکل ۵۶- مقادیر هر یک از نمونه‌های برداشتی در کلاس‌های مختلف

۷ طبقه‌بندی

در گام بعدی، برای انجام فرایند طبقه‌بندی، بر اساس روش نزدیک‌ترین فاصله از کد نشان داده شده در صفحه بعدی عمل می‌شود. در این مرحله، مقادیر نمونه‌های برداشتی هر کلاس که از هریک از باندها استخراج شد (متغیر training)، وارد دستور classifier می‌شود. گفتنی است ابتدا باید مقادیر نمونه‌های برداشتی بر اساس الگوریتم minimum distance آزمون شوند و بعد، بر اساس آن‌ها طبقه‌بندی صورت بگیرد. بدین منظور نیز از دستور train استفاده می‌شود.

```

var classifier = ee.Classifier.minimumDistance().train({
  features : training,
  classProperty : 'landcover',
  inputProperties : bands});

```

پس از پایان فرایند آزمون نمونه‌ها بر اساس الگوریتم minimum distance، لازم است طبقه‌بندی تمام پیکسل‌های تصویر لندست فراخوانی شده با استفاده از دستور classify انجام شود.

```

var classified = landsat.select(bands).classify(classifier);

```

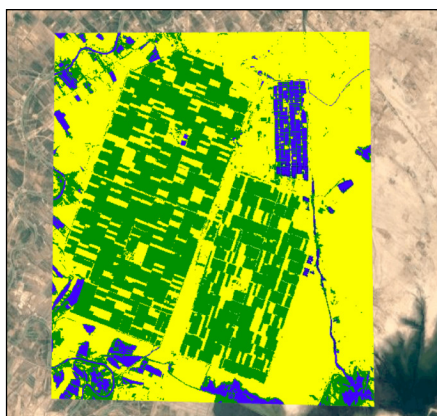
۸ نمایش نقشه

برای نمایش بصری نتیجه طبقه‌بندی از دستور add layer استفاده می‌شود. در این مرحله، برای مشاهده بهتر نتیجه، تیک گزینه geometry import را بردارید (شکل ۵۷).

```

Map.addLayer(classified,{min:0, max:2, palette :
  ['green','yellow','blue']});

```

شکل ۵۷- نقشه طبقه‌بندی شده بر اساس الگوریتم minimum distance

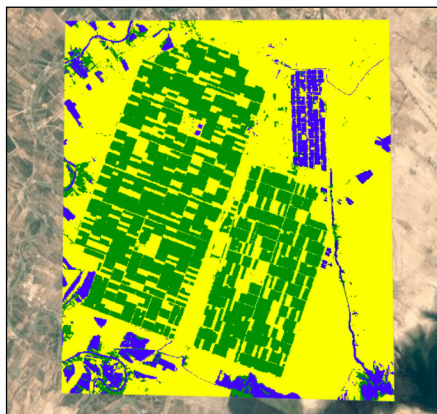
تا این مرحله، شما نتیجه حاصل از طبقه‌بندی بر اساس روش minimum distance را به دست آوردید. برای ذخیره‌سازی تصویر طبقه‌بندی شده، از دستور export استفاده می‌شود که در طرح‌های قبلی به آن اشاره شد.

نکته

اگر می‌خواهید از روش طبقه‌بندی svm استفاده کنید، کافی است متغیر classifier را به صورت زیر بازنویسی کنید:

```
var classifier = ee.Classifier.svm().train({
  features : training,
  classProperty : 'landcover',
  inputProperties : bands});
```

در شکل ۵۸، نتیجه حاصل از طبقه‌بندی svm نمایش داده شده است.



شکل ۵۸- نقشه طبقه‌بندی شده بر اساس الگوریتم svm



۹) اعتبارسنجی

برای اعتبارسنجی نقشه طبقه‌بندی شده و محاسبه ماتریس خطاها برای آن باید براساس کد زیر عمل کنید:

```
print('confusion matrix', classifier.confusionMatrix());
print('overall accuracy', classifier.confusionMatrix().accuracy());
```

نکته

نمونه‌هایی که برای اعتبارسنجی استفاده می‌شود باید از مرجعی دقیق‌تر از تصویر ماهواره‌ای مورد استفاده استخراج شده باشد. بر همین اساس، داده‌های حاصل از گوگل ارث، تصاویر هوایی، تصاویر ماهواره‌ای با توان تفکیک مکانی زیاد، نقشه‌های زمینی و بازدید میدانی از جمله مراجعی هستند که برای جمع‌آوری داده‌های اعتبارسنجی قابل استناد هستند. اما در این کتاب، برای اعتبارسنجی - به دلیل در اختیار نداشتن داده‌های اعتبارسنجی مناسب - از داده‌های برداشت شده از روی تصویر استفاده شده است. بنابراین، در این قسمت شما می‌توانید از روش کدنویسی اعتبارسنجی ارائه استفاده کنید که نتایج آن قابل اعتماد نیست؛ زیرا از نمونه‌های برداشت شده از روی تصویر اخذ شده است.

در شکل ۵۹، نتیجه حاصل از محاسبه ماتریس خطاها نمایش داده شده است.

Inspector	Console	Tasks
	Use print(...) to write to this console.	
	FeatureCollection (90 elements, 0 columns)	JSON
	confusion matrix	JSON
	[[29,1,0],[1,29,0],[0,0,30]]	JSON
	0: [29,1,0]	
	1: [1,29,0]	
	2: [0,0,30]	
	overall accuracy	JSON
	0.9777777777777777	

شکل ۵۹- نتایج حاصل از اعتبارسنجی نقشه طبقه‌بندی شده

با توجه به نتایج اعتبارسنجی شکل ۵۹، دقت کلی نقشه طبقه‌بندی، ۹۷ درصد است. بر اساس ماتریس خطاها به دست آمده، از ۳۰ نمونه‌ای که برای کلاس پوشش گیاهی (با کد ۰) برداشت شده است، ۲۹ نمونه آن در نقشه به داخل کلاس گیاه و ۱ نمونه داخل کلاس خاک افتاده است. همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره شد، این اعداد زمانی برای اعتبارسنجی صحیح



است که نمونه‌های آن از روی مرجعی دقیق‌تر از تصویر ماهواره‌ای مورد استفاده برداشت شده باشد. در این مرحله، شما روش طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای را برای تولید نقشه کاربری و پوشش اراضی و روش اعتبارسنجی آن را برای تصاویر لندست فرا گرفتید. در ادامه، مجدداً با روش‌های دیگر طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای آشنا خواهید شد.

۱۰) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام landsat_classification1_6 به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

پروداکت‌های کاربردی لندست

در طرح‌های قبلی ماهواره لندست که تا این مرحله کار کردید، عموماً تمرکز بر محاسباتی بود که کاربر روی تصاویر انجام می‌داد. در این مرحله، شما با قابلیت از گوگل ارث انجین آشنا می‌شوید که در آن پروداکت‌های آماده ماهواره لندست در زمینه‌های مختلف برای کاربران فراهم آمده که به صورت کاربردی در زمینه‌های مختلف قابل استفاده هستند.

پروداکت تراکم تاج پوشش درختان

در این بخش، شما با پروداکت کاربردی لندست در مطالعات جنگل آشنا خواهید شد. با استفاده از این داده، امکان جداسازی پوشش‌های جنگلی و زراعی بر اساس میزان تراکم تاج پوشش فراهم می‌شود. همچنین، استفاده از این پروداکت در زمینه طبقه‌بندی گونه‌های جنگلی بسیار کاربردی است.

۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

ابتدا یک فایل برای نوشتن کد جدید ایجاد کنید. بعد، شیپ‌فایل زیپ‌شده استان مازندران را طبق روشی که در طرح‌های قبلی آموختید، در گوگل ارث انجین فراخوانی کنید.

توجه

لایه وکتوری استان‌های ایران از طریق نشانی زیر قابل دانلود است:

www.girs.ir/gee-book

ابتدا با استفاده از کد زیر برای نمایش شیپفایل فراخوانی شده و تنظیم نقشه در گوگل ارث انجین اقدام کنید (شکل ۶۰).

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```



شکل ۶۰- شیپ فایل منطقه مورد مطالعه (استان مازندران)

با استفاده از پروداکت درصد تاج پوشش درختان لندست، می‌توانید درصد تاج پوشش درختان را برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ با توان تفکیک مکانی ۳۰ متر برآورد کنید. گفتنی است این پروداکت برای آن دسته از پوشش‌های درختی کاربرد دارد که ارتفاع آن‌ها بیشتر از ۵ متر باشد.

نکته

مقاله مرجع پروداکت‌های کاربردی ماهواره لندست در نشانی زیر بارگذاری شده است:

www.girs.ir/gee-book

۲) فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای

برای فراخوانی پروداکت درصد تاج پوشش درختان در گوگل ارث انجین، باید از کد زیر استفاده



شود. روش فراخوانی استفاده شده، مشابه مواردی است که در طرح‌های قبلی درباره آن‌ها سخن گفتیم. البته در این بخش، روش موزاییک کردن تصاویر نیز به آن افزوده شده است.

```
var forest = ee.ImageCollection('GLCF/GLS_TCC')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2010-01-01','2011-01-01')
  .select('tree_canopy_cover')
  .mosaic()
  .clip(table);

Map.addLayer(forest);
```

همان‌طور که در کد بالا می‌بینید، ابتدا تصاویر پروداکت تاج پوشش درختان لندست برای سال ۲۰۱۰ استان مازندران فراخوانی شده است. بعد، داده‌های تراکم تاج پوشش لندست انتخاب و با استفاده از دستور mosaic با یکدیگر موزاییک شده و سپس، بر اساس شیپ‌فایل استان مازندران برش خورده است. نتیجه حاصل از اجرای کد بالا، در شکل ۶۱ نمایش داده شده است.



شکل ۶۱- پروداکت تراکم تاج پوشش ماهواره لندست

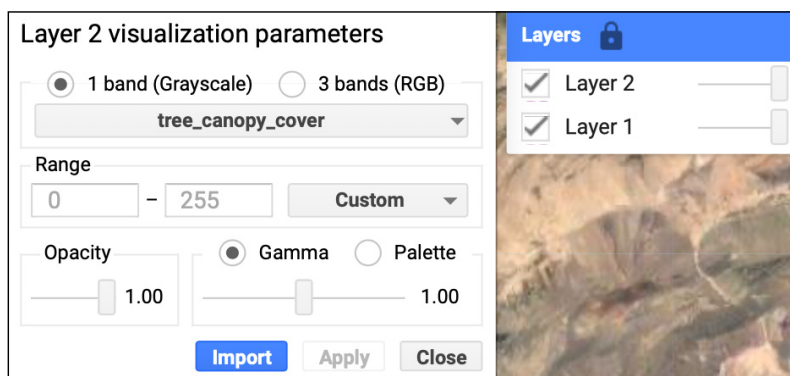
۳) اعتبارسنجی

برای اعتبارسنجی این پروداکت می‌توانید تصویر rmse آن را با استفاده از کد زیر فراخوانی کنید. تصویر rmse این پروداکت نشان‌دهنده میزان دقت برآورد درصد تاج پوشش در هر

پیکسل است. با استفاده از کد زیر بدون استفاده از دستور select، امکان فراخوانی تصویر درصد تاج پوشش و تصویر rmse آن فراهم می‌شود.

```
var forest = ee.ImageCollection('GLCF/GLS_TCC')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2010-01-01','2011-01-01')
  .mosaic()
  .clip(table);
Map.addLayer(forest);
```

هنگامی که نتیجه حاصل از اجرای این دستور را مشاهده می‌کنید، ممکن است نتیجه محاسبه به نظرتان اشتباه باشد. برای اینکه بتوانید نتیجه را به صورت تک‌باند ببینید، لازم است از بخش layer استفاده کنید (شکل ۶۲).

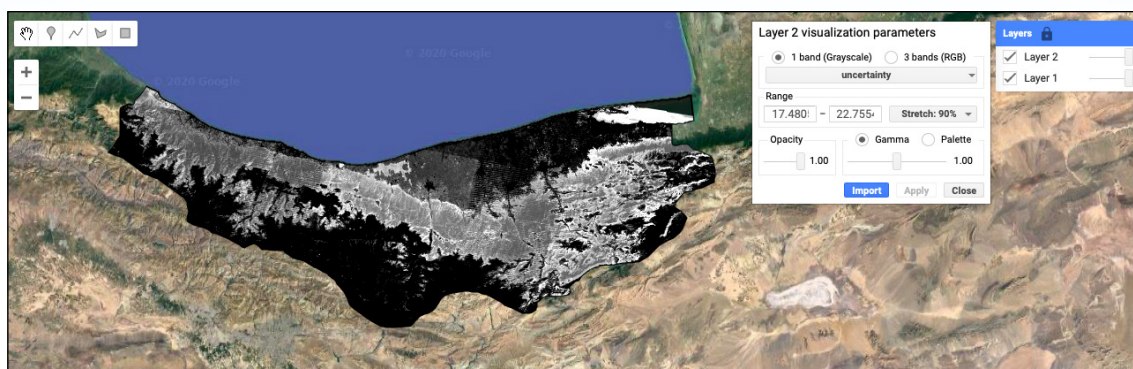


شکل ۶۲- تغییر باند نمایش داده شده

در این مرحله با قرار دادن حالت نمایش روی grayscale، مشکل نمایش رفع می‌شود. اگر تصویر نمایشی grayscale را روی حالت uncertainty قرار دهید و روی گزینه apply کلیک کنید، تصویر rmse نمایش داده خواهد شد.

نکته

اگر کیفیت تصویر نمایش داده شده مناسب نبود، برای افزایش کانتراست تصویر می‌توانید از ابزار stretch استفاده کنید.



شکل ۶۳- نمایش تصویر rmse برای پروداکت تاج پوشش درختان

در تصویر uncertainty هرچه عدد ثبت شده برای یک پیکسل کوچک تر باشد، به معنای آن است که دقت بیشتری دارد و برعکس. حالا می‌توانید برای ذخیره‌سازی نتایج با استفاده از دستور export، براساس آموزش‌های طرح‌های قبلی اقدام کنید.

۴) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام landsat_canopy_cover_7 به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

پروداکت جنگل‌های مانگرو

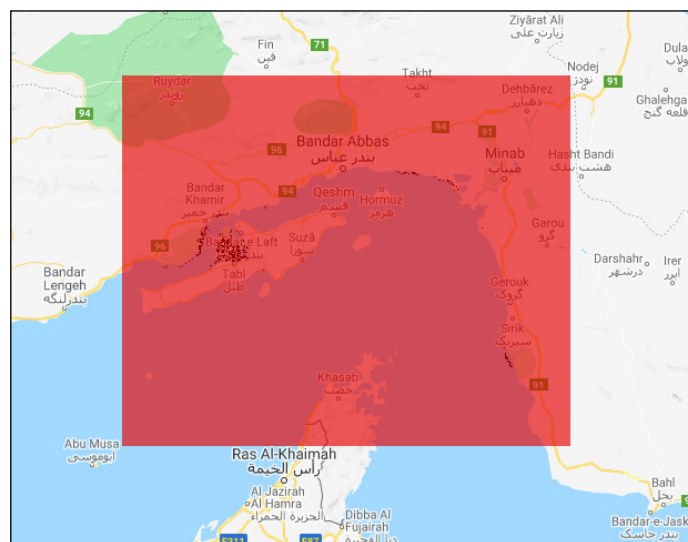
داده‌های پروداکت مانگرو لندست، قابلیت نمایش موقعیت‌های جنگل‌های مانگرو را با توان تفکیک مکانی ۳۰ متر برای سال ۲۰۰۰ دارد. شاید از خود بپرسید مزیت داده‌های سال ۲۰۰۰ میلادی چیست؟ در صورتی که قصد دارید با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای درباره این گونه جنگل‌ها مطالعه کنید، این داده، یک مرجع مناسب برای آغاز کار است که می‌توانید نتایج الگوریتم موردنظر خود را (برای سال تعیین شده)، هم از جنبه نظری و هم از جنبه عملی، با آن مقایسه کنید.

توجه

مقاله مرجع پروداکت‌های کاربردی ماهواره‌لندست در نشانی زیر بارگذاری شده است:
www.girs.ir/gee-book

(۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

برای طرح این بخش، ابتدا یک فایل ایجاد و سپس، موقعیت منطقه مورد مطالعه را تعیین کنید. بدین منظور، منطقه‌ای از جنوب استان هرمزگان و سواحل خلیج فارس انتخاب شد (شکل ۶۴).



شکل ۶۴- انتخاب منطقه مورد مطالعه

(۲) فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای

با استفاده از کد زیر تصویر پروداکت جنگل‌های مانگرو فراخوانی می‌شود. توجه داشته باشید که بخش‌هایی از کد که درباره آن‌ها توضیح داده نمی‌شود، در بخش‌های قبلی کتاب آمده است.

```
Map.centerObject(geometry);  
  
var mangrov = ee.ImageCollection('LANDSAT/MANGROVE_FORESTS')  
  .filterBounds(geometry);
```

(۳) برش زدن تصویر

سپس، برای برش زدن پروداکت فراخوانی‌شده، تصویر باید با استفاده از دستور `bands to` از

حالت image collection خارج و به image تبدیل شود. از این طریق، امکان برش زدن دقیق تصویر فراهم می‌گردد.

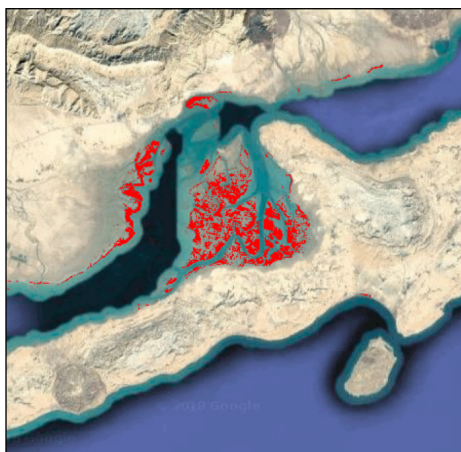
```
var clip = mangrov.toBands().clip(geometry);
```

(۴) نمایش تصویر

در نهایت، برای نمایش دادن موقعیت جنگل‌های مانگرو، برای منطقه انتخاب شده از کد زیر استفاده می‌شود:

```
Map.addLayer(clip,{palette : ['red']});
```

در شکل ۶۵، موقعیت جنگل‌های مانگرو (در جنوب ایران) با رنگ قرمز نشان داده شده است.



شکل ۶۵- بخشی از جنگل‌های مانگرو در جنوب ایران

تصاویر فراخوانی شده پروداکت مانگرو به صورت صفر و یک هستند. مقدار عددی یک نشان‌دهنده مناطقی است که در آن‌ها جنگل‌های مانگرو شناسایی شده‌اند. در این مرحله شما می‌توانید با استفاده از روشی که در طرح‌های قبلی آموزش داده شد، برای خروجی گرفتن از نتایج، آن‌ها را در رایانه خود ذخیره یا دانلود کنید.

(۵) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام landsat_mangrove_8 به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین



راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

پروداکت تغییرات جنگل‌ها

در این مرحله، هدف آن است که در موضوع جنگل‌زایی و جنگل‌زدایی، با روش دسترسی به پروداکت آشکارسازی تغییرات پهنه‌های جنگلی آشنا شوید. پروداکت آشکارسازی تغییرات پوشش‌های جنگلی که از داده‌های ماهواره‌ای لندست تولید شده، این قابلیت را دارد که تغییرات جنگل‌های سراسر جهان را با توان تفکیک مکانی ۳۰ متر و بازه زمانی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ شناسایی کند. البته جنگل‌زدایی در ایران با آنچه در قاره آمریکا رخ داده است، از نظر وسعت و حجم قابل قیاس نیست؛ به همین دلیل، در پروداکت‌های ۳۰ متری لندست، چنین مناطقی (برای ایران) چندان قابل تشخیص نیست. به طور کلی، این پروداکت برای ایران کاربرد چندان ندارد، اما می‌توان برای دیگر مناطق جهان از آن استفاده کرد.

۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

ابتدا یک فایل ایجاد و منطقه مورد مطالعه را تعیین کنید. در این طرح، استان مازندران به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شده است. با استفاده از روش بارگذاری لایه وکتوری در گوگل ارث انجین که در طرح‌های قبلی به آن اشاره شد، فایل منطقه مورد مطالعه را فراخوانی و سپس، آن را داخل کد وارد کنید.

۲) فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای

برای آشنایی با روش فراخوانی پروداکت تغییرات جنگل لندست، ابتدا یک فایل ایجاد و بعد، لایه وکتوری استان مازندران را اضافه کنید. سپس، برای فراخوانی تصویر اشاره شده از کد زیر استفاده نمایید:

```
var forest = ee.Image('UMD/hansen/global_forest_change_2017_v1_5')
.select('treecover2000','loss','gain')
.clip(table);
```

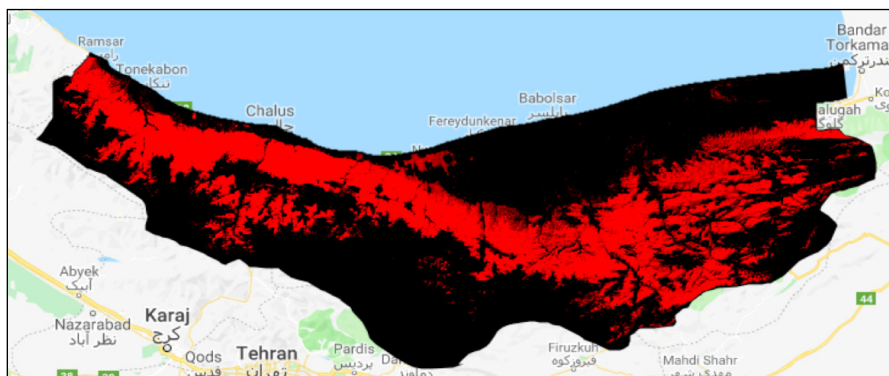


۳) نمایش تصویر

همان‌طور که در کد بالا می‌بینید، در این پروداکت سه نوع باند وجود دارد؛ یکی از آن‌ها با نام `treecover2000` نشان‌دهنده جنگل‌ها براساس داده‌های سال ۲۰۰۰ است و دیگری با نام `loss` نشانه درختانی است که از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ از بین رفته‌اند و سومی با عنوان `gain` درختان کاشته شده از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ را نشان می‌دهد.

برای بصری‌سازی نتیجه، باند `treecover` به رنگ قرمز مانیتور، باند `loss` به رنگ سبز مانیتور و `gain` به رنگ آبی مانیتور تعمیم داده می‌شود. بر اثر چنین ترکیب باندی، باید جنگل‌های باقی‌مانده از سال ۲۰۰۰ با رنگ قرمز، جنگل‌زدایی‌ها با رنگ سبز و جنگل‌زایی‌ها با رنگ آبی نمایش داده شوند (شکل ۶۶).

```
Map.addLayer(forest,{bands : ['treecover2000','loss','gain']});
```



شکل ۶۶- پروداکت تغییرات جنگل ماهواره‌لندست برای استان مازندران

با توجه به شکل ۶۶، این پروداکت تنها نشان‌دهنده موقعیت جنگل‌هاست و برای شناسایی جنگل‌زدایی و جنگل‌زایی در این منطقه چندان مناسب نیست. با این حال، زمانی که نتیجه به دست آمده را ذخیره کنید و در نرم‌افزارهایی مانند `envi` به صورت ترکیب باندی نمایش دهید، با روش‌های مختلف افزایش کانتراست، تعداد پیکسل‌های محدودی در این رابطه شناسایی می‌شوند.

۴) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام `landsat_global_forest_9` به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین



راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

پروداکت توسعه فیزیکی شهر

پروداکت دیگری که در این مرحله قصد داریم معرفی کنیم با شهرها در ارتباط است. با استفاده از پروداکت شهر ماهواره لندست، شما می‌توانید به راحتی موقعیت شهرها و نقشه آن‌ها را در قالب کلاس شهری در اختیار داشته باشید. حداقل استفاده‌ای که پروداکت‌هایی مانند شهر و جنگل ماهواره لندست دارند، در زمینه طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای است که از آن‌ها به طور کاربردی برای جداسازی هر چه بهتر پدیده‌های گوناگون استفاده می‌شود. در این بخش، هدف آن است که پروداکت شهری لندست با توان تفکیک مکانی ۳۸ متر برای استان مازندران فراخوانی شود. باید گفت این پروداکت برای آشکارسازی تغییرات توسعه فیزیکی شهری بسیار مناسب و کاربردی است.

توجه

مقاله مرجع پروداکت‌های کاربردی ماهواره لندست در نشانی زیر ضمیمه شده است:
www.girs.ir/gee-book

(۱) فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای

برای فراخوانی پروداکت شهری ماهواره لندست با توان تفکیک مکانی ۳۸ متر و بازه زمانی ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۴ از کد دستوری زیر استفاده کنید:

```
var urban = ee.Image('JRC/GHSL/P2016/BUILT_LDSMT_GLOBE_V1')
    .select('built')
    .clip(table);
```

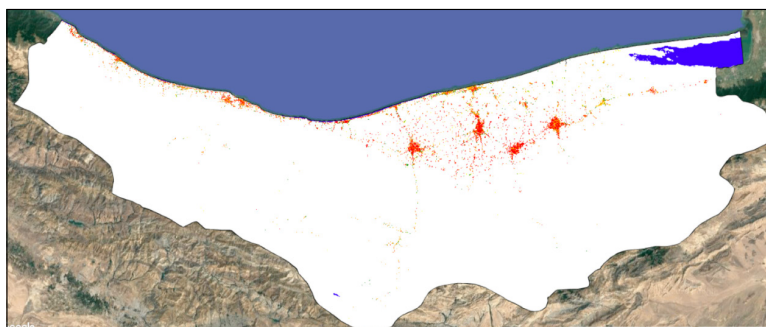
باند built که در کد بالا به آن اشاره شده، همان باندهای ۱ تا ۶ است. هریک از این مقادیر نشان‌دهنده پوشش شهری در یک بازه زمانی خاص است:

- ۱. پوشش آب؛
- ۲. مناطق خاکی و گیاهی فاقد پوشش شهری؛
- ۳. مناطق شهری ایجادشده در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ میلادی؛
- ۴. مناطق شهری ایجادشده در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ میلادی؛
- ۵. مناطق شهری ایجادشده در بازه زمانی ۱۹۷۵ تا ۱۹۹۰ میلادی؛
- ۶. مناطق شهری ایجادشده تا سال ۱۹۷۵ میلادی.

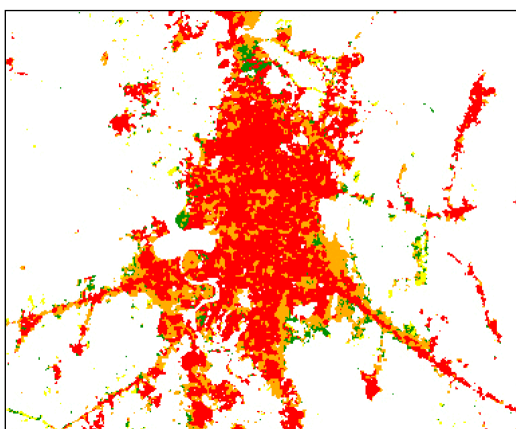
۲) نمایش تصویر

با توجه به اینکه بازه مقادیر تصویر فراخوانی شده بین ۱ تا ۶ است، از ۶ رنگ متفاوت برای بصری سازی هریک از مقادیر و کلاس ها استفاده می شود (شکل ۶۷ و ۶۸).

```
Map.addLayer(urban,{min: 1, max: 6,  
palette: ['blue','white','yellow','green','orange','red']});
```



شکل ۶۷- پروداکت توسعه فیزیکی شهری لندن



شکل ۶۸- پروداکت توسعه فیزیکی شهری لندن



با توجه به شکل ۶۸، رنگ قرمز نشان دهنده مناطقی است که تا سال ۱۹۷۵، رنگ نارنجی از سال ۱۹۷۵ تا ۱۹۹۰، رنگ سبز از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰، رنگ زرد از ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ ایجاد شده‌اند. اکنون شما می‌توانید با استفاده از روش خروجی گرفتن که قبلاً آموختید، نتایج را ذخیره‌سازی کنید.

۳) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام landsat-urban_10 به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

پروداکت پهنه آبی

در گام بعدی، قصد داریم شما را با پروداکت کاربردی پهنه‌های آبی ماهواره لندست آشنا کنیم. این پروداکت ماهواره لندست با توان تفکیک ۳۰ متر، امکان شناسایی پهنه‌های آبی رودخانه‌ای و دریاچه‌ای را به صورت سالانه برای بازه زمانی ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۵ فراهم می‌کند.

۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

برای آغاز این طرح، مانند طرح‌های قبلی، ابتدا یک فایل ایجاد و منطقه مورد مطالعه را تعیین کنید. در این مرحله، هدف آن است که پهنه‌های آبی موجود در حوضه دریاچه ارومیه شناسایی شود. بدین منظور، لایه وکتوری مرز حوضه دریاچه ارومیه را در گوگل ارث انجین فراخوانی کنید.

توجه

لایه وکتوری حوضه‌های آبریز ایران را می‌توانید از طریق نشانی زیر دانلود کنید:

www.girs.ir/gee-book

۲) فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای

برای فراخوانی پروداکت پهنه آبی ماهواره لندست در سال ۲۰۱۴ میلادی، از دستور زیر استفاده کنید:

```
var water = ee.ImageCollection('JRC/GSW1_0/YearlyHistory')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2014-01-01','2015-01-01');
```

۳) برش زدن تصویر

سپس، با استفاده از دستور زیر تصویر فراخوانی شده را برش بزنید:

```
var water = water.toBands();
var water = water.clip(table);
```

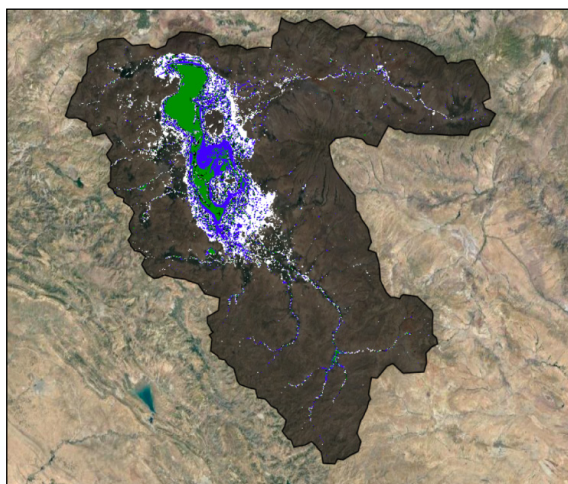
بازه مقادیر تصویر فراخوانی شده بین صفر تا سه است. هریک از این مقادیر نماینده‌های از یک پوشش است:

- ۰: فاقد اطلاعات؛
- ۱: پهنه‌های غیرآبی؛
- ۲: پهنه‌های آبی فصلی (مانند رودخانه‌ها)؛
- ۳: پهنه‌های آبی دائم (مانند دریاچه‌ها).

۴) نمایش تصویر

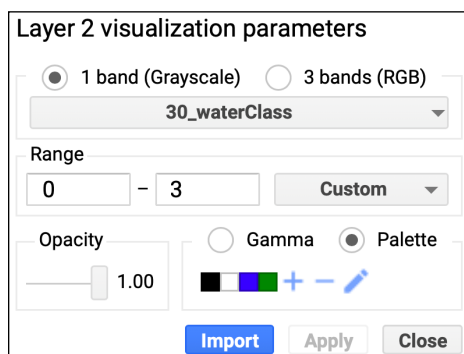
برای بصری‌سازی نتایج به دست آمده، از دستور زیر با ترکیب رنگ‌های مختلف استفاده می‌شود (شکل ۶۹).

```
Map.addLayer(water,{min:0,max:3,palette:['black','white','blue','green']});
```



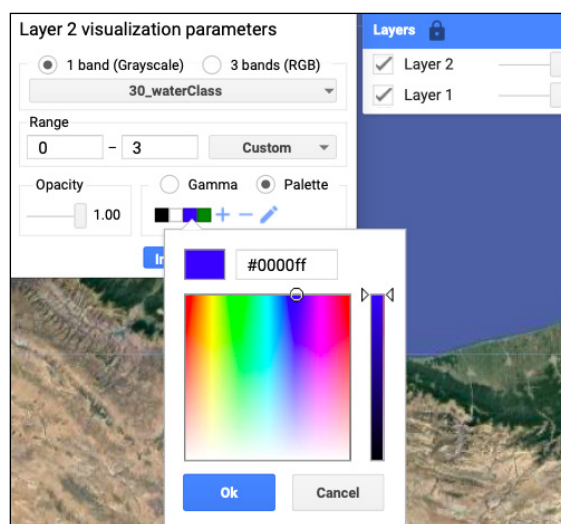
شکل ۶۹- پروداکت پهنه آبی لندست

همان‌طور که در شکل ۶۹ دیده می‌شود، رودخانه‌ها و پهنه‌های آبی فصلی به رنگ آبی و پهنه‌های آبی پایدار و دائم به رنگ سبز نمایش داده شده است. البته در این تمرین برای کلاس‌های مذکور، استاندارد تعیین رنگ در نظر گرفته نشده است. شما می‌توانید هر یک از رنگ‌های موردنظر خود را به صورت کد نیز وارد کنید. برای این کار باید وارد بخش پارامترهای بصری سازی تصویر فراخوانی شده شوید (شکل ۷۰).



شکل ۷۰- پارامترهای بصری سازی تصویر

در این بخش، هر یک از رنگ‌های تعریف شده برای تصویر پروداکت موردنظر قابل مشاهده است. اگر روی هر یک از رنگ‌ها کلیک کنید، امکان تغییر رنگ موردنظر و شناسایی کد آن برای شما فراهم می‌شود (شکل ۷۱).



شکل ۷۱- تغییر رنگ هر یک از کلاس‌ها

سپس، با استفاده از دستورالعمل‌های طرح‌های قبلی، نتیجه را ذخیره و دانلود کنید.

۵) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام landsat_water_11 به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

تولید نقشه کاربری با ترکیب پروداکت‌های لندست

در مراحل قبلی، شما با روش طبقه‌بندی تصاویر لندست و فراخوانی و استفاده از انواع پروداکت‌های کاربردی آن آشنا شدید. در این مرحله، هدف آن است که با استفاده از ترکیب تصاویر ndvi فصول مختلف و تصاویر و پروداکت‌های گوناگون ماهواره لندست، به تولید نقشه کاربری اراضی پردازید.

۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

هدف در این بخش، تولید نقشه کاربری برای استان گیلان است. ابتدا، لایه وکتوری استان گیلان را فراخوانی کنید. برای انتخاب منطقه مورد مطالعه از دستورالعمل‌های بخش‌های قبلی استفاده کنید. سپس، با استفاده از کدهای زیر، موقعیت نقشه گوگل را روی منطقه مورد مطالعه تنظیم کنید و آن را نمایش دهید (شکل ۷۲).

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```



شکل ۷۲- تعیین منطقه مورد مطالعه



۲) فراخوانی تصاویر میانگین NDVI

تصاویر سری زمانی شاخص ndvi، نقش تعیین‌کننده‌ای در تولید نقشه کاربری و جداسازی پوشش‌های گیاهی زراعی و طبیعی (مانند جنگل و مراتع) دارند. بر همین اساس، تصاویر ماکزیمم ndvi برای چهار ماه اول، دوم و سوم سال محاسبه می‌شود. دلیل محاسبه تصویر ماکزیمم آن است که شاخص تولیدشده از کمترین میزان ابر برخوردار خواهد بود.

```
var landsat = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C01/T1_SR')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2017-01-01','2018-01-01')
  .filter(ee.Filter.lessThan('CLOUD_COVER',5))
  .median()
  .select('B[2-7]')
  .clip(gilan);
```

```
// first NDVI
```

```
var ndvi1 = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C01/T1_SR')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2017-01-01','2017-05-01');
var ndvi1 = ndvi1.map(function(img){
  return img.normalizedDifference(['B5','B4']); });
var ndvi1 = ndvi1.max().clip(table);
```

```
// second NDVI
```

```
var ndvi2 = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C01/T1_SR')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2017-05-01','2017-09-01');
var ndvi2 = ndvi2.map(function(img){
  return img.normalizedDifference(['B5','B4']); });
```




```
var ndvi2 = ndvi2.max().clip(table);

// third NDVI
var ndvi3 = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C01/T1_SR')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2017-09-01','2018-01-01');
var ndvi3 = ndvi3.map(function(img){
  return img.normalizedDifference(['B5','B4']); });
var ndvi3 = ndvi3.max().clip(table);

// ndvi stack
var ndvi = ee.Image.cat([ndvi1,ndvi2,ndvi3]);
```

۳) فراخوانی تصاویر پروداکت‌های لندست

پس از محاسبه تصاویر سری زمانی شاخص ndvi، تصاویر پروداکت‌های کاربردی لندست نیز فراخوانی می‌شوند. بدین منظور، در تصویر پروداکت آب لندست (متغیر landwater)، با استفاده از تابع eq، مقادیر معادل ۲ انتخاب شدند که نشان‌دهنده پوشش آبی است و دیگر کلاس‌های آن، از این طریق حذف می‌شوند. در پروداکت شهری لندست (متغیر landurban) نیز مقادیر بزرگ‌تر از ۲، با استفاده از تابع gt، انتخاب می‌شوند که تماماً شامل عارضه شهری است و دیگر کلاس‌های آن حذف می‌شود.

```
// landsat water
var landwater = ee.ImageCollection('GLCF/GLS_WATER')
  .mosaic()
  .clip(table)
  .eq(2.0);

// landsat canopy cover
var landveg = ee.ImageCollection('GLCF/GLS_TCC')
```



```
.filterBounds(table)

.filterDate('2000-01-01','2001-01-01')

.select('tree_canopy_cover')

.mosaic()

.clip(table);

// landsat urban
var landurban = ee.Image("JRC/GHSL/P2016/BUILT_LDSMT_GLOBE_V1")
.clip(table)
.select('built')
.gt(2.0);
```

۴) فراخوانی مدل رقومی زمین و ترکیب داده‌ها

با توجه به اینکه در استان گیلان، پوشش‌های جنگلی نسبت به پوشش‌های زراعی در ارتفاع پایین‌تری قرار دارند، داده‌های مدل رقومی زمین برای جداسازی این دو کلاس بسیار کاربردی است. بدین منظور، از داده‌های مدل رقومی زمین alos palsar با دقت ۳۰ متر به‌منزله یکی دیگر از داده‌های ورودی برای طبقه‌بندی استفاده می‌شود. پس از آن، تمام پروداکت‌های فراخوانی‌شده، مدل رقومی زمین، تصویر لندست و تصاویر سری زمانی ndvi در قالب یک مجموعه داده با هم ترکیب می‌شوند.

```
// alos dsm
var dsm = ee.Image("JAXA/ALOS/AW3D30_V1_1")
.clip(gilan)
.select('AVE');

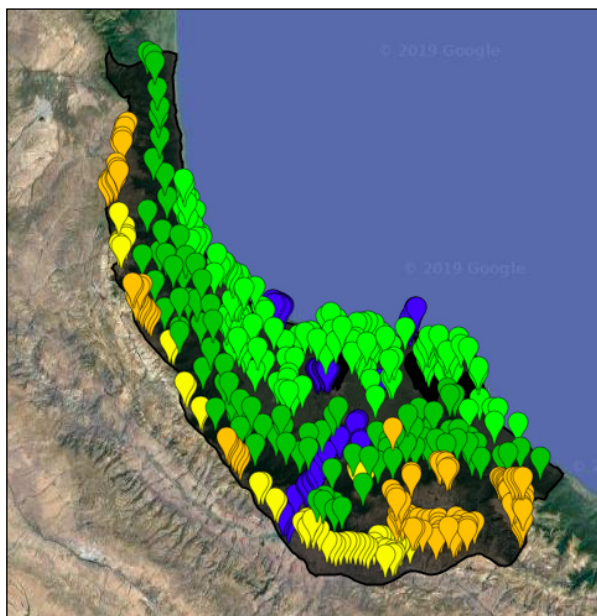
// products stacking
var prostack = landsat.addBands(ndvi).addBands(landwater).addBands(landurban)
.addBands(landveg).addBands(dsm);
```

۵) برداشت نمونه‌های کلاس‌ها

در این بخش شش کلاس به ترتیب زیر تعریف شده است:

- کلاس ۱: شهر؛
- کلاس ۲: آب؛
- کلاس ۳: زمین بایر؛
- کلاس ۴: زمین‌های زراعی؛
- کلاس ۵: جنگل؛
- کلاس ۶: مرتع.

در شکل ۷۳، نمونه‌های برداشت شده برای این بخش نمایش داده شده است.



شکل ۷۳ - نمونه‌های برداشت شده برای هر یک از کلاس‌ها

بر اساس دستورالعملی که در بخش‌های قبلی آموزش داده شد، برای برداشت نمونه‌های هریک از کلاس‌ها اقدام کنید. پس از اتمام فرایند نمونه‌برداری بر اساس کدهای زیر، نمونه‌ها را ترکیب و مقادیر هریک از آن‌ها را از تصاویر ورودی استخراج کنید.

```
// sampling
```

```
var training_data = urban.merge(water).merge(bareland).merge(crop).
```

```
merge(forest)
```



```
.merge(rangeland);

print(training_data);

// first clusters
var training = prostack.sampleRegions({
  collection: training_data,
  properties: ['landuse'],
  scale:30 });
```

۶ طبقه‌بندی

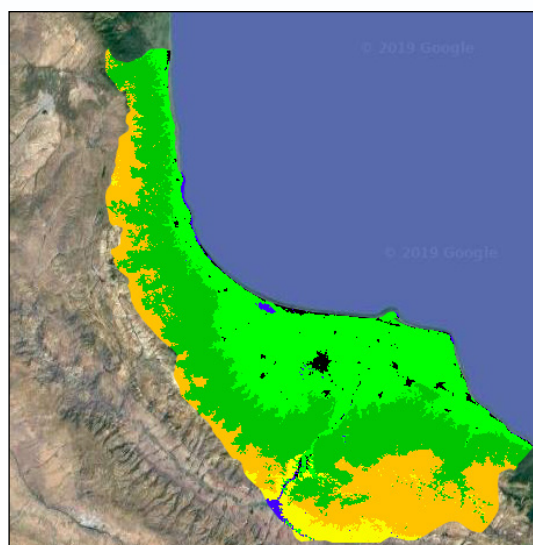
در نهایت، برای انجام طبقه‌بندی بر اساس الگوریتم svm و نمایش نتایج آن، از کدهای صفحه بعدی استفاده کنید. توجه داشته باشید که در این مرحله دقیقاً از همان کدهایی که پیشتر در آموزش طبقه‌بندی تصاویر لندست توضیح دادیم، استفاده می‌شود.

```
// classifier
var classifier = ee.Classifier.svm().train({
  features: training,
  classProperty: 'landuse'});

// classification
var classified = prostack.classify(classifier);

Map.addLayer(classified,{min:0, max:5,
  palette:['#000000','#1224ff','#fcf521','#4cff12','#10b515','#ffbb24']})
```

حالا، کد نوشته‌شده را ذخیره و اجرا کنید. نتیجه تصویر طبقه‌بندی شده در شکل ۷۴ نمایش داده شده است.



شکل ۷۴- نقشه طبقه‌بندی شده

۷) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام landsat_multimodal_classification_12 به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

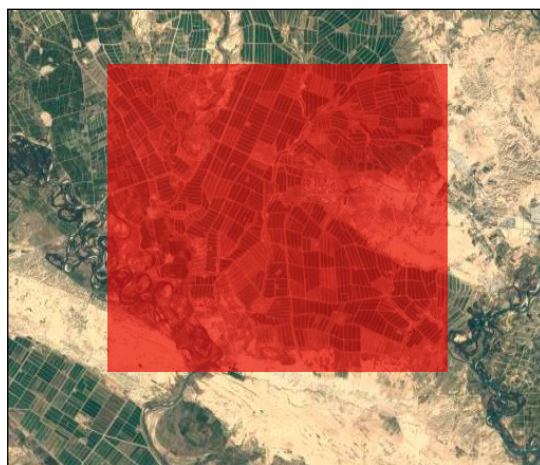
تلفیق تصاویر ماهواره‌ای لندست

تصاویر ماهواره‌ای لندست (از لندست ۷ تا کنون) معمولاً از یک باند پانکروماتیک و چند باند چندطیفی (multispectral) تشکیل شده است. در مقایسه با باندهای چندطیفی، باند پانکروماتیک همیشه از توان تفکیک مکانی بیشتری برخوردار است. در عوض، باندهای چندطیفی از کیفیت طیفی بهتری برخوردارند. امروزه با کمک الگوریتم‌های تلفیق تصاویر ماهواره‌ای، امکان تولید تصاویری متشکل از مزایای باندهای پانکروماتیک و چندطیفی به خوبی فراهم است. با استفاده از این روش‌ها می‌توان تصاویر چندطیفی با جزییات مکانی دقیق‌تری تولید کرد. در این بخش هدف آن است که با روش تلفیق تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ (برای تولید تصاویر چندطیفی ۱۵ متری) آشنا شوید. تصاویر چندطیفی لندست ۸،

به صورت پیش فرض، توان تفکیک مکانی ۳۰ متری دارند، اما در این بخش قرار است روش تلفیق این تصاویر چندطیفی را با تصویر پانکروماتیک (۱۵ متری) به شما آموزش دهیم تا بتوانید یک تصویر دقیق تر تولید کنید.

(۱) تعیین منطقه مورد مطالعه

در این بخش می‌توانید منطقه مورد مطالعه را به صورت دستی و پلی‌گونی تعریف کنید. پیش از این، تعیین منطقه مورد مطالعه با هر دو روش را فرا گرفتید. برای این قسمت از آموزش، بخشی از اراضی کشاورزی شمال استان خوزستان به صورت دستی و با استفاده از ابزار draw a rectangle ترسیم و مشخص شده است (شکل ۷۵).



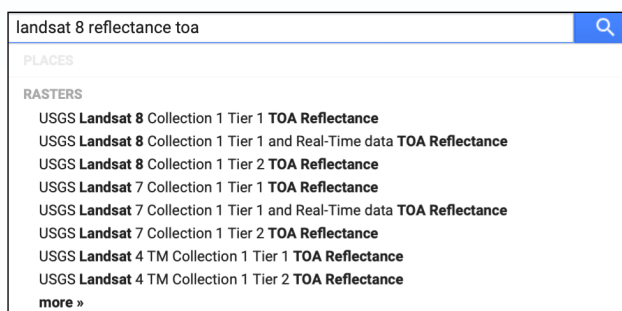
شکل ۷۵- تعیین منطقه مورد مطالعه

در ابتدای کد، موقعیت نقشه گوگل را بر اساس پلی‌گون ترسیم شده تعیین کنید.

```
Map.centerObject(geometry);
```

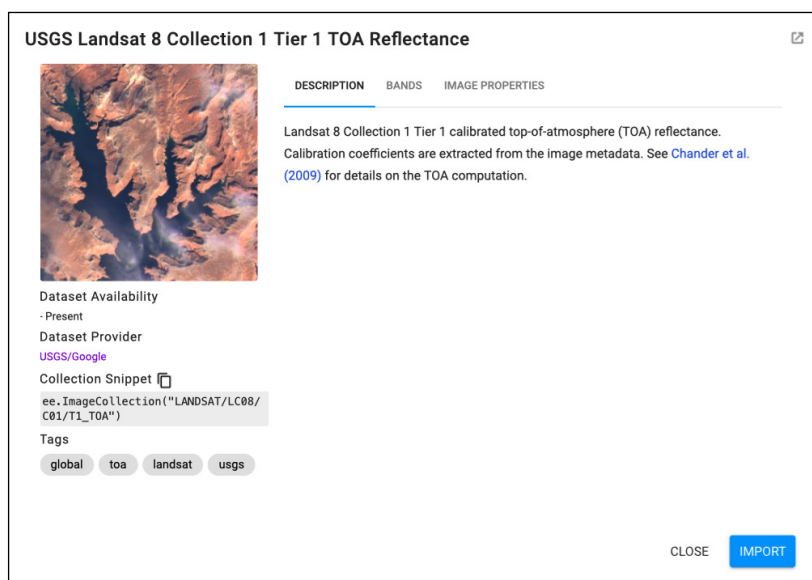
(۲) فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای

ابتدا در بخش جستجوی داده‌ها، تصاویر ماهواره‌ای لندست تصحیح رادیومتریکی شده را با وارد کردن واژه landsat 8 reflectance toa پیدا کنید (شکل ۷۶). دلیل انتخاب این تصاویر آن است که تصاویر ورودی برای فرایند تلفیق باید از نظر رادیومتریکی تصحیح شده باشند. داده‌های بازتاب toa در گوگل ارث انجین باندهای پانکروماتیک و چندطیفی را کاملاً پوشش می‌دهند و از این رو، داده‌های مناسبی برای تلفیق تصاویر لندست در سامانه ارث انجین محسوب می‌شوند.



شکل ۷۶- جستجوی تصاویر ماهواره‌ای لندست

اگر روی داده‌های landsat 8 surface reflectance tier 1 کلیک کنید، مشخصات این داده نمایش داده می‌شود (شکل ۷۷).



شکل ۷۷- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای لندست

در این صفحه، اگر روی گزینه import کلیک کنید، بلافاصله این تصویر ماهواره‌ای با عنوان image collection به کد شما اضافه می‌شود. با استفاده از این شیوه، دیگر به نوشتن دستور image collection نیاز نیست و تصاویر صرفاً با زدن یک گزینه به کد شما اضافه می‌شوند (شکل ۷۸).



شکل ۷۸- اضافه کردن تصاویر به کد



سپس، برای image collection فراخوانی شده باید فیلترهای زمانی و مکانی تعیین شود. با استفاده از کد زیر یک تصویر کم‌ابر که شامل باندهای ۲ تا ۸ است، ایجاد می‌شود.

```
var L8 = imageCollection
  .filterDate('2018-01-07','2018-10-01')
  .filterBounds(geometry)
  .filter(ee.Filter.lessThan('CLOUD_COVER',10))
  .median()
  .clip(geometry)
  .select('B[2-8]');
```

۳) تلفیق تصاویر ماهواره‌ای

اکنون برای تلفیق تصاویر پانکروماتیک و چندطیفی به تابعی نیاز است که در آن باندهای چندطیفی و پانکروماتیک از یکدیگر تفکیک و جزییات مکانی تصویر پانکروماتیک به تصویر چندطیفی (با یک فرمول ریاضی) اضافه شود. در کد زیر روش نوشتن این تابع بر اساس رابطه بین دو تصویر نشان داده شده است.

```
var L8sharp = function(img,kernel){
  var ms = img.select('B[2-7]');
  var pan = img.select('B8');
  var ms_mean = ms.reduce('mean').rename('mean');
  var mean_values = pan.addBands(ms_mean).reduceNeighborhood({
    reducer : ee.Reducer.mean(),
    kernel : kernel});
  var gain = mean_values.select('mean_mean').divide(mean_values.
    select('B8_mean'));
  var fus = ms.divide(ms_mean).multiply(pan).multiply(gain);
  return fus};
```

در کد بالا، تابعی با نام L8sharp ایجاد شده که دارای دو ورودی است؛ یکی از آنها



تصویر ورودی را در بر دارد و دیگری، کرنل محاسباتی است. سپس، باندهای پانکروماتیک و چندطیفی با استفاده از متغیرهای pan و ms از یکدیگر تفکیک و تصویر میانگین آن‌ها محاسبه می‌شود. در گام بعدی، با استفاده از تصاویر میانگین، اختلاف جزئیات مکانی بین تصاویر ورودی محاسبه و با متغیر gain نمایش داده می‌شود. در نهایت، فرمول اصلی تلفیق در متغیر fus نوشته می‌شود؛ بدین ترتیب که نسبت تصاویر چندطیفی با میانگین خود محاسبه می‌شود و حاصل محاسبه در تصویر پانکروماتیک و تصویر اختلاف جزئیات مکانی (gain) ضرب می‌شود. تصویر تلفیق شده (fus) توسط تابع برگردانده می‌شود. در این تابع، تصاویر لندست ورودی قبلاً تعریف شده است، اما روش محاسبه کرنل (یا همان پنجره محاسباتی) هنوز مشخص نیست. برای محاسبه کرنل از رابطه زیر استفاده می‌شود:

```
var kernel = ee.Kernel.square({
  radius: 90,
  units: 'meters'});
```

در کد بالا یک کرنل مربعی با شعاع محاسباتی ۹۰ متر تعریف شده است. در این رابطه، کرنل‌های متعددی تعریف شده که می‌توانید از آن‌ها استفاده کنید. به عبارتی، صرفاً به استفاده از این نوع کرنل محدود نیستید. پس از اینکه تمام ورودی‌های تابع تلفیق مشخص شدند، لازم است این تابع بر اساس تصاویر لندست و کرنل تعریف شده محاسبه گردد. فراموش نکنید تابعی که در بالا معرفی شد، به صورت خام بوده و پیش از این مرحله، قابلیت اجرا نداشته است.

```
var pansharpening = L8sharp(L8,kernel);
```

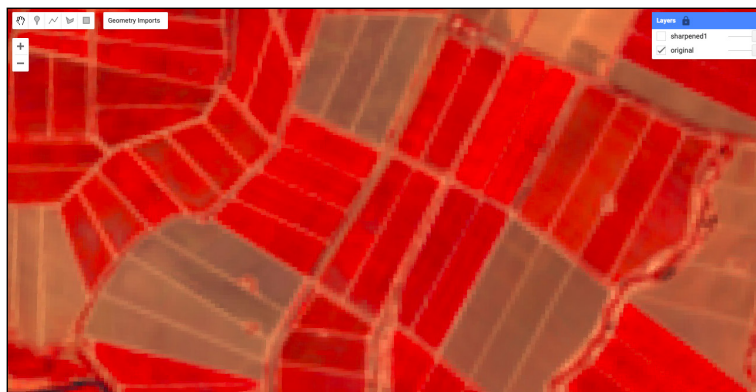
در کد بالا تلفیق تصاویر با استفاده از تابع L8sharp، بر اساس تصاویر لندست ۸ و کرنل تعریف شده اجرا می‌گردد. خروجی این تابع تصویر لندست چندطیفی، از توان تفکیک مکانی ۱۵ متر برخوردار است.

۴) نمایش نتیجه

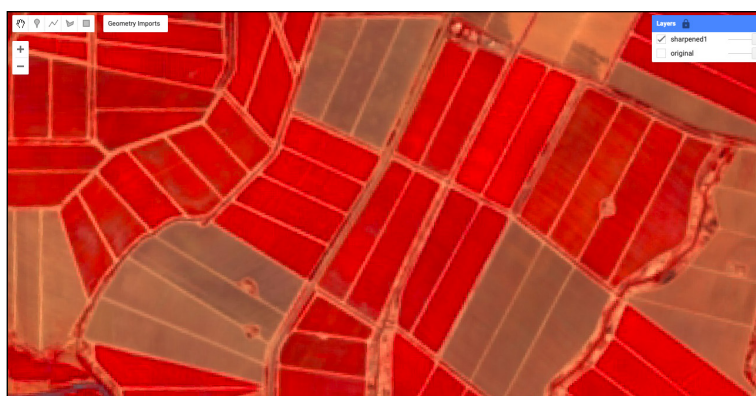
پس از تولید تصویر چندطیفی ۱۵ متری، برای مقایسه آن با تصویر ۳۰ متری اولیه از کدهای زیر استفاده می‌شود:

```
Map.addLayer(L8,{min:0.1,max:0.4,bands:['B5','B4','B3'],'original');
Map.addLayer(pansharpening,{min:0.1,max:0.4,bands:['B5','B4','B3'],
'sharpened'});
```

در کدهای بالا هر دو تصویر اولیه و تلفیق شده با استفاده از یک ترکیب باند کاذب فراخوانی شدند که در شکل زیر تفاوت جزئیات مکانی آن‌ها قابل مشاهده است (شکل‌های ۷۹ و ۸۰).



شکل ۷۹- تصویر ماهواره‌ای لندست ۳۰ متری (پیش از تلفیق)



شکل ۸۰- تصویر ماهواره‌ای لندست ۱۵ متری (بعد از تلفیق)

در شکل ۷۹، تصویر اولیه و در شکل ۸۰، تصویر تلفیق شده را مشاهده می‌کنید. کاملاً علوم است که جزئیات مکانی باندهای چندطیفی، بعد از تلفیق افزایش پیدا کرده و مرز زمین‌های زراعی دقیق‌تر نشان داده شده است. مهم‌ترین مزیت تلفیق تصاویر آن است که درصد پیکسل‌های مخلوط در تصاویر ماهواره‌ای را تا چند برابر کاهش می‌دهد و دقت محاسبات را در مراحل بعدی بیشتر می‌کند.

۵) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام `landsat_pansharpening_13` به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید،



بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

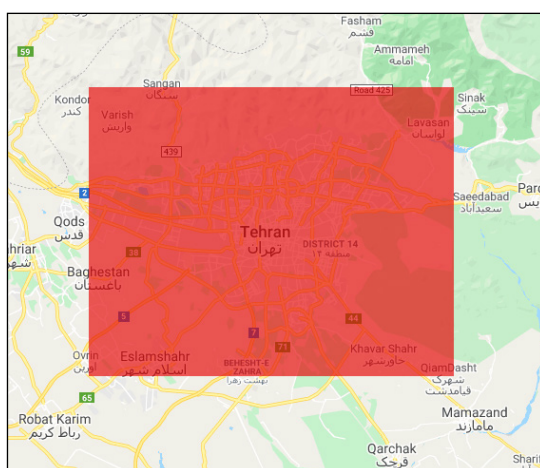
<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

محاسبه دمای سطح زمین لندست

سنجش از دور حرارتی و محاسبه دمای سطح زمین یکی از پرکاربردترین شیوه‌های مطالعاتی سنجش از دور محسوب می‌شود. با وجود آنکه باندهای حرارتی در مقایسه با سایر باندهای بازتابی، جزئیات مکانی کمتری دارند، اطلاعات رادیومتریکی بسیار با ارزشی را برای مطالعه پوشش‌های مختلف سطح زمین فراهم می‌کنند و در استخراج اطلاعات بیشتر و باکیفیت‌تر نقش مؤثری دارند. در این بخش قصد داریم روش محاسبه دمای سطح زمین را با استفاده از تصاویر لندست ۸ در سامانه آرث انجین به شما آموزش بدهیم.

۱) تعیین منطقه مورد مطالعه

در این بخش، منطقه مورد مطالعه شهر تهران است. پس، با استفاده از ابزار ترسیم دستی، شهر تهران را به منزله منطقه مورد مطالعه (draw a rectangle) انتخاب کنید (شکل ۸۱).



شکل ۸۱ - تعیین منطقه مورد مطالعه

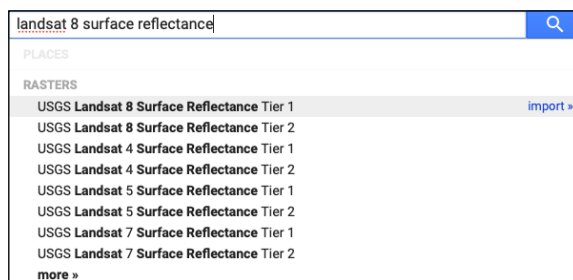
حالا با استفاده از کد زیر موقعیت نقشه گوگل را متناسب با منطقه مورد مطالعه تنظیم کنید:

```
Map.centerObject(geometry);
```

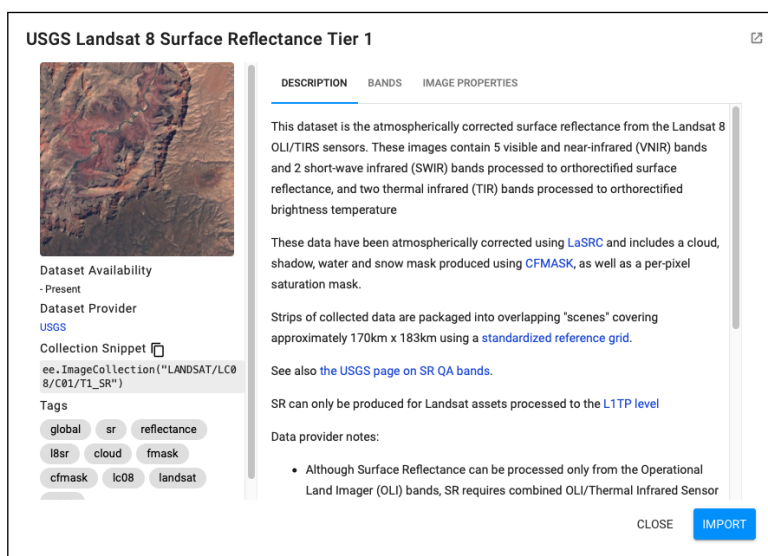


۲) فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای

در این بخش، از تصاویر تصحیح اتمسفری شدهٔ لندست ۸ استفاده می‌شود؛ در بخش جستجوی داده‌ها عبارت landsat 8 surface reflectance را وارد و سپس، آن را انتخاب کنید. با استفاده از گزینهٔ import (مانند دستورالعمل قبلی) تصاویر بازتاب سطحی لندست ۸ را به کد وارد کنید (شکل‌های ۸۲ و ۸۳).



شکل ۸۲- جستجوی تصاویر ماهواره‌ای لندست



شکل ۸۳- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای لندست

مجموعه دادهٔ فراخوانی شده در بالای پنل وسط دیده می‌شود (شکل ۸۴).



شکل ۸۴- اضافه کردن تصاویر ماهواره‌ای به داخل کد



مزیت این مجموعه داده آن است که تمام تصحیحات رادیومتریکی و اتمسفری روی باندهای ورودی آن انجام شده است. باندهای بازتابی، به صورت بازتاب سطحی و باندهای حرارتی، به صورت دمای درخشندگی هستند. به همین دلیل، نیازی به انجام تصحیحات رادیومتریکی برای باندهای ورودی نیست.

بر اساس کد زیر، فیلترهای زمانی و مکانی و path و row فریم مورد نظر را برای تصاویر فراخوانی شده تعیین کنید:

```
var LC8 = imageCollection
    .filterBounds(geometry)
    .filterDate('2013-01-01','2020-01-01')
    .filter(ee.Filter.eq('WRS_PATH',164))
    .filter(ee.Filter.eq('WRS_ROW',35));
```

در کد بالا تمام تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ تصحیح شده برای بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۰ شهر تهران فراخوانی شده است. هدف آن است که به طور خودکار، دمای سطح زمین به صورت سری زمانی برای سال‌های مختلف محاسبه شود.

۳) محاسبه دمای سطح زمین

با توجه به اینکه در مرحله قبلی، مجموعه‌ای از تصاویر لندست برای چند سال فراخوانی شد، لازم است برای محاسبه دمای سطح زمین برای هر یک از آن‌ها از توابع استفاده شود. در این مرحله، به تابعی نیاز داریم که تک تک تصاویر ورودی مرحله پیش را بخواند و سپس، دمای سطح زمین را برای هریک (مانند کد زیر) محاسبه کند.

```
var lst_function = LC8.map(function(img){
    var ms = img.select('B[2-7]');
    var clipms = ms.clip(geometry);
    var ref = clipms.multiply(0.0001);
    var ndvi = ref.normalizedDifference(['B5','B4']);

    var lse = ndvi.expression('1.009 + 0.047 * log(ndvi)',{ 'ndvi':ndvi });
    var emissivity1 = ndvi.where(ndvi.lt(-0.185),0.995);
```



```

var emissivity2 = emissivity1.where(ndvi.gte(-0.185).and(ndvi.lt(0.157)),0.985);
varemissivity3=emissivity2.where(ndvi.gte(0.157).and(ndvi.lte(0.727)),lse);
var emissivity4 = emissivity3.where(ndvi.gt(0.727),0.990);

var tir = img.select('B10');
var tirclip = tir.clip(geometry);
var bt = tirclip.multiply(0.1);

var lst=emissivity4.expression('(bt)/(1+(bt*10.895)/(14380.0))*log(e))',
  {'bt':bt,'e':emissivity4});

var lstcel = lst.subtract(273.15);
return lstcel.rename('LST')
  .copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end']); });

```

در کد بالا با استفاده از تابع `lst_function`، ابتدا تصویر چندطیفی (باندهای ۱ تا ۷) انتخاب و ضریب آن (برای تبدیل به مقادیر بازتاب سطحی) اعمال می‌شود و سپس، شاخص `ndvi` محاسبه می‌گردد. از شاخص `ndvi` در مرحله محاسبه گسیل مندی (متغیر `lse`) استفاده می‌شود. تصویر گسیل مندی بر اساس دامنه مقادیر تعریف شده در تصویر `ndvi` و اعمال ضرایب ثابت آن تشکیل می‌شود. متغیرهای ۴-`emissivity1` برای تعریف این دامنه‌ها و اعمال ضرایب ثابت گسیل مندی ایجاد شده‌اند. در این متغیرها، تابع `where` شرایطی را فراهم می‌کند تا برای هر دامنه مقادیر عددی یک ضریب ثابت اعمال شود. در گام بعدی، باند ۱۰ به عنوان باند مبنای حرارتی انتخاب شده است. سپس، با اعمال ضریب ۰/۱ تصویر دمای درخشندگی ایجاد می‌گردد. در نهایت، دمای سطح زمین با استفاده از تصویر گسیل مندی و دمای درخشندگی با استفاده از متغیر `lst` محاسبه می‌شود. واحد دمای محاسبه شده سطح زمین، کلوین است که با استفاده از متغیر `lstcel` به درجه سلسیوس تبدیل می‌شود.

توجه

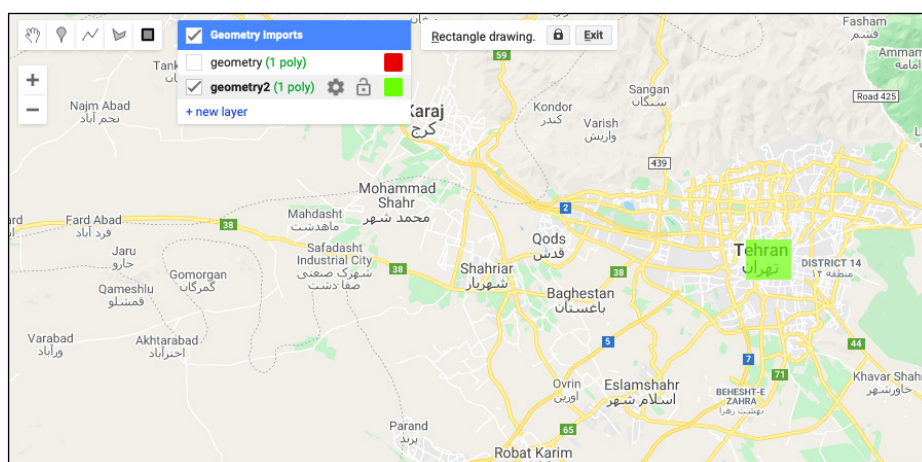
ضرایب ۰/۰۰۰۱ و ۰/۱ بر اساس راهنمای گوگل ارث انجین برای این مجموعه داده‌ها



تعریف شده است. در حقیقت، برای پروداکت تصحیح اتمسفری شده لندست، بازتاب سطحی برای باندهای بازتابی و دمای درخشندگی برای باندهای حرارتی از قبل محاسبه می‌شود و با اعمال ضرایب مذکور، تصاویر در دامنه عددی اصلی خود قرار می‌گیرند.

۴) نمودار سری زمانی تغییرات دمای سطح زمین

تا این مرحله، دمای سطح زمین برای تصاویر سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۰ محاسبه شد. در این مرحله هدف آن است که نمودار سری زمانی تغییرات برای بخشی از شهر تهران محاسبه شود. برای این کار لازم است بخشی از شهر تهران را با استفاده از بخش geometry import به صورت نقطه‌ای یا پلی‌گونی تعریف کنید. برای مشخص کردن این منطقه باید با استفاده از new layer در geometry imports یک لایه وکتوری جدید ایجاد گردد (شکل ۸۵).

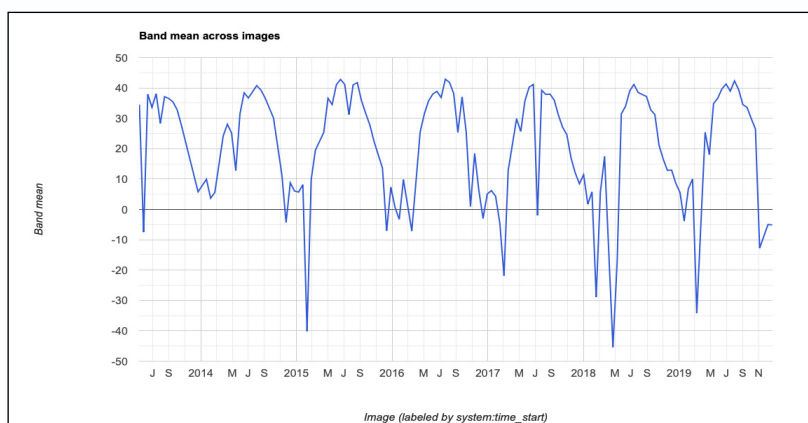


شکل ۸۵- تعیین منطقه مورد مطالعه

سپس، با استفاده از کد زیر، میانگین تغییرات دمای سطح زمین برای منطقه مشخص شده در شهر تهران محاسبه می‌شود.

```
print(ui.Chart.image.series(
    1st_function, geometry2, ee.Reducer.mean(), 30,
    'system:time_start'))
```

در شکل ۸۶، نمودار تغییرات دمای سطح زمین را که با استفاده از تصاویر لندست برای بازه زمانی ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۰ ترسیم شده است، مشاهده می‌کنید. با استفاده از دستورالعمل بخش‌های قبلی می‌توانید فایل اکسل آن را ذخیره کنید.



شکل ۸۶- سری زمانی تغییرات دمای سطح زمین

۵) سری زمانی رستری تغییرات دمای سطح زمین

در بخش قبلی، با روش تولید نمودار تغییرات دمای سطح زمین آشنا شدید. در این مرحله، برای ذخیره‌سازی هر یک از تصاویر دمای سطح زمین در قالب یک مجموعه داده، از کد زیر استفاده می‌شود. در کد زیر، بازه زمانی یک ساله برای تولید تصاویر رستری در نظر گرفته شده است. شما می‌توانید از همین کد برای بازه‌های زمانی طولانی‌تر نیز استفاده کنید؛ زیرا در این زمینه، از نظر فنی و علمی، محدودیتی وجود ندارد.

```
var LC8 = imageCollection
  .filterBounds(geometry)
  .filterDate('2014-01-01','2015-01-01')
  .filter(ee.Filter.eq('WRS_PATH',164))
  .filter(ee.Filter.eq('WRS_ROW',35));

var lst_function = LC8.map(function(img){
  var id = img.id();

  var ms = img.select('B[2-7]');
  var clipms = ms.clip(geometry);
  var ref = clipms.multiply(0.0001);
```



```
var ndvi = ref.normalizedDifference(['B5','B4']);

var lse = ndvi.expression('1.009 + 0.047 * log(ndvi)', {'ndvi':ndvi});
var emissivity1 = ndvi.where(ndvi.lt(-0.185),0.995);
var emissivity2 = emissivity1.where(ndvi.gte(-0.185).and(ndvi.lt(0.157)),0.985);
var emissivity3=emissivity2.where(ndvi.gte(0.157).and(ndvi.lte(0.727)),lse);
var emissivity4 = emissivity3.where(ndvi.gt(0.727),0.990);

var tir = img.select('B10');
var tirclip = tir.clip(geometry);
var bt = tirclip.multiply(0.1);

var lst=emissivity4.expression('(bt)/(1+((bt*10.895)/(14380.0))*log(e))',
    {'bt':bt,'e':emissivity4});

var lstcel = lst.subtract(273.15);
return lstcel.rename('LST')
    .rename(id) })
    .toBands();
```

کد بالا از نظر محاسباتی دقیقاً همان `lst-function` است. با این تفاوت که ابتدا `id` هریک از تصاویر ورودی گرفته شده و سپس، با استفاده از دستور `rename` به هریک از تصاویر دمای سطح زمین منتسب شده است؛ چرا که در این مرحله هدف آن است که تمام تصاویر محاسبه شده با دستور `tobands`، در یک مجموعه داده تجمیع شوند.

۶) ذخیره‌سازی

برای ذخیره‌سازی مجموعه داده محاسبه شده، از دستور `export image` استفاده می‌شود. پیش‌تر نیز درباره عملکرد این دستور در فرایند ذخیره‌سازی نتایج توضیح داده شد، اما در کد زیر، یک پارامتر به نام `crs` به آن اضافه شده که مانع ایجاد خطای هندسی در خروجی‌ها می‌شود.



```
Export.image.toDrive({
  image: lst_function,
  description: 'landsat_lst',
  scale: 30,
  region: geometry,
  maxPixels: 1e13,
  crs: 'EPSG:4326'});
```

همان طور که در کد بالا مشخص است، برای جلوگیری از خطای هندسی و تغییر مختصاتی تصاویر محاسبه شده از پارامتر crs استفاده شده است. در صورتی که برای تمام داده‌های خروجی، این پارامتر و کد آن (EPSG:4326) وارد شود، از نظر هندسی و مختصاتی، خطایی در داده‌های خروجی رخ نخواهد داد.

۷ ذخیره‌سازی به همراه تاریخ

اگر بخواهید تصاویر ذخیره شده با تاریخ گرفتن هر یک از آن‌ها نام‌گذاری شود، باید از کد زیر استفاده کنید. فراموش نکنید که این کد، داده‌های خروجی را جداگانه (نه در قالب یک مجموعه واحد) به همراه تاریخ گرفتن آن‌ها ذخیره می‌کند. با توجه به اینکه فرمت تصاویر خروجی tif است، تنها راه ذخیره‌سازی هر تصویر با عنوان تاریخ همین شیوه است؛ چرا که نام باندها در مجموعه داده‌های tif قابل تغییر نیست و ناچار به ذخیره‌سازی جداگانه خواهیم بود.

```
var lst_function = LC8.map(function(img){
  var ms = img.select('B[2-7]');
  var clipms = ms.clip(geometry);
  var ref = clipms.multiply(0.0001);
  var ndvi = ref.normalizedDifference(['B5', 'B4']);

  var lse = ndvi.expression('1.009 + 0.047 * log(ndvi)', {'ndvi': ndvi});
  var emissivity1 = ndvi.where(ndvi.lt(-0.185), 0.995);
  var emissivity2 = emissivity1.where(ndvi.gte(-0.185).and(ndvi.
    lt(0.157)), 0.985);
  var emissivity3 = emissivity2.where(ndvi.gte(0.157).and(ndvi.
```




```

lte(0.727)),lse);
var emissivity4 = emissivity3.where(ndvi.gt(0.727),0.990);

var tir = img.select('B10');
var tirclip = tir.clip(geometry);
var bt = tirclip.multiply(0.1);

var lst = emissivity4. expression('(bt)/( 1 + ( (bt * 10.895)/
(14380.0) ) * log(e))',
  {'bt':bt,'e':emissivity4});

var lstcel = lst.subtract(273.15);
return lstcel.rename('LST')
.copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end'])); });

var lst_dataset= lst_function.toList(lst_function.size());
var i;

for (i = 0; i < lst_function.size().getInfo(); i++) {
  var c_dataset= ee.Image(lst_dataset.get(i));
  c_dataset= c_dataset.clip(geometry);

Export.image.toDrive({
  image: c_dataset,
  description: c_dataset.get('system:index').getInfo(),
  scale: 30,
  region: geometry,
  crs : 'EPSG:4326',
  maxPixels: 1e13,
  fileFormat: 'GeoTIFF',
  formatOptions: {cloudOptimized: true} });

```



پس از ران کردن کد، تصاویر l1t محاسبه شده به همراه تاریخ اخذ آن در پنل سمت راست (بخش task) نمایش داده می‌شود. حالا می‌توانید تصاویر را پشت سر هم و جداگانه، براساس عنوان تاریخ دار، در گوگل درایو ذخیره کنید (شکل ۸۷).

Inspector	Console	Tasks
LC08_164035_20140818		RUN
LC08_164035_20140802		RUN
LC08_164035_20140717		RUN
LC08_164035_20140701		RUN
LC08_164035_20140615		RUN
LC08_164035_20140530		RUN
LC08_164035_20140514		RUN
LC08_164035_20140428		RUN
LC08_164035_20140412		RUN
LC08_164035_20140327		RUN
LC08_164035_20140223		RUN
LC08_164035_20140207		RUN

شکل ۸۷- ذخیره سازی تصاویر بر ساس تاریخ اخذ

۸) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام landsat_l1t_14 به فایل های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

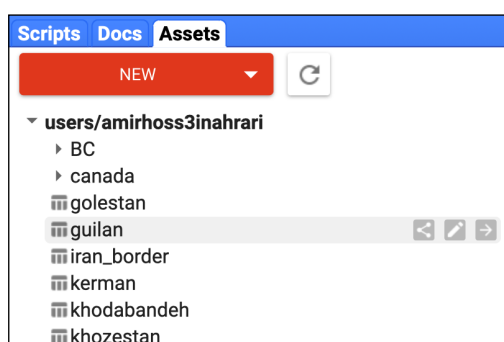
تولید نقشه کاربری: ترکیب لندست و مادیس

در بخش های قبلی، روش تولید نقشه کاربری اراضی لندست با دو روش متفاوت آموزش داده شد. در این مرحله، هدف آن است که با تولید نقشه کاربری اراضی به شیوه ترکیب تصاویر لندست و پروداکت کاربری اراضی سنجنده مادیس آشنا شوید. در این روش، کلاس ها و نمونه های مربوط به آن از طریق پروداکت کاربری اراضی مادیس تعیین می شوند، اما دقت نقشه تولید شده در حد تصاویر لندست خواهد بود. در این طرح، عملاً با روش استفاده ترکیبی از داده های لندست و مادیس برای تولید نقشه های دقیق تر آشنا خواهید شد.



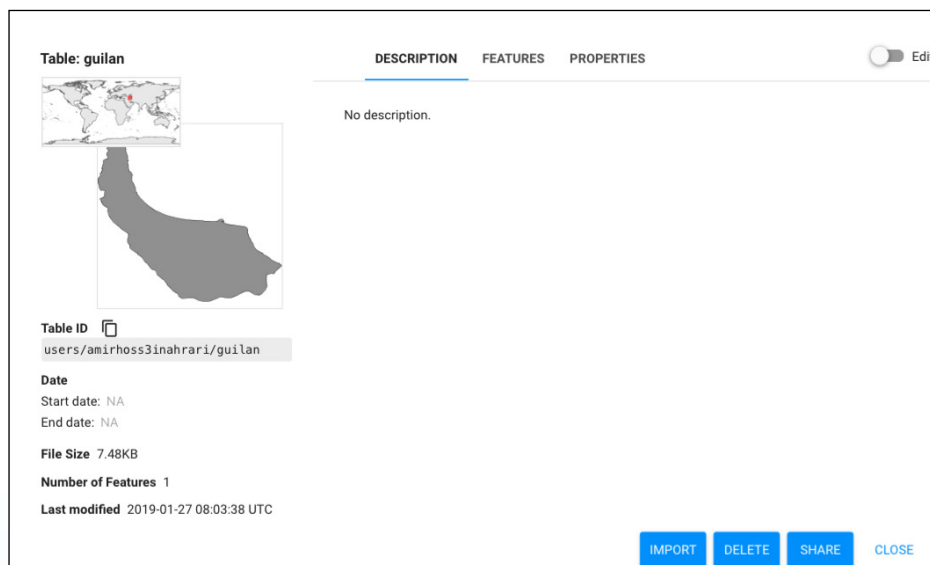
۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این آموزش، استان گیلان است. در طرح‌های قبلی نقشه کاربری استان گیلان، به عنوان منطقه مورد مطالعه، تولید شد. در این طرح نیز همان منطقه انتخاب می‌شود. یکسان‌سازی مناطق مورد مطالعه در این زمینه، امکان مقایسه بهتر نتایج را با روش‌های گوناگون فراهم می‌کند. با توجه به اینکه قبلاً شیپ‌فایل گیلان از گوگل ارث انجین آپلود شده است، اکنون در پنل سمت چپ وارد بخش assests شوید و روی شیپ‌فایل guilan کلیک کنید (شکل ۸۸).



شکل ۸۸ - ذخیره‌سازی تصاویر بر اساس تاریخ اخذ

سپس، صفحه جدیدی باز می‌شود که در آن مشخصات شیپ‌فایل ورودی نمایش داده شده است. روی گزینه import کلیک کنید تا وارد کد شود (شکل ۸۹).



شکل ۸۹ - مشخصات لایه وکتوری



با استفاده از کدهای زیر، موقعیت نقشه گوگل را بر اساس شیپ‌فایل ورودی تنظیم کرده، آن را نمایش دهید.

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```

۲) فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای

در این مرحله، هریک از تصاویر لندست و پروداکت کاربری مادیس جداگانه فراخوانی می‌شوند. در این طرح هدف آن است که نقشه کاربری اراضی لندست، برای سال ۲۰۱۸، با استفاده از پروداکت کاربری اراضی مادیس تولید شود. ابتدا با استفاده از بخش جستجوی داده‌ها در code editor ارث‌انجین، تصاویر بازتاب سطحی لندست ۸ را فراخوانی و آن را با استفاده از گزینه import وارد کد کنید. در این بخش، می‌توانید به جای عبارت image collection کلمه landsat را تایپ کنید (شکل ۹۰).



شکل ۹۰- اضافه کردن تصاویر ماهواره‌ای به داخل کد

سپس، با استفاده از کد زیر یک تصویر کم‌ابری لندست متشکل از باندهای بازتابی، حرارتی و شاخص‌های طیفی ndvi و ndwi تولید می‌شود.

```
var lc8 = landsat

.filterBounds(table)

.filterDate('2018-01-01', '2019-01-01')

.filter(ee.Filter.lt('CLOUD_COVER', 10))

.map(function(img){

  var ms = img.select('B[2-7]').multiply(0.0001).clip(table);

  var tir = img.select('B10').multiply(0.1).clip(table);

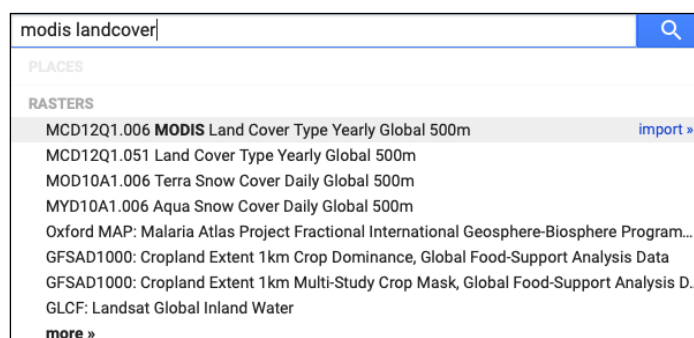
  var ndvi = ms.normalizedDifference(['B5', 'B4']).rename('ndvi');

  var ndwi = ms.normalizedDifference(['B2', 'B7']).rename('ndwi');
```

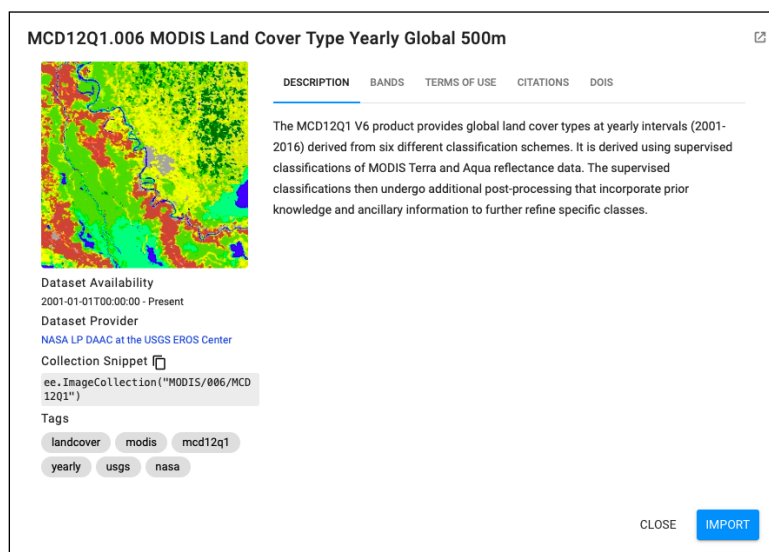


```
return ms.addBands(tir).addBands(ndvi).addBands(ndwi)
    .copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end']); })
.median();
```

در گام بعدی، پروداکت کاربری (پوشش اراضی) سنجنده مادیس را در بخش جستجوی داده‌ها پیدا کرده و آن را وارد کد نمایید (شکل‌های ۹۱ و ۹۲).



شکل ۹۱- جستجوی پروداکت کاربری اراضی سنجنده مادیس



شکل ۹۲- مشخصات پروداکت کاربری اراضی سنجنده مادیس

اکنون نام پروداکت وارد شده در پنل وسط را به modis_lulc تغییر دهید (شکل ۹۳).



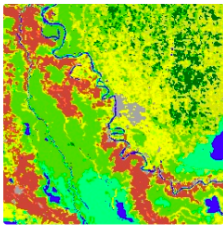
شکل ۹۳- تغییر نام پروداکت فراخوانی شده

در مرحله بعد، با استفاده از کد زیر، فیلترهای زمانی مکانی و نوع نقشه موردنظر تعیین می‌شود.

```
var modis = modis_lulc
.modis.filterDate('2018-01-01','2019-01-01')
.modis.filterBounds(table)
.modis.select('LC_Type2')
.modis.toBands()
.modis.clip(table);
```

پروداکت پوشش اراضی سنجنده مادیس حاوی نقشه‌هایی با استانداردهای مختلف است که در شکل ۹۴ نمایش داده شده است. با این حال، نقشه LC_Type2 بر استاندارد دانشگاه مریلند مبتنی است و تنوع کلاس مطلوبی دارد. معمولاً در طرح‌های مختلف از LC_Type1 و LC_Type2 استفاده می‌شود. شما نیز متناسب با کاربرد موردنظر خود می‌توانید یکی از آن‌ها را انتخاب کنید.

MCD12Q1.006 MODIS Land Cover Type Yearly Global 500m



Dataset Availability
2001-01-01T00:00:00 - Present

Dataset Provider
NASA LP DAAC at the USGS EROS Center

Collection Snippet
`ee.ImageCollection("MODIS/006/MCD12Q1")`

Tags
landcover modis mcd12q1 yearly usgs nasa

DESCRIPTION BANDS TERMS OF USE CITATIONS DOIS

Bands Table

Name	Description	Min	Max	Units
LC_Type1	Land Cover Type 1: Annual International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) classification			
LC_Type2	Land Cover Type 2: Annual University of Maryland (UMD) classification			
LC_Type3	Land Cover Type 3: Annual Leaf Area Index (LAI) classification			
LC_Type4	Land Cover Type 4: Annual BIOME-Biogeochemical Cycles (BGC) classification			
LC_Type5	Land Cover Type 5: Annual Plant Functional Types classification			

CLOSE IMPORT

شکل ۹۴- نقشه‌های طبقه‌بندی شده پروداکت کاربری اراضی

۳) بصری‌سازی تصاویر

تا این مرحله، تصاویر لندست و پروداکت کاربری مادیس فراخوانی شد. برای بصری‌سازی هر یک، از کدهای زیر استفاده می‌شود:

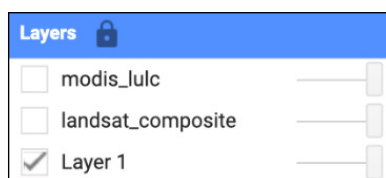


```
Map.addLayer(lc8,[],'landsat_composite',false);
```

```
var vis = {min: 0, max:15, palette:['1c0dff', '05450a', '086a10', '54a708',  
'78d203',  
'009900','c6b044','dcd159','dade48','fbff13','b6ff05','27ff87',  
'c24f44', 'a5a5a5', 'ff6d4c','f9ffa4']};
```

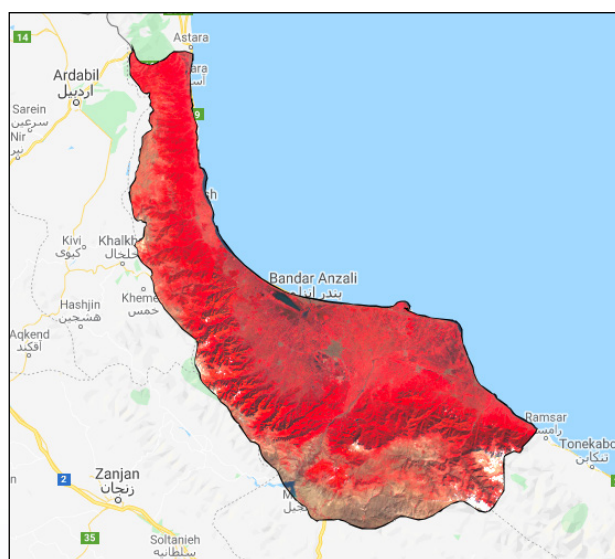
```
Map.addLayer(modis,vis,'modis_lulc',false);
```

در کد بالا، عبارت false در دستور addlayer باعث می‌شود پس از اجرای کد، نقشه‌ها بلافاصله نمایش داده نشود. اگر کاربر تیک نمایش تصاویر را در بخش layers فعال کند، نقشه‌ها نمایش داده می‌شوند (شکل ۹۵).

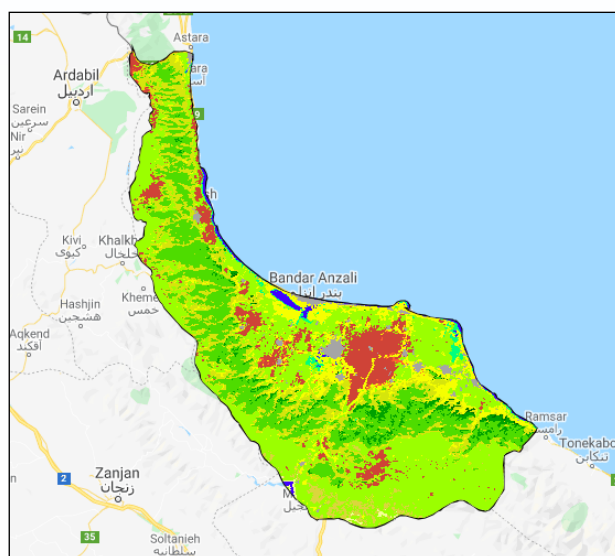


شکل ۹۵- لایه‌های نمایشی

نمای بصری تصویر لندست و پروداکت مادیس در شکل‌های ۹۶ و ۹۷ قابل مشاهده است.

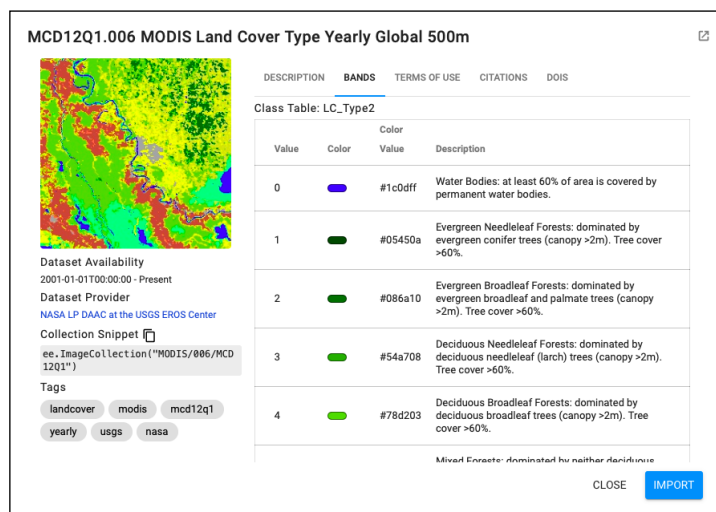


شکل ۹۶- تصویر ترکیب باند کاذب



شکل ۹۷- پروداکت کاربری اراضی سنجنده مادیس

نقشه کاربری LC_Type2 که براساس استاندارد دانشگاه مریلند تولید شده، از ۱۶ کلاس تشکیل شده است. اگر در صفحه توضیحات این پروداکت، وارد بخش bands شوید، اطلاعات مربوط به هریک از کلاس‌ها (اعم از رنگ و توضیحات آن) به‌طور کامل نمایش داده شده است (شکل ۹۸).



شکل ۹۸- مشخصات کلاس‌های پروداکت کاربری اراضی

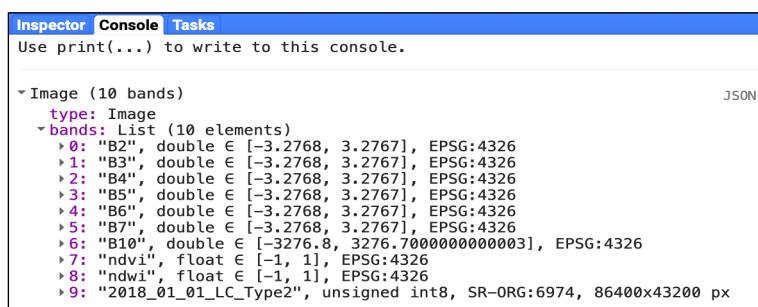
۴) ترکیب تصاویر

برای ترکیب تصاویر لندست و پروداکت مادیس از کد زیر استفاده می‌شود:



```
var cross = ee.Image.cat([lc8, modis]);
print(cross)
```

تا این مرحله، مجموعه داده‌ای که با متغیر cross ساخته شده، از باندهای چندطیفی، حرارتی، شاخص‌های طیفی و پروداکت کاربری مادیس تشکیل شده است (شکل ۹۹).



شکل ۹۹- محتویات مجموعه داده ورودی طبقه‌بندی

۵) طبقه‌بندی

پس از آماده‌سازی تصاویر ماهواره‌ای ورودی، نوبت به آغاز فرایند طبقه‌بندی می‌رسد. همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره شد، در این فرایند هدف آن است که پروداکت کاربری سنجنده مادیس، مبنای تعداد کلاس‌ها و نمونه‌های برداشتی باشد. بر این اساس، برای برداشت خودکار نمونه‌های هریک از کلاس‌ها از کد زیر استفاده می‌شود:

```
var training = cross.stratifiedSample({
  numPoints: 300,
  classBand: '2018_01_01_LC_Type2',
  region: table,
  scale: 30});
```

در کد بالا، برای هریک از ۱۶ کلاس موجود، ۳۰۰ نمونه برداشت می‌شود. مبنای کلاس‌ها، باند LC_Type2 در نظر گرفته شده است. منطقه مورد مطالعه معادل شیپ‌فایل استان گیلان (با نام table مشخص شده است) و مقیاس نیز معادل توان تفکیک مکانی تصویر ماهواره‌ای لندست (۳۰ متر) است.

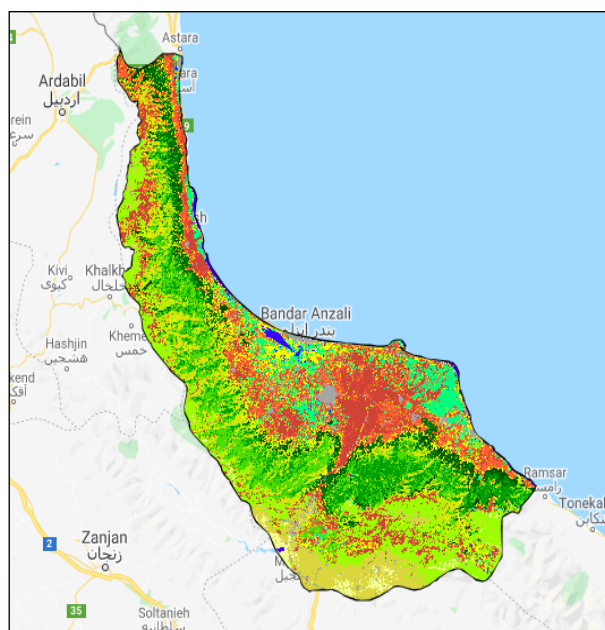
سپس، باید الگوریتم طبقه‌بندی کننده مشخص شود؛ بدین منظور، الگوریتم random forest، مبنای طبقه‌بندی قرار می‌گیرد. در کد زیر، الگوریتم طبقه‌بندی به همراه نمونه‌های هریک از کلاس‌ها، مبنای کلاس‌ها و باندهای ورودی در طبقه‌بندی مشخص شده‌اند.

```
var classifier = ee.Classifier.smileRandomForest(80)
  .train({
    features: training,
    classProperty: '2018_01_01_LC_Type2',
    inputProperties: ['B2', 'B3', 'B4', 'B5', 'B6', 'B7', 'ndvi', 'ndwi'] });
```

در کد بالا، تعداد شاخه‌های الگوریتم جنگل تصادفی، ۸۰ در نظر گرفته شده است. معمولاً با افزایش تعداد شاخه‌ها، دقت طبقه‌بندی افزایش پیدا می‌کند، با این حال، عدد تعیین شده در این مرحله به صورت تجربی تعریف شده است. در مرحله بعدی، طبقه‌بندی بر اساس پارامترهای تعیین شده، بر تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ اعمال می‌شود.

```
var classified = lc8.classify(classifier);
Map.addLayer(classified, vis, 'landsat_lulc', false);
```

نتیجه حاصل از اجرای طبقه‌بندی (نقشه ۱۶ کلاسه حاصل از تصاویر لندست) در شکل ۱۰۰ نشان داده شده است.



شکل ۱۰۰- نقشه طبقه‌بندی شده ماهواره لندست

در کد بالا، میزان تطابق نمونه‌های آزمون و هریک از کلاس‌های ایجادشده سنجیده شده است. نتیجه حاصل از این اعتبارسنجی، را در شکل ۱۰۱ می‌بینید.



مادیس با استفاده از تصاویر لندست است. به عبارت دیگر، نقشه تولیدشده همان پروداکت کاربری مادیس است که توان تفکیک مکانی آن افزایش یافته است. برای اعتبارسنجی دقیق‌تر باید دقت نقشه تولیدشده، با استفاده از نمونه‌های جدید (نه نمونه‌های ورودی در طبقه‌بندی) و مقایسه با پروداکت اصلی کاربری مادیس ارزیابی شود. بدین منظور، لازم است نمونه‌های جدیدی بر اساس مرجع طبقه‌بندی (پروداکت کاربری مادیس) برداشت شود. برای برداشت نمونه‌های اعتبارسنجی از کد زیر استفاده می‌شود:

```
var training = cross.stratifiedSample({
  numPoints: 100,
  classBand: '2018_01_01_LC_Type2',
  region: table,
  scale: 30,
  seed: 1});
```

بر اساس کد بالا، ۱۰۰ نمونه با توزیع مکانی جدید (seed:1) برای هر یک از ۱۶ کلاس طبقه‌بندی برداشت می‌شود. سپس، با استفاده از این نمونه‌ها، طبق کد زیر، طبقه‌بندی جدیدی انجام می‌گیرد:

```
var validated = training.classify(classifier);
```

در گام بعدی، برای اعتبارسنجی نقشه تولیدشده، میزان تناسب و سازگاری آن با پروداکت کاربری مادیس سنجیده و به دنبال آن، ماتریس خطاها، دقت کلی و ضریب کاپا محاسبه می‌شود.

```
var testAccuracy = validated.errorMatrix('2018_01_01_LC_Type2',
  'classification');
print('Validation error matrix: ', testAccuracy);
print('Validation overall accuracy: ', testAccuracy.accuracy());
print('Validation kappa coefficient: ', testAccuracy.kappa());
```

نتیجه حاصل از این اعتبارسنجی در شکل ۱۰۲ نشان داده شده است.



Validation error matrix:	JSON
▼ List (16 elements)	JSON
‣ 0: [75,0,0,0,0,0,0,1,0,4,0,8,0,2,5,5]	
‣ 1: [0,75,10,0,6,3,0,0,1,1,1,0,0,0,3,0]	
‣ 2: [0,18,59,0,5,4,0,0,7,2,0,0,0,1,4,0]	
‣ 3: [0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0]	
‣ 4: [0,8,11,0,20,33,0,0,25,0,0,2,0,0,1,0]	
‣ 5: [0,8,14,0,25,36,0,0,14,0,0,2,0,0,1,0]	
‣ 6: [0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0]	
‣ 7: [0,0,0,0,0,0,0,75,0,1,6,0,0,6,0,12]	
‣ 8: [1,5,13,0,24,11,0,0,28,3,4,1,3,0,7,0]	
‣ 9: [3,5,4,0,1,1,0,0,10,18,12,7,16,7,13,3]	
‣ 10: [1,3,0,0,3,0,0,0,10,5,4,35,11,19,1,4,4]	
‣ 11: [13,1,1,0,0,0,0,0,0,8,4,49,9,9,5,1]	
‣ 12: [1,1,0,0,0,0,0,0,4,9,14,4,44,5,18,0]	
‣ 13: [2,1,0,0,0,0,0,0,10,2,8,6,7,10,39,10,5]	
‣ 14: [0,2,2,0,1,0,0,0,14,11,5,5,11,6,43,0]	
‣ 15: [8,0,0,0,0,0,0,0,17,0,1,1,1,0,2,0,70]	
Validation overall accuracy:	JSON
0.4757142857142857	
Validation kappa coefficient:	JSON
0.4353846153846153	

شکل ۱۰۲- ماتریس خطای اعتبارسنجی

نتایج به دست آمده در شکل ۱۰۲، دقتی حدود ۵۰ درصد را نشان می‌دهد؛ یعنی دقت مورد انتظار برای نقشه کاربری downscale سنجنده مادیس معادل ۵۰ درصد دقت نقشه مرجع آن است. راهکارهای مختلفی برای افزایش دقت نتایج وجود دارد، از جمله: تغییر در الگوریتم طبقه‌بندی، افزایش تنوع داده‌های ورودی و.... برای مثال، می‌توان با استفاده از افزایش تنوع داده‌های ورودی، مانند استفاده از ndvi ماهیانه، کیفیت و دقت نقشه طبقه‌بندی شده را افزایش داد. گفتنی است این راهکار، جزو روش‌هایی است که سامانه گوگل ارث انجین برای افزایش جزئیات مکانی پروداکت کاربری اراضی سنجنده مادیس پیشنهاد کرده است.

۷) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام landsat_modis_landcover_15 به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>



تبدیل تصاویر لندست با روش اختلاط‌زدایی طیفی

روش‌های تبدیل تصاویر ماهواره‌ای، امکان تفکیک‌پذیری طیفی بین پوشش‌های مختلف سطح زمین را افزایش می‌دهد. در این بخش، یکی از شیوه‌های مهم تبدیلات تصاویر ماهواره‌ای به نام unmixing را می‌آموزید. با استفاده از این روش، امکان تشخیص طیفی دقیق‌تر پدیده‌های قابل مشاهده در تصویر فراهم می‌شود. این روش برای مناطقی که ساختار پیچیده‌ای دارند و تعداد پیکسل‌های مخلوط در آن‌ها زیاد است، کاربرد دارد. بازتاب حاصل از یک پیکسل مخلوط، تابعی از پوشش‌های داخل آن است که با روش اختلاط‌زدایی قابل جداسازی است و امکان شناسایی و تفکیک دقیق‌تر پوشش‌ها را فراهم می‌کند.

(۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

در این بخش، حوضه دریاچه ارومیه به منزله منطقه مورد مطالعه انتخاب شده است. دلیل انتخاب این منطقه آن است که پوشش‌های متنوعی دارد. پس از ایجاد فایل کد، لایه وکتوری حوضه دریاچه ارومیه را بر اساس دستورالعمل‌هایی که در بخش‌های قبلی آموختید، فراخوانی کنید. بعد، با استفاده از کدهای زیر موقعیت زوم نقشه گوگل را متناسب با منطقه مورد مطالعه تنظیم کنید و سپس، لایه برداری منطقه مورد مطالعه را نمایش دهید.

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```

(۲) فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای

برای اختلاط‌زدایی طیفی باید از تصاویر تصحیح اتمسفری شده استفاده شود. روشی که در این بخش ارائه می‌شود، برای تمام تصاویر ماهواره‌ای با توان تفکیک مکانی متوسط، چون لندست و سنتینل (به شرط تصحیح اتمسفری بودن تصاویر) قابل استفاده است. بر همین اساس، در این بخش برای انجام پردازش‌ها از تصاویر لندست ۸ بازتاب سطحی استفاده می‌شود. در کد زیر، تصاویر فراخوانی شده و پیش پردازش‌های لازم آن نمایش داده شده است:

```
var landsat = ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C01/T1_SR")
```

```
.filterDate('2019-01-01','2020-01-01')
```

```
.filter(ee.Filter.lt('CLOUD_COVER',10))
```

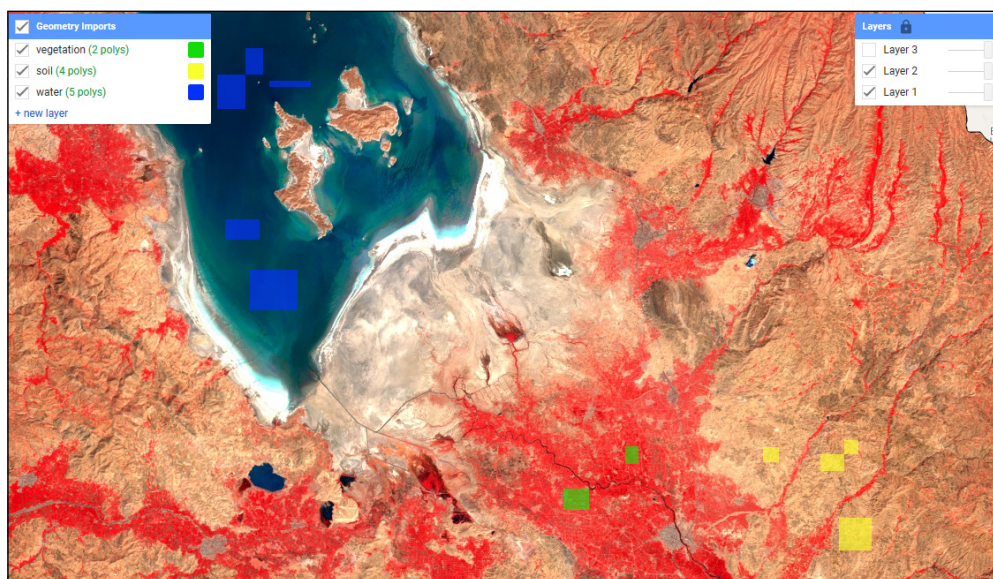
```
.filterBounds(table)
```

```
.map(function(img){
  var bands = img.select('B[1-7]').multiply(0.0001).clip(table);
  return bands.copyProperties(img,['system:time_start','system:time_
end','system:index']);}).median();
```

در کد بالا، باندهای چندطیفی (۱ تا ۷) تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ تصحیح اتمسفری شده برای سال ۲۰۱۹ که ابر کمتر از ۱۰ درصد دارند، فرخوانی و سپس میانه آن‌ها محاسبه شده است. این تصویر قرار است مبنای اختلاط‌زدایی طیفی در مرحله بعدی قرار گیرد.

۳) برداشت نمونه‌ها

در محاسبه اختلاط‌زدایی طیفی لازم است پوشش‌های مورد نظر انتخاب شوند. این کار، از طریق نمونه‌برداری انجام می‌شود. در بخش‌های قبلی روش برداشت نمونه‌ها با ابزار geometry import آموزش داده شد. برداشت نمونه باید برای سه پوشش آب، خاک و پوشش گیاهی انجام شود. توجه داشته باشید که لازم نیست نمونه‌های زیادی برداشت شود، بلکه برداشت چند نمونه برای هر پوشش کافی است (شکل ۱۰۳). گفتنی است نمونه‌های برداشتی در این فرایند باید کاملاً خالص باشند و اگر از پیکسل‌های مخلوط نمونه‌برداری شود، کیفیت محاسبات کاهش می‌یابد. بنابراین، برای افزایش دقت نمونه‌برداری بهتر است برداشت به صورت نقطه‌ای باشد.



شکل ۱۰۳- نمونه‌های برداشتی از پوشش‌های آب، خاک و گیاه برای اختلاط‌زدایی طیفی



۴) استخراج مقادیر

بعد از انتخاب نمونه‌ها لازم است میانگین بازتابی آن‌ها در هر یک از باندها استخراج شود تا بتوان به عنوان مبنای اختلاط‌زدایی از آن‌ها استفاده کرد. در کد زیر، روش محاسبه میانگین بازتابی در هر یک از باندها آمده است:

```
var veg = landsat.reduceRegion({reducer: ee.Reducer.mean(),
geometry:vegetation, scale: 30, maxPixels: 1e13});

var vegvalues = veg.values();
print (vegvalues, 'vegvalues');

var wat= landsat.reduceRegion({reducer: ee.Reducer.mean(), geometry:water,
scale: 30, maxPixels: 1e13});

var watervalues = wat.values();
print(watervalues, 'watervalues');

var soi = landsat.reduceRegion({reducer: ee.Reducer.mean(), geometry:soil,
scale: 30, maxPixels: 1e13});

var soilvalues = soi.values();
print(soilvalues, 'soilvalues');
```

۵) اختلاط‌زدایی طیفی

برای اعمال اختلاط‌زدایی طیفی بر اساس تصویر فراخوانی شده و نمونه‌های برداشتی از کد زیر استفاده کنید:

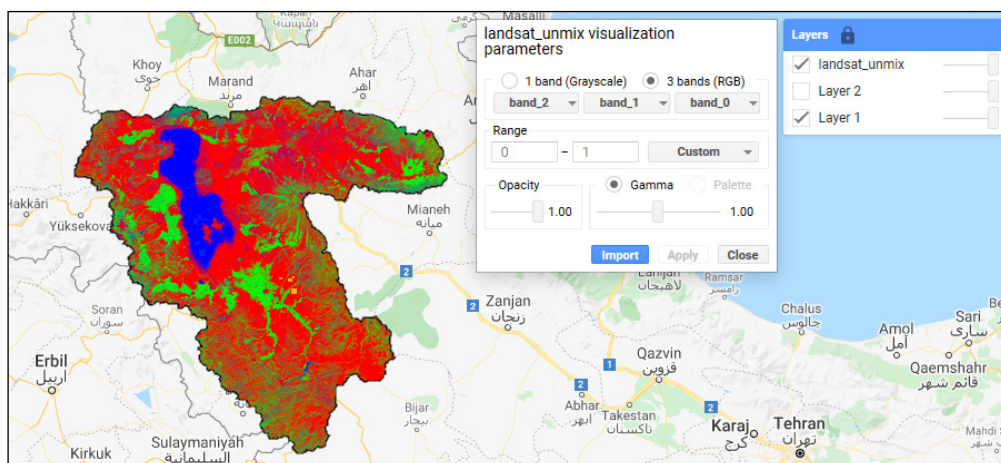
```
var unmix = landsat.unmix([watervalues, vegvalues, soilvalues],true,true);

برای نمایش خروجی حاصل از تداخل‌سنجی از کد زیر استفاده کنید:

Map.addLayer(unmix,[],'landsat_unmix',false);
```



خروجی حاصل از اختلاط‌زدایی طیفی به‌اندازه کلاس‌های انتخاب‌شده دارای باند است؛ برای مثال، در این تمرین از سه کلاس آب، خاک و پوشش گیاهی استفاده شده و تصویر unmix نیز سه باند دارد که هر یک از آن‌ها برای نمایش دادن یکی از این پوشش‌ها به شکل واضح‌تری به کار می‌رود (شکل ۱۰۴).



شکل ۱۰۴- خروجی حاصل از اختلاط‌زدایی طیفی برای سه کلاس آب، خاک و پوشش گیاهی

۷) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام landsat_unmixing_16 به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

تولید نقشه چند زمانه دریاچه ارومیه

در این بخش، شما با روش تولید نقشه چند زمانه تالاب‌ها و دریاچه‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سری لندست آشنا خواهید شد. در این بخش، روش تولید نقشه چند زمانه دریاچه ارومیه را با استفاده از ترکیب تصاویر لندست ۴۰ سال اخیر و شاخص‌های طیفی آب به شما آموزش می‌دهیم.

نقشه چند زمانه، به نقشه‌ای گفته می‌شود که در آن تغییرات مکانی در زمان‌های گوناگون،



به‌طور جداگانه، در قالب یک نقشه واحد نمایش داده می‌شود. شیوه‌های کدنویسی این بخش، به دلیل استفاده ترکیبی تصاویر ماهواره‌ای و نتایج حاصل از محاسبات آن‌ها، در کدنویسی گوگل ارث انجین از اهمیت زیادی برخوردار است.

(۱) منطقه مورد مطالعه

در این بخش، حوزه دریاچه ارومیه، به‌منزله منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شده است. گفتنی است شیوه‌ای که در این قسمت ارائه می‌شود، برای تمام پهنه‌های آبی کارایی دارد و می‌توانید از آن برای مناطق دیگر نیز استفاده کنید.

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```

(۲) فراخوانی تصاویر

در این مرحله لازم است با استفاده از کد زیر، یک تصویر میانه (بدون ابر) از سه بازه زمانی ۲۰۰۰-۱۹۸۵، ۲۰۱۳-۲۰۰۰ و ۲۰۲۱-۲۰۱۳ ایجاد شود.

```
// landsat5 : 1990 - 2000
var l51 = ee.ImageCollection("LANDSAT/LT05/C01/T1_SR")
  .filterDate('1985-01-01','2000-01-01')
  .filterBounds(table)
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUD_COVER',10))
  .select(['B[1-5]','B7'])
  .median()
  .multiply(0.0001)
  .clip(table);

print('landsat 1985 - 2000:',l51);
Map.addLayer(l51,{min:0.0591 , max:0.3451,
bands:['B4','B3','B2']},'1985-2000',false);
```




```
// landsat5 : 2000 - 2012
var l52 = ee.ImageCollection("LANDSAT/LT05/C01/T1_SR")
  .filterDate('2000-01-01','2013-01-01')
  .filterBounds(table)
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUD_COVER',10))
  .select(['B[1-5]','B7'])
  .median()
  .multiply(0.0001)
  .clip(table);

print('landsat 2000 - 2012:',l52);
Map.addLayer(l52,{min:0.0591 , max:0.3451,
bands:['B4','B3','B2']},'2000-2012',false);

// landsat8 : 2013 - 2021
var l8 = ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C01/T1_SR")
  .filterDate('2013-01-01','2021-01-01')
  .filterBounds(table)
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUD_COVER',10))
  .select(['B[2-7]'])
  .median()
  .multiply(0.0001)
  .clip(table);

print('landsat 2013 - 2021:',l8);
Map.addLayer(l8,{min:0.0591 , max:0.3451,
bands:['B5','B4','B3']},'2013-2021',false);
```

در کد بالا، برای بازه زمانی مورد نظر از تصاویر لندست ۵ و ۸ استفاده شده است. به دلیل وجود خطای راه‌راه‌شدگی در تصاویر لندست ۷، برای بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ از تصاویر لندست ۵ استفاده شده است؛ چراکه خطای راه‌راه‌شدگی دقت محاسبات را تا اندازه زیادی کاهش می‌دهد.



۳) محاسبه شاخص طیفی

اکنون لازم است شاخص آب (شاخص NDWI) برای هر یک از تصاویر میانه دریاچه ارومیه محاسبه شود.

```
// water spectral indices
var ndwi_151 = 151.normalizedDifference(['B2','B4']).
rename('ndwi_1985_2000');
Map.addLayer(ndwi_151,{min:-0.4025,max:0.4828},'ndwi_1985_2000',false);

var ndwi_152 = 152.normalizedDifference(['B2','B4']).
rename('ndwi_2000_2012');
Map.addLayer(ndwi_152,{min:-0.4025,max:0.4828},'ndwi_2000_2012',false);

var ndwi_18 = 18.normalizedDifference(['B3','B5']).
rename('ndwi_2013_2021');
Map.addLayer(ndwi_18,{min:-0.4025,max:0.4828},'ndwi_2013_2021',false);
```

۴) تولید نقشه چند زمانه

برای تولید نقشه چند زمانه به ترکیب شاخص‌های طیفی محاسبه شده در قالب یک نقشه واحد نیاز داریم که این کار با استفاده از تابع where و طبقه‌بندی درختی و شیوه‌های حد آستانه‌گذاری انجام می‌شود.

```
// multi temporal mapping
var decision0 = ndwi_151.where(ndwi_151.lte(0.1),0);
var decision1 = decision0.where(ndwi_151.gt(0.1),1);
var decision2 = decision1.where(ndwi_152.gt(0.1),2);
var decision3 = decision2.where(ndwi_18.gt(0.1),3).
rename('urmia_multitemporal_map');
```

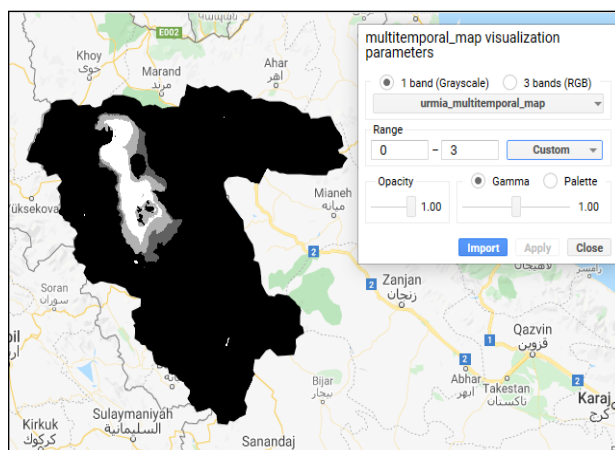
در کد بالا، ابتدا در متغیر decision0 پیکسل‌های کوچک‌تر و مساوی ۰ در تصویر شاخص آب سال ۲۰۰۰-۱۹۸۵ انتخاب و مقدار واحد ۰ به آن اختصاص داده شده است. سپس، در

متغیر decision1 در همان تصویر قبلی مقادیر بزرگ‌تر از ۰/۱ انتخاب و مقدار واحد ۱ به آن اختصاص داده شده است. در گام بعدی، در متغیر decision2 در تصویر شاخص آب سال ۲۰۱۳-۲۰۰۰ پیکسل‌های بزرگ‌تر از ۰/۱ انتخاب و مقدار واحد ۲ به آن اختصاص داده شده است. در پایان، در متغیر decision3 در تصویر شاخص آب سال ۲۰۲۱-۲۰۱۳ پیکسل‌های بزرگ‌تر از ۱/۰ انتخاب و مقدار واحد ۳ به آن اختصاص داده شده است.

(۵) نمایش تصویر

پس از تولید نقشه چند زمانه، برای نمایش بصری نتیجه آن، از کد زیر استفاده می‌شود:

```
Map.addLayer(decision3,{min:0,max:3},'multitemporal_map',false);
```



شکل ۱۰۵ - نقشه چند زمانه دریاچه ارومیه

با توجه به شکل ۱۰۵ محدوده حریم دریاچه ارومیه در سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۸۵ با مقدار عددی ۱، در سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۰۰ با مقدار عددی ۲ و در سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۱۳ با مقدار عددی ۳ مشخص شده است.

(۶) ذخیره‌سازی نتایج

برای ذخیره‌سازی نقشه چند زمانه، از کد زیر استفاده می‌شود:

```
Export.image.toDrive({
  image: decision3,
  description: 'urmia_multitemporal_map',
```



```
scale: 30,
region: geometry,
maxPixels: 1e13,
crs: 'EPSG:4326'});
```

۷) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام `multitemporal_map_17` به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

در این مرحله، طرح‌های کاربردی ماهواره لندست در گوگل ارث انجین به پایان رسید. اکنون شما می‌توانید بسیاری از پرکاربردترین پردازش‌ها را با استفاده از تصاویر لندست در گوگل ارث انجین انجام دهید. با این حال، فراموش نکنید که کدهایی که در فصول بعدی آموزش داده می‌شود، دارای شیوه‌هایی است که برای داده‌های لندست نیز قابل استفاده است. البته برعکس این موضوع نیز صادق است؛ چراکه شما در این فصل مهارت‌های بسیار مهمی را به دست آوردید که در فصول بعدی نیز به طور گسترده از آن‌ها استفاده خواهید کرد.

توجه

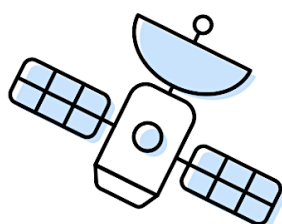
اگر درباره مطالبی که تا اینجا به شما آموزش داده شد، پرسشی دارید، در صفحه فروش کتاب «موتور مجازی پردازش تصاویر ماهواره‌ای» در وبگاه `girs` مطرح کنید.

تا اینجا شما نکات اولیه و لازم برای کار با سامانه گوگل ارث انجین را فرا گرفتید. از فصل بعد، آموزش‌ها و نکات، مرحله به مرحله آموزش داده می‌شود و نکاتی که در بخش‌های قبلی گفته شد، تکرار نخواهد شد. بنابراین، برای آنکه بتوانید مطالب بخش‌های بعدی را خوب یاد بگیرید، لازم است آموزش‌های قبلی را به طور عملی تمرین کرده باشید.



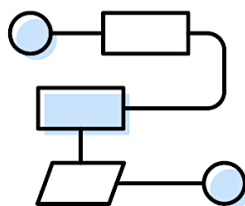
فصل سوم: ماهواره‌های سری سنتینل

شیوه‌های کاربردی برنامه‌نویسی تصاویر ماهواره‌ای سری سنتینل



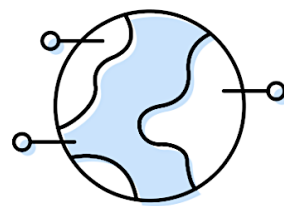
Satellite Imagery

+



Your Algorithms

+



Real World Applications

نکات آموزشی این فصل

- روش فراخوانی تصاویر سنتینل ۱، ۲، ۳ و ۵
- روش محاسبه شاخص‌های طیفی
- روش ترکیب سری زمانی تصاویر راداری و اپتیکی سنتینل
- روش تولید نقشه کشت برنج با استفاده از تصاویر سنتینل ۳
- روش شناسایی نوع کشت با استفاده از داده‌های سنتینل ۲
- روش شناسایی نوع کشت با استفاده از داده‌های راداری سنتینل ۱
- کاربرد طبقه‌بندی نظارت نشده در تولید نقشه کشت برنج
- پایش آئروسول و مونوکسید کربن جو با استفاده از داده‌های سنتینل ۵



در فصل پیش، روش‌های برنامه‌نویسی تصاویر ماهواره‌ای لندست را در سامانه گوگل ارث انجین آموختید. در این فصل، قصد داریم برنامه‌نویسی تصاویر ماهواره‌ای سنتینل را به شما آموزش دهیم. از سال ۲۰۱۴ میلادی، پروژه ماهواره‌های سری سنتینل آغاز شده و اکنون یکی از مهم‌ترین منابع تأمین‌کننده تصاویر ماهواره‌ای رایگان، در طرح‌های مختلف، در سطح جهان است. اگر قبلاً تصاویر لندست بهترین انتخاب در میان داده‌های رایگان بود، امروزه سنتینل نیز به منزله یک منبع ارزشمند در کنار لندست در طرح‌های مختلف کاربرد دارد. شماری از کدها و شیوه‌های ارائه‌شده در این فصل مشابه فصل قبلی و شماری دیگر جدید هستند. کار شما به عنوان یک کاربر سنجش از دور آن است که به کمک الگوی برنامه‌نویسی ارائه شده در این کتاب، با تصاویر ماهواره‌ای گوناگون آشنا شوید تا بتوانید مهارت لازم را در کار با سامانه ارث انجین به دست آورید.

حذف نویز تصاویر راداری سنتینل ۱

در این مرحله، هدف آن است که با روش فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۱ و روش حذف نویز اسپکل آن در سامانه ارث انجین آشنا شوید. تصاویر سنتینل ۱ در این سامانه به صورت تصحیح‌شده عرضه شده است، با این حال همچنان اثر اسپکل در داده‌های آن وجود دارد. در این بخش، شما روش فراخوانی و چگونگی رفع این اثر در داده‌های راداری را با استفاده از فیلترهای پایین گذر می‌آموزید. گفتنی است در تمام کاربردهای داده‌های راداری در سامانه گوگل ارث انجین، بهتر است ابتدا به تعدیل اثر اسپکل از روی تصاویر بپردازید.

(۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

در این بخش، زمین‌های زراعی بخش شمالی استان خوزستان به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شده است. ابتدا لایه وکتوری این استان را در گوگل ارث انجین فراخوانی و با استفاده از دستورهای زیر موقعیت نقشه گوگل را روی استان خوزستان تنظیم کنید. سپس، لایه وکتوری را نمایش دهید.

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```




۲) فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای

برای فراخوانی تصاویر سنتینل ۱ از کد زیر استفاده می‌شود. ساختار کد فراخوانی تصاویر سنتینل ۱، مانند تصاویر لندست است؛ با این تفاوت که برای هریک از تصاویر باید دو پارامتر transmitter receiver polarization و instrument mode تنظیم شوند.

```
var sen1 = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S1_GRD')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2018-01-01','2019-01-01')
  .filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation','VV'))
  .filter(ee.Filter.eq('instrumentMode','IW'))
  .select('VV');
```

در کد بالا، تمام تصاویر سنتینل ۱ برای استان خوزستان، در سال ۲۰۱۸، به همراه باند VV فراخوانی شده است. باید گفت تنها داده‌های GRDH ماهواره سنتینل ۱ در این سامانه در دسترس است و امکان کار با داده‌های SLC و پردازش‌های تداخل سنجی راداری وجود ندارد.

۳) تولید تصاویر فصلی

تصاویر میانگین فصول زمستان، بهار و تابستان با استفاده از کد زیر محاسبه می‌شود:

```
var winter = ee.Image(sen1.filterDate('2018-01-01','2018-04-01').mean()).clip(table);
var spring = ee.Image(sen1.filterDate('2018-04-01','2018-07-01').mean()).clip(table);
var summer = ee.Image(sen1.filterDate('2018-07-01','2018-10-01').mean()).clip(table);
```

۴) تبدیل دسیبل به سیگما

تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۱ در آرث انجین به صورت دسیبل است. معمولاً تصویر دسیبل برای انجام طبقه‌بندی تصاویر راداری مناسب است و تفاوت‌های کلاس‌ها را بهتر نمایش می‌دهد. با این حال، اگر بخواهید تصاویر دسیبل را به سیگمانات تبدیل کنید (واحد بازپراکنش تصاویر راداری)، به استفاده از تابع زیر نیاز خواهید داشت. فراموش نکنید که تابع



دسیبل به سیگما به صورت پیش فرض در ارث انجین موجود نیست و شما باید آن را بنویسید.

```
function toNatural(img) {return ee.Image(10.0).pow(img.select(0).divide(10.0));}
```

در کد بالا، تابع toNatural، هریک از تصاویر ورودی دسیبل را به سیگمانات تبدیل می‌کند. برای اعمال این تابع روی تصاویر فصول، از کد زیر استفاده می‌شود:

```
var winter_sigma = toNatural(winter).rename('winter');
```

```
var spring_sigma = toNatural(spring).rename('spring');
```

```
var summer_sigma = toNatural(summer).rename('summer');
```

۵) ترکیب تصاویر

پس از تبدیل رادیومتریکی تصاویر سنتینل ۱، با استفاده از کد زیر تصاویر فصلی در قالب یک مجموعه داده ترکیب می‌شوند:

```
var stack = ee.Image.cat([winter_sigma, spring_sigma, summer_sigma]);
```

۶) حذف نویز اسپیکل

پس از آماده‌سازی تصاویر از نظر رادیومتریکی و تولید مجموعه داده نهایی، لازم است با استفاده از فیلتر پایین گذر Median اثر اسپیکل در تصاویر سنتینل ۱ تعدیل شود:

```
var smoothed = stack.focal_median(30, 'circle', 'meters');
```

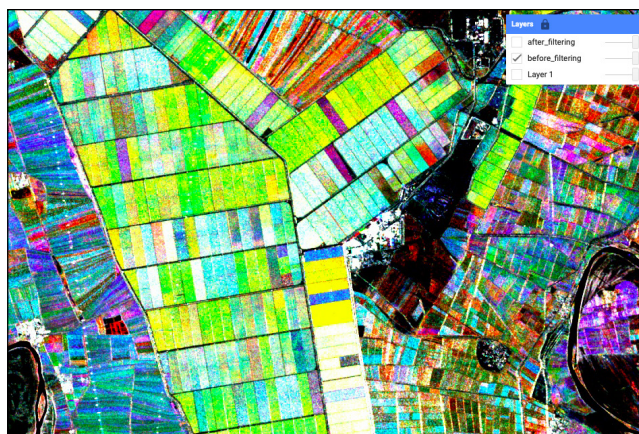
در کد بالا، فیلتر میانه (با شعاع ۳۰ متر) با استفاده از کرنل دایره‌ای روی تصاویر استک شده اعمال شده است. در دستور بالا، در صورتی که مقدار عددی شعاع افزایش داده شود، شدت اثر آن بیشتر خواهد شد.

۷) نمایش تصاویر

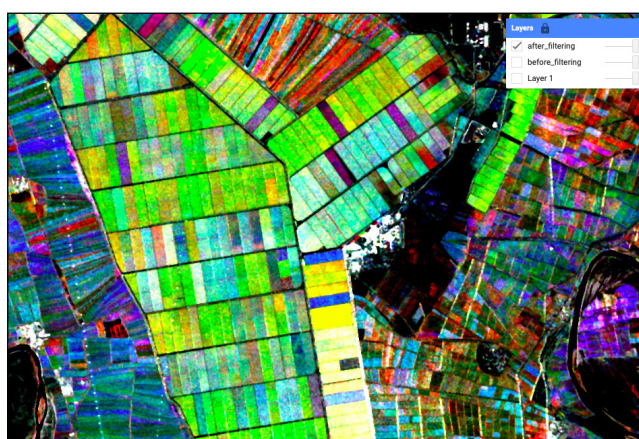
در پایان، با استفاده از دستوره‌ای زیر می‌توان تصویر قبل و بعد از فیلترینگ را از نظر بصری به خوبی با یکدیگر مقایسه کرد (شکل‌های ۱ و ۲).

```
Map.addLayer(stack, [], 'before_filtering', false);
```

```
Map.addLayer(smoothed, [], 'after_filtering', false);
```



شکل ۱- تصویر قبل از اعمال فیلتر



شکل ۲- تصویر پس از اعمال فیلتر

اثر نقاط ناشی از اسپیکل در شکل ۱ به خوبی قابل مشاهده است، اما پس از اعمال اثر فیلتر، تصویر نرم‌تر شده و اثر این ویژگی کمتر دیده می‌شود. در شکل‌های بالا، تصویر هریک از فصول به یک کانال رنگی اختصاص داده شده است و همین امر باعث شده تا محصولات مختلف در فصول گوناگون به رنگ‌های مختلفی دیده شوند. در بخش بعد، در این باره بیشتر توضیح داده می‌شود.

۸) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام `sentinel1-speckle-filtering` ۱ به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش



«نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

سری زمانی تصاویر سنتینل ۱

در این مرحله، هدف آن است که شما با ترکیب راداری فصول مختلف برای آشکارسازی محصولات کشاورزی آشنا شوید. استفاده ترکیبی داده‌های راداری به صورت سری زمانی، نقش مهمی در شناسایی کشت‌های مختلف خواهد داشت. توجه داشته باشید که امواج راداری به ویژگی‌های فیزیکی پدیده‌های مختلف از جمله ارتفاع گیاه بسیار حساس است و عدم تأثیر شرایط ابری بر تصاویر آن، امکان شناسایی هر چه بهتر نوع کشت را فراهم آورده است. همچنین، استفاده ترکیبی از داده‌های راداری و اپتیک موجب تولید نقشه‌های نوع کشت دقیق‌تری می‌شود. مهم‌ترین کاربردهای این داده‌ها عبارت‌اند از:

- تولید نقشه رطوبت خاک؛
- تولید نقشه کشاورزی؛
- تولید نقشه کاربری اراضی؛
- تولید مدل‌های رقومی زمین.

در این بخش، از داده‌های راداری سنتینل ۱ برای شناسایی کشت‌های مختلف استفاده شده است.

۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

در این بخش (مانند بخش قبل)، زمین‌های زراعی بخش شمالی استان خوزستان به عنوان منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شده است. ابتدا لایه وکتوری این استان را در گوگل ارث انجین فراخوانی و موقعیت نقشه گوگل را با استفاده از دستورهای زیر روی استان خوزستان تنظیم کنید. سپس، لایه وکتوری را نمایش دهید.

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```



۲) فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای

برای فراخوانی تصاویر سنتینل ۱ از کد زیر استفاده می‌شود. ساختار کد فراخوانی تصاویر سنتینل ۱، مانند تصاویر لندست است؛ با این تفاوت که برای هر یک از تصاویر باید دو پارامتر transmitter receiver polarization و instrument mode تنظیم شوند.

```
var winter = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S1_GRD')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2018-01-01','2018-04-01')
  .filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation','VV'))
  .filter(ee.Filter.eq('instrumentMode','IW'))
  .select('VH')
  .median()
  .clip(table);
```

همان‌طور که در کد بالا می‌بینید، تصویر میانه قطبش vh برای فصل زمستان محاسبه و سپس، بر اساس لایه وکتوری table (معادل استان خوزستان) برش خورده است. همین فرایند برای محاسبه تصویر میانه فصول بهار، تابستان و پاییز نیز به کار می‌رود.

```
var spring = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S1_GRD')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2018-04-01','2018-07-01')
  .filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation','VV'))
  .filter(ee.Filter.eq('instrumentMode','IW'))
  .select('VH')
  .median()
  .clip(table);
```

```
var summer = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S1_GRD')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2018-07-01','2018-10-01')
```



```
.filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation','VV'))
.filter(ee.Filter.eq('instrumentMode','IW'))
.select('VH')
.median()
.clip(table);
```

```
var fall = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S1_GRD')
.filterBounds(table)
.filterDate('2018-10-01','2019-01-01')
.filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation','VV'))
.filter(ee.Filter.eq('instrumentMode','IW'))
.select('VH')
.median()
.clip(table);
```

۳) تبدیل دسیبل به سیگما

سپس، هریک از تصاویر میانه محاسبه شده برای فصول مختلف، با استفاده از کد زیر، از دسیبل به سیگمانات تبدیل می‌شود:

```
function toNatural(img) {return ee.Image(10.0).pow(img.divide(10.0));}
```

```
var winter = toNatural(winter).rename('winter');
var spring = toNatural(spring).rename('spring');
var summer = toNatural(summer).rename('summer');
var fall = toNatural(fall).rename('fall');
```

۴) ترکیب تصاویر ماهواره‌ای

پس از فراخوانی تصاویر سنتینل ۱ برای هریک از فصول، لازم است یک مجموعه داده از آن‌ها ایجاد شود. بدین منظور، در کد زیر چگونگی ساخت مجموعه داده با استفاده از دستور add bands آموزش داده شده است.


```
var radarstack = winter.addBands(spring).addBands(summer).  
addBands(fall);
```

۵) حذف نویز اسپیکل

برای حذف اثر اسپیکل در تصاویر استک شده از کد زیر استفاده می‌شود:

```
var smoothed = radarstack.focal_median(30, 'circle', 'meters');
```

۶) نمایش تصویر

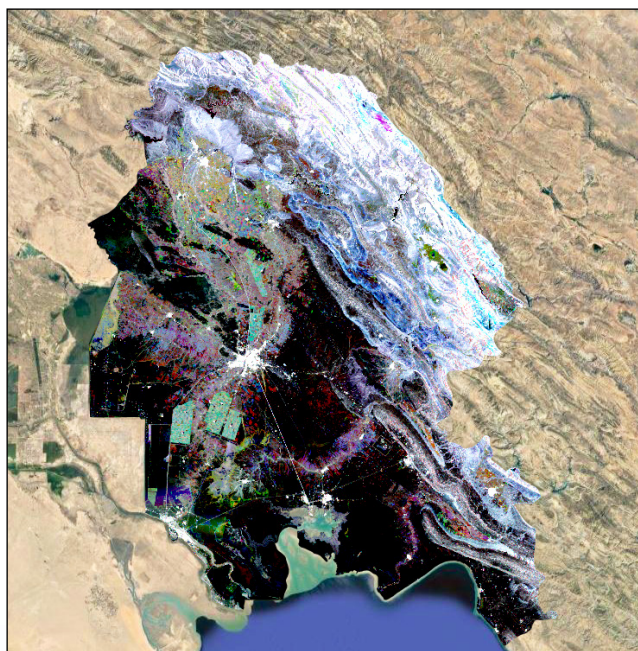
برای نمایش بصری تصاویر راداری ترکیب شده از دستور add layer استفاده می‌شود:

```
Map.addLayer(radarstack, [], 'radar_stack', false)
```

نتیجه حاصل از ترکیب تصاویر میانه راداری فصول زمستان، بهار و تابستان در شکل ۳ نمایش داده شده است.

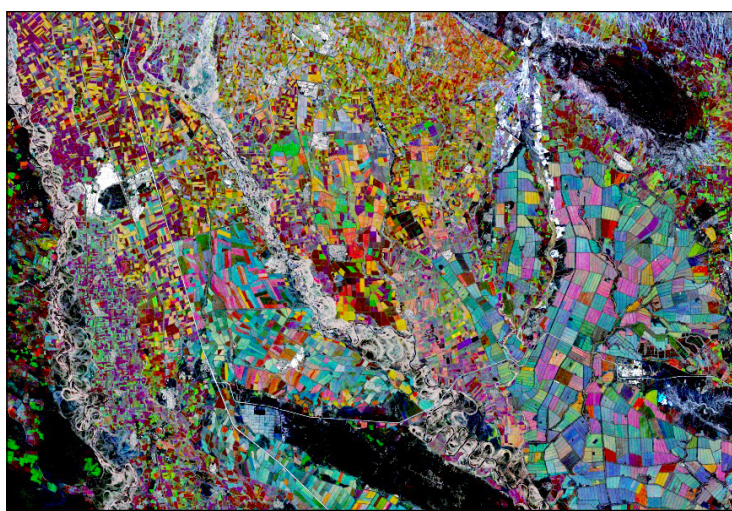
نکته

اگر تصویر به صورت سیاه ظاهر شد، باید با روش‌های مختلف stretching برای بهبود کیفیت ظاهری آن اقدام کنید.



شکل ۳- نتیجه حاصل از ترکیب تصاویر راداری فصول مختلف

داده‌های راداری به تغییرات ویژگی‌های فیزیکی سطح زمین به شدت حساس‌اند. بر همین اساس، در تصویر بالا محدوده‌های کوهستانی بخش شمالی و شرقی و سازه‌های شهری به رنگ روشن دیده می‌شوند. اگر شما در زمینه کاربری اراضی کار می‌کنید، داده‌های راداری برای جداسازی دقیق‌تر شهر به شما بسیار کمک می‌کند. اگر روی زمین‌های زراعی بخش شمالی استان زوم کنید، تفاوت کشت‌های مختلف با رنگ‌های گوناگون به خوبی قابل مشاهده است (شکل ۴).



شکل ۴- جداسازی کشت‌های متفاوت در زمین‌های زراعی

توجه

برای دیدن نسخه رنگی عکس‌های کتاب، به نشانی زیر مراجعه کنید:

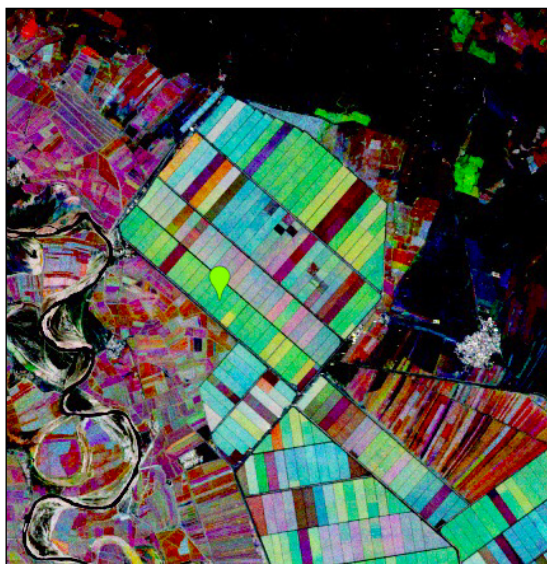
www.girs.ir/gee-book

با توجه به شکل ۴، زمین‌های زراعی قرمز در فصل زمستان، زمین‌های زراعی آبی در فصل تابستان و زمین‌های زراعی سبز در فصل بهار دارای پوشش گیاهی هستند. شما می‌توانید با استفاده از همین شیوه، تصویر میانه هر ماه و ۱۲ تصویر میانه راداری یک سال را تولید کنید. سپس، طبق جدول کشت محصولات که در اختیار دارید، محصولات را در ماه‌های مختلف شناسایی کنید.

۵) نمودار سری زمانی تغییرات بازپراکنش راداری

فرض کنید که قصد دارید یکی از زمین‌های زراعی را انتخاب و نمودار تغییرات بازپراکنش

راداری آن را مشاهده کنید. بدین منظور، ابتدا با استفاده از گزینه add a marker موقعیت یک نقطه را در بخشی از زمین‌های زراعی تعیین کنید (شکل ۵).



شکل ۵- انتخاب نقطه‌ای منطقه مورد مطالعه

سپس، با استفاده از کد زیر، تمام تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۱ (اینبار قطبش VV) را از این منطقه فراخوانی کنید:

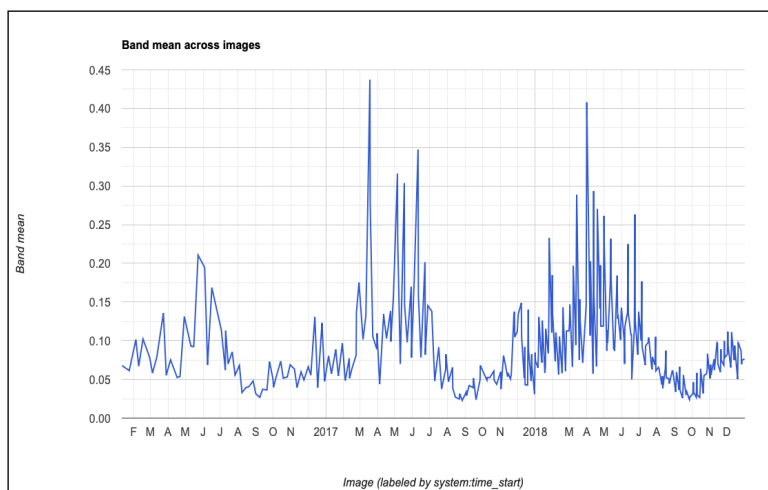
```
var s1 = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S1_GRD')
  .filterBounds(geometry)
  .filterDate('2016-01-01', '2019-01-01')
  .filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation', 'VV'))
  .filter(ee.Filter.eq('instrumentMode', 'IW'))
.select('VV')
.map(function(img){
var sigma = toNatural(img);
var filter = sigma.focal_median(30, 'circle', 'meters');
return filter.copyProperties(img, ['system:time_start', 'system:time_end']); });
```

در گام بعدی، با استفاده از کد زیر، نمودار روند تغییرات رشد محصول را در این قطعه زمین تولید کنید:



```
var chart = ui.Chart.image.series(s1, geometry, ee.Reducer.  
mean(), 10, 'system:time_start');  
print(chart);
```

نتیجه حاصل از اجرای این کد، در شکل ۶ نمایش داده شده است.



شکل ۶- سری زمانی تغییرات پوشش گیاهی در داده‌های راداری

طبق شکل ۶، در زمان‌هایی که محصول در حال رشد بوده، میزان بازپراکنش راداری ثبت شده بسیار افزایش یافته است، در حالی که در زمان برداشت، مقدار آن کاهش محسوسی داشته است.

۶) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام `sentinel1_time_series_2` به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

آشکارسازی مناطق سیل‌زده با تصاویر راداری

پس از اینکه روش فراخوانی و پردازش‌های سری زمانی داده‌های راداری سنتینل ۱ را



آموختید، وقت آن است که با طرح آشکارسازی مناطق سیل زده در تصاویر راداری آشنا شوید. بدین منظور، در این قسمت چگونگی آشکارسازی سیل خوزستان در آوریل سال ۲۰۱۹ آموزش داده می‌شود. در این زمان، مناطق مختلفی از ایران (مانند استان‌های گلستان و خوزستان) تحت تأثیر بارش‌های شدید و سیل قرار گرفتند و خسارت‌های زیادی به این مناطق وارد شد.

(۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

در این بخش، استان خوزستان به‌منزله منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شده است. ابتدا شیپ‌فایل این استان را در ارث انجین فراخوانی و سپس، با استفاده از دستورهای زیر موقعیت نقشه گوگل را روی این استان تنظیم کنید و به بصری‌سازی موقعیت استان بپردازید.

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```

(۲) فراخوانی تصاویر

در این مرحله لازم است تصویر کمینه ماه آوریل را برای سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ فراخوانی و محاسبه کنید. با توجه به اینکه سیل در ماه آوریل رخ داده است، باید تصویر قبل و بعد از وقوع سیل در این ماه، برای سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ تولید شود.

```
var before = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S1_GRD')
```

```
.filterBounds(table)
```

```
.filterDate('2018-04-01','2018-05-01')
```

```
.filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation','VV'))
```

```
.filter(ee.Filter.eq('instrumentMode','IW'))
```

```
.select('VV')
```

```
.min()
```

```
.clip(table);
```

```
var after = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S1_GRD')
```

```
.filterBounds(table)
```

```
.filterDate('2019-04-01','2019-05-01')
```

```
.filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation','VV'))
```



```
.filter(ee.Filter.eq('instrumentMode', 'IW'))
.select('V')
.min()
.clip(table);
```

در کد بالا، از تصاویر دسیبل استفاده شده و فرایند تبدیل به سیگما برای آن انجام نشده است. دلیل این امر آن است که شناسایی مناطق سیل زده با استفاده از تصاویر دسیبل با کیفیت بهتری انجام می شود. از سوی دیگر، برای ماه آوریل هر دو سال، کمینه تصاویر محاسبه شده است. دلیل انتخاب این پارامتر آماری آن است که آب از کمترین مقدار بازپراکنش در امواج راداری برخوردار است و در نتیجه، در تصاویر با رنگ کاملاً تیره دیده می شود. بنابراین، ترکیب کمینه تصاویر هر ماه، امکان نمایش حداکثر آب موجود در آن ماه را در منطقه مورد مطالعه فراهم می کند.

۳ حذف نویز اسپیکل

پس از فراخوانی تصاویر ورودی، لازم است با استفاده از کد زیر، اثر نویز اسپیکل از روی تصاویر ورودی تعدیل شود.

```
var before = before.focal_median(100, 'circle', 'meters').rename('before');
var after = after.focal_median(100, 'circle', 'meters').rename('after');
```

در کد بالا، شدت فیلتر پایین گذر بیشتر از طرح های قبلی در نظر گرفته شد تا بتوان پوشش های آبی را از دیگر کاربری ها بهتر متمایز کرد.

۴ محاسبه تصویر مناطق سیل زده

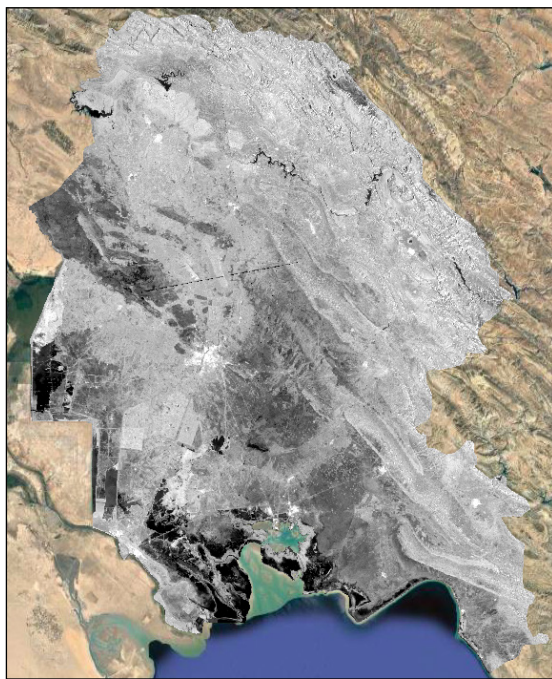
برای آشکارسازی مناطق سیل زده از رابطه تفاضلی بین تصویر قبل و بعد از وقوع سیل استفاده می شود که در کد زیر قابل مشاهده است:

```
var change = before.subtract(after).rename('change');
```

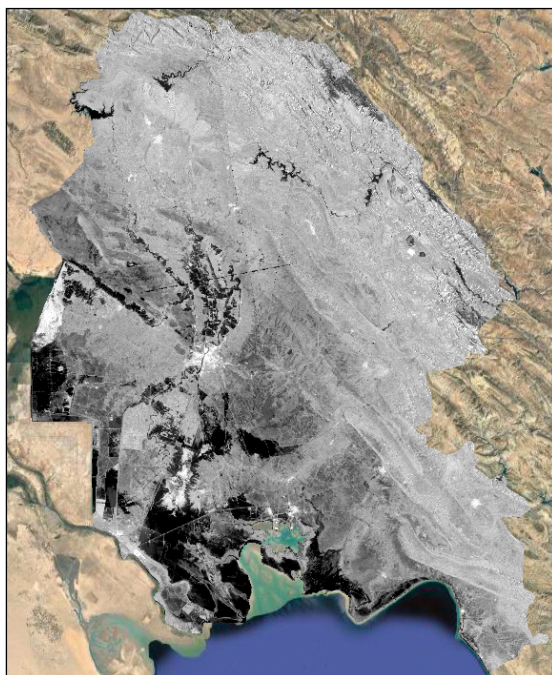
۵ نمایش تصاویر

در پایان، با استفاده از کدهای زیر، تصاویر قبل و بعد از وقوع سیل و نقشه مناطق سیل زده به دست می آید (شکل های ۷-۹).

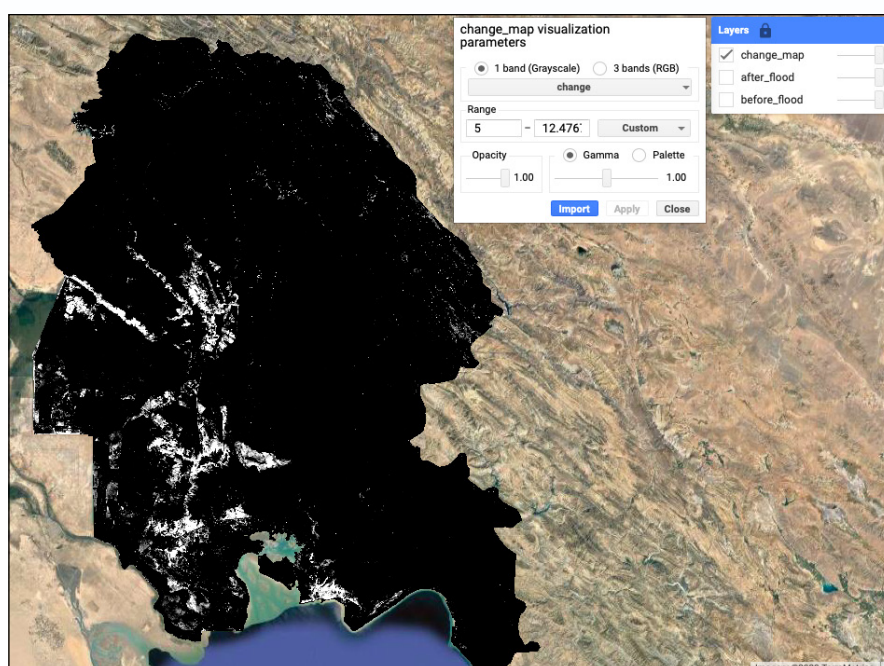

```
Map.addLayer(before, [], 'before_flood', false);  
Map.addLayer(after, [], 'after_flood', false);  
Map.addLayer(change, [], 'change_map', false);
```



شکل ۷- تصویر راداری قبل از وقوع سیل



شکل ۸- تصویر راداری پس از وقوع سیل



شکل ۹- تصویر راداری مناطق سیل زده

۶) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام `sentinel1_flood_3` به فایل های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

سری زمانی تصاویر سنتینل ۲

در بخش قبل، با روش پردازش داده های سنتینل ۱ در ارث انجین آشنا شدید. در این بخش، نوبت به پردازش تصاویر سنتینل ۲ رسیده است. هدف آن است که روش محاسبه شاخص `ndvi` برای تصاویر سنتینل ۲ و تولید نمودارهای سری زمانی آن آموزش داده شود.

۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

در این بخش نیز مانند بخش های قبل، منطقه مورد مطالعه، استان خوزستان است. طبق



دستورالعمل بخش‌های پیشین، ابتدا یک فایل ایجاد و سپس، شیپ‌فایل استان خوزستان را وارد کد کنید و با استفاده از دستورهای زیر، موقعیت نقشه گوگل را براساس آن تنظیم کرده، به صورت بصری نمایش دهید.

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```

۲) فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای

برای فراخوانی تصاویر سنتینل ۲ از کد زیر استفاده می‌شود. در این مرحله، تصاویر (کم‌ابر) سنتینل ۲ که از منطقه مورد مطالعه برای هر فصل موجود است، فراخوانی و شاخص ndvi هر یک از آن‌ها را محاسبه و میانه آن برآورد می‌شود. سپس، برحسب لایه وکتوری استان خوزستان برش داده می‌شود. روش محاسبه شاخص ndvi برای تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۲ دقیقاً مانند لندست است و فقط آی‌دی تصویر ورودی و باندهای محاسباتی تغییر کرده است.

```
var winter = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2018-01-01','2018-04-01')
  .filter(ee.Filter.lessThan('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',30))
  .map(function(img){
    return img.normalizedDifference(['B8','B4']);})
  .median()
  .clip(table)
  .rename('winter');
```

```
var spring = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2018-04-01','2018-07-01')
  .filter(ee.Filter.lessThan('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',30))
```



```
.map(function(img){
return img.normalizedDifference(['B8','B4']));})
.median()
.clip(table)
.rename('spring');

var summer = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
.filterBounds(table)
.filterDate('2018-07-01','2018-10-01')
.filter(ee.Filter.lessThan('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',30))
.map(function(img){
return img.normalizedDifference(['B8','B4']));})
.median()
.clip(table)
.rename('summer');

var fall = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
.filterBounds(table)
.filterDate('2018-10-01','2019-01-01')
.filter(ee.Filter.lessThan('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',30))
.map(function(img){
return img.normalizedDifference(['B8','B4']));})
.median()
.clip(table)
.rename('fall');
```

۳ ترکیب تصاویر ماهواره‌ای

پس از فراخوانی تصاویر شاخص ndvi سنتینل ۲ برای هریک از فصول، باید یک مجموعه



داده از آن‌ها ایجاد کنید. در کد زیر، چگونگی ساختن مجموعه داده با استفاده از دستور add bands آموزش داده شده است:

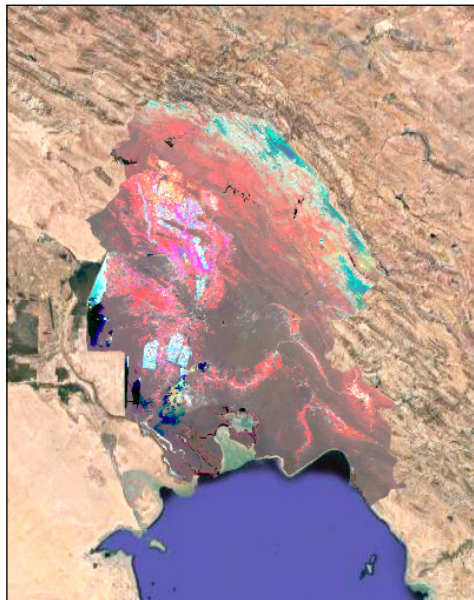
```
var ndvystack = winter.addBands(spring).addBands(summer)
.addBands(fall);
```

(۴) نمایش تصاویر

برای نمایش بصری تصاویر ndvi ترکیب شده از دستور add layer استفاده کنید:

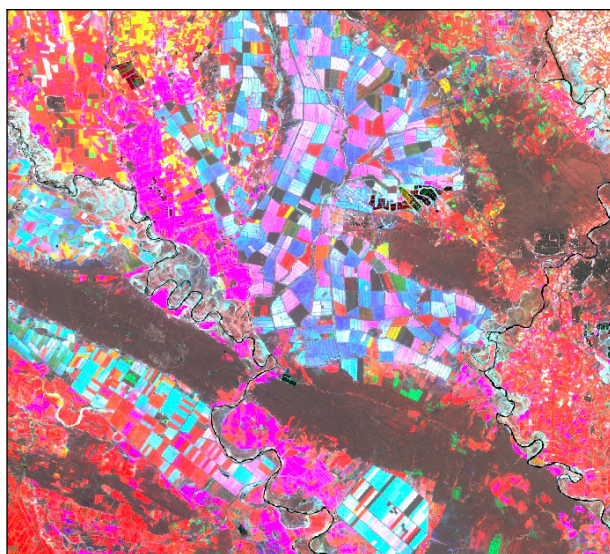
```
Map.addLayer(ndvystack)
```

نتیجه حاصل از ترکیب تصاویر میانه ndvi فصول زمستان، بهار و تابستان در شکل ۱۰ نمایش داده شده است.



شکل ۱۰- ترکیب تصاویر میانه راداری فصول زمستان، بهار و تابستان

حساسیت شاخص ndvi به تغییرات تراکم گیاه و محصولات زراعی، امکان شناسایی چرخه رشد گیاه را در زمان‌های گوناگون فراهم آورده است. بر همین اساس، تغییرات رشد گیاه و محصولات گوناگون در زمان‌های مختلف، تفکیک محصولات زراعی مختلف را ممکن می‌کند؛ برای مثال، در شکل بالا مناطق قرمز (مانند نتایج رادار) نشان‌دهنده محصولاتی است که در فصل زمستان کشت می‌شوند، چراکه به رنگ قرمز مانیتور تصویر میانه ndvi فصل زمستان داده شده است. در شکل ۱۱، زمین‌های زراعی حاوی محصولات متفاوت با جزئیات بیشتری نمایش داده شده‌اند.



شکل ۱۱- تفکیک محصولات فصول مختلف در تصاویر ndvi فصول مختلف

۵) نمودار سری زمانی تغییرات شاخص NDVI

پس از آشکارسازی بصری کشت‌های فصول مختلف با استفاده از شاخص ndvi، در این مرحله، هدف آن است که روند تغییرات شاخص ndvi در یکی از زمین‌های زراعی، در قالب نمودار سری زمانی در یک بازه سه ساله نمایش داده شود. برای این کار، ابتدا بخشی از زمین‌های زراعی به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب می‌شود. در شکل ۱۲، منطقه انتخاب شده با استفاده از دستور add a marker نمایش داده شده است.



شکل ۱۲- تعیین نقطه‌ای منطقه مورد مطالعه



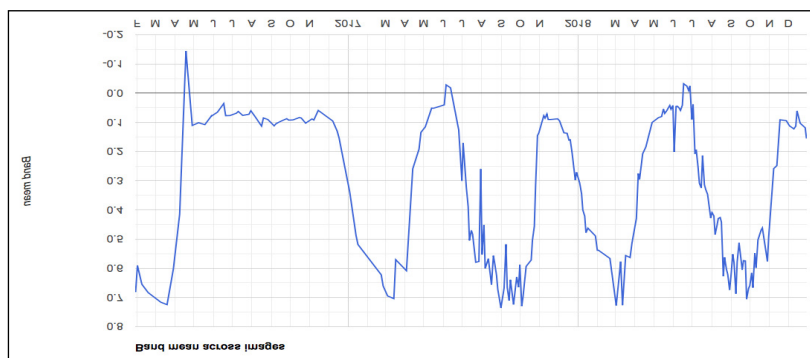
سپس، تمام تصاویر سنتینل ۲ برای نقطه انتخاب شده فراخوانی و شاخص ndvi آن‌ها برای سه سال (۲۰۱۶ تا ۲۰۱۹) محاسبه می‌گردد.

```
var ndviplot = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
  .filterBounds(geometry)
  .filterDate('2016-01-01','2019-01-01')
  .filter(ee.Filter.lessThan('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',30))
  .map(function(img){
return img.normalizedDifference(['B8','B4'])
  .copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end']);});
```

برای تولید نمودار روند تغییرات شاخص ndvi و نمایش دادن آن، از کد زیر استفاده می‌شود:

```
var chart = ui.Chart.image.series(ndviplot,geometry,ee.Reducer.
mean(),10,'system:time_start');
print(chart);
```

در شکل ۱۳، نمودار حاصل از اجرای کد بالا نمایش داده شده است.



شکل ۱۳- سری زمانی تغییرات ndvi سنتینل ۲

نتایج حاصل از این نمودار بیانگر آن است که در قطعه زمین زراعی انتخاب شده، در فصول زمستان و تابستان، محصولات زراعی مختلفی پشت سرهم کشت می‌گردد؛ به طوری که روند تغییرات سینوسی قابل مشاهده، در هر سال دو بار تکرار شده که یکی، به ماه‌های فصل زمستان و دیگری، به ماه‌های فصل تابستان مربوط است.



۶) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام sentinel2_ndvi_4 به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

شاخص سطح برگ ماهواره سنتینل ۲

در فصل اول، روش محاسبه پرکاربردترین شاخص‌های طیفی برای تصاویر ماهواره‌ای لندست آموزش داده شد. روش محاسبه بعضی از شاخص‌های طیفی مانند ndvi، برای تصاویر لندست و سنتینل یکسان است و تنها باندهای ورودی آن‌ها متفاوت است. این در حالی است که برای شاخص‌های پیچیده‌تر مانند lai هرگز نمی‌توان از این روش استفاده کرد. بسیاری از کاربران، معادله lai لندست را برای سنتینل استفاده می‌کنند که از نظر علمی درست نیست؛ چرا که در لندست نیز تنها همین یک فرمول برای محاسبه این شاخص وجود ندارد و تاکنون الگوریتم‌های گوناگونی در این زمینه ارائه شده است. بنابراین، در این بخش، هدف آن است که روش محاسبه این شاخص پرکاربرد برای تصاویر سنتینل آموزش داده شود.

۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

در این بخش نیز مانند بخش‌های پیشین، استان خوزستان، به منزله منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شده است. طبق دستورالعمل بخش‌های قبل، ابتدا یک فایل ایجاد و شیپ فایل استان خوزستان را وارد کد کنید. سپس، با استفاده از دستورهای زیر موقعیت نقشه گوگل را بر اساس آن تنظیم کنید و به صورت بصری نمایش دهید.

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```

۲) فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای

در بخش قبل، از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۲ تصحیح رادیومتریک شده با فرمت L1C استفاده



شد. در این بخش، برای محاسبه شاخص‌های طیفی از تصاویر تصحیح اتمسفری شده L2A استفاده می‌شود. از نظر علمی لازم است برای محاسبه شاخص‌های طیفی، از داده‌های تصحیح اتمسفری شده که به صورت بازتاب سطحی هستند، استفاده شود. در صورتی که این نکته مهم در محاسبات رعایت شود، دقت شاخص محاسبه شده بیشتر می‌شود.

```
var sen2lai = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2017-01-01','2020-01-01')
  .filter(ee.Filter.lessThan('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',30))
  .map(function(img){
var bands = img.multiply(0.0001).clip(table);
var wdvi = bands.expression('B8 - 1.35 * B4', {'B8': bands.select('B8'),'B4':
bands.select('B4')});
var lai = bands.expression('10.22 * wdvi + 0.4768', {'wdvi': wdvi});
return lai
  .copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end'])); });
```

همان‌طور که در کد بالا می‌بینید، پس از تعریف تابع، هریک از تصاویر ورودی در متغیر bands، در عدد ۰/۰۰۰۱ ضرب شده است (این کار بر اساس دستورالعمل ارث انجین صورت گرفته است). سپس، برای محاسبه شاخص lai، از شاخص wdvi استفاده شده است که روش محاسبه آن در متغیرهای تعیین شده نمایش داده شده است.

نکته

در صورتی که برای تصاویر سنتینل ۲ به مرجع شاخص lai نیاز داشتید، به نشانی زیر (بخش مراجع) مراجعه کنید:

www.girs.ir/gee-book

۳) نمایش تصویر

برای محاسبه نمای بصری تصویر محاسبه شده از کد زیر استفاده کنید. با استفاده از این کد،

تصویر میانه lai برای بازه زمانی محاسبه شده نمایش داده خواهد شد. در شکل ۱۴، جلوه بصری شاخص lai سنتینل ۲ قابل مشاهده است.

```
Map.addLayer(sen2lai.median(),{min: 0, max: 4.0},'lai',false);
```

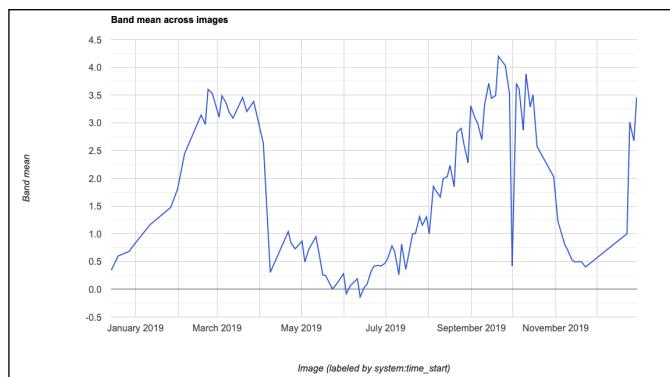


شکل ۱۴- تصویر میانه شاخص lai

۴) نمودار سری زمانی تغییرات شاخص سطح برگ

در گام بعدی، برای تولید نمودار تغییرات سری زمانی شاخص lai از دستور زیر استفاده می شود. برای تولید نمودار تغییرات سری زمانی در قالب نمودار، باید بخشی از زمین زراعی مورد نظر با استفاده از ابزار geometry import ترسیم گردد (در بخش های قبل، چگونگی انجام آن توضیح داده شد). در شکل ۱۵، نمودار حاصل از کد زیر نمایش داده شده است.

```
var chart=ui.Chart.image.series(sen2lai,geometry,ee.Reducer.mean(),10,'system:time_start');
print(chart);
```



شکل ۱۵- نمودار تغییرات شاخص lai طی زمان



همان طور که در شکل ۱۵ می‌بینید، افزایش رشد محصول باعث افزایش شاخص سطح برگ، و برداشت آن موجب روند نزولی در این شاخص گردیده است. در مدل‌سازی تغییرات رشد و چرخه فنولوژی گیاهان، شاخص سطح برگ در مقایسه با شاخص ndvi از دقت بیشتری برخوردار است و استفاده از آن در بسیاری از مطالعات متداول است. در تصویر شاخص سطح برگ، مقادیر پوشش‌های خاکی و آبی، صفر (یا منفی) است، اما با افزایش پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه، این مقدار عددی افزایش پیدا می‌کند. هر چه مقدار این شاخص بیشتر باشد، تراکم پوشش گیاهی در آن پیکسل نیز بیشتر خواهد بود.

(۵) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام 5_sentinel2_lai به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

تولید نقشه نوع کشت از تصاویر سنتینل ۲

پس از اینکه با روش فراخوانی و محاسبات طیفی ماهواره‌های سنتینل ۱ و ۲ و سری‌های زمانی آن‌ها آشنا شدید، در این مرحله، روش تولید نقشه نوع کشت (به طور خاص کشت برنج) با استفاده از تصاویر سنتینل ۲ آموزش داده می‌شود. بهترین روش تولید نقشه نوع کشت، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای زمانی است که در آن‌ها برای هر یک از محصولات، نمونه‌های زمینی کافی وجود داشته باشد. با این حال، اگر اطلاعات زمینی کافی وجود نداشت، می‌توانید از شیوه‌ای که در این بخش آموزش داده می‌شود، استفاده کنید. این شیوه بر چرخه فنولوژی رشد محصولات مبتنی است.

(۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این طرح، زمین‌های زراعی استان مازندران (یکی از قطب‌های تولید



برنج در ایران) است. موقعیت این منطقه به صورت تقریبی و با استفاده از ابزار ترسیم پلی‌گون draw a shape ایجاد شده است (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- تعیین منطقه مورد مطالعه

برای نمایش دادن موقعیت منطقه در هر بار اجرا کردن کد، از دستور center object استفاده کنید:

```
Map.centerObject(geometry);
```

۲) فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای اپتیکی

برای انجام فرایند طبقه‌بندی، از تصاویر ndvi ماهیانه ماهواره سنتینل ۲ و تصاویر راداری سنتینل ۱ به صورت ترکیبی استفاده می‌شود. در این بخش، شما با روش استفاده ترکیبی از داده‌های سنتینل ۱ و ۲ آشنا خواهید شد. ابتدا برای هر ماه از سال ۲۰۱۸ میلادی، شاخص ndvi محاسبه می‌شود. برای کاهش اثر ابر در تصویر ndvi هر ماه، بیشترین مقدار شاخص ndvi در هر پیکسل محاسبه و تصویر ماکزیمم آن تولید می‌شود.

نکته

توجه داشته باشید که وجود ابر در تصاویر، مقدار ndvi را کاهش می‌دهد. برای اینکه اثر ابر به حداقل برسد باید ماکزیمم ndvi در هر پیکسل محاسبه شود. از این روش، با عنوان الگوریتم maximum value composite برای تولید داده‌های ترکیبی سری زمانی یاد می‌شود.



برای محاسبه تصویر ndvi همراه، از کدهای زیر استفاده می‌شود:

```
// jan
var jan = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
  .filterBounds(geometry)
  .filterDate('2018-01-01','2018-02-01')
  .map(function(img){
return img.normalizedDifference(['B8','B4']);})
  .max()
  .clip(geometry)
  .rename('jan');

// feb
var feb = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
  .filterBounds(geometry)
  .filterDate('2018-02-01','2018-03-01')
  .map(function(img){
return img.normalizedDifference(['B8','B4']);})
  .max()
  .clip(geometry)
  .rename('feb');

// mar
var mar = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
  .filterBounds(geometry)
  .filterDate('2018-03-01','2018-04-01')
  .map(function(img){
return img.normalizedDifference(['B8','B4']);})
  .max()
  .clip(geometry)
```



```
.rename('mar');

// apr
var apr = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
  .filterBounds(geometry)
  .filterDate('2018-04-01','2018-05-01')
  .map(function(img){
return img.normalizedDifference(['B8','B4']);})
  .max()
  .clip(geometry)
  .rename('apr');

// may
var may = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
  .filterBounds(geometry)
  .filterDate('2018-05-01','2018-06-01')
  .map(function(img){
return img.normalizedDifference(['B8','B4']);})
  .max()
  .clip(geometry)
  .rename('may');

// jun
var jun = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
  .filterBounds(geometry)
  .filterDate('2018-06-01','2018-07-01')
  .map(function(img){
return img.normalizedDifference(['B8','B4']);})
  .max()
  .clip(geometry)
```



```
.rename('jun');  
  
// jul  
var jul = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')  
  .filterBounds(geometry)  
  .filterDate('2018-07-01','2018-08-01')  
  .map(function(img){  
    return img.normalizedDifference(['B8','B4']);})  
  .max()  
  .clip(geometry)  
  .rename('jul');  
  
// aug  
var aug = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')  
  .filterBounds(geometry)  
  .filterDate('2018-08-01','2018-09-01')  
  .map(function(img){  
    return img.normalizedDifference(['B8','B4']);})  
  .max()  
  .clip(geometry)  
  .rename('aug');  
  
// sep  
var sep = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')  
  .filterBounds(geometry)  
  .filterDate('2018-09-01','2018-10-01')  
  .map(function(img){  
    return img.normalizedDifference(['B8','B4']);})  
  .max()  
  .clip(geometry)  
  .rename('sep');
```



```
// oct
var oct = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
  .filterBounds(geometry)
  .filterDate('2018-10-01','2018-11-01')
  .map(function(img){
return img.normalizedDifference(['B8','B4']);})
  .max()
  .clip(geometry)
  .rename('oct');

// nov
var nov = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
  .filterBounds(geometry)
  .filterDate('2018-11-01','2018-12-01')
  .map(function(img){
return img.normalizedDifference(['B8','B4']);})
  .max()
  .clip(geometry)
  .rename('nov');

// dec
var dec = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
  .filterBounds(geometry)
  .filterDate('2018-12-01','2019-01-01')
  .map(function(img){
return img.normalizedDifference(['B8','B4']);})
  .max()
  .clip(geometry)
  .rename('dec');
```



۳) ترکیب تصاویر

در گام بعد، لازم است یک مجموعه داده از ndvi های محاسبه شده، ساخته شود:

```
// monthly ndvi dataset  
var stack =  
jan.addBands(feb).addBands(mar).addBands(apr).addBands(may).  
addBands(jun).addBands(jul).addBands(aug).addBands(sep).  
addBands(oct).addBands(nov).addBands(dec);
```

۴) فراخوانی تصویر ماهواره ای راداری

با توجه به اینکه در استان مازندران، عموماً برنج در فصل تابستان کشت می شود، تصویر میانه راداری منطقه مورد مطالعه از داده های ماهواره ای سنتینل ۱ استخراج و سپس، با مجموعه داده شاخص ndvi ماهیانه سال ۲۰۱۸ ترکیب می گردد:

```
// radar median image  
var radar = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S1_GRD')  
.filterBounds(geometry)  
.filterDate('2018-07-01','2018-10-01')  
.filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation','VW'))  
.filter(ee.Filter.eq('instrumentMode','IW'))  
.select('VW')  
.map(function(img){  
var despeckel = img.focal_median(30, 'circle', 'meters');  
return despeckel;})  
.median()  
.clip(geometry);  
  
// radar and monthly ndvi stacking  
var stack = stack.addBands(radar);
```



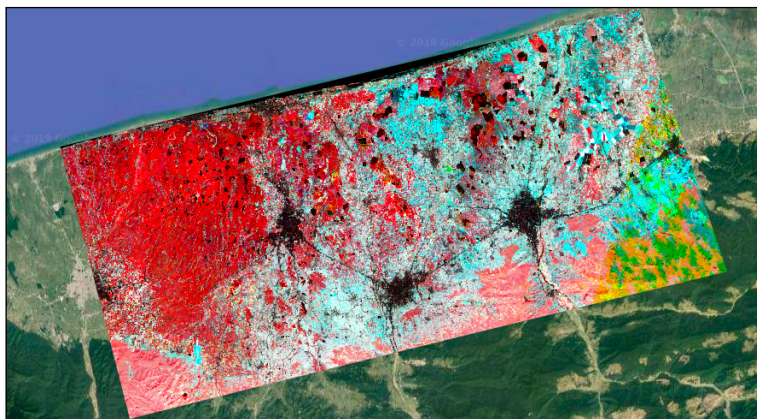
تا این مرحله، تمام داده‌های رستری موردنیاز برای انجام فرایند طبقه‌بندی فراخوانی و در یک مجموعه داده گردآوری شدند. اکنون باید برای برداشت نمونه‌های هریک از کلاس‌ها اقدام کنید.

۵) نمایش تصویر

پیش از آغاز فرایند برداشت نمونه‌ها، لازم است ترکیب باندی موردنیاز برای نمایش هرچه بهتر کلاس‌های هدف (از جمله کشت برنج) تعیین شود. برای نمایش مجموعه داده تولیدشده از ترکیب تصاویر ndvi و تصاویر راداری از دستور زیر استفاده کنید:

```
Map.addLayer(stack);
```

سپس، دستور را اجرا و ترکیب باندی را روی ndvi ماه‌های آگوست، ژانویه و فوریه تنظیم کنید. توجه داشته باشید که در ماه آگوست (تقریباً) زمین‌های کشت برنج از بیشترین و در ماه‌های ژانویه و فوریه از کمترین ndvi برخوردار است. با توجه به اینکه به رنگ قرمز مانیتور تصویر ndvi ماه آگوست داده شده است، زمین‌های زیر کشت برنج با رنگ قرمز ظاهر خواهد شد که در شکل ۱۷ نشان داده شده است. در این شکل، زمین‌های زراعی، زمین‌های کشت برنج، شهرها، پهنه‌های آبی و جنگل‌ها بارنگ‌های متفاوت نمایش داده شده‌اند و شما می‌توانید برای برداشت نمونه از هریک از این کلاس‌ها اقدام کنید.



شکل ۱۷- جداسازی زمین‌های کشت برنج

۶) برداشت نمونه‌های کلاس‌ها

بعد از آماده‌سازی لایه‌های رستری ورودی به فرایند طبقه‌بندی، باید نمونه‌های هریک از کلاس‌ها برداشت شود. روش برداشت نمونه‌ها در این بخش، دقیقاً مانند روشی است که در



فصل دوم برای تصاویر لندست آموزش داده شد. نمونه‌ها را به صورت نقطه‌ای و حداقل ۱۰۰ نمونه برای هر کلاس برداشت کنید.

کلاس‌های انتخاب شده در این بخش عبارت‌اند از:

• کلاس برنج (با عنوان rice)؛

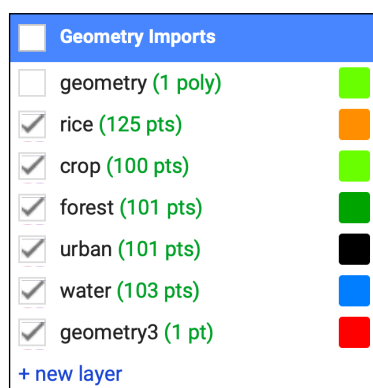
• کلاس دیگر زمین‌های زراعی (با عنوان crop)؛

• کلاس جنگل (با عنوان forest)؛

• کلاس شهر (با عنوان urban)؛

• کلاس آب (با عنوان water).

در شکل ۱۸، نام هریک از کلاس‌ها و تعداد نمونه‌های برداشتی آن‌ها نمایش داده شده است.



شکل ۱۸- نمونه‌های هریک از کلاس‌های برداشتی

پس از برداشت نمونه‌ها با استفاده از دستور merge، تمام نمونه‌ها در یک شیپ‌فایل واحد ترکیب می‌شوند. در این حالت، پارامتر properties value عامل جداکننده نمونه هریک از کلاس‌ها خواهد بود.

```
var training_data = rice.merge(crop).merge(forest).merge(urban).merge(water);
```

سپس، مقدار عددی هریک از نمونه‌های برداشت شده در تصاویر رستری ورودی، با استفاده از تابع sample regions مشخص می‌گردد:

```
var training = stack.sampleRegions({
  collection: training_data,
  properties: ['agri'],
  scale: 10});
```

نکته

در این بخش برای نمونه‌های هر کلاس، پارامتر property name معادل agri تعیین شده است.

۷) طبقه‌بندی

نوع الگوریتم طبقه‌بندی را متناسب با خوشه‌های اولیه شکل گرفته ایجاد کنید:

```
var classifier = ee.Classifier.libsvm().train({
  features: training,
  classProperty: 'agri'});
```

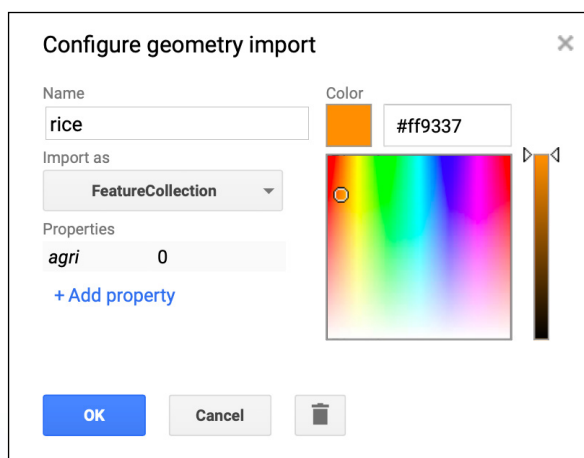
سپس، نتیجه الگوریتم طبقه‌بندی را روی تمام پیکسل‌های تصویر اعمال کنید:

```
var classified = stack.classify(classifier);
```

برای بصری‌سازی نتیجه طبقه‌بندی، از دستور add layer استفاده کنید:

```
Map.addLayer(classified,{min:0,max:4, palette:[
  '#ff9337','#98ff00','#269c1e','#000000','#0089ff']});
```

کد رنگ هریک از کلاس‌ها از طریق بخش geometry imports و با کلیک کردن روی نام هریک از کلاس‌ها قابل مشاهده است و می‌توان از آن در کد نمایش نتیجه استفاده کرد (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- شناسایی کد هریک از رنگ



۸) اعتبارسنجی

در تمرین بخش لندست، درباره روش اعتبارسنجی براساس ماتریس خطاها و دقت کلی صحبت شد. در اینجا برای محاسبه ضریب کاپای نقشه طبقه‌بندی شده از دستور زیر استفاده می‌شود:

```
print('kappa coefficient', classifier.confusionMatrix().kappa());
print('overall accuracy', classifier.confusionMatrix().accuracy());
```

۹) راهنمای نقشه

برای اینکه هر یک از کلاس‌های تعیین‌شده، روی نقشه طبقه‌بندی نهایی به خوبی قابل تشخیص باشد باید بخشی به عنوان راهنمای نقشه (یا همان legend) از طریق کدها اضافه شود. برای طراحی راهنما در نقشه موضوعی از دستورهای زیر استفاده می‌شود:

```
var legend = ui.Panel({style: {position: 'bottom-left',padding: '8px 15px'}});
```

```
var legendTitle = ui.Label({
value: 'Map Legend',
style: {fontWeight: 'bold',fontSize: '18px',margin: '0 0 4px 0',padding: '0'}});
```

```
legend.add(legendTitle);
```

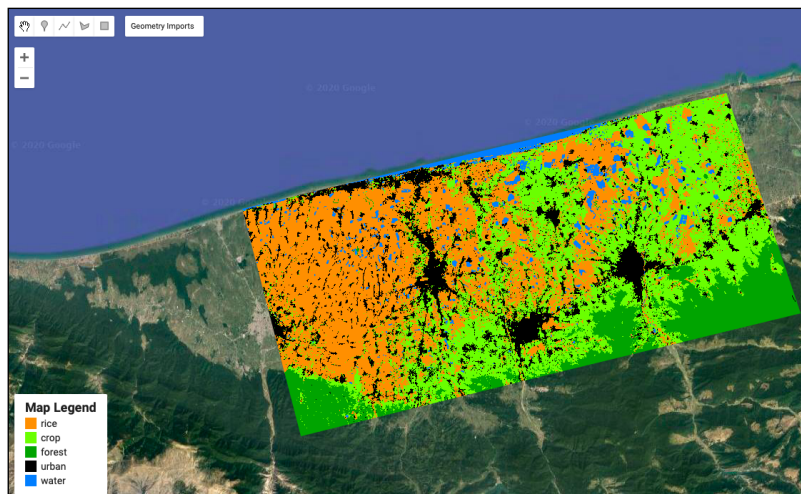
```
var makeRow = function(color, name) {
var colorBox = ui.Label({
style: {backgroundColor: '#' + color,padding: '8px',margin: '0 0 4px 0'}});
```

```
var description = ui.Label({value: name, style: {margin: '0 0 4px 6px'}});
return ui.Panel({widgets: [colorBox, description],layout: ui.Panel.Layout.
Flow('horizontal')}});
```

```
legend.add(makeRow('ff9337', 'rice'));
legend.add(makeRow('98ff00', 'crop'));
legend.add(makeRow('269c1e', 'forest'));
legend.add(makeRow('000000', 'urban'));
legend.add(makeRow('0089ff', 'water'));
```

۱۰ اجرای الگوریتم

در پایان، یک بار کد را ذخیره‌سازی و سپس، آن را اجرا کنید. پس از چند ثانیه، نتیجه تصویر طبقه‌بندی شده نمایش داده خواهد شد (شکل ۲۰).



شکل ۲۰ - نقشه طبقه‌بندی شده به دست آمده

در نقشه به دست آمده، همان طور که در راهنمای نقشه (گوشه سمت چپ پایین) می‌بینید، مناطق نارنجی نشانه مناطق کشت برنج، مناطق سیاه نشانه شهرها، مناطق سبز روشن نشانه دیگر محصولات زراعی و مناطق سبز تیره نشانه مناطق جنگلی است. در همین حال، ضریب کاپا و دقت کلی محاسبه شده برای نقشه طبقه‌بندی شده در پنل سمت راست (بخش console) دیده می‌شود (شکل ۲۱). فراموش نکنید که این اعتبارسنجی عملاً صحیح نیست و فقط نشان‌دهنده میزان تطابق نمونه‌های برداشتی با کلاس‌های تعیین شده روی تصویر است. اعتبارسنجی درست و دقیق صرفاً با داده‌های زمینی انجام می‌شود.

Inspector	Console	Tasks
Use print(...) to write to this console.		
kappa coefficient	0.9929101100047711	JSON
overall accuracy	0.9943396226415094	JSON

شکل ۲۱ - ضریب کاپای محاسبه شده



نکته

از آن رو که اعتبارسنجی بر اساس داده‌های مرجع زمینی انجام نشده است، عدد به دست آمده برای ضریب کاپا قابل استناد نیست.

(۱۱) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام sentinel2_croptype_6 به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

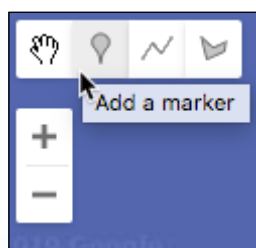
<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

مقایسه چرخه فنولوژی محصولات با تصاویر سنتینل ۲

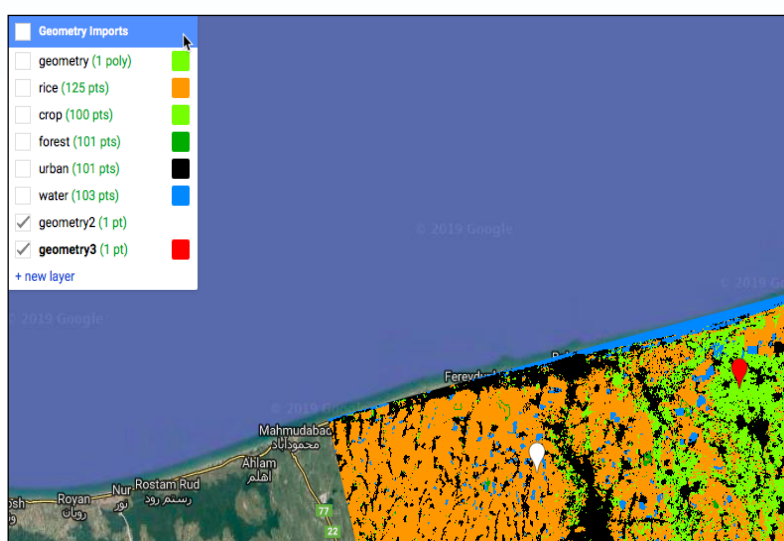
در طرح قبل، با روش تولید نقشه کشت برنج با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۲ آشنا شدید. در این بخش، هدف آن است که نمودار سری زمانی تغییرات شاخص ndvi برای یک نقطه از زمین‌های کشت برنج با بخشی از سایر زمین‌های زراعی استان مازندران مقایسه و نمایش داده شود.

(۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

با توجه به نقشه طبقه‌بندی شده در طرح قبل، با استفاده از ابزار add a marker، یک نقطه در زمین‌های کشت برنج تعیین کنید. توجه داشته باشید که دو لایه وکتوری را باید از طریق قسمت geometry import ایجاد کنید (شکل‌های ۲۲ و ۲۳).



شکل ۲۲ - ابزار تعیین نقطه مورد نظر



شکل ۲۳- انتخاب دو نقطه از زمین‌های زراعی

۲) ترکیب مناطق مورد مطالعه

سپس، برای وارد کردن دو لایه geometry2 و geometry3 به یک لایه feature، از دستور feature collection استفاده می‌شود. هر یک از نقاط انتخاب شده با عنوان‌های rice (کشت برنج) و other (محصولات دیگر) از یکدیگر متمایز می‌شوند.

```
var regions = ee.FeatureCollection([
  ee.Feature(ee.Geometry(geometry2), {label: 'rice'}),
  ee.Feature(ee.Geometry(geometry3), {label: 'other'}) ]);
```

۳) فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای

بعد از انتخاب منطقه مورد مطالعه، باید تصاویر سنتینل ۲ برای سال ۲۰۱۸ فراخوانی و سپس، شاخص ndvi هر یک از آن‌ها با استفاده از یک تابع محاسبه شود.

```
var ndvi = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
  .filterBounds(geometry)
  .filterDate('2018-01-01', '2019-01-01')
  .map(function(img){
    return img.normalizedDifference(['B8', 'B4']).rename('ndvi')
  })
  .copyProperties(img, ['system:time_start', 'system:time_end']);
```

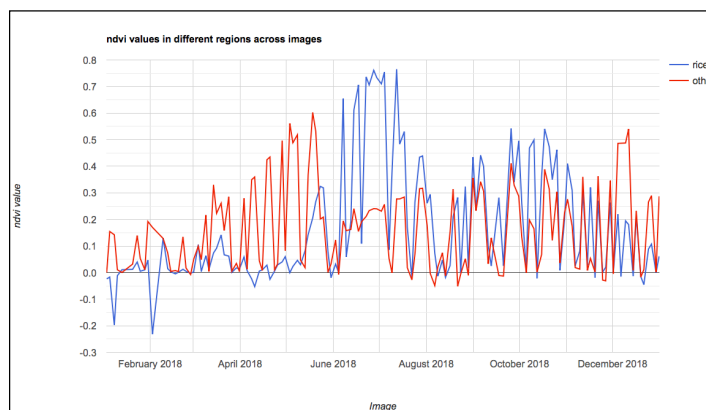



۴) نمودار سری زمانی تغییرات شاخص طیفی

در کد قبل، از copy properties استفاده شد تا ویژگی‌های تصاویر ورودی (مخصوصاً اطلاعات زمانی آن‌ها system:time_start) برای محاسبه ndvi به هریک از شاخص‌های محاسبه شده منتقل شود. حالا برای نمایش تغییرات شاخص ndvi در هریک از مناطق انتخاب شده، از دستور series by region استفاده می‌شود.

```
var chart = ui.Chart.image.seriesByRegion(ndvi, regions,
ee.Reducer.mean(), 'ndvi', 10, 'system:time_start','label');
print(chart);
```

در این مرحله، کد را ذخیره‌سازی و اجرا کنید. نتیجه حاصل از اجرای کد، در شکل ۲۴ نمایش داده شده است.



شکل ۲۴- روند تغییرات زمین‌های کشت برنج و محصول دیگر

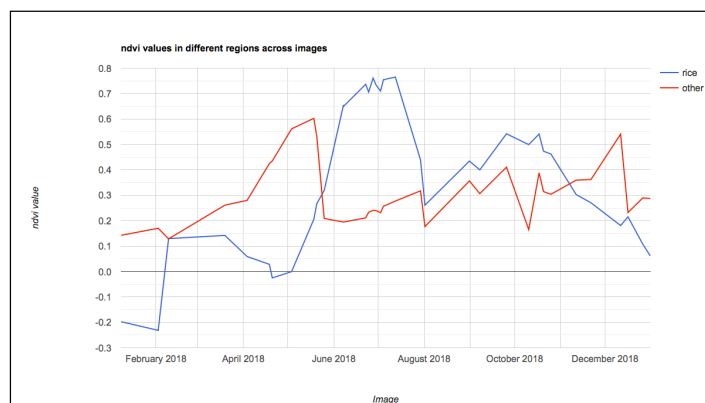
۵) تعیین فیلتر ابر

در نمودار بالا تغییرات ndvi برای تمام تصاویر فراخوانی شده محاسبه شده است. اگر بر فرض، یک فیلتر ابر به متغیر ndvi اضافه شود، نتیجه چه خواهد شد؟ متغیر ndvi را که برحسب فیلتر ابر بازنویسی شده است، در کد زیر مشاهده کنید. در این حالت، فقط تصاویری فراخوانی شدند که میزان ابر موجود در آن‌ها کمتر از ۱۰ درصد است. نتیجه در شکل ۲۵ نشان داده شده است.

```
var ndvi = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
.filterBounds(geometry)
.filterDate('2018-01-01','2019-01-01')
.filter(ee.Filter.lessThan('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',10))
```



```
.map(function(img){
return img.normalizedDifference(['B8','B4']).rename('ndvi')
.copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end']); });
```



شکل ۲۵- مقایسه روند تغییرات کشت برنج با محصولی دیگر در تصاویر کم‌ابر

همان‌طور که در نتیجه جدید می‌بینید، با برطرف شدن اثر ابر، روند تغییرات رشد دو محصول به‌طور منطقی‌تر قابل مشاهده و ارزیابی است. اختلاف روند تغییرات رشد محصولات زراعی - که با استفاده از شاخص‌های طیفی می‌توان آن‌ها را مدل‌سازی کرد - امکان جداسازی راحت‌تر آن‌ها را از طریق تصاویر ماهواره‌ای فراهم می‌کند.

۶) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام `sentinel2_trend_comparison_7` به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

طبقه‌بندی درختی تصاویر سنتینل ۲

در بخش‌های پیشین، شیوه‌های متنوعی برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از داده‌های لندست و سنتینل آموزش داده شد. شیوه‌های قبل عموماً به الگوریتم‌های متریک



متکی بودند که در آن‌ها از پارامترهای آماری هر کلاس، از جمله میانگین و انحراف معیار استفاده شده است. در این بخش، شما با روش طبقه‌بندی غیر متریک درخت تصمیم‌گیری آشنا می‌شوید که مبنای جداسازی کلاس‌های آن براساس حد آستانه‌های شاخص‌های طیفی است.

(۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

در این بخش، استان مازندران به‌منزله منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شده است. ابتدا لایه وکتوری استان را براساس دستورالعمل‌های قبل، داخل کد ایجاد و با استفاده از دستورهای زیر موقعیت نقشه گوگل را تنظیم کنید. سپس، لایه برداری را به‌صورت بصری نمایش دهید.

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```

(۲) فراخوانی تصویر سنتینل ۲

برای طبقه‌بندی درختی در منطقه استان مازندران، با استفاده از کد زیر، یک تصویر میانه بی‌ابر براساس مرز این استان فراخوانی می‌شود.

```
var sen2 = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S2_SR")
```

```
.filterDate('2019-01-01','2020-01-01')
```

```
.filterBounds(table)
```

```
.filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',10))
```

```
.median()
```

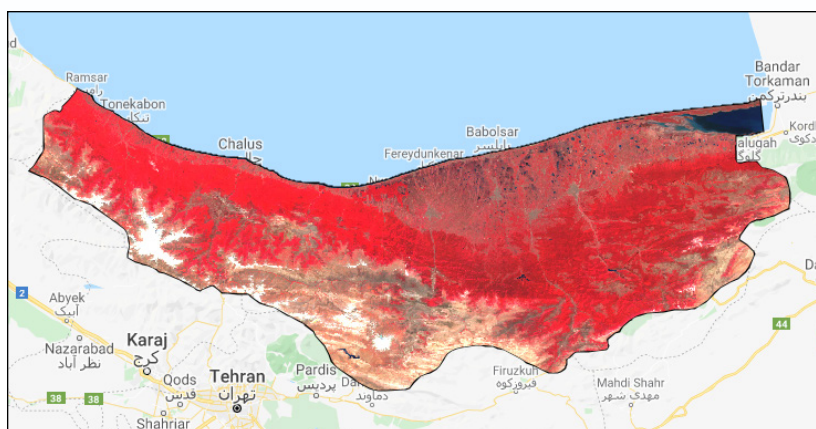
```
.multiply(0.0001)
```

```
.clip(table)
```

```
.select('B[2-4]','B8');
```

```
Map.addLayer(sen2,{bands:['B8','B4','B3']},'sen2',false);
```

در شکل ۲۶، تصویر حاصل از اجرای کد بالا نمایش داده شده است.



شکل ۲۶- تصویر میانه سنتینل ۲ برای سال ۲۰۱۹ میلادی

۳) محاسبه شاخص‌های طیفی

شاخص‌های ndwi و ndvi با استفاده از کد زیر محاسبه شده‌اند. در مراحل بعدی، برای جداسازی کلاس‌ها در منطقه استان مازندران، از این شاخص‌ها و مدل رقومی زمین استفاده خواهد شد.

```
var ndvi = sen2.normalizedDifference(['B8','B4']);
var ndwi = sen2.normalizedDifference(['B4','B8']);
```

۴) فراخوانی مدل رقومی زمین

پس از شاخص‌های طیفی، مدل رقومی زمین ۳۰ متری SRTM نیز برای استفاده در فرایند طبقه‌بندی فراخوانی می‌شود.

```
var dem = ee.Image("USGS/SRTMGL1_003").clip(table);
```

۴) طبقه‌بندی درختی

حالا کلاس‌های مختلف، با استفاده از شاخص‌های طیفی و مدل رقومی زمین و تعیین حد آستانه‌ها، از یکدیگر جدا می‌شوند. در کد زیر چگونگی جداسازی هریک از کلاس‌ها با استفاده از تابع where نشان داده شده است:

```
var decision1 = ndvi.where(ndvi.gte(0.3).and(dem.lt(350)),1); // agriculture
var decision2 = decision1.where(ndvi.gte(0.3).and(dem.gte(350)),2); // forest
var decision3 = decision2.where(ndvi.gte(0).and(ndvi.lt(0.3).and(dem.
```



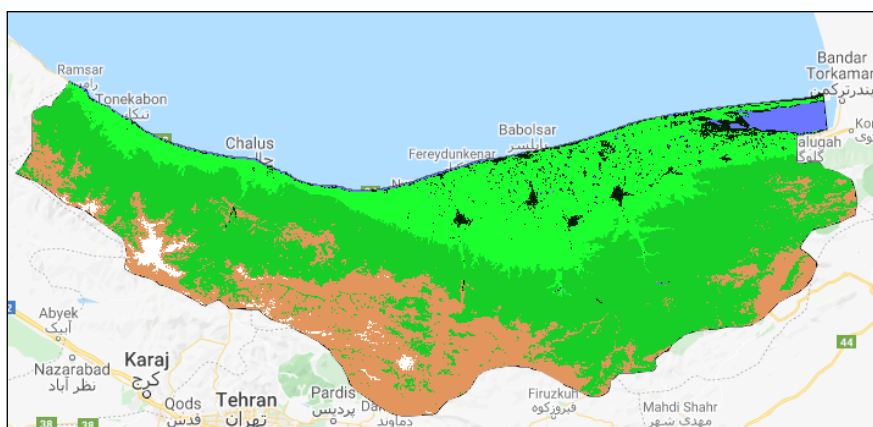
```
lt(500))),3); // urban and bareland mixed
var decision4 = decision3.where(ndvi.gte(0).and(ndvi.lt(0.3).and(dem.
gte(500))),4); // bareland
var decision5 = decision4.where(ndvi.lt(0).and(ndwi.gt(0)).and(dem.
lt(2000)),5); // water
var decision6 = decision5.where(ndvi.lt(0).and(ndwi.gt(0)).and(dem.
gte(2000)),6); // cloud
```

در کد بالا، شش تصمیم (یا همان decision) برای جداسازی شش کلاس تعریف شده است. در تصمیم اول (decision1)، مقادیر بزرگ‌تر از ۳/۰ در شاخص پوشش گیاهی در ارتفاعات کمتر از ۳۵۰ متر به عنوان کلاس شماره ۱ (کلاس کشاورزی) شناخته شده است. در تصمیم دوم (decision2)، مقادیر بزرگ‌تر از ۳/۰ در تصویر پوشش گیاهی در ارتفاعات بیش از ۳۵۰ متر به عنوان کلاس شماره ۲ (کلاس جنگل) در نظر گرفته شده است. در تصمیم سوم (decision3)، مقادیر بزرگ‌تر از ۳/۰ در تصویر پوشش گیاهی در مناطق کم‌ارتفاع (زیر ۵۰۰ متر) به عنوان کلاس ۳ (شهر و زمین‌های بایر به طور ترکیبی) در نظر گرفته شده است. در تصمیم چهارم (decision4)، مقادیر بزرگ‌تر از ۳/۰ و کوچک‌تر از ۳/۰ در تصویر پوشش گیاهی در ارتفاعات (مناطق بالاتر از ۵۰۰ متر) به عنوان کلاس شماره ۴ (زمین‌های بایر) انتخاب شده است. در تصمیم پنجم (decision5)، مقادیر منفی در تصویر پوشش گیاهی و مقادیر مثبت در تصویر آب در ارتفاعات کمتر از ۲۰۰۰ متر به عنوان کلاس شماره ۵ (پوشش‌های آبی) در نظر گرفته شده است. در تصمیم ششم (decision6)، مقادیر منفی در تصویر پوشش گیاهی و مقادیر مثبت در تصویر آب که در ارتفاعات بیش از ۲۰۰ متر واقع شده است به عنوان کلاس شماره ۶ (پوشش ابری) انتخاب شده است.

۵) نمایش تصویر

پس از محاسبه طبقه‌بندی درختی با شاخص‌های طیفی و مدل رقومی زمین، نتیجه نهایی را با استفاده از کد زیر بصری‌سازی کنید. در شکل ۲۷، نتیجه حاصل از اجرای کد زیر دیده می‌شود.

```
Map.addLayer(decision6,{palette:['#14ff26','#0da919','#000000','#ff9d39','#0014ff','#ffffff']},'decision_map',false);
```



شکل ۲۷- تصویر طبقه‌بندی شده با روش تصمیم‌گیری درختی

۶) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام 8_sentinel2_decision_tree به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

تلفیق تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۲

در حال حاضر تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۲، با توان تفکیک مکانی ۱۰ متری، بهترین جزئیات مکانی را در بین ماهواره‌های رایگان سنجش از دور فراهم کرده است. با این حال، تنها چهار باند از سیزده باند این ماهواره، توان تفکیک مکانی ۱۰ متری دارد. از نه باند دیگر، شش باند با توان تفکیک ۲۰ متری و سه باند با توان تفکیک ۶۰ متری تصویربرداری می‌کنند که به کمک روش‌های تلفیق تصاویر ماهواره‌ای می‌توان جزئیات مکانی این باندها را نیز به ۱۰ متر ارتقا داد. در این بخش، چگونگی تلفیق تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۲ را برای تبدیل تصاویر ۲۰ متری به ۱۰ متری توضیح می‌دهیم.

۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

در این بخش، منطقه مورد مطالعه به صورت دستی و با استفاده از ابزار draw a rectangle



تعیین می‌شود. برای اینکه اثر تلفیق تصاویر و افزایش جزییات مکانی بهتر دیده شود بهتر است منطقه مورد مطالعه بخشی از زمین‌های زراعی باشد. به همین دلیل، قسمتی از زمین‌های زراعی استان خوزستان به‌منزله منطقه مورد مطالعه برای این بخش در نظر گرفته شد. با استفاده از کد زیر موقعیت نقشه گوگل را تنظیم کنید:

```
Map.centerObject(ROI);
```

۲) فراخوانی تصاویر

با استفاده از کد زیر، تصاویر بازتاب سطحی (تصحیح اتمسفری شده) ماهواره سنتینل ۲ را فراخوانی کنید:

```
var sen2 = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S2_SR")
    .filterBounds(ROI)
    .filterDate('2019-01-01','2020-01-01')
    .filter(ee.Filter.eq('MGRS_TILE','39RTQ'))
    .sort('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE')
    .first()
    .clip(ROI);

print('cloudless sentinel-2 image:',sen2);
```

همان‌طور که در کد بالا پیداست، کم‌ابترین تصویر از یک فریم خاص ماهواره سنتینل ۲ در سال ۲۰۱۹ انتخاب شده و سپس، براساس مرز منطقه مورد مطالعه برش خورده است.

۳) نمایش تصویر

برای مشاهده منطقه مورد مطالعه و بصری‌سازی آن از دستور زیر استفاده می‌شود:

```
Map.addLayer(sen2,[],'sen2_cloudless',false);
```

۴) استخراج مختصات‌ها

ساختار هندسی متفاوت باندهای ۱۰ و ۲۰ متری باعث ایجاد خطای مختصاتی در فرایند



محاسبات می‌گردد. برای جلوگیری از بروز چنین خطاهایی باید اطلاعات هندسی و مختصاتی هر یک از تصاویر ۱۰ و ۲۰ متری استخراج و از آن‌ها در فرایندهای تبدیل هندسی در جریان تلفیق تصاویر استفاده شود. اطلاعات مختصاتی باندهای ۱۰ و ۲۰ متری، با استفاده از کد زیر استخراج شده است:

```
var cs = sen2.select('B4').projection().getInfo().crs;
var crsTransform10m = sen2.select('B4').projection().getInfo().transform;
var crsTransform20m = sen2.select('B5').projection().getInfo().transform;

print(cs);
print(crsTransform10m);
print(crsTransform20m);
```

۵) جداسازی باندها

در این مرحله، باندهای ۱۰ و ۲۰ متری در قالب دو متغیر متفاوت از یکدیگر جدا شده‌اند تا محاسبات جداگانه‌ای نیز در مراحل بعدی روی آن‌ها انجام شود.

```
var tenBands = sen2.select('B[2-4]', 'B8').multiply(0.0001);
var twentyBands = sen2.select('B[5-7]', 'B8A', 'B11', 'B12').multiply(0.0001);
```

۶) باند پانکروماتیک

ماهواره سنتینل ۲ فاقد باند پانکروماتیک است. با این حال، با استفاده از روش میانگین‌گیری باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیکی که توان تفکیک مکانی ۱۰ متری دارند، این کار امکان‌پذیر است؛ کد زیر، چگونگی محاسبه و تولید باند پانکروماتیک را نشان داده است:

```
var panBand = tenBands.expression('(b2+b3+b4+b8)/(4.0)',
{ 'b2': tenBands.select('B2'), 'b3': tenBands.select('B3'),
  'b4': tenBands.select('B4'), 'b8': tenBands.select('B8') });
```

برای بصری‌سازی باند پانکروماتیک از کد زیر استفاده می‌شود:

```
Map.addLayer(panBand, [], 'panchromatic', false);
```



۷) تبدیل مختصاتی

در این مرحله، باند پانکروماتیک و باندهای ۱۰ و ۲۰ متری از نظر مختصاتی تصحیح می‌شوند.

```
var pan_crs = panBand.reproject({crs: cs, crsTransform: crsTransform10m });
var tenBands_crs = tenBands.reproject({crs: cs, crsTransform: crsTransform10m });
var twentyBands_crs = twentyBands.reproject({crs: cs, crsTransform: crsTransform20m });
```

سپس، باندهای ۲۰ متری به پیکسل سایز ۱۰ متر ریسمپل می‌شوند.

```
var msResampled = twentyBands_crs.resample('bilinear').reproject(
  {crs: twentyBands_crs.projection().crs(), scale: 10 });
```

فراموش نکنید که با ریسمپل کردن فقط اندازه پیکسل‌ها تغییر پیدا کرده است و این به معنای افزایش جزئیات مکانی نیست.

۸) ایجاد کرنل محاسباتی

با توجه به اینکه در این بخش، از تبدیلات فرکانسی در فرایند تلفیق استفاده می‌شود، لازم است یک کرنل برای جداسازی جزئیات مکانی از تصویر پانکروماتیک طراحی شود؛ کدهای زیر برای طراحی کرنل و استخراج جزئیات مکانی از تصویر پانکروماتیک ایجاد شده است:

```
var ratio = 2.0;
var kernelSize = 5;
var mod = 0.25;

var list = [-1,-1,-1,-1,-1];
var centerList = [-1,-1,24,-1,-1];
var lists = [list,list,centerList,list,list];
var kernel = ee.Kernel.fixed(5, 5, lists, -3, -3, false);
```

```
var hpf = pan_crs.convolve(kernel);
```

در کد بالا، با استفاده از متغیر hpf (به روش مورد استفاده یعنی high pass filter اشاره دارد)، جزئیات مکانی تصویر پانکروماتیک بر اساس کرنل مورد نظر استخراج شده است.



۹) استخراج اطلاعات آماری

سپس، انحراف معیار باندهای ۲۰ متری ریسمپل شده و تصویر جزئیات مکانی، با استفاده از کد زیر محاسبه می‌شود:

```
var msStdv = ee.Number(msResampled.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.stdDev(),
  geometry: ROI,
  bestEffort: true}));
```

```
var hpfStdv = ee.Number(hpf.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.stdDev(),
  geometry: ROI,
  bestEffort: true}));
```

```
var msStdv2 = ee.Dictionary(msStdv).values(['B5', 'B6', 'B7', 'B8A', 'B11', 'B12']);
var hpfStdv2 = ee.Image.constant(ee.Dictionary(hpfStdv).values().get(0));
```

۱۰) تزریق جزئیات مکانی

در آخر، نوبت به تزریق جزئیات مکانی تصویر پانکروماتیک به باندهای ۲۰ متری ریسمپل شده می‌رسد. بدین منظور، تک تک باندهای ۲۰ متری فراخوانی و سپس، فرایند تلفیق بر اساس معادله hpf تکمیل می‌شود.

```
var B5 = hpf.multiply(ee.Number(msStdv2.get(0))).divide(hpfStdv2).multiply(mod);
var B6 = hpf.multiply(ee.Number(msStdv2.get(1))).divide(hpfStdv2).multiply(mod);
var B7 = hpf.multiply(ee.Number(msStdv2.get(2))).divide(hpfStdv2).multiply(mod);
var B8A = hpf.multiply(ee.Number(msStdv2.get(3))).divide(hpfStdv2).multiply(mod);
var B11 = hpf.multiply(ee.Number(msStdv2.get(4))).divide(hpfStdv2).multiply(mod);
var B12 = hpf.multiply(ee.Number(msStdv2.get(5))).divide(hpfStdv2).multiply(mod);

var B5_10m = msResampled.select('B5').add(B5);
```

```
var B6_10m = msResampled.select('B6').add(B6);
var B7_10m = msResampled.select('B7').add(B7);
var B8A_10m = msResampled.select('B8A').add(B8A);
var B11_10m = msResampled.select('B11').add(B11);
var B12_10m = msResampled.select('B12').add(B12);
```

(۱۱) نمایش تصویر

برای مشاهده کیفیت تلفیق، مراحل قبل و بعد از تلفیق باند ۵ (برای نمونه) با استفاده از کد زیر مقایسه شده است (شکل‌های ۲۸ و ۲۹):

```
Map.addLayer(B5_10m, [], 'B5_10m', false);
Map.addLayer(msResampled.select('B5'), [], 'B5_20m', false);
```



شکل ۲۸ - باند ۵ با توان تفکیک مکانی ۲۰ متر



شکل ۲۹ - باند ۵ با توان تفکیک مکانی ۱۰ متر



۱۲) تجميع باندها

همهٔ باندهای تلفیق شده باید در یک مجموعه داده تجميع شوند:

```
var stack20to10 = B5_10m.addBands(B6_10m).addBands(B7_10m).addBands(B8A_10m)
.addBands(B11_10m).addBands(B12_10m);
```

۱۳) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام 9_sentinel2_pansharpening به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحهٔ فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحهٔ فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

شناسایی نوع کشت برنج در سنتینل ۳

در مراحل قبلی، شما با روش شناسایی کشت‌های مختلف با استفاده از تصاویر سنتینل ۱ و ۲ آشنا شدید. در این مرحله هدف آن است که تولید نقشهٔ نوع کشت تصاویر سنتینل ۳ را بیاموزید. ماهوارهٔ سنتینل ۳، از نظر مکانی و زمانی، تفاوت‌های زیادی با ماهواره‌های سنتینل ۱ و ۲ دارد؛ از نظر مکانی دارای دقت ۳۰۰ متری است و از نظر زمانی هر دو روز یک بار از سطح زمین تصویربرداری می‌کند. زیاد بودن توان تفکیک زمانی این ماهواره، امکان مطالعهٔ دقیق‌تر چرخهٔ رشد گیاهان مختلف را با استفاده از شاخص ndvi فراهم می‌آورد. در این بخش، قصد داریم ضمن محاسبهٔ شاخص ndvi برای هر یک از تصاویر، نقشهٔ کشت برنج را با استفاده از طبقه‌بندی نظارت‌نشده در گوگل ارث انجین تولید کنیم.

۱) انتخاب منطقهٔ مورد مطالعه

مانند طرح قبل (سنتینل ۲ برای کشت برنج)، در این طرح نیز استان مازندران را به‌منزلهٔ منطقهٔ مورد مطالعه انتخاب کنید. سپس، با استفاده از دستورهای add layer و center object، موقعیت پنل نقشهٔ گوگل را تعیین کنید:

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```




۲) تابع پوشش گیاهی

در تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۳، برای فراخوانی و محاسبه تصاویر شاخص ndvi ماهیانه با استفاده از الگوریتم maximum value composite می‌توان از همان ساختارهای قبلی کدنویسی سنتینل ۱ و ۲ استفاده کرد. با این حال، برای افزایش توانایی شما در کار کردن با گوگل ارث انجین، ساختار متفاوت و کاربردی‌تری را در این بخش معرفی خواهیم کرد که با تکرار محاسبات، حجم کدنویسی را بسیار کاهش می‌دهد.

ابتدا با استفاده از کد زیر، یک تابع خام برای محاسبه شاخص ndvi تعریف کنید. توجه داشته باشید که هنوز هیچ تصویری وارد این تابع نشده و به عنوان یک تابع خام شناخته می‌شود.

```
var getNDVI = function(img){
  var NDVI = img
    .normalizedDifference(['0a17_radiance','0a08_radiance'])
    .rename("NDVI");
  return NDVI; };
```

در دستور بالا، از داده‌های باند ۱۷ (مادون قرمز نزدیک) و ۸ (باند قرمز) رادیانس ماهواره سنتینل ۳ استفاده شده است. در گوگل ارث انجین تنها داده‌های رادیانس این ماهواره در دسترس است.

۳) تعیین بازه زمانی

در مرحله دوم، آغاز و پایان بازه زمانی مورد نظر را تعریف کنید (کد زیر). در این بخش، هدف آن است که برای ۱۲ ماه سال ۲۰۱۸ میلادی یک تصویر ndvi داشته باشیم. بدین منظور، با استفاده از دستور date زمان آغاز بازه زمانی مشخص می‌شود. بعد، با استفاده از list sequence تعداد ماه‌ها از ۰ تا ۱۱ (یعنی ۱۲ ماه) تعیین می‌گردد. سپس، این دو پارامتر در قالب یک تابع تجمع می‌شوند. فراموش نکنید که در این بخش نیز یک تابع خام به کار گرفته شد که در ادامه، از آن برای تولید تصاویر ماهیانه استفاده می‌شود.

```
var start = ee.Date.fromYMD(2018,01,01);
var months = ee.List.sequence(0, 11);
var startDates = months.map(function(d) {
```



```
return start.advance(d, 'month'); });
print("Start dates", startDates);
```

۴) تابع تصاویر ماهیانه

در مرحله سوم، با توجه به بازه زمانی تعیین شده، از یک تابع جدید برای فراخوانی تصاویر سنتینل ۳ استفاده می‌شود. در این تابع، ابتدا تاریخ آغاز و پایان و بازه زمانی مورد نظر تعیین و سپس، تصاویر سنتینل ۳ فراخوانی می‌گردد. بعد، از تابع خام ndvi که در مرحله نخست نوشته شد، برای محاسبه تصویر ndvi هر یک از تاریخ‌ها استفاده می‌شود و در نهایت، ماکزیمم آن در هر پیکسل برای هر تاریخ محاسبه می‌گردد. برای درک بهتر این توضیحات، کد زیر را با دقت تایپ کنید:

```
var monthmap = function(m){
var start = ee.Date(m);
var end = ee.Date(m).advance(1, 'month');
var date_range = ee.DateRange(start, end);
var S3Month = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S3/OLCI')
.filterDate(date_range)
.filterBounds(table)
.map(getNDVI)
.map(function(img){return img.clip(table)});
return(S3Month.max());};
```

۵) تولید تصاویر ماکزیمم

در مرحله چهارم، برای قرار گرفتن تصاویر ماکزیمم ndvi محاسبه شده در بازه زمانی که در مرحله دوم تعیین شده بود (۱۲ ماه سال ۲۰۱۸)، از کد زیر استفاده می‌شود. نتیجه آن با استفاده از دستور print نمایش داده شده است.

```
var list_of_images = startDates.map(monthmap);
print('list_of_images', list_of_images);
```

در شکل ۳۰، نتیجه حاصل از اجرای دستور بالا دیده می‌شود.



```
list_of_images
List (12 elements)
  0: Image (1 band)
  1: Image (1 band)
  2: Image (1 band)
  3: Image (1 band)
  4: Image (1 band)
  5: Image (1 band)
  6: Image (1 band)
  7: Image (1 band)
  8: Image (1 band)
  9: Image (1 band)
 10: Image (1 band)
 11: Image (1 band)
```

شکل ۳۰- فهرست تصاویر ndvi محاسبه شده برای هر ماه

در مرحله پنجم، تصاویر ماکزیمم ndvi محاسبه شده را در قالب یک image collection فراخوانی کنید و سپس، از نتیجه آن پرینت بگیرید (شکل ۳۱).

```
var mt = ee.ImageCollection(list_of_images);
print("Monthly NDVI", mt);
```

```
Monthly NDVI
ImageCollection (12 elements)
  type: ImageCollection
  bands: []
  features: List (12 elements)
    0: Image (1 band)
    1: Image (1 band)
    2: Image (1 band)
    3: Image (1 band)
    4: Image (1 band)
    5: Image (1 band)
    6: Image (1 band)
    7: Image (1 band)
    8: Image (1 band)
    9: Image (1 band)
   10: Image (1 band)
   11: Image (1 band)
```

شکل ۳۱- فهرست تصاویر ndvi محاسبه شده برای هر ماه

تا این مرحله، ۱۲ تصویر ماکزیمم ndvi برای هر یک از ماه‌های سال ۲۰۱۸ میلادی تولید شده است. این شکل از کدنویسی مانند حلقه‌های عمل می‌کند که با تکرار محاسبات، به طور خودکار، میزان کدنویسی شما را بسیار کاهش می‌دهد.

۶) جمع تصاویر

در مرحله ششم، تصاویر ndvi محاسبه شده باید در قالب یک مجموعه داده قرار بگیرند. در کد زیر، این کار با استفاده از دستور to bands به سادگی انجام می‌شود:

```
var stack = mt.toBands();
```

۷) طبقه‌بندی نظارت نشده

اولین گام در طبقه‌بندی نظارت نشده آن است که ۵۰۰۰ هزار نمونه به طور تصادفی از بین تصاویر فراخوانی شده انتخاب شود:

```
var training = ndvystack.sample({
  region: table,
  scale: 300,
  numPixels: 5000 });
```

بر اساس نمونه‌هایی که در کد بالا برداشت شد، الگوریتم طبقه‌بندی نظارت نشده را تعیین و تعداد کلاس‌ها را تعریف کنید. در این تمرین، از الگوریتم طبقه‌بندی نظارت نشده kmeans استفاده می‌شود:

```
var clustrer = ee.Clusterer.wekaKMeans(10).train(training);
```

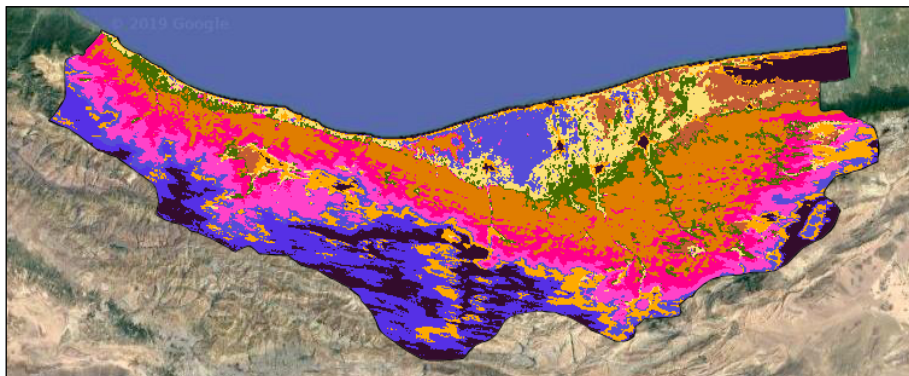
سپس، بر اساس طبقه‌بندی اولیه که روی نمونه‌ها صورت گرفت، تمام پیکسل‌های تصویر را طبقه‌بندی کنید:

```
var result = ndvystack.cluster(clustrer);
```

در آخر، برای نمایش نتیجه طبقه‌بندی با ترکیب رنگ‌های متفاوت (به طور خودکار)، از کد زیر استفاده کنید:

```
Map.addLayer(result.randomVisualizer(), {}, 's3-map');
```

در این مرحله کد نوشته شده را ذخیره‌سازی و اجرا کنید. اکنون می‌توانید نقشه طبقه‌بندی شده ۱۰ کلاسه را مشاهده کنید (شکل ۳۲). توجه داشته باشید که تصویر طبقه‌بندی شده (نسبت به دیگر پردازش‌ها) با کمی تأخیر نمایش داده می‌شود.



شکل ۳۲- نقشه طبقه‌بندی نظارت نشده



همان طور که در نقشه طبقه‌بندی شده می‌بینید، منطقه بنفش نزدیک ساحل نشاندهنده زمین‌های کشت برنج است. فراموش نکنید که عموماً از طبقه‌بندی نظارت‌نشده به عنوان نتیجه نهایی طبقه‌بندی استفاده نمی‌شود، اما می‌توان از آن برای رسیدن به نتایج کلی که در شناخت و تعیین وضعیت منطقه مؤثر است، بهره گرفت. در عین حال، اگر علاوه بر شاخص ndvi، داده‌های دیگر مانند داده‌های راداری نیز اضافه شود، دقت طبقه‌بندی نظارت‌نشده افزایش پیدا خواهد کرد.

برای ذخیره‌سازی نتیجه، از همان دستورالعمل export image که در فصل قبل آموزش داده شد، استفاده کنید.

۸) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام sentinel3_unsupervised_10 به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

تولید نقشه کشت دیم و آبی با تصاویر سنتینل ۳

در بخش قبل، به موضوع تولید نقشه کشت برنج و زمین‌های زراعی با استفاده از طبقه‌بندی نظارت‌نشده پرداختیم. در این بخش، روش تولید نقشه زمین‌های زراعی با استفاده از پروداکت‌های آماده و تصاویر سنتینل ۳ آموزش داده می‌شود. عموماً پروداکت‌های آماده برای یک زمان خاص کاربرد دارند، اما با ترکیب تصاویر ماهواره‌ای به‌روز مانند سنتینل ۳، امکان تولید نقشه به‌روز و باکیفیت‌تر برای آن‌ها فراهم می‌شود. با استفاده از این شیوه، شما با روش جداسازی کلاس کشت‌های آبی و دیم آشنا خواهید شد.

۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

در این بخش نیز منطقه مورد مطالعه، مازندران است؛ با این تفاوت که در این بخش، هدف ما شناسایی و جداسازی زمین‌های کشت دیم از زمین‌های کشت آبی است. بدین منظور،

ابتدا لایه وکتوری استان مازندران را وارد کنید. سپس، با استفاده از کدهای زیر موقعیت نقشه گوگل را تنظیم کنید و لایه ورودی را به صورت بصری نمایش دهید.

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```

۲) فراخوانی پروداکت کشاورزی

پیش از فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۳، لازم است پروداکت کشاورزی GFSAD فراخوانی و سپس، در سه کلاس غیر زراعی، کشت آبی و کشت دیم دسته‌بندی شود.

```
var GFSAD = ee.Image("USGS/GFSAD1000_V1").clip(table);
```

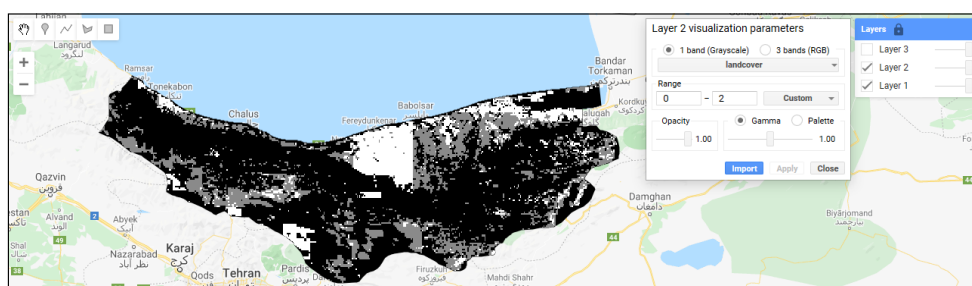
```
var map1 = GFSAD.where(GFSAD.gte(1).and(GFSAD.lte(2.0)),1);
```

```
var map2 = map1.where(GFSAD.gt(2),2);
```

در کد بالا، ابتدا پروداکت کشاورزی فراخوانی شده و سپس، کلاس ۱ و ۲ که شامل کشت آبی و کلاس‌های ۳ و ۴ که شامل کشت دیم است، با هم ترکیب شده‌اند. با این روش، یک نقشه سه کلاسه از کشت آبی، دیم و زمین‌های غیر کشاورزی ایجاد می‌شود. برای نمایش نقشه پروداکت کشاورزی از دستور زیر استفاده کنید:

```
Map.addLayer(map2);
```

اگر در بخش layer setting، دامنه ۰ تا ۲ را در کادر range اعمال کنید، نقشه‌ای سیاه و سفید با سه کلاس نمایش داده خواهد شد (شکل ۳۳).



شکل ۳۳- نقشه حاصل از پروداکت کشاورزی GFSAD

همان‌طور که در شکل ۳۳ می‌بینید، مناطق سفید به صورت دیم و مناطق خاکستری به صورت آبی کشت می‌شوند. این نقشه به سال ۲۰۱۰ مربوط است و اگر با تصاویر سنتینل ۳ ترکیب شود، جزئیات مکانی و زمانی آن به روز می‌شود.



۳) فراخوانی تصاویر سنتینل ۳

در این مرحله، تصاویر ماکزیمم ماهیانه سنتینل ۳ برای سال ۲۰۱۸ میلادی، با استفاده از کد زیر فراخوانی و تولید شده است (در تمرین قبل، درباره این کد شرح داده شد).

```
// Function to get image NDVI
var getNDVI = function(img){
var NDVI = img
.normalizedDifference(['0a17_radiance','0a08_radiance'])
.rename("NDVI");
return NDVI;
};
```

```
// Make start and end layers
var start = ee.Date.fromYMD(2018,01,01);
var months = ee.List.sequence(0, 11);
var startDates = months.map(function(d) {
return start.advance(d, 'month'); });
print("Start dates",startDates);
```

```
// Collect imagery by month
var monthmap = function(m){
var start = ee.Date(m);
var end = ee.Date(m).advance(1,'month');
var date_range = ee.DateRange(start,end);
var S3Month = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S3/OLCI')
.filterDate(date_range)
.filterBounds(table)
.map(getNDVI)
.map(function(img){return img.clip(table)});
return(S3Month.max());};
print("monthmap",monthmap);
```

```
var list_of_images = startDates.map(monthmap);
print('list_of_images', list_of_images);
var mt = ee.ImageCollection(list_of_images).toBands();
print("Monthly NDVI", mt);
```



۴) تجميع تصاویر

برای تجميع تصاویر سنیتل ۳ و پروداکت کشاورزی GFSAD از کد زیر استفاده می‌شود:

```
var stack = mt.addBands(map2)
print(stack);
```

۵) طبقه‌بندی تصاویر

برای طبقه‌بندی تصاویر سنیتل ۳، بر اساس پروداکت کشاورزی تعریف‌شده، از کد زیر استفاده می‌شود:

```
var bn = mt.bandNames();

var training_data = stack.stratifiedSample({
  numPoints: 1000,
  classBand: 'landcover',
  region: table,
  scale: 300});

var classifier = ee.Classifier.svm().train({
  features: training_data,
  classProperty: 'landcover',
  inputProperties: bn});

var classified = mt.classify(classifier);
print(classified)

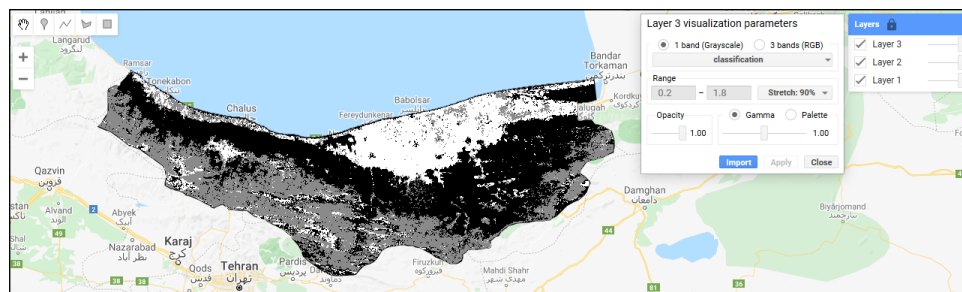
Map.addLayer(classified);
```

۶) نمایش تصویر

برای نمایش دادن تصویر طبقه‌بندی شده از دستور زیر استفاده می‌شود:

```
Map.addLayer(classified);
```

اگر نقشه طبقه‌بندی شده به رنگ سیاه ظاهر شد، یک مرحله stretch ۹۰٪ روی آن اجرا کنید (شکل ۳۴).



شکل ۳۴ - نقشه طبقه‌بندی شده سنتینل ۳

در نقشه به دست آمده از سنتینل ۳، مناطق سفید نشان دهنده زمین‌های زراعی کشت دیم و مناطق خاکستری نشان دهنده زمین‌های زراعی کشت آبی است که براساس نقشه GFSAD تولید شده است. این نقشه، از نظر جزئیات مکانی و اطلاعات زمانی، نسبت به پروداکت GFSAD به روزتر و دقیق‌تر است.

۷) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام 11-sentinel3-crop-mapping به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

محاسبه خودکار اراضی زیر کشت با تصاویر سنتینل ۳

در دو بخش قبل، شما با روش‌های جداسازی زمین‌های کشاورزی با تصاویر سنتینل ۳ آشنا شدید. در این بخش، روش آشکارسازی تغییرات مساحت سطحی زمین‌های کشاورزی با استفاده از این داده‌های ماهواره‌ای ارائه می‌شود. توجه داشته باشید که شیوه‌های برنامه‌نویسی که در این کتاب ارائه می‌شود، برای هر نوع تصویر ماهواره‌ای قابل اجراست. به عبارت دیگر، تمام این شیوه‌ها را می‌توان برای تصاویر سنتینل ۲ و حتی لندست نیز اجرا کرد.



(۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

در این بخش نیز مانند بخش‌های قبل، منطقه مورد مطالعه، استان مازندران در نظر گرفته شده است.

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```

(۲) فراخوانی پروداکت کشاورزی

پروداکت کشاورزی مورد استفاده در این بخش همان پروداکت GFSAD یک کیلومتری است که در تمرین پیش از آن استفاده شد. هدف ما آن است که ابتدا نقشه زمین‌های زراعی (برای سال ۲۰۱۸) و تصاویر سنتینل ۳ (مانند تمرین قبلی) را محاسبه و سپس، براساس مرز اراضی زراعی سال ۲۰۱۸، روند تغییرات مساحت سطحی اراضی کشاورزی را در این سال به صورت ماهیانه اندازه‌گیری کنیم.

```
var GFSAD = ee.Image("USGS/GFSAD1000_V1").clip(table);
```

```
var map1 = GFSAD.where(GFSAD.gte(1).and(GFSAD.lte(2.0)),1);
```

```
var map2 = map1.where(GFSAD.gt(2),2);
```

(۳) تولید تصاویر ماهیانه

تصاویر ماکزیمم پوشش گیاهی، با استفاده از کد زیر تولید می‌شوند:

```
var getNDVI = function(img){
```

```
var NDVI = img
```

```
.normalizedDifference(['0a17_radiance','0a08_radiance'])
```

```
.rename("NDVI");
```

```
return NDVI; };
```

```
// Make start and end layers
```

```
var start = ee.Date.fromYMD(2018,01,01);
```

```
var months = ee.List.sequence(0, 11);
```

```
var startDates = months.map(function(d) {
```



```

return start.advance(d, 'month'); });
print("Start dates",startDates);

// Collect imagery by month
var monthmap = function(m){
var start = ee.Date(m);
var end = ee.Date(m).advance(1,'month');
var date_range = ee.DateRange(start,end);
var S3Month = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S3/OLCI')
.filterDate(date_range)
.filterBounds(table)
.map(getNDVI)
.map(function(img){return img.clip(table)});
return(S3Month.max().set('system:time_start',start.millis()));};
print("monthmap",monthmap);

var list_of_images = startDates.map(monthmap);
print('list_of_images', list_of_images);
var mt = ee.ImageCollection(list_of_images).toBands();
print("Monthly NDVI", mt);

var stack = mt.addBands(map2)
print(stack);

var bn = mt.bandNames();

var training_data = stack.stratifiedSample({

```

۴ طبقه بندی

پس از تولید تصاویر ماهیانه، برای جداسازی زمین‌های کشاورزی از سایر پوشش‌ها، فرایند طبقه بندی انجام می‌شود.

```

var stack = mt.addBands(map2)
print(stack);

var bn = mt.bandNames();

var training_data = stack.stratifiedSample({

```



```
numPoints: 1000,
classBand: 'landcover',
region: table,
scale: 300});

var classifier = ee.Classifier.svm().train({
features: training_data,
classProperty: 'landcover',
inputProperties: bn});

var classified = mt.classify(classifier);
```

۵) محاسبه مساحت اراضی

بعد از مشخص کردن محدوده زمین‌های کشاورزی در سال ۲۰۱۸ میلادی، لازم است مساحت آن‌ها به صورت ماهیانه اندازه‌گیری و سپس، روند تغییرات آن در قالب نموداری نمایش داده شود.

```
var mask = classified.updateMask(classified.gte(1));
var mt = ee.ImageCollection(list_of_images);

var area_sen3_monthly = mt.map(function(img){

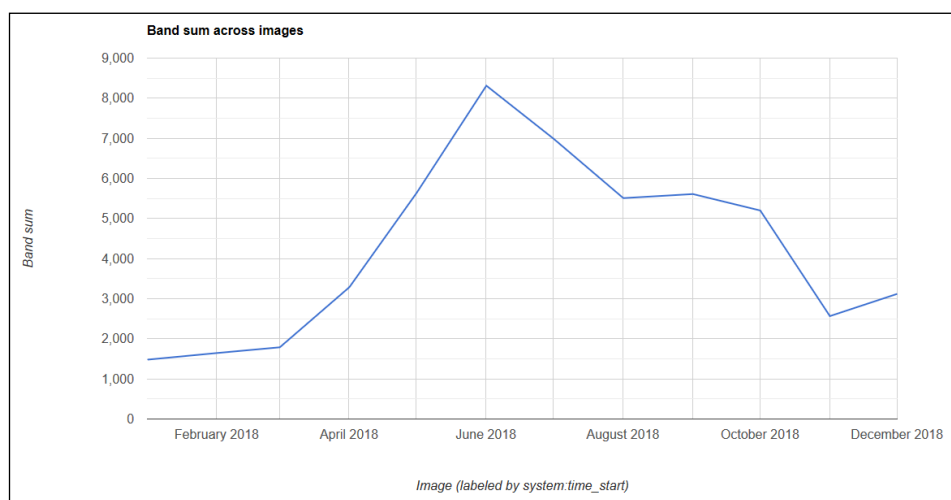
var sen3_mask = img.updateMask(mask);
var thr = sen3_mask.gte(0.3);
var sen3_mask2 = thr.updateMask(thr);
var area = sen3_mask2.multiply(ee.Image.pixelArea().divide(1000000));

return area

.copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end'])); });

print(ui.Chart.image.series(area_sen3_monthly, table
, ee.Reducer.sum(), 300, 'system:time_start'));
```


در کد بالا، ابتدا یک ماسک از نقشه طبقه‌بندی ایجاد شده که در آن اراضی کشت آبی و دیم با هم به عنوان زمین‌های کشاورزی در نظر گرفته شده است. سپس، فهرست تصاویر ماهیانه سنتینل ۳ داخل حلقه فراخوانی و در هر یک از آن‌ها مقادیر عددی بزرگ‌تر از $0/3$ داخل زمین‌های زراعی انتخاب و مساحت آن در هر تاریخ محاسبه شده است. در پایان، با استفاده از دستور chart، مجموع مساحت زمین‌های کشاورزی (بر حسب کیلومتر مربع) در هر تاریخ محاسبه و در قالب نمودار ترسیم شده است (شکل ۳۵).



شکل ۳۵- روند تغییرات ماهیانه اراضی کشاورزی

۶) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام 12_sentinel3_crop_area_series به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

پایش آئروسل‌ها با استفاده از داده‌های سنتینل ۵

جدیدترین ماهواره سنتینل که هم‌اکنون داده‌های آن به صورت رایگان عرضه شده، ماهواره سنتینل ۵ است. مهم‌ترین کاربرد داده‌های این ماهواره در زمینه مطالعات اتمسفر، از جمله



ریزگردها، مونوکسید کربن، دی اکسید نیتروژن، ازن، سولفور دی اکسید و ابرهاست. اگر شما در زمینه مطالعات سنجش از دور اقلیم‌شناسی یا اتمسفر کار می‌کنید، تصاویر سنتینل ۵، بهترین انتخاب است. با توجه به اینکه ماهواره‌های اقلیم‌شناسی از توان تفکیک زمانی نسبتاً زیادی برخوردارند، داده‌های این ماهواره هر دو روز یک بار عرضه می‌شود. این امر، امکان پایش مناسب هر یک از پارامترهای اشاره‌شده را فراهم می‌کند. علاوه بر این، داده‌های ماهواره سنتینل ۵ به صورت پروداکت‌های آماده از ماه جولای سال ۲۰۱۸ میلادی عرضه شده و به هیچ‌گونه تصحیح رادیومتریکی و هندسی و یا محاسبات خاصی نیازی ندارد.

(۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

در این بخش، هدف ما پایش تغییرات گرد و غبار است. به همین منظور، یکی از استان‌های غرب و جنوب غرب کشور مانند استان خوزستان را به منزله منطقه مورد مطالعه انتخاب کنید (شکل ۳۶).



شکل ۳۶ - انتخاب منطقه مورد مطالعه

نکته

در این تمرین، امکان تعیین منطقه مورد مطالعه به صورت نقطه‌ای، با استفاده از دستور add a marker نیز فراهم است.



سپس، با استفاده از کدهای زیر موقعیت پِنل نقشه گوگل را تنظیم کنید:

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```

۲) فراخوانی پروداکت آئروسول

برای فراخوانی پروداکت آئروسول ماهواره سنتینل ۵ که براساس شاخص uv-aerosol محاسبه شده است، از کد زیر استفاده می‌شود:

```
var uv = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S5P/NRTI/L3_AER_AI")
```

```
.filterBounds(table)
```

```
.filterDate('2018-07-01','2019-02-01')
```

```
.select('absorbing_aerosol_index');
```

اگر از نتیجه این بخش پرینت بگیرید، می‌بینید که ۴۱۸ تصویر برای بازه زمانی تقریباً ۷ ماهه فراخوانی شده است (شکل ۳۷).

```
print(uv);
```

```
▼ ImageCollection COPERNICUS/S5P/NRTI/L3_AER_AI (418 elements)
  type: ImageCollection
  id: COPERNICUS/S5P/NRTI/L3_AER_AI
  version: 1598049058081620
  bands: []
  ► features: List (418 elements)
  ► properties: Object (22 properties)
```

شکل ۳۷- تصاویر فراخوانی شده پروداکت گرد و غبار سنتینل ۵

۳) نمودار روند تغییرات آئروسول

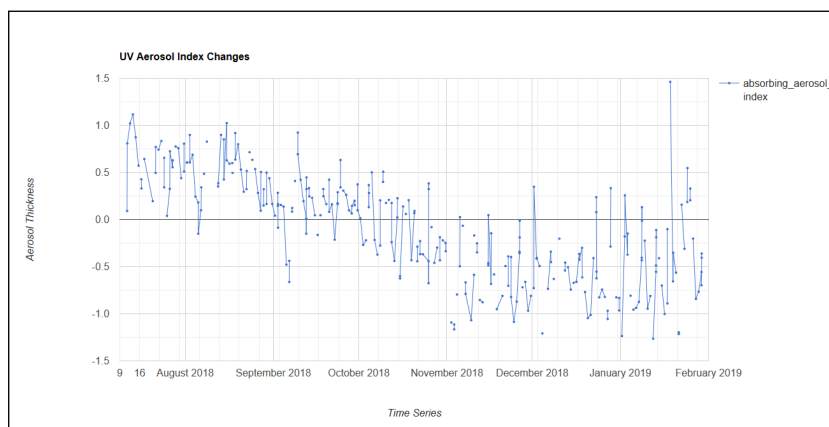
برای آنکه نمودار میانگین تغییرات آئروسول را در استان خوزستان، طی بازه زمانی انتخاب شده ترسیم کنید، از کدهای زیر استفاده کنید. در این مرحله، با استفاده از دستور chart type، نوع نمودار به صورت اسکتر انتخاب شد و عنوان اصلی نمودار و عنوان بردارهای افقی و عمودی با دستور set options تنظیم گردید. با استفاده از line width، ضخامت خط ترسیمی و با استفاده از point size، اندازه نقاط نمایش داده شده در نمودار تعیین شد.

```
var chart = ui.Chart.image.series(uv, table, ee.Reducer.mean())
```

```
, 1000, 'system:time_start').setChartType('ScatterChart')
```

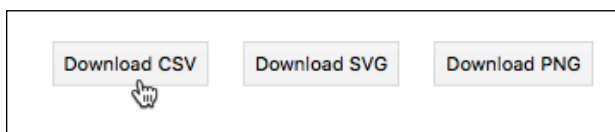
```
.setOptions({
  title: 'UV Aerosol Index Changes',
  hAxis: {title: 'Time Series'},
  vAxis: {title: 'Aerosol Thickness'},
  lineWidth: 1,
  pointSize: 2
});
print(chart);
```

در شکل ۳۸، نتیجه حاصل از اجرای کد بالا نمایش داده شده است.



شکل ۳۸- میانگین روند تغییرات آئروسول در استان خوزستان

در نتیجه به دست آمده، افزایش مقدار میانگین ثبت شده، نشان دهنده آن است که میزان غلظت گرد و غبارهای موجود در اتمسفر، برای بازه زمانی مورد نظر بیشتر است. شاید از خود پرسید دلیل عدم اتصال کامل خطوط در نمودار چیست؟ دلیل آن، عدم وجود مقادیر برای برخی از تاریخ‌ها است. اگر شما با انتخاب گزینه download csv فایل اکسل نمودار را استخراج کنید، این مسئله را به وضوح مشاهده خواهید کرد (شکل‌های ۳۹ و ۴۰).



شکل ۳۹- گزینه دانلود فایل اکسل نمودار محاسبه شده



	A	B
1	system:time_start	absorbing_aerosol_index
2	Jul 11, 2018	
3	Jul 11, 2018	0.969
4	Jul 12, 2018	1.157
5	Jul 13, 2018	1.227
6	Jul 14, 2018	1.071
7	Jul 15, 2018	0.577
8	Jul 15, 2018	
9	Jul 16, 2018	0.462
10	Jul 16, 2018	0.323
11	Jul 17, 2018	0.79
12	Jul 20, 2018	0.169
13	Jul 20, 2018	
14	Jul 21, 2018	
15	Jul 21, 2018	0.541
16	Jul 21, 2018	0.737
17	Jul 22, 2018	
18	Jul 22, 2018	1.034
19	Jul 23, 2018	1.031
20	Jul 23, 2018	
21	Jul 24, 2018	0.793
22	Jul 24, 2018	
23	Jul 25, 2018	0.377
24	Jul 26, 2018	0.314
25	Jul 26, 2018	
26	Jul 27, 2018	
27	Jul 27, 2018	0.84

شکل ۴۰- مقادیر تعریف نشده در برخی از تاریخ‌ها

نکته

در این گونه موارد، برای جلوگیری از مشکل عدم اتصال خطوط، بهتر است از دستور chart type استفاده نکنید.

۴) استخراج تصویر میانه آئروسول ماهیانه

برای ذخیره‌سازی تصاویر رستری میانه آئروسول هر ماه، از کد زیر استفاده کنید. توجه داشته باشید که این کد دقیقاً بر اساس کد فراخوانی تصاویر ماهانه سنتینل ۳ (در بخش قبلی) طراحی شده است. در گام نخست، ابتدا بازه زمانی مورد مطالعه تنظیم می‌شود. این بازه زمانی از جولای سال ۲۰۱۸ تا فوریه سال ۲۰۱۹ است.

```
// Make start and end layers
var start = ee.Date.fromYMD(2018,07,01);
var months = ee.List.sequence(0, 7);
var startDates = months.map(function(d) {
```



```
return start.advance(d, 'month');
});
print("Start dates", startDates);
```

در گام دوم، تابع فراخوانی تصاویر سنتینل ۵، پروداکت آئروسول، براساس میانه محاسبه می‌گردد.

```
var monthmap = function(m){
var start = ee.Date(m);
var end = ee.Date(m).advance(1, 'month');
var date_range = ee.DateRange(start, end);
var S3Month = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S5P/NRTI/L3_AER_AI')
.filterDate(date_range)
.filterBounds(table)
.select('absorbing_aerosol_index')
.map(function(img){return img.clip(table)});
return(S3Month.median()).set('system:time_start', start.millis());};
print("monthmap", monthmap);
```

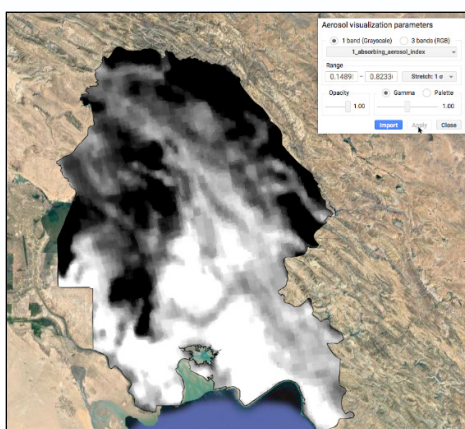
در گام سوم، تصاویر میانه شاخص آئروسول براساس بازه زمانی تعریف شده در تابع گام اول محاسبه می‌گردد.

```
var list_of_images = startDates.map(monthmap);
print('list_of_images', list_of_images);
var uv = ee.ImageCollection(list_of_images);
print("Monthly Aerosol", uv);
```

در گام چهارم، یک مجموعه داده از تصاویر میانه آئروسول ماهیانه، ساخته و برای بصری‌سازی و ذخیره آن اقدام می‌شود.

```
var uv_stack = uv.toBands();
Map.addLayer(uv_stack, {}, "Aerosol");
Export.image.toDrive({
image: uv_stack,
description: 'uv_index',
scale: 1000,
region: table,
maxPixels: 1e9});
```

در تصویر ۴۱، نتیجه بصری پروداکت آئروسول ماه آگوست دیده می‌شود.



شکل ۴۱- تصویر میانه پروداکت آئروسول

با توجه به شکل ۴۱، مناطق سفید محدوده‌هایی هستند که میزان غلظت آئروسول در آن‌ها نسبت به مناطق تیره بیشتر است.

۶) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام `sentinel3_uv_aerosol_13` به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

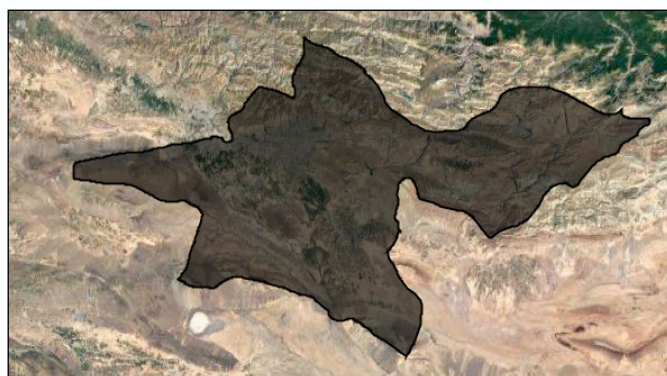
<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

پایش مونوکسید کربن با استفاده از داده‌های سنتینل ۵

یکی دیگر از پروداکت‌های کاربردی ماهواره سنتینل ۵، پروداکت مونوکسید کربن است. در این بخش، با استفاده از ساختار کدنویسی که در پایش آئروسول‌ها به کار رفت، می‌توانید پایش مونوکسید کربن را نیز (از نوامبر سال ۲۰۱۸) انجام دهید.

۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

در این بخش، هدف آن است که تغییرات مونوکسید کربن در استان تهران برای بازه زمانی نوامبر ۲۰۱۸ تا مارس ۲۰۱۹ میلادی بررسی شود. بدین منظور، ابتدا شیپ فایل استان تهران را وارد و به منزله منطقه مورد مطالعه انتخاب کنید (شکل ۴۲).



شکل ۴۲- انتخاب منطقه مورد مطالعه

نکته

برای تولید نمودار پایش تغییرات مونوکسید کربن در شهر تهران می‌توانید با استفاده از گزینه add a marker، به جای فراخوانی شیپ‌فایل، یک نقطه از شهر را انتخاب کنید.

۲) فراخوانی پروداکت مونوکسید کربن

در این مرحله، برای فراخوانی تمام پروداکت‌های مونوکسید کربن برای بازه زمانی موردنظر، از کد زیر استفاده می‌شود. از بین باندهای موجود در این پروداکت، باند co_column_number_density حاوی اطلاعات مونوکسید کربن بر اساس واحد mol/m^2 است.

```
var cmo = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S5P/NRTI/L3_CO")
  .filterBounds(geometry)
  .filterDate('2018-11-01', '2019-01-01')
  .select('CO_column_number_density');
```

نکته

با استفاده از این پروداکت، امکان برآورد تغییرات ستون آب اتمسفر نیز با استفاده از باند h2o_column_number_density فراهم است. بر همین اساس، تمام این مراحل پردازشی را می‌توانید برای داده‌های ستون آب اتمسفری نیز اجرا کنید.

۳) تولید نمودار خطی تغییرات مونوکسید کربن

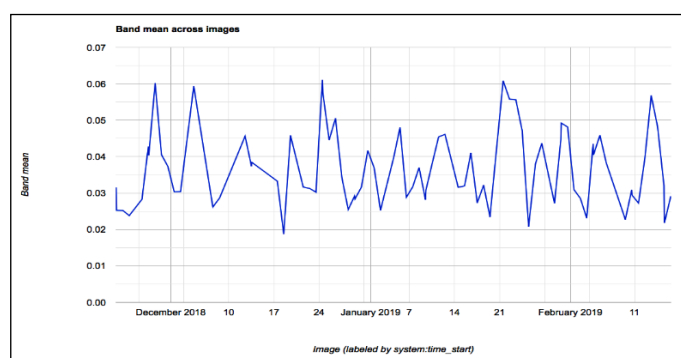
برای تولید نمودار میانگین تغییرات مونوکسید کربن در منطقه استان تهران از دستور زیر



استفاده می‌گردد. گفتنی است پروداکت‌های سنتینل ۵ از توان تفکیک مکانی (به‌طور تقریبی) ۵ تا ۸ کیلومتر برخوردارند.

```
var chart = ui.Chart.image.series(cmo, geometry, ee.Reducer.mean(),
  , 1000, 'system:time_start');
print(chart);
```

سپس، کد نوشته‌شده را ذخیره‌سازی و اجرا کنید. نتیجه حاصل از اجرای کد در شکل ۴۳ نمایش داده شده است.



شکل ۴۳ - نمودار روند تغییرات مونوکسید کربن

با توجه به شکل ۴۳، میانگین مونوکسید کربن استان تهران در دسامبر ۲۰۱۸ و ژانویه ۲۰۱۹ نسبت به دیگر زمان‌ها بیشتر بوده است.

۴) استخراج تصاویر میانه مونوکسید کربن شهر تهران

برای ذخیره‌سازی تصاویر میانه ماهانه پروداکت مونوکسید کربن، از ساختار کد زیر استفاده کنید. این کد از نظر ساختاری دقیقاً مانند کد نوشته‌شده برای پایش تغییرات پروداکت آئروسول ماهواره سنتینل ۵ است و با توجه به اینکه قبلاً درباره آن توضیح داده‌ایم، از تکرار این توضیحات صرف‌نظر می‌کنیم.

```
// Make start and end layers
var start = ee.Date.fromYMD(2018,11,01);
var months = ee.List.sequence(0, 4);
var startDates = months.map(function(d) {
  return start.advance(d, 'month'); });
```



```
print("Start dates",startDates);

// Collect imagery by month
var monthmap = function(m){
var start = ee.Date(m);
var end = ee.Date(m).advance(1,'month');
var date_range = ee.DateRange(start,end);
var S3Month = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S5P/NRTI/L3_CO')
.filterDate(date_range)
.filterBounds(table)
.select('CO_column_number_density')
.map(function(img){return img.clip(table)});
return(S3Month.median().set('system:time_start',start.millis()));};
print("monthmap",monthmap);

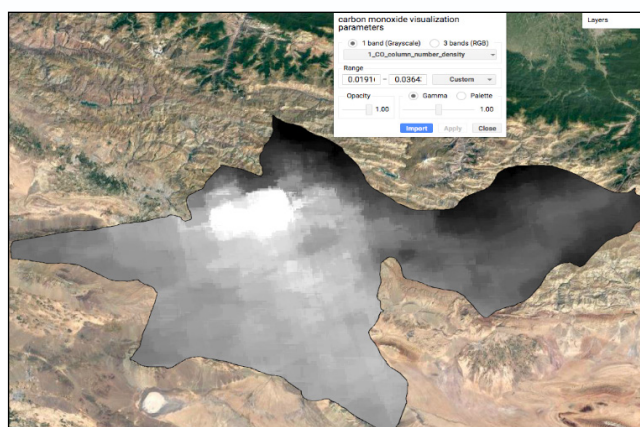
var list_of_images = startDates.map(monthmap);
print('list_of_images', list_of_images);
var co = ee.ImageCollection(list_of_images);
print("Monthly Aerosol", co);

// make a stack from median carbon monoxide
var co_stack = co.toBands();

Map.addLayer(co_stack,{}, "carbon monoxide");

Export.image.toDrive({
image: co_stack,
description: 'co_index',
scale: 1000,
region: table,
maxPixels: 1e9})
```

شکل ۴۴، نتیجه بصری حاصل از اجرای کد بالا را نمایش داده است.



شکل ۴۴- تصویر پروداکت مونوکسید کربن شهر تهران

در شکل ۴۴، تصویر میانه مونوکسید کربن برای ماه ژانویه سال ۲۰۱۹ میلادی نمایش داده شده است. طبق تصویر، محدوده مربوط به شهر تهران بیشترین مقدار مونوکسید کربن را دارد و به صورت یک محدوده سفیدرنگ از مناطق دیگر متمایز شده است.

۵) کد آموزشی

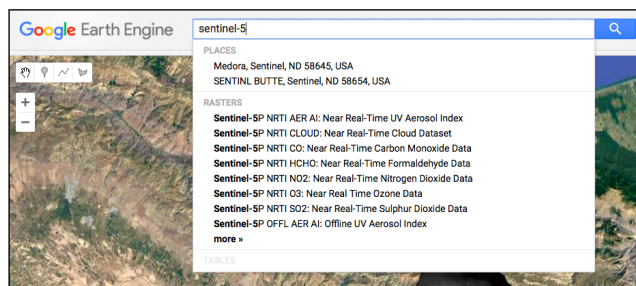
کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام 14-sentinel5-co به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

پایش سایر مؤلفه‌های اتمسفری سنتینل ۵

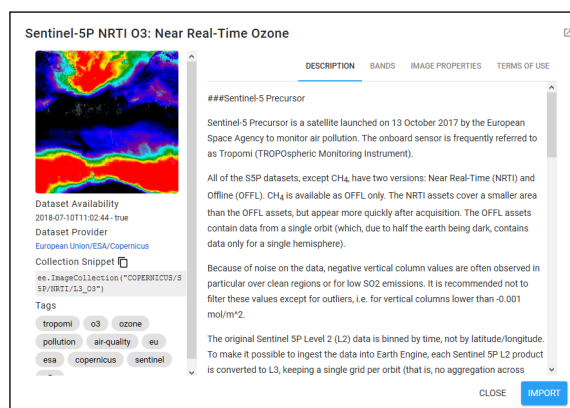
در بخش‌های پیشین، شما با روش کدنویسی برای پروداکت‌های حاصل از داده‌های سنتینل ۵ آشنا شدید. با استفاده از این ساختارهای کدنویسی، می‌توانید سایر پروداکت‌های این ماهواره را نیز پایش و ارزیابی کنید. توجه داشته باشید که کدنویسی برای پروداکت‌های دیگر نیز به همین شکل است و تنها آیدی پروداکت و اسم باند آن تغییر می‌کند. ممکن است این سؤال در ذهن شما ایجاد شود که چگونه می‌توان اطلاعات پروداکت‌های دیگر، اعم از نام آن‌ها و اطلاعات باندها را به دست آورد؟

اگر در پنل جستجوی بخش کدنویسی گوگل ارث انجین، نام ماهواره را به صورت sentinel-5 تایپ کنید، تمام پروداکت‌های موجود نمایش داده می‌شود (شکل ۴۵).

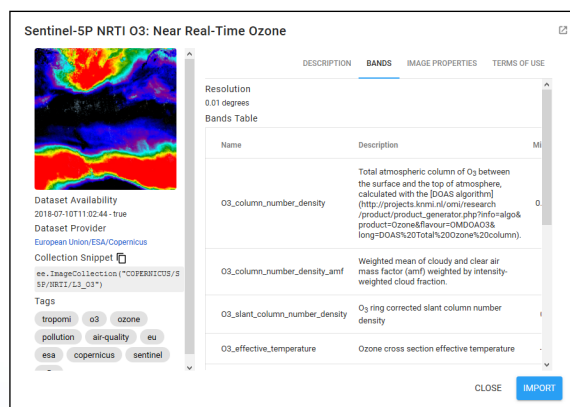


شکل ۴۵ - جستجوی پروداکت‌های سنتینل ۵

همان‌طور که در شکل ۴۵ می‌بینید، نام تمام پروداکت‌ها نوشته شده و با کلیک کردن روی هر یک از آن‌ها، همه اطلاعات مورد نیاز را به دست خواهید آورد (شکل‌های ۴۶ و ۴۷).



شکل ۴۶ - اطلاعات پروداکت ازن ماهواره سنتینل ۵

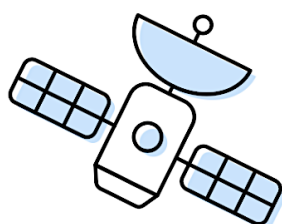


شکل ۴۷ - اطلاعات پروداکت ازن ماهواره سنتینل ۵



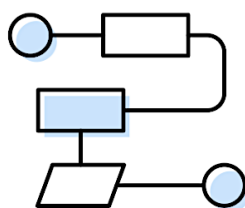
فصل چهارم: پروداکت‌های سنجنده مادیس

شیوه‌های کاربردی برنامه‌نویسی پروداکت‌های سنجنده مادیس



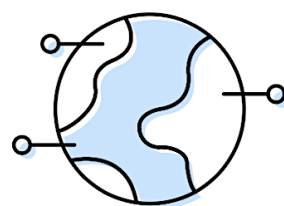
Satellite Imagery

+



Your Algorithms

+



Real World Applications

نکات آموزشی این فصل

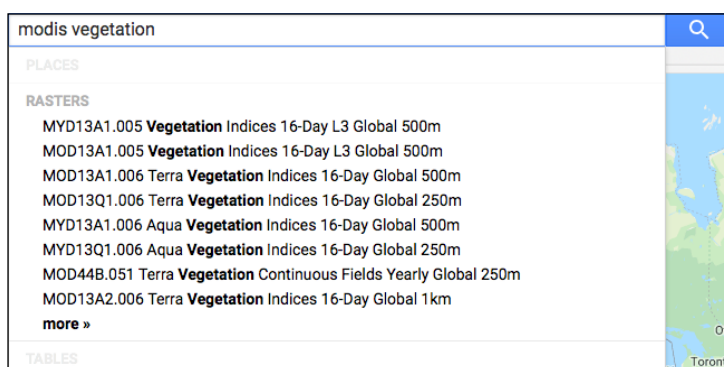
- پایش تغییرات پوشش گیاهی
- پایش تغییرات دمای سطح زمین
- پایش جزیره حرارتی شهری
- پایش خشکسالی
- کاربری اراضی
- پایش تغییرات گرد و غبار
- تولید انواع نقشه‌های گرد و غبار
- پایش تغییرات تبخیر و تعرق
- پایش تغییرات مساحت سطحی آب
- پایش تغییرات مؤلفه‌های آبی



گوگل ارث انجین، از پرکاربردترین پروداکت‌های سنجنده مادیس پشتیبانی می‌کند. تمام پروداکت‌های مادیس در گوگل ارث انجین کاملاً پردازش شده و آماده‌اند و این داده‌ها هیچ نیازی به تصحیحات رادیومتریکی یا هندسی ندارند. شما به راحتی می‌توانید محاسبات سری زمانی داده‌های مادیس را در گوگل ارث انجین انجام دهید. در این فصل، چگونگی فراخوانی پروداکت‌های مادیس و محاسبات سری زمانی آن‌ها آموزش داده می‌شود.

پایش تغییرات پوشش گیاهی

سامانه گوگل ارث انجین، پروداکت‌های متنوعی از پوشش گیاهی سنجنده مادیس را پوشش می‌دهد. اگر در بخش جستجو، عبارت modis vegetation را تایپ کنید، انواع پروداکت‌های موجود آن برای شما نمایش داده می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱- جستجوی پروداکت پوشش گیاهی سنجنده مادیس

در این بخش، برای انجام پردازش‌های مرتبط با پوشش گیاهی از پروداکت mod13Q1 با توان تفکیک مکانی ۲۵۰ متر استفاده می‌شود. اگر به اطلاعات بیشتری درباره هر یک از پروداکت‌های پوشش گیاهی سنجنده مادیس نیاز دارید، کافی است روی هر یک از نام‌های پروداکت‌های فراخوانی شده کلیک کنید.

۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

در این بخش، استان کرمان به منزله منطقه مورد مطالعه انتخاب می‌شود. لایه وکتوری استان کرمان را در گوگل ارث انجین فراخوانی و سپس، وارد کد کنید (شکل ۲).



شکل ۲- انتخاب منطقه مورد مطالعه

با استفاده از کدهای زیر، موقعیت نقشه را تنظیم کنید و لایه وکتوری فراخوانی شده را نمایش دهید:

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```

۲) فراخوانی تصاویر پروداکت پوشش گیاهی

پروداکت پوشش گیاهی سنجنده مادیس، دو شاخص مهم با نام‌های $ndvi$ و evi را در بر دارد. برای فراخوانی این دو شاخص (برای سال ۲۰۱۸)، در هر تاریخ باید مقدار عددی 0.0001 به عنوان ضریب بر مقادیر آن اعمال شود. برای ضرب کردن هر یک از تصاویر ورودی در عدد مذکور از یک تابع استفاده می‌شود. برای فراخوانی تصاویر پروداکت پوشش گیاهی مادیس برای استان کرمان از کد زیر استفاده کنید:

```
var modveg = ee.ImageCollection('MODIS/006/MOD13Q1')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2018-01-01','2019-01-01')
  .select('NDVI')
  .map(function(img){
    var id = img.id();
    return img.multiply(0.0001).rename(id); })
  .toBands()
  .clip(table);
```

همان طور که در کد بالا می‌بینید، تمام تصاویر شاخص ndvi سال ۲۰۱۸ برای استان کرمان فراخوانی و سپس، با استفاده از دستور tobands به یک مجموعه داده منتقل و با دستور clip برش زده شده است. اگر از دستور print استفاده کنید، تعداد تصاویر فراخوانی شده مشخص می‌گردد.

```
print(modveg);
```

سپس، برای ذخیره‌سازی تصاویر فراخوانی شده از دستور export image to drive استفاده کنید. با این روش، شما با چند کد ساده می‌توانید ده‌ها یا صدها تصویر ndvi سنجنده مادیس را به صورت زمین مرجع شده، در زمان کوتاهی پردازش و ذخیره‌سازی کنید.

```
Export.image.toDrive({
  image: modveg,
  description: 'modis-ndvi',
  region: table,
  scale: 250,
  maxPixels: 1e9});
```

۴) پایش تغییرات پوشش گیاهی

در این مرحله، هدف آن است که با روش تولید نمودار تغییرات پوشش گیاهی برای یک نقطه از زمین‌های زراعی آشنا شوید. ابتدا یک نقطه یا یک محدوده از زمین‌های زراعی استان کرمان را انتخاب کنید.



شکل ۳- انتخاب منطقه مورد مطالعه



۵) فراخوانی تصاویر

برای فراخوانی تصاویر پروداکت پوشش گیاهی - به گونه‌ای که برای تولید نمودار تغییرات شاخص‌های گیاهی کاربردی باشد - از کد زیر استفاده می‌شود. توجه داشته باشید که در این مرحله، دو شاخص ndvi و evi با هم فراخوانی می‌شوند و ضریب ۰/۰۰۰۱ نیز بر هر دوی آن‌ها اعمال می‌شود.

```
var vegseri = ee.ImageCollection('MODIS/006/MOD13Q1')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2000-01-01','2019-01-01')
  .select('NDVI','EVI')
  .map(function(img){
    return img.multiply(0.0001)
  })
  .copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end']);
```

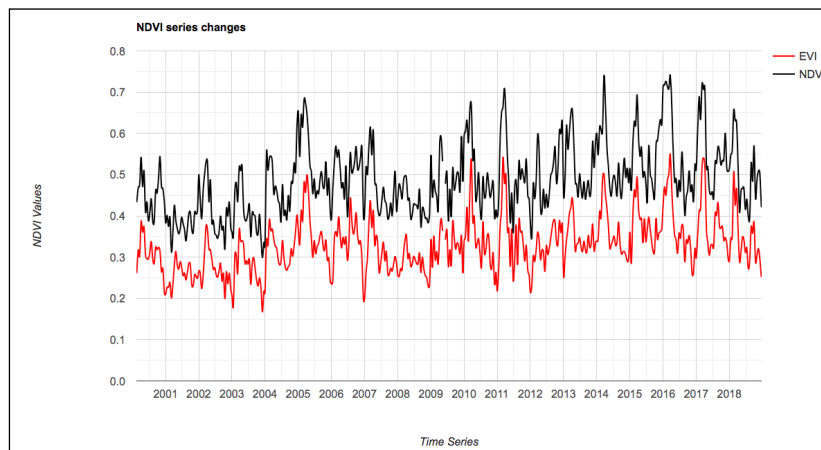
۶) ترسیم نمودار تغییرات شاخص‌ها

پس از فراخوانی تصاویر، با استفاده از کد زیر نمودار تغییرات ndvi را ترسیم کنید. گفتنی است تصویر ورودی حاوی دو شاخص ndvi و evi است و روند تغییرات هر دو شاخص هم‌زمان نمایش داده خواهد شد. کد ترسیم نمودار تغییرات، همان دستور chart image series است که در فصل‌های قبل نیز به آن اشاره شد. علاوه بر این، برای تعیین نوع نمودار، از دستور chart type استفاده می‌شود. برای آنکه نمودار فراخوانی شده به شکل منحنی باشد، از پارامتر curvetype استفاده کنید.

```
var chart = ui.Chart.image.series(vegseri, geometry,
  ee.Reducer.mean(),250, 'system:time_start')
  .setChartType('LineChart')
  .setOptions({
    title: 'NDVI series changes',
    hAxis: {title: 'Time Series'},
    vAxis: {title: 'NDVI Values'},
    lineWidth: 2,
    curveType: 'function',
    series:{
      0: {color : 'red'},
      1: {color : 'black'}}});
```



در شکل ۴، نتیجه حاصل از تغییرات شاخص‌های ndvi و evi با رنگ‌های قرمز و سیاه نمایش داده شده است.



شکل ۴ - مقایسه تغییرات شاخص‌های ndvi و evi

۷ ترسیم نمودار تغییرات یک شاخص

برای ارزیابی روند تغییرات یکی از شاخص‌های اشاره شده در بخش قبل (مانند ndvi)، کد قبلی به صورت زیر بازنویسی می‌شود:

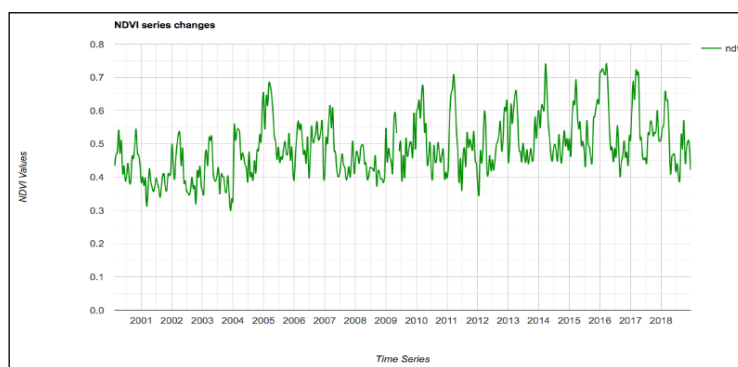
```
var vegseri = ee.ImageCollection('MODIS/006/MOD13Q1')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2000-01-01','2019-01-01')
  .select('NDVI')
  .map(function(img){
    return img.multiply(0.0001).rename('ndvi')
  })
  .copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end']);

var chart = ui.Chart.image.series(vegseri, geometry,
  ee.Reducer.mean(),250, 'system:time_start')
  .setChartType('LineChart')
  .setOptions({
    title: 'NDVI series changes',
    hAxis: {title: 'Time Series'},
```




```
vAxis: {title: 'NDVI Values'},
lineWidth: 2,
curveType: 'function',
series:{
0: {color : 'green'} }));
print(chart)
```

نتیجه حاصل از اجرای کد، در شکل ۵ نمایش داده شده است.



شکل ۵- نمودار تغییرات شاخص ndvi

بازه زمانی تصاویر مورد استفاده در این تمرین، سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ میلادی است. اگر از دستور print استفاده کنید، خواهید دید که بیش از ۴۰۰ تصویر تنها در چند ثانیه پردازش می‌شود. این در حالی است که اگر این ۴۰۰ تصویر را دانلود کنید و تمام کارها را دستی روی آن‌ها انجام دهید، حداقل یک هفته باید شبانه‌روزی زمان صرف کنید. دستورالعمل‌های ارائه شده در این بخش دقیقاً برای دیگر پروداکت‌های سنجنده مادیس نیز کارآمد است.

۸) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام modis_vegetation_series_1 به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

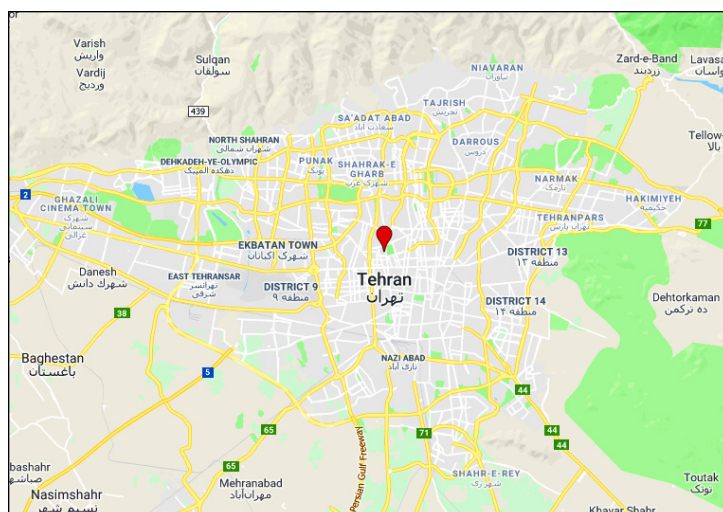


پایش تغییرات دمای سطح زمین

در این بخش، هدف آن است که نمودار تغییرات دمای روز و شب با استفاده از پروداکت دمای سطح زمین مادیس استخراج شود. برای این کار، ابتدا باید منطقه مورد مطالعه تعیین و سپس، نمودار تغییرات دما فراخوانی و ترسیم شود.

۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

همان‌طور که در بخش‌های قبلی آموزش داده شد، شما می‌توانید منطقه مورد مطالعه را به صورت نقطه‌ای یا با استفاده از پلیگون مشخص کنید. در این بخش، منطقه مورد مطالعه را نقطه‌ای روی شهر تهران تنظیم کنید (شکل ۶).



شکل ۶- انتخاب منطقه مورد مطالعه

سپس، با استفاده از کد زیر، موقعیت نقشه گوگل را تنظیم کنید:

```
Map.centerObject(geometry,10);
```

۲) فراخوانی تصاویر

پروداکت دمای سطح زمین سنجنده مادیس در گوگل ارث انجین، به صورت روز و شب و در قالب پروداکت‌های روزانه و هشت روزه، حاوی باندهای دمای سطح زمین روز و شب و داده‌های گسیل‌مندی باندهای ۳۱ و ۳۲ است. در شکل ۷، نمایی از جستجوی پروداکت دمای سطح زمین سنجنده مادیس نمایش داده شده است.



modis lst
PLACES
RASTERS
MOD11A1.006 Terra Land Surface Temperature and Emissivity Daily Global 1km
MYD11A1.006 Aqua Land Surface Temperature and Emissivity Daily Global 1km
MOD11A2.006 Terra Land Surface Temperature and Emissivity 8-Day Global 1km
MYD11A2.006 Aqua Land Surface Temperature and Emissivity 8-Day Global 1km
Oxford MAP LST: Malaria Atlas Project Gap-Filled Daytime Land Surface Temperature
Oxford MAP LST: Malaria Atlas Project Gap-Filled Nighttime Land Surface Temperature
AG100: ASTER Global Emissivity Dataset 100-meter V003
MOD11A1.005 Terra Land Surface Temperature and Emissivity Daily Global 1 km Grid SIN
more »
TABLES

شکل ۷- جستجوی پروداکت دمای سطح زمین سنجنده مادیس

در این بخش، از پروداکت دمای سطح زمین mod11a2 (هشت روزه) استفاده شده است. فراخوانی تصاویر دمای سطح زمین روز و شب، با استفاده از کد زیر انجام می‌شود. برای استفاده از پروداکت دمای سطح زمین سنجنده مادیس، باید ضریب ۰/۰۲ بر تک تک تصاویر فراخوانی شده اعمال شود.

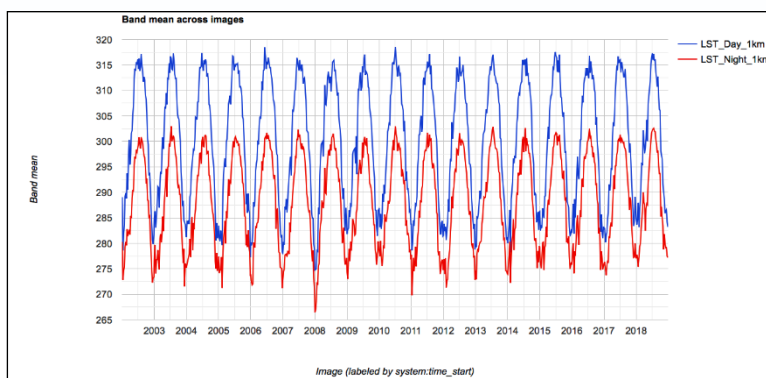
```
var modis = ee.ImageCollection('MODIS/006/MOD11A2')
  .filterBounds(geometry)
  .filterDate('2002-01-01','2019-01-01')
  .select("LST_Day_1km","LST_Night_1km")
  .map(function(img){
    return img.multiply(0.02)
  })
  .copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end']);
```

۳) نمودار تغییرات دمای سطح زمین

در بخش قبلی، تصاویر دمای سطح زمین روز و شب مادیس هشت روزه برای سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۹ فراخوانی شدند. حالا برای ترسیم نمودار تغییرات دمای سطح زمین در قالب یک پلات، از کد زیر استفاده کنید:

```
var chart = ui.Chart.image.series(modis, geometry, ee.Reducer.
  mean(),1000, 'system:time_start');
print(chart);
```

در شکل ۸، نتیجه حاصل از اجرای کد بالا نمایش داده شده است.



شکل ۸- تغییرات دمای سطح زمین روز و شب

بر اساس همان دستورالعمل پردازش پروداکت پوشش گیاهی مادیس، شما می‌توانید برای ذخیره‌سازی تک‌تک تصاویر دمای سطح زمین این سنجنده نیز اقدام کنید.

۴) نمودار مقایسه‌ای دمای سطح زمین

فرض کنید می‌خواهید تغییرات دمای شبانه دو نقطه از دو مکان متفاوت را در بازه زمانی ای که در بخش قبلی اشاره شد، در قالب نمودار مقایسه کنید. برای انجام این تمرین، ابتدا دو نقطه متفاوت را به منزله منطقه مورد مطالعه انتخاب کنید؛ یک نقطه در شهر تهران و یک نقطه در شهر تبریز. توجه داشته باشید که برای تعیین موقعیت نقطه دوم، باید یک لایه وکتوری جدید از طریق قسمت geometry import ایجاد کنید (شکل ۹).



شکل ۹- انتخاب منطقه مورد مطالعه



سپس، برای ترکیب دو لایه وکتوری در قالب یک لایه، از دستور feature collection استفاده کنید:

```
var region = ee.FeatureCollection([
  ee.Feature(ee.Geometry(geometry), {label: 'tehran'}),
  ee.Feature(ee.Geometry(geometry2), {label: 'tabriz'}) ]);
```

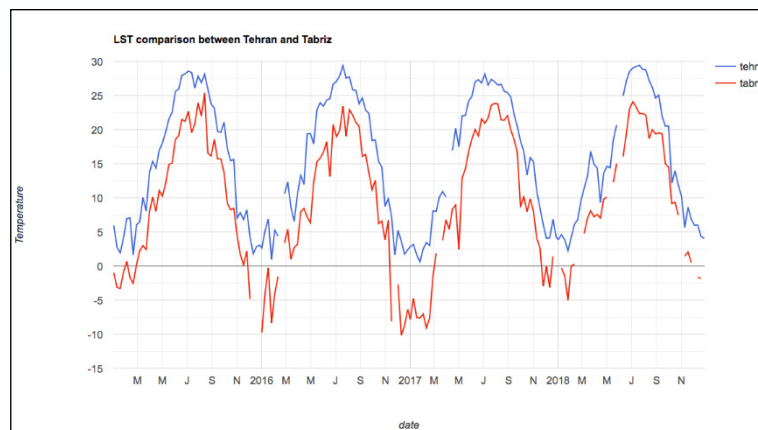
حالا برای فراخوانی تصاویر دمای سطح زمین در شب (به درجه سلسیوس) از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۹ از کد زیر استفاده کنید:

```
var modis = ee.ImageCollection('MODIS/006/MOD11A2')
  .filterBounds(geometry)
  .filterDate('2015-01-01', '2019-01-01')
  .select("LST_Night_1km")
  .map(function(img){
    var scale = img.multiply(0.02);
    var cel = scale.subtract(273.15);
    return cel
  })
  .rename('lst')
  .copyProperties(img, ['system:time_start', 'system:time_end']); });
```

پس از فراخوانی تصاویر دمای سطح زمین، از کد زیر برای ترسیم نمودار تغییرات دمای سطح زمین تهران و تبریز استفاده کنید:

```
var chart = ui.Chart.image.seriesByRegion(modis, region, ee.Reducer.mean(),
  'lst', 1000, 'system:time_start', 'label')
  .setOptions({
    title : 'LST comparison between Tehran and Tabriz',
    vAxis : {title: 'Temperature'},
    hAxis : {title: 'date'}});
print(chart);
```

در شکل ۱۰، نمودار تغییرات دمایی تهران و تبریز با واحد درجه سلسیوس نمایش داده شده است.



شکل ۱۰- مقایسه تغییرات دمایی تهران و تبریز

همان طور که در نمودار تغییرات دمایی معلوم است، نقطه انتخابی در شهر تهران نسبت به نقطه انتخابی در شهر تبریز از دمای بیشتری برخوردار است و روند تغییرات آن‌ها در زمان‌های مختلف به خوبی قابل مشاهده و بررسی است. فراموش نکنید که بر اساس همان دستورالعمل بخش‌های قبلی، شما می‌توانید نسخه اکسل آن را نیز دانلود کنید. همچنین، عدم اتصال در قسمت‌هایی از نمودار به دلیل مقادیر تعریف نشده در برخی از تاریخ‌هاست.

۵) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام `modis_lst_series_2` به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

پایش جزیره حرارتی شهری

باندهای حرارتی سنجنده مادیس، کارایی گسترده‌ای دارند و کاربرد آن‌ها تنها به موضوع دمای سطح زمین محدود نمی‌شود. این باندها در بسیاری از مطالعات، از جمله تبخیر و تعرق، جزیره حرارتی شهری، خشکسالی و غیره نیز کاربرد دارند. در بخش قبلی با روش اندازه‌گیری تغییرات دمای سطح زمین با استفاده از این داده‌ها آشنا شدید. موضوع این بخش، کاربرد باند



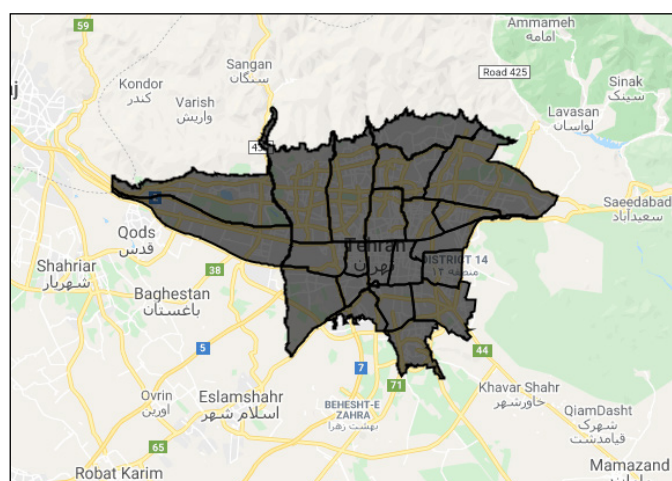
حرارتی مادیس در مطالعه جزیره حرارتی شهری است. به عبارت دیگر، در این بخش هدف آن است که اختلاف دمایی شهر (به دلیل فعالیت‌های انسانی) و پیرامون آن نمایش داده شود.

۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

در این بخش، شهر تهران به منزله منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شده است. لایه برداری مناطق شهر تهران و دیگر داده‌های مورد استفاده در این کتاب در نشانی فایل‌های کتاب موجود است. می‌توانید از طریق وبگاه ما این داده‌ها را به دست آورید و به کد وارد کنید. پس از وارد کردن لایه شهر تهران، با استفاده از کدهای زیر موقعیت نقشه گوگل را تنظیم کنید و بصری سازی لایه فراخوانی شده را انجام دهید (شکل ۱۱).

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```



شکل ۱۱- انتخاب شهر تهران به منزله منطقه مورد مطالعه

۲) فراخوانی تصاویر

با استفاده از کد زیر، تصاویر دمای سطح زمین روز و شب سنجنده مادیس فراخوانی شده است:

```
var lst = ee.ImageCollection("MODIS/006/MOD11A2")
  .filterDate('2000-01-01', '2020-01-01')
  .filterBounds(geometry)
  .map(function(img){
```

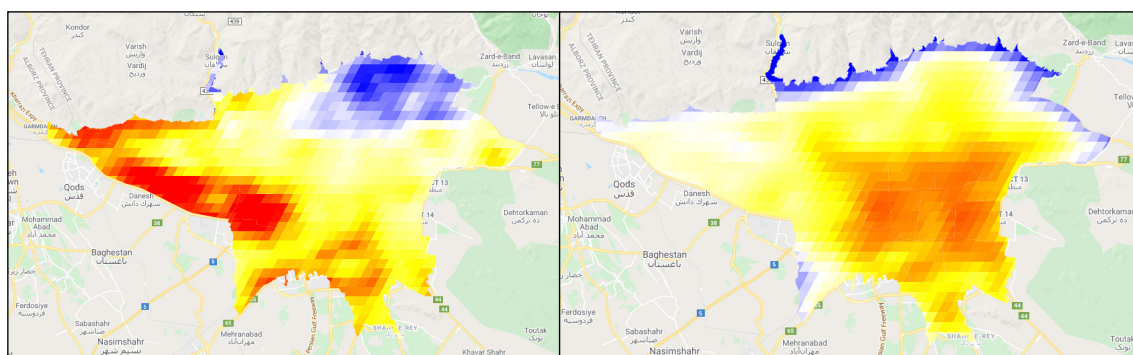
```
var bands = img.select('LST_Day_1km','LST_Night_1km')
.multiply(0.02).clip(table);
return bands.copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end']); });
print(lst);
```

۳) نمایش تصویر

پس از فراخوانی تصاویر مادیس، با استفاده از کد زیر برای بصری سازی تصویر میانگین دمای روز و شب شهر تهران اقدام کنید:

```
Map.addLayer(lst.select('LST_Day_1km').mean(),
{palette: ['blue','white','yellow','red']},'heat_map_day',false);

Map.addLayer(lst.select('LST_Night_1km').mean(),
{palette: ['blue','white','yellow','red']},'heat_map_night',false);
```



شکل ۱۲- تصویر میانگین دمای شهر تهران (روز) شکل ۱۳- تصویر میانگین دمای شهر تهران (شب)

با توجه به شکل‌های ۱۲ و ۱۳، دمای مناطق اطراف شهر تهران در روز نسبت به نواحی داخلی آن بیشتر است. اما در شب محدوده مرکزی شهر نسبت به محیط پیرامونی شهر دمای بالاتری دارد. این همان الگوی جزیره حرارتی شهری است که بر اثر فعالیت‌های انسانی ایجاد شده است. باید گفت دمای شبانه نسبت به دمای روزانه، دقیق‌تر است؛ چراکه اثر تابش خورشید روز در آن وجود ندارد و پدیده‌ها بر اساس دمای خالص خود از یکدیگر جدا شده‌اند.



۳ تغییرات دمایی شهر

تا این مرحله با آشکارسازی جزیره حرارتی شهری با استفاده از داده‌های شب هنگام آشنا شدید. در این بخش هدف آن است که با استفاده از روش رگرسیون خطی، تغییرات دمایی شهر تهران طی ۲۰ سال، در قالب یک نقشه نمایش داده شود. با استفاده از کد زیر، روند تغییرات مکانی دمای جزیره حرارتی شهر تهران بر اساس تصاویر دمای شب و رگرسیون خطی محاسبه شده است:

```
var change = ee.ImageCollection("MODIS/006/MOD11A2")
  .filterDate('2000-01-01', '2020-01-01')
  .filterBounds(table)
  .map(function(img){
var bands = img.select('LST_Night_1km')
  .multiply(0.02).clip(table);
var time = img.metadata('system:time_start')
return bands.addBands(time) })
```

```
.select('system:time_start', 'LST_Night_1km')
.reduce(ee.Reducer.linearFit())
.clip(table);
```

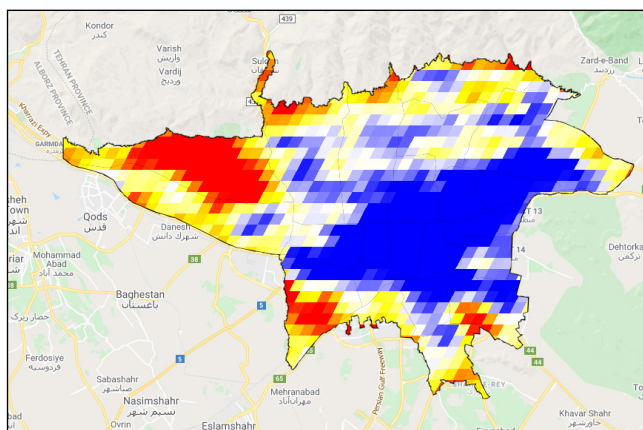
```
print(change);
```

بر اساس کد بالا، با استفاده از دستور linear fit نقشه تغییرات دمایی طی زمان محاسبه می‌شود. خروجی حاصل از این دستور دارای دو باند به نام scale و offset است. تصویر scale نشان‌دهنده شدت تغییرات نسبت به زمان و offset بیانگر عرض از مبدأ آن برای هر پیکسل است. توجه داشته باشید که تصویر scale بیانگر تغییرات است و برای تحلیل نتایج حاصل از این کد به آن استناد می‌شود.

۳ نمایش تصویر

برای نمایش دادن نقشه تغییرات مکانی جزیره حرارتی شهری از کد زیر استفاده می‌شود. در شکل ۱۴، نقشه تغییرات دمایی نشان داده شده است.

```
Map.addLayer(change.select('scale'),
  {palette: ['blue', 'white', 'yellow', 'red']}, 'change_temp', false);
```

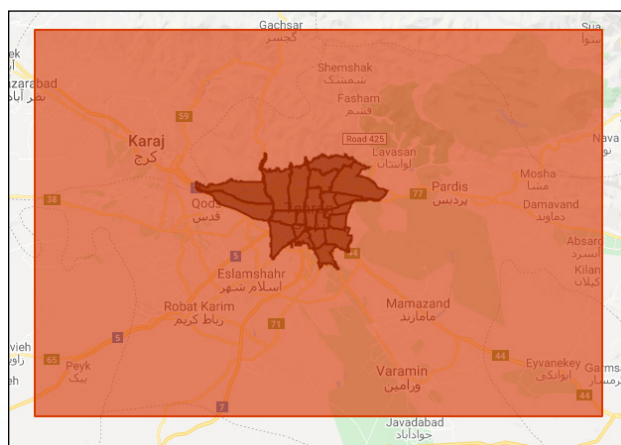


شکل ۱۴- تصویر تغییرات جزیره حرارتی شهر تهران

همان طور که در شکل ۱۴ می بینید، طی ۲۰ سال جزیره حرارتی در نواحی حاشیه‌ای شهر تهران تشدید شده است. توسعه فعالیت‌های شهری و ساخت‌وسازها در این مدت عموماً در نواحی حاشیه‌ای متمرکز بوده و این مسئله در الگوهای تغییرات دمایی جزیره حرارتی شهر تهران آشکار است.

۴) پروفیل مکانی تغییرات دمایی

با استفاده از پروفیل مکانی، شناسایی و تحلیل جزیره حرارتی شهری و بارسازی آن (با استفاده از داده‌های شب‌هنگام) بهتر انجام می‌شود. بدین منظور، ابتدا با ابزار geometry import محدوده بزرگی را ترسیم کنید که شهر تهران درون آن قرار گرفته باشد. برای درک بهتر این موضوع شکل ۱۵ را مشاهده کنید.



شکل ۱۵- تعیین دستی منطقه مورد مطالعه با استفاده از geometry import



سپس از درون این محدوده ایجاد شده (در بخش غربی و شرقی بیرون از شهر تهران)، مختصات دو نقطه را برداشت و در قالب دو متغیر start و end داخل کد تعریف کنید. این دو نقطه حتماً باید در یک راستا و در دو موقعیت شرق و غرب شهر تهران قرار داشته باشند؛ به طوری که اگر یک خط راست بکشید دقیقاً از شهر تهران عبور کند. برای برداشت مختصات این دو نقطه می‌توانید از ابزار add a marker در بخش geometry import استفاده کنید.

```
var start = [50.923557595197124, 35.72677446585781];
```

```
var end = [51.706333474103374, 35.67101234589726];
```

سپس، با استفاده از کد زیر پروفیل مکانی را در راستای نقطه آغاز و پایان تعیین شده ایجاد کنید:

```
var transect = ee.Geometry.LineString([start, end]);
var temperature = modis
  .filterDate('2000-01-01', '2020-01-01')
  .filterBounds(geometry)
  .map(function(img){

var day = img.select('LST_Day_1km').multiply(0.02).clip(geometry);
var night = img.select('LST_Night_1km').multiply(0.02).clip(geometry);
return day.addBands(night) }).mean();

var startingpoint = ee.FeatureCollection(ee.Geometry.Point(start));
var distance = startingpoint.distance(500000);
var image = distance.addBands(temperature);

var array = image.reduceRegion(ee.Reducer.toList(), transect, 1000)
  .toArray(image.bandNames());

var distances = array.slice(0, 0, 1);
var array = array.sort(distances);
var tempslice = array.slice(0, 1);
var distance = array.slice(0, 0, 1).project([1]);
```

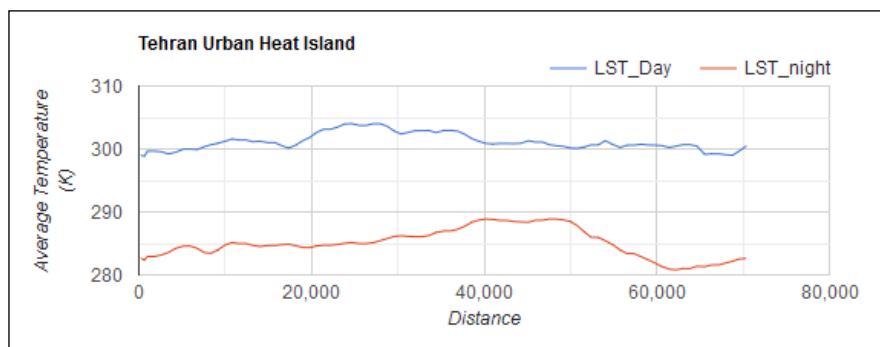


۵) نمودار پروفیل مکانی

پس از ایجاد پروفیل مکانی دمایی جزیرهٔ حرارتی شهری، با استفاده از کد زیر به بصری‌سازی آن بپردازید:

```
var chart = ui.Chart.array.values(tempslice, 1, distance)
    .setChartType('LineChart')
    .setSeriesNames(['LST_Day', 'LST_night'])
    .setOptions({
        title: 'Tehran Urban Heat Island',
        vAxis: {title: 'Average Temperature (K)'},
        hAxis: {title: 'Distance'},
        interpolateNulls: true,
        pointSize: 0,
        lineWidth: 1});
print(chart);
```

در شکل ۱۶، نمودار حاصل از کد بالا نشان داده شده است.



شکل ۱۶- تغییرات دمایی در راستای پروفیل مکانی

طبق شکل ۱۶، دلیل ایجاد قلهٔ اختلاف دمایی در نمودار دمای شب، عبور پروفیل مکانی از شهر تهران است که اختلاف دمای شهر تهران و محیط پیرامون آن را در داده‌های شب به خوبی نشان می‌دهد. این در حالی است که در داده‌های روز چنین نوسانی دیده نمی‌شود که دلیل آن، همان تابش‌های خورشیدی در روز است.



۶) تغییرات دمایی هر منطقه شهری

تا این مرحله با روش‌های متنوع آشکارسازی جزیره حرارتی شهری با استفاده از داده‌های مادیس آشنا شدید. در این بخش، روش پایش تغییرات دمایی هریک از مناطق شهری به‌طور جداگانه توضیح داده می‌شود. بدین منظور، روند تغییرات میانگین دمایی مناطق ۱ تا ۴ از سال ۲۰۱۵ تا کنون پایش می‌شود. ابتدا از لایه وکتوری مناطق تهران، مناطق ۱ تا ۴ را انتخاب و سپس، در قالب یک لایه برداری جدید با یکدیگر ترکیب کنید.

```
var reg1 = ee.FeatureCollection(table)
.filter(ee.Filter.eq('region',1));

var reg2 = ee.FeatureCollection(table)
.filter(ee.Filter.eq('region',2));

var reg3 = ee.FeatureCollection(table)
.filter(ee.Filter.eq('region',3));

var reg4 = ee.FeatureCollection(table)
.filter(ee.Filter.eq('region',4));

var regions = reg1.merge(reg2).merge(reg3).merge(reg4);
```

با استفاده از کد زیر، تصاویر دمای شب سنجنده مادیس را برای سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰ فراخوانی کنید:

```
var lst = ee.ImageCollection("MODIS/006/MOD11A2")
.filterDate('2015-01-01','2020-01-01')
.filterBounds(table)
.map(function(img){
var bands = img.select('LST_Night_1km')
.multiply(0.02).clip(table);
return bands.copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end']); });
```

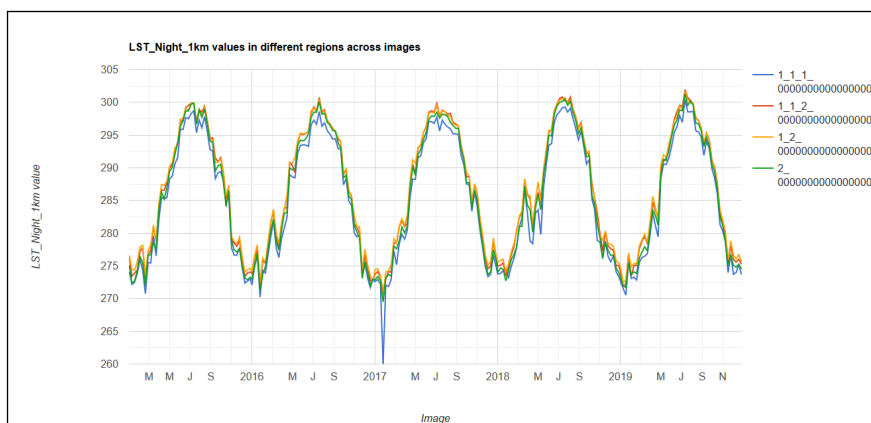


در پایان، برای ترسیم نمودار تغییرات دمایی هریک از ۴ منطقه، از کد زیر استفاده کنید:

```
var trend = ui.Chart.image.seriesByRegion(lst, regions, ee.Reducer.mean(),
'LST_Night_1km', 1000, 'system:time_start', 'system:index');

print(trend);
```

در شکل ۱۷، روند تغییرات میانگین دمای شبانه ۴ منطقه مذکور، از سال ۲۰۱۵ تا سال ۲۰۲۰ نمایش داده شده است.



شکل ۱۷- روند تغییرات میانگین دمای شبانه مناطق ۱ تا ۴ شهر تهران

۷) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام modis-urban-heat-island_3 به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

پایش خشکسالی

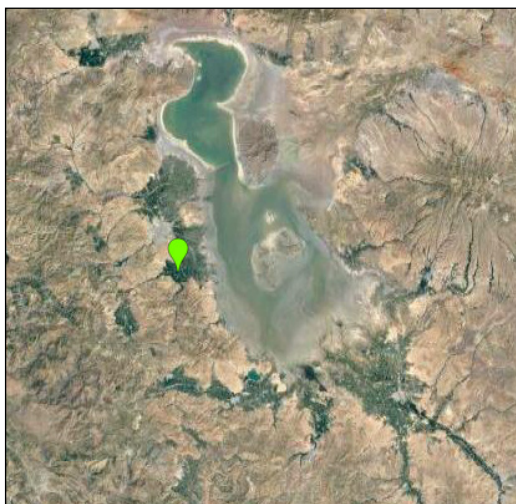
دو مورد از پرکاربردترین شاخص‌های خشکسالی عبارت‌اند از شاخص vci و tci که با استفاده از تصاویر سنجنده مادیس می‌توان آن‌ها را محاسبه کرد. کاربرد تخصصی این دو شاخص، پایش



خشکسالی در زمین‌های زراعی است. شاخص vci (مخفف عبارت vegetation condition index) گویای تغییرات میزان رطوبت گیاه است. کاهش مقادیر این شاخص در زمین‌های زراعی طی بازه زمانی طولانی، نشان‌دهنده کاهش رطوبت گیاهان است. در مقابل، شاخص tci (مخفف عبارت thermal condition index) برای پایش تغییرات خشکی گیاهان (زمین‌های زراعی) در بازه زمانی طولانی کاربرد دارد. براساس این دو شاخص، اگر در بلندمدت مقدار خشکی گیاهان در زمین‌های زراعی افزایش و میزان رطوبت آنها کاهش یابد بدین معنی است که در آن منطقه خشکسالی رخ داده است. البته برای مطالعه خشکسالی از شاخص‌ها و مؤلفه‌های بسیاری استفاده می‌شود و صرفاً به نتایج حاصل از این دو شاخص استناد نمی‌گردد. در این بخش، با توجه به پرکاربرد بودن این دو شاخص، قصد داریم شکل محاسبه و سری زمانی آنها را در زمین‌های زراعی آموزش دهیم.

(۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

شاخص‌های vci و tci برای زمین‌های زراعی و مناطق دارای پوشش گیاهی کاربرد دارند. در این بخش، قسمتی از زمین‌های زراعی حوزه دریاچه ارومیه انتخاب شده است. در شکل ۱۸، می‌توانید موقعیت منطقه مورد مطالعه را ببینید.



شکل ۱۸- انتخاب منطقه مورد مطالعه

سپس، موقعیت نقشه را با استفاده از دستور center object تنظیم کنید:

```
Map.centerObject(geometry, 10);
```



۲) محاسبه شاخص VCI

شاخص vci، با استفاده از شاخص ndvi پروداکت پوشش گیاهی سنجنده مادیس محاسبه می‌شود. بنابراین، تصاویر ndvi سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ را با استفاده از کد زیر فراخوانی کنید:

```
var modveg = ee.ImageCollection('MODIS/006/MOD13A1')
  .filterBounds(geometry)
  .filterDate('2000-01-01','2019-01-01')
  .select('NDVI')
  .map(function(img){
    return img.multiply(0.0001)
    .copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end']); });
```

اکنون باید تابعی بنویسید که به وسیله آن برای هر یک از تصاویر ndvi ورودی، کمترین و بیشترین مقدار استخراج شود و در فرمول شاخص vci قرار بگیرد. فرمول شاخص vci چنین است:

$$VCI = (NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min})$$

برای محاسبه شاخص vci برای هر یک از تصاویر ورودی، لازم است تابعی نوشته شود که به وسیله آن کمترین و بیشترین مقدار استخراج شود و سپس، در فرمول بالا قرار بگیرد:

```
var vci = modveg.map(function(img){

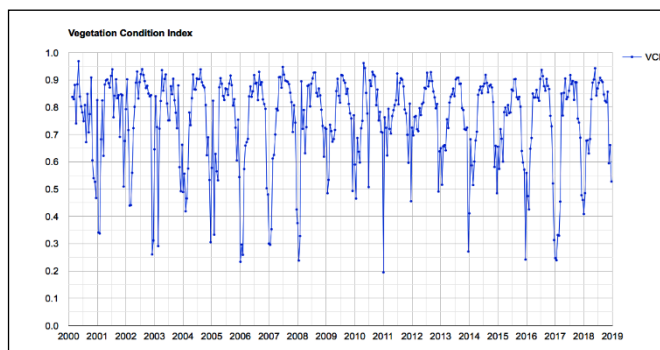
var min = img.reduceRegion(ee.Reducer.min(),table,500).get('NDVI');
var max = img.reduceRegion(ee.Reducer.max(),table,500).get('NDVI');

var index = img.expression(
  '(NDVI-min)/(max-min)',
  {
    'NDVI': img,
    'min': ee.Number(min),
    'max': ee.Number(max),
  }).rename('VCI')
  .copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end']);
return index; });
```

در مرحله بعدی، برای تولید نمودار تغییرات رطوبت گیاهان از کد زیر استفاده می‌شود:

```
var chart = ui.Chart.image.series(vci, geometry,
ee.Reducer.mean(), 500, 'system:time_start')
.setChartType('ScatterChart')
.setOptions({
title: 'Vegetation Condition Index',
lineWidth: 1,
pointSize: 2});
```

در شکل ۱۹، نمودار تغییرات رطوبت گیاه در منطقه مورد مطالعه نمایش داده شده است.



شکل ۱۹- نمودار تغییرات رطوبت گیاه

در مناطقی که دچار خشکسالی شده‌اند، طی زمان، روند میزان رطوبت گیاهان در شاخص vci کاهشی شده است. دلیل روند سینوسی تغییرات شاخص vci آن است که مقدار شاخص در زمان‌هایی که در زمین زراعی محصول هست، افزایش می‌یابد و در زمان برداشت محصول کاهش پیدا می‌کند.

۳) محاسبه شاخص TCI

شاخص tci با استفاده از پروداکت دمای سطح زمین سنجنده مادیس محاسبه می‌شود. برای فراخوانی تصاویر دمای سطح زمین روز از کد زیر استفاده کنید. به دلیل وجود مقادیر تعریف نشده در پروداکت دمای سطح زمین مادیس، لازم است پس از فراخوانی تصاویر، مقادیر تعریف نشده ماسک شوند که در کد زیر فرایند آن نمایش داده شده است:



```
var lst = ee.ImageCollection('MODIS/006/MOD11A2')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2008-01-01','2019-01-01')
  .select('LST_Day_1km')
  .map(function(img){
var multiplied = img.multiply(0.02);
var unmasked = img.gt(-999).reduceRegion(ee.Reducer.count(),table,1000);
return multiplied.set('count',unmasked.get('LST_Day_1km'))
  .copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end']));
  .filter(ee.Filter.neq('count',0)); })
```

فرمول شاخص tci چنین است:

$$TCI = (maxLST - LST) / (maxLST - minLST)$$

سپس، برای محاسبه شاخص tci برای هر یک از تصاویر فراخوانی شده از کد زیر استفاده می‌شود:

```
var tci = lst.map(function(img){

var min = img.reduceRegion(ee.Reducer.min(),table,1000).get('LST_Day_1km');
var max = img.reduceRegion(ee.Reducer.max(),table,1000).get('LST_Day_1km');

var index = img.expression(
  '(max-LST)/(max-min)',
  { 'LST': img,
    'max': ee.Number(max),
    'min': ee.Number(min) });
return index
  .copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end']));
```

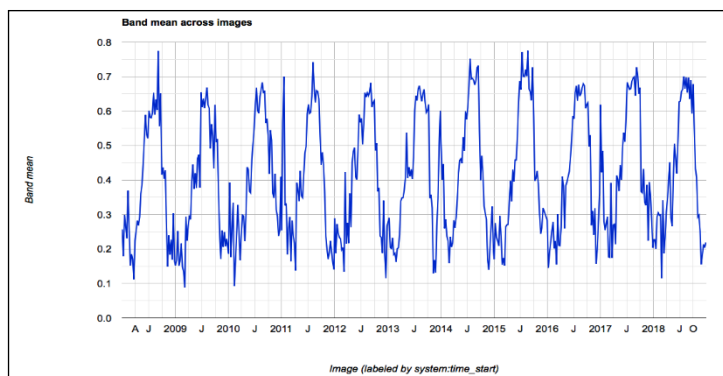
پس از محاسبه شاخص tci، برای نمایش نمودار تغییرات آن از کد زیر استفاده کنید:

```
var chart = ui.Chart.image.series(tci, geometry, ee.Reducer.mean(),
```



```
1000, 'system:time_start');
print(chart);
```

در شکل ۲۰، نمودار تغییرات شاخص tci نمایش داده شده است.



شکل ۲۰- نمودار تغییرات خشکی، گیاه

روند افزایشی شاخص tci در بلندمدت نشان‌دهنده روند افزایشی خشکی گیاهان در زمین‌های زراعی است و یکی از نشانه‌های خشکسالی در نظر گرفته می‌شود. همان‌طور که در بخش قبل نیز اشاره شد، شاخص‌های tci و vci تنها پارامترهای مهم در مطالعات خشکسالی نیستند، بلکه برای مطالعه دقیق این پدیده، بررسی بسیاری از عوامل محیطی دیگر مانند بارش و اندازه شاخص‌های اقلیمی نیز ضرورت دارد.

(۴) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام `modis_drought_monitoring_4` به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

یایش تغییرات گرد و غبار

یکی از کاربردیترین پروداکتهای مادیس برای مطالعه گرد و غبار، پروداکت aod است که

تغییرات غلظت آئروسول‌های موجود در جو را به صورت روزانه و ماهیانه نمایش می‌دهد. در این بخش، درباره کار کردن با داده‌های ماهیانه aod توضیح می‌دهیم و روش کار با داده‌های روزانه را در بخش‌های بعدی پی می‌گیریم.

(۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

در این بخش، منطقه مورد مطالعه، استان خوزستان است. ابتدا شیپ‌فایل خوزستان را در گوگل ارث فراخوانی و سپس، وارد کد کنید. با استفاده از کدهای زیر موقعیت منطقه مورد مطالعه را در نقشه گوگل تثبیت کنید (شکل ۲۱):

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```



شکل ۲۱- انتخاب منطقه مورد مطالعه

(۲) فراخوانی تصاویر پروداکت آئروسول

برای فراخوانی پروداکت ماهیانه آئروسول سنجنده مادیس برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ از کد زیر استفاده می‌شود. توجه داشته باشید که ضریب ۰/۰۰۱ باید روی تک‌تک تصاویر فراخوانی شده اعمال شود.

```
var modis_aod = ee.ImageCollection('MODIS/006/MOD08_M3')
```

```
.filterBounds(table)
```



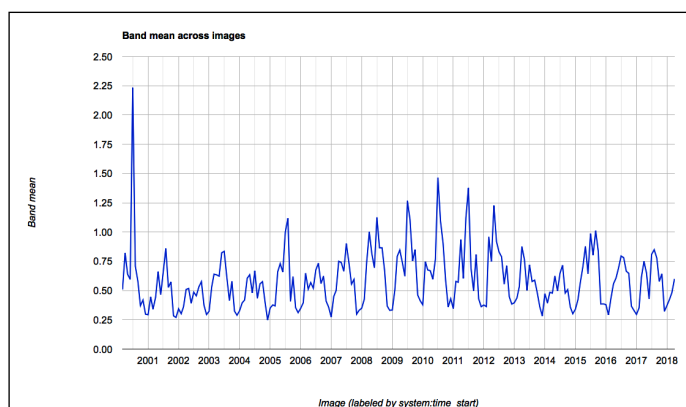
```
.filterDate('2000-01-01', '2019-01-01')
.select('Aerosol_Optical_Depth_Land_Ocean_Mean_Mean')
.map(function(img){
return img.multiply(0.001)
.copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end']); });
```

۳) ترسیم نمودار تغییرات آئروسول

برای ترسیم نمودار میانگین تغییرات ماهیانه آئروسول از کد زیر استفاده کنید:

```
var chart = ui.Chart.image.series(modis_aod, geometry,
ee.Reducer.mean(), 1000, 'system:time_start')
print(chart)
```

در شکل ۲۲، نمودار حاصل از اجرای کد را می‌بینید.



شکل ۲۲- نمودار تغییرات ماهیانه آئروسول‌ها

طبق شکل ۲۲، افزایش شاخص aod نشان‌دهنده افزایش غلظت آئروسول‌ها است و برعکس. بر این اساس، در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ وضعیت غباری در منطقه مورد مطالعه شدیدتر از سال‌های دیگر است.

۴) مجموعه داده شاخص AOD

اگر شما قصد داشته باشید تصاویر شاخص aod ماه‌های یک سال را در قالب یک مجموعه داده ذخیره کنید، کد زیر بسیار کارآمد خواهد بود.



```
// aod dataset
var modis_aod = ee.ImageCollection('MODIS/006/MOD08_M3')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2000-01-01','2019-01-01')
  .select('Aerosol_Optical_Depth_Land_Ocean_Mean_Mean')
  .map(function(img){
var id = img.id();
return img.multiply(0.001).rename(id); })
  .toBands()
  .clip(table);

Export.image.toDrive({
  image: mdois_aod,
  description: 'modis_aod_dataset',
  scale: 1000,
  maxPixels: 1e13,
  crs: 'EPSG:4326',
  region: table});
```

همان طور که در کد بالا می‌بینید، در بخش export یک آرگومان به نام crs اضافه شده است که باعث جلوگیری از بروز خطای هندسی در خروجی‌های حاصل از گوگل ارث انجین می‌گردد. بر همین اساس، بهتر است همیشه آرگومان 'crs': 'EPSG:4326' به بخش export اضافه شود.

۵) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام modis_aod_monthly_5 به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>



تولید نقشه غلظت گرد و غبار

در بخش قبلی، روش فراخوانی و کار با داده‌های aod ماهیانه با توان تفکیک مکانی ۱۰۰ کیلومتر را آموختید. در این بخش، هدف آن است که با روش تولید نقشه غلظت گرد و غبار آشنا شوید. اکنون داده‌های روزانه با توان تفکیک مکانی ۱ کیلومتر در این سامانه در دسترس است. روش محاسباتی برای تولید چنین نقشه‌ای بسیار ساده است. کافی است داده‌های روزانه را فراخوانی و سپس، مجموع aod را در مقیاس‌های زمانی مختلف محاسبه کنید؛ برای مثال، در صورتی که مجموع گرد و غبار را برای یک هفته محاسبه کنیم، نقشه غلظت هفتگی تولید می‌شود و اگر همین فرایند برای هر ماه صورت بگیرد، نقشه غلظت ماهیانه تولید خواهد شد. مطالب آموزشی این بخش بر اساس شرایط استان خوزستان آموزش داده شده و به همین دلیل، فرایند انتخاب منطقه مورد مطالعه و کدهای مرتبط با آن مشابه تمرین قبلی است.

(۱) فراخوانی تصاویر

با استفاده از کد زیر برای فراخوانی داده‌های روزانه aod سنجنده مادیس با توان تفکیک مکانی ۱ کیلومتر اقدام کنید:

```
var aod = ee.ImageCollection('MODIS/006/MCD19A2_GRANULES')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2012-01-01','2013-01-01')
  .map(function(img){
var band = img.select('Optical_Depth_047','Optical_Depth_055')
  .multiply(0.001);
var clip = band.clip(table);
return clip.copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end']) });
print(aod);
```

(۲) تابع ترکیب زمانی

در فصل سوم درباره چگونگی تولید پروداکت‌های ماهیانه با روش ماکزیمم‌گیری سخن گفتیم. با اینکه آن الگوریتم برای تولید تصاویر مجموع ماهیانه و غیره کاربرد دارد، در این بخش، یک تابع متفاوت و در عین حال ساده‌تر ارائه می‌شود که در تولید انواع پروداکت‌های



چند زمانه بسیار کارآمد است. در کد زیر ساختار تابع ترکیب زمانی بر اساس محاسبه مجموع مقادیر آمده است:

```
var composite = function(collection, start, count, interval, units){

var sequence = ee.List.sequence(0, ee.Number(count).subtract(1));
var origin_date = ee.Date(start);
return ee.ImageCollection(sequence.map(function(i){

var start_date = origin_date.advance(ee.Number(interval).multiply(i), units);
var end_date = origin_date.advance(ee.Number(interval).multiply(ee.
Number(i).add(1)), units);

return collection.filterDate(start_date, end_date).sum()
.set('system:time_start', start_date.millis())
.set('system:time_end', end_date.millis()); })))};
```

در کد بالا، تابع composite از پنج آرگومان ورودی تشکیل شده است. آرگومان collection: مجموع تصاویر ورودی، آرگومان start: زمان آغاز داده‌ها، آرگومان count: تعداد تصاویر خروجی مورد نیاز، آرگومان interval: فواصل زمانی مورد نظر و آرگومان units: واحد زمانی مورد نظر است. در انتهای کد بالا، در بخش return، عبارت sum را می‌بینید که به معنای محاسبه مجموع مقادیر در بازه زمانی ای است که کاربر تعیین کرده است. در صورتی که بخواهید از این تابع برای محاسبه میانگین، میانه یا هر پارامتر آماری دیگری استفاده کنید، فقط کافی است به جای sum عبارت دیگری چون median یا mean و... قرار داده شود.

۳ نقشه غلظت ماهیانه

سپس، برای اعمال این تابع روی تصاویر aod که در مرحله قبلی فراخوانی شده‌اند، از کد زیر استفاده می‌شود:

```
var aod_monthly = composite(aod, '2012-01-01', 12, 30, 'day');
print(aod_monthly);
```




بر اساس کد بالا، تصاویر aod روزانه که در بخش قبلی فراخوانده شده‌اند، به ۱۲ تصویر ۳۰ روزه (مجموع غلظت) برای سال ۲۰۱۲ تبدیل شدند.

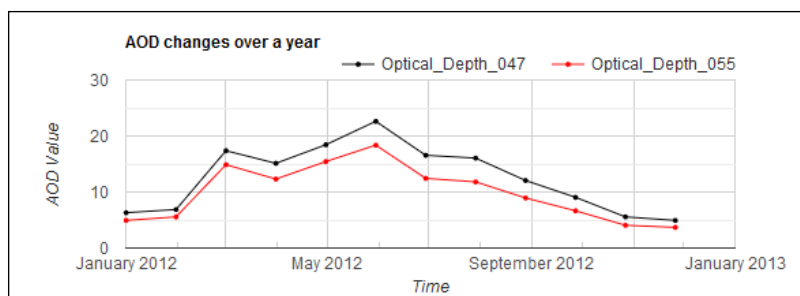
۴) نمودار غلظت گرد و غبار

برای تولید نمودار تغییرات غلظت تجمعی گرد و غبار، از کد زیر استفاده می‌شود:

```
print(ui.Chart.image.series(
aod_monthly, table, ee.Reducer.median(), 1000, 'system:time_start')
.setChartType('ScatterChart')
.setOptions({

title: 'AOD changes over a year',
vAxis: {title: 'AOD Value'},
hAxis: {title: 'Time'},
lineWidth: 1,
pointSize: 2, series : {
0 : {color : 'black'},
1 : {color : 'red'}
} }));
```

در شکل ۲۳، روند تغییرات ماهیانه غلظت گرد و غبار در دو طول موج ۰/۴۷ و ۰/۵۵ نمایش داده شده است.



شکل ۲۳- روند تغییرات ماهیانه شاخص aod در استان خوزستان

۵) تصاویر رستری غلظت گرد و غبار

برای تولید نقشه رستری غلظت ماهیانه گرد و غبار از کد زیر استفاده می‌شود:



```
var aod_monthly = composite(aod, '2012-01-01', 12, 30, 'day').toBands();
```

```
Export.image.toDrive({
  image: aod_monthly,
  description: 'AOD_Daily_MODIS',
  scale: 1000,
  region: table,
  maxPixels: 1e13,
  crs: 'EPSG:4326'});
```

توجه داشته باشید که تصویر غلظت گرد و غبار، سیاه و سفید است و هر پیکسلی که روشن تر باشد (مقدار عددی بزرگ‌تر) یعنی میزان غلظت گرد و غبار در آن بیشتر است.

۶) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام modis_dust_density_6 به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

تولید نقشه تناوب رخداد گرد و غبار

برای تولید نقشه تناوب گرد و غبار، از پروداکت عمق اپتیکی اتمسفری استفاده می‌شود. در حقیقت، aod صرفاً نشان‌دهنده گرد و غبار نیست، بلکه اطلاعات آئروسول‌ها و ذرات موجود در جو را نیز شامل می‌شود. با این حال، بررسی‌های صورت‌گرفته نشان می‌دهد که بین گرد و غبار و پروداکت aod مادیس، رابطه خطی برقرار است. هرچه مقدار aod بیشتر باشد، میزان گرد و غبار موجود در جو نیز بیشتر است. اگر مقدار aod بیش از ۰/۵ باشد، بیانگر یک رخداد گرد و غبار است. بر همین اساس، در این بخش هدف آن است که رخدادهای گرد و غبار، با استفاده از حد آستانه پروداکت عمق اپتیکی اتمسفر شناسایی شوند.



کدهای این بخش نیز مانند بخش‌های قبلی برای استان خوزستان اجرا می‌شوند. از این رو، چگونگی انتخاب منطقه مورد مطالعه و کدهای مربوط به آن در این بخش تکرار نشده است.

۱) فراخوانی تصاویر

ابتدا تصاویر aod روزانه ۱ کیلومتری سنجنده مادیس را با استفاده از کد زیر فراخوانی کنید:

```
var modis = ee.ImageCollection('MODIS/006/MCD19A2_GRANULES')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2018-01-01','2020-01-01')
  .map(function(img){
var dust = img.select('Optical_Depth_055').multiply(0.001)
  .clip(table).gt(1.0);
return dust.copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end']);
}).sum()
  .rename('frequency');
```

در کد بالا، ابتدا تصاویر روزانه فراخوانی و سپس، در هر یک از آن‌ها، پیکسل‌های بزرگ‌تر از ۱ انتخاب می‌شود و سایر پیکسل‌ها مقدار ۰ می‌گیرند. در این تصاویر، پیکسل‌هایی که عدد ۱ دارند، نشان می‌دهند که در آن‌ها گرد و غبار رخ داده است. هنگامی که مجموع این تصاویر ۱ محاسبه شود، تناوب رخداد در هر پیکسل به دست می‌آید.

۲) ذخیره سازی

در نهایت، برای ذخیره‌سازی نتیجه از کد زیر استفاده می‌شود:

```
Export.image.toDrive({
  image: modis.toDouble(),
  description: 'dust_frquency_2yrs',
  scale: 1000,
  region: table,
  maxPixels: 1e13,
  crs: 'EPSG:4326'});
```

تصویر حاصل از این کد، سیاه و سفید است و مقدار عددی هر پیکسل نشان‌دهنده تعداد رخدادهای گرد و غبار در آن است؛ برای مثال، یک پیکسل با مقدار عددی ۱۰ یعنی طی دو سال (۲۰۱۸ تا ۲۰۲۰)، ده بار در آن گرد و غبار رخ داده است.

۶) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام `modis_dust_event_frequency_7` به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

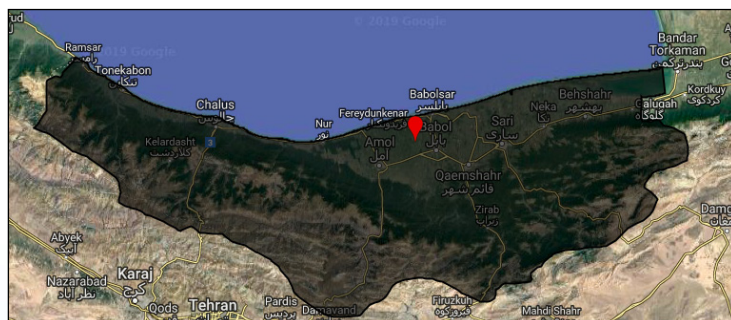
<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

پایش تغییرات تبخیر و تعرق

یکی دیگر از پروداکت‌های کاربردی سنجنده مادیس در مطالعات منابع آب و کشاورزی، پروداکت تبخیر و تعرق است. پروداکت تبخیر و تعرق مادیس در قالب داده‌های ۸ روزه و توان تفکیک مکانی ۵۰۰ متری عرضه می‌شود. گفتنی است این داده‌ها بر اساس الگوریتم پنمن مانتیس محاسبه شده است.

۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

با توجه به اینکه فرایند تبخیر و تعرق در مکان‌های دارای پوشش گیاهی و زمین‌های زراعی محاسبه می‌شود، لازم است منطقه مورد مطالعه در یک زمین زراعی تعیین گردد. بدین منظور، مکانی را در زمین‌های زراعی استان مازندران، به صورت نقطه‌ای تعیین کنید (شکل ۲۴).



شکل ۲۴- انتخاب منطقه مورد مطالعه



۲) فراخوانی تصاویر

پس از انتخاب منطقه مورد مطالعه، تصاویر ۸ روزه تبخیر و تعرق را برای بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ فراخوانی کنید.

```
var modis_et = ee.ImageCollection('MODIS/006/MOD16A2')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2010-01-01','2019-01-01')
  .select('ET')
  .map(function(img){
    return img.multiply(0.1)
  })
  .copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end']);
```

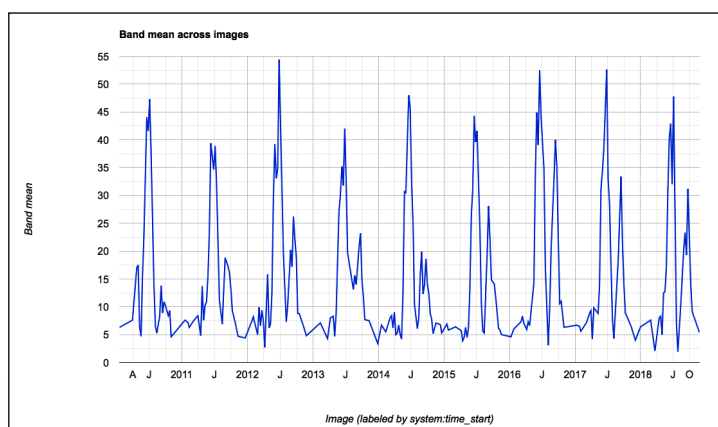
۳) نمودار تغییرات تبخیر و تعرق

برای ترسیم نمودار میانگین تغییرات تبخیر و تعرق از کد زیر استفاده کنید:

```
var chart = ui.Chart.image.series(modis_et, geometry
  ,ee.Reducer.mean(), 500, 'system:time_start');

print(chart);
```

در شکل ۲۵، نمودار تغییرات تبخیر و تعرق را در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ برای مکان تعیین شده می‌بینید.



شکل ۲۵- نمودار تغییرات تبخیر و تعرق



همان‌طور که در نمودار بالا آشکار است، تغییرات تبخیر و تعرق در زمین‌های زراعی از نوسانات بسیار زیادی برخوردار است. در زمان‌هایی که در زمین‌های زراعی گیاه وجود دارد، مقدار تبخیر و تعرق زیاد است و در زمان‌هایی که محصولات برداشت شده‌اند، مقدار تبخیر و تعرق به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافته است.

۴) محاسبه تبخیر و تعرق ماهیانه

اگر بخواهید در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹، تصاویر تبخیر و تعرق را به‌صورت ماهیانه برای منطقه مورد مطالعه محاسبه کنید، ابتدا باید شیپ‌فایل منطقه را وارد کد کنید. در این بخش، شیپ‌فایل استان مازندران را انتخاب کنید. سپس، برای تعیین بازه زمانی اشاره‌شده، باید یک تابع زمانی بنویسید که گویای آغاز و پایان بازه زمانی موردنظر باشد:

```
// Make start and end layers
var start = ee.Date.fromYMD(2010,01,01);
var months = ee.List.sequence(0, 107);
var startDates = months.map(function(d) {
  return start.advance(d, 'month'); });
print("Start dates",startDates);
```

برای محاسبه میانگین تبخیر و تعرق در هر ماه (با پروداکت سنجنده مادیس)، از کد زیر استفاده می‌شود:

```
// Collect imagery by month
var et_month = function(m){
  var start = ee.Date(m);
  var end = ee.Date(m).advance(1,'month');
  var date_range = ee.DateRange(start,end);
  var et = ee.ImageCollection('MODIS/006/MOD16A2')
    .filterDate(date_range)
    .filterBounds(table)
    .select('ET')
    .map(function(img){return img.multiply(0.1)});
```




```
.map(function(img){return img.clip(table)}});

return(et.mean().set('system:time_start',start.millis()));

var et = startDates.map(et_month);

var et_datasets = ee.ImageCollection(et)

.toBands();
```

حالا شما می‌توانید تصاویر تبخیر و تعرق میانگین ماهیانه را بر اساس دستورالعمل‌های ارائه شده در بخش‌های قبلی و دستور export image ذخیره‌سازی کنید.

(۵) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام modis-et_8 به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

پایش تغییرات آب‌های سطحی

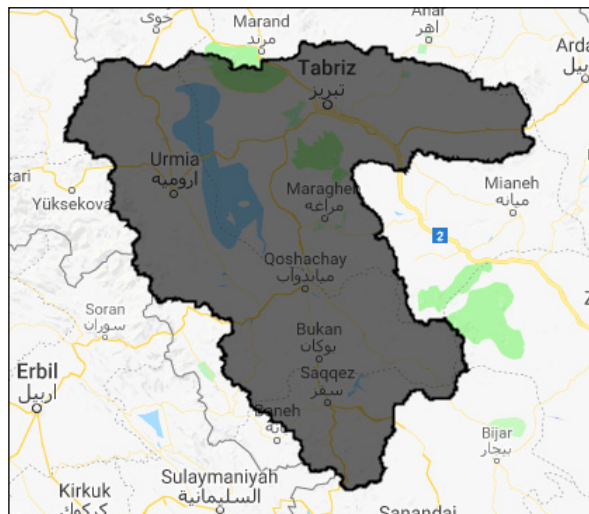
در بخش‌های قبلی عموماً درباره سری زمانی مهم‌ترین پروداکت‌های سنجنده مادیس سخن گفتیم. در این بخش قصد داریم شما را با یک شیوه متفاوت در زمینه محاسبه مساحت پهنه آبی آشنا کنیم. بدین منظور، لازم است از باندهای ۱ و ۲ داده‌های بازتاب سطحی سنجنده مادیس استفاده شود. با توجه به روزانه بودن این پروداکت، شما می‌توانید از آن برای محاسبه سطحی در هر روز از سال ۲۰۰۰ تاکنون استفاده کنید.

(۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

در این بخش، قرار است مساحت سطحی دریاچه ارومیه را در ماه جولای سال ۲۰۱۵ میلادی محاسبه کنیم. ابتدا شیپ‌فایل حوزه دریاچه ارومیه را به منزله منطقه مورد مطالعه تعیین کنید (شکل ۲۶). سپس، موقعیت نقشه گوگل را با استفاده از کدهای زیر تنظیم کنید:

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```



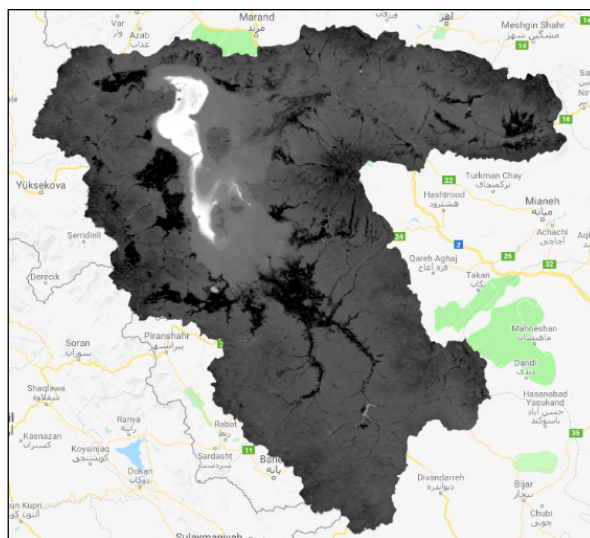
شکل ۲۶- انتخاب منطقه مورد مطالعه

۲ محاسبه شاخص NDWI

در گام بعدی، تصاویر ماه جولای سال ۲۰۱۵ بازتاب سطحی مادیس را فراخوانی کنید، شاخص ndwi و میانه آن را محاسبه و بر اساس مرز منطقه مورد مطالعه برش بزنید.

```
var modis = ee.ImageCollection('MODIS/006/MOD09GQ')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2015-07-01','2015-08-01')
  .select("sur_refl_b01","sur_refl_b02")
  .map(function(img){
    var scale = img.multiply(0.0001);
    var ndwi = scale.normalizedDifference(["sur_refl_b01","sur_refl_b02"]);
    return ndwi; })
  .median()
  .clip(table);
Map.addLayer(modis)
```

در شکل ۲۷، تصویر میانه شاخص ndwi را برای ماه جولای سال ۲۰۱۵ مشاهده می‌کنید.

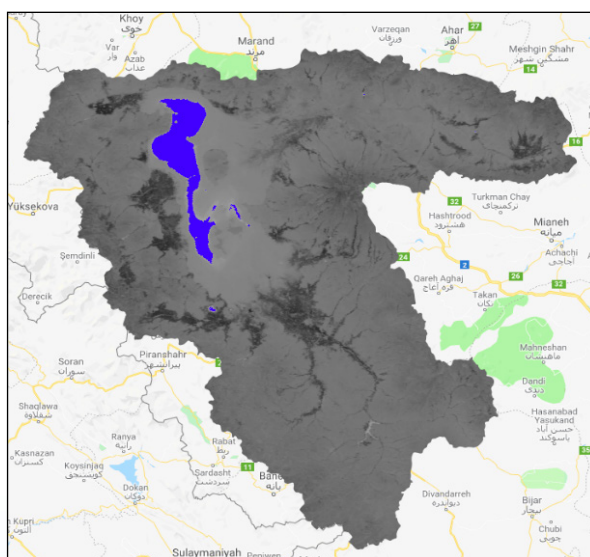


شکل ۲۷- تصویر شاخص ndwi محاسبه شده

در تصویر شاخص ndwi معمولاً مقادیر بزرگ‌تر از صفر به منزله پهنه آبی در نظر گرفته می‌شوند، اما با توجه به اینکه عموماً این حد آستانه باعث اغراق در نتایج می‌گردد، مقدار 0.2 را حد آستانه نهایی برای این منطقه در نظر بگیرید. بر اساس حد آستانه 0.2 یک ماسک روی تصویر شاخص ndwi اعمال می‌شود.

```
var water_mask = modis.updateMask(modis.gt(0.2));
Map.addLayer(water_mask, {palette: ['blue']});
```

در شکل ۲۸، نتیجه حاصل از اعمال ماسک نشان داده شده است.



شکل ۲۸- شناسایی محدوده آبی دریاچه

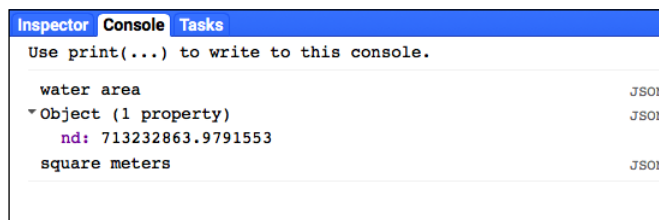


۳) محاسبه مساحت سطحی

پس از آنکه محدوده آبی دریاچه ارومیه با استفاده از دستور mask جدا شد، مساحت آن با استفاده از کد زیر محاسبه می‌شود. ابتدا با دستور pixel area، ابعاد هر یک از پیکسل‌های تصویر ماسک شده را محاسبه و سپس، با استفاده از دستور reducer sum، مساحت هر یک از پیکسل‌ها را جمع کنید. در نهایت، با استفاده از دستور print، نتیجه مساحت محاسبه شده، بر اساس واحد مترمربع، معلوم می‌شود.

```
// pixel area
var area = water_mask.multiply(ee.Image.pixelArea());
var stats = areaImage.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.sum(),
  geometry: table,
  scale: 250,
  maxPixels: 1e13});
print('water area ', stats, 'square meters');
```

در شکل ۲۹، مقدار عددی مساحت محاسبه شده (مترمربع) نمایش داده شده است.



شکل ۲۹- مساحت سطحی محاسبه شده

اگر مساحت محاسبه شده را بر ۱ میلیون تقسیم کنید، معادل کیلومترمربع آن به دست خواهد آمد. بر همین اساس، مقدار مساحت سطحی محاسبه شده برای ماه جولای سال ۲۰۱۵ میلادی در تصویر ۲۵۰ متری سنجنده مادیس معادل ۷۱۳/۲۳ کیلومترمربع برآورد شده است.

۴) پایش تغییرات مساحت سطحی دریاچه

در بخش قبلی، روش محاسبه مساحت سطحی پهنه آبی دریاچه با استفاده از شاخص طیفی آب و روش تعیین حد آستانه توضیح داده شد. در این بخش، دقیقاً همان فرایند به صورت سری زمانی آموزش داده می‌شود. ساختار کدنویسی و دستورهای مورد استفاده همان است،

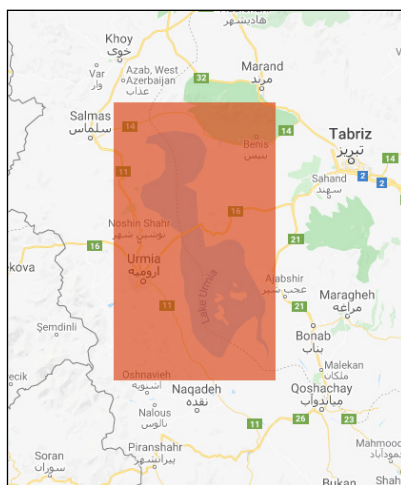
با این تفاوت که در قالب سری زمانی و حلقه محاسباتی آورده شده است. برای آشنایی بهتر با این فرایند، کد زیر را اجرا کنید. گفتنی است در این بخش، از داده‌های ۸ روزه بازتاب سطحی سنجنده مادیس استفاده شده است. مزیت استفاده از پروداکت ۸ روزه در مقایسه با داده‌های روزانه، میزان کمتر ابر است که موجب افزایش دقت محاسبات می‌شود.

```
var modis = ee.ImageCollection("MODIS/006/MOD09A1")
  .filterBounds(geometry)
  .filterDate('2010-01-01','2020-01-01')
  .select("sur_refl_b01","sur_refl_b02")
  .map(function(img){
var scale = img.multiply(0.0001);
var ndwi = scale.normalizedDifference(["sur_refl_b01","sur_refl_b02"]);

var thr = ndwi.gt(0.1);
var mask = thr.updateMask(thr);
var area = mask.multiply(ee.Image.pixelArea().divide(1000000.0));

return area.copyProperties(img,
  ['system:time_start','system:time_end','system:index']); });
```

توجه داشته باشید که برای محاسبه سری زمانی تغییرات مساحت سطحی دریاچه ارومیه بهتر است محدوده دریاچه را (به منزله منطقه مورد مطالعه) به صورت دستی با ابزار geometry import تعیین کنید (مانند شکل ۳۰).



شکل ۳۰ - ترسیم دستی محدوده دریاچه ارومیه به منزله منطقه مورد مطالعه

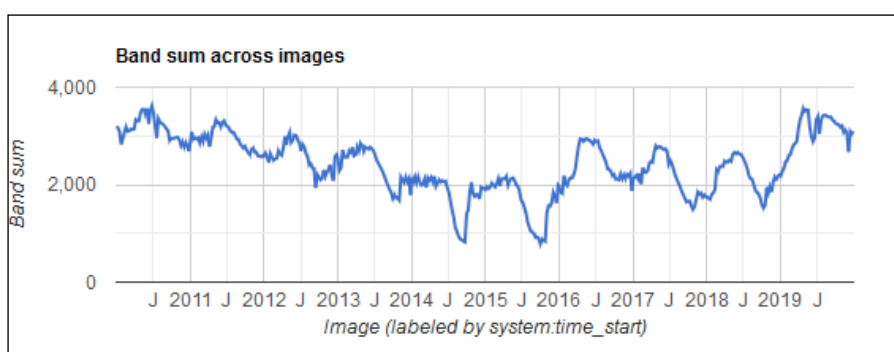


۵) نمودار تغییرات مساحت دریاچه

پس از محاسبه مساحت هر پیکسل از دریاچه، مجموع مساحت هر تاریخ با استفاده از کد زیر محاسبه و به صورت بصری نمایش داده می‌شود.

```
print(ui.Chart.image.series(modis, geometry, ee.Reducer.sum(), 1000,
    'system:time_start'));
```

در شکل ۳۱، روند تغییرات مساحت سطحی دریاچه ارومیه در بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ نشان داده شده است.



شکل ۳۱ - روند تغییرات مساحت سطحی دریاچه ارومیه

۶) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام `modis_water_area_9` به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

کاربری اراضی

با استفاده از پروداکت کاربری اراضی سنجنده مادیس، شما می‌توانید به طور سالانه به نقشه‌های کاربری اراضی این سنجنده، از سال ۲۰۰۱ تا سال ۲۰۱۷ میلادی، بر اساس استانداردهای مختلف دسترسی داشته باشید. در این بخش شما را با روش دسترسی و دانلود پروداکت‌های کاربری اراضی سنجنده مادیس آشنا می‌کنیم.



نکته

اگر می‌خواهید دربارهٔ انواع نقشه‌های طبقه‌بندی شدهٔ پروداکت کاربری اراضی سنجنده مادیس و ویژگی‌های آن‌ها اطلاعاتی به دست آورید، به لینک زیر در وبگاه girs مراجعه کنید:

www.girs.ir/gee-book

(۱) انتخاب منطقهٔ مورد مطالعه

در این بخش نیز مانند مرحلهٔ قبلی، حوزهٔ دریاچه ارومیه به منزلهٔ منطقهٔ مورد مطالعه انتخاب شده است. ابتدا شیپ‌فایل منطقهٔ مورد مطالعه را فراخوانی و سپس، با استفاده از کدهای زیر موقعیت نقشهٔ گوگل را تنظیم کنید و لایهٔ وکتوری را نمایش دهید.

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```

(۲) فراخوانی پروداکت کاربری اراضی

با استفاده از کد زیر می‌توانید پروداکت کاربری اراضی سنجندهٔ مادیس را برای سال ۲۰۱۵ فراخوانی کنید:

```
var modlandcover = ee.ImageCollection('MODIS/006/MCD12Q1')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2015-01-01', '2016-01-01')
  .select("LC_Type2")
  .toBands()
  .clip(table);
```

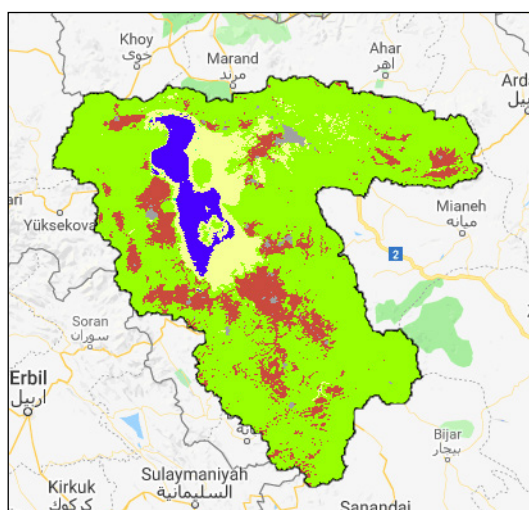
همان‌طور که در کد بالا می‌بینید، نقشهٔ کاربری lc_type2 در این مرحله فراخوانی شده که تنها یکی از نقشه‌های کاربری موجود در این پروداکت است. در این نقشه، لایهٔ طبقه‌بندی شده بر اساس استاندارد دانشگاه مریلند آمریکا تولید شده است. با استفاده از لینک معرفی شده در ابتدای این مبحث، می‌توانید با انواع نقشه‌های موجود در این پروداکت و کلاس‌های آن آشنا شوید.

۳) نمایش تصویر طبقه‌بندی شده

برای بصری‌سازی نقشه طبقه‌بندی شده از کد زیر استفاده کنید. نقشه فراخوانی شده، ۱۶ کلاس دارد که در کد زیر به کد رنگ هر یک از کلاس‌ها نیز اشاره شده است. گفتنی است نام هر یک از کلاس‌ها و کد رنگ آن نیز در لینک معرفی شده در بخش اول این مبحث توضیح داده شد.

```
Map.addLayer(modlandcover,{min:0,max:15,
palette: ['1c0dff','05450a','086a10','54a708','78d203','009900',
'c6b044','dcd159','dade48','fbff13','b6ff05','27ff87','c24f44',
'a5a5a5','ff6d4c','f9ffa4'] });
```

در شکل ۳۲، نتیجه حاصل از اجرای کد بالا نمایش داده شده است.



شکل ۳۲ - نقشه طبقه‌بندی شده سنجنده مادیس

۴) ذخیره‌سازی نقشه‌های کاربری هفده سال

کد زیر، روش دانلود نقشه‌های هفده سال سنجنده مادیس را نشان می‌دهد:

```
var modlandcover = ee.ImageCollection('MODIS/006/MCD12Q1')
.filterBounds(table)
.filterDate('2000-01-01','2018-01-01')
.select("LC_Type2")
.toBands()
.clip(table);
```



```
Export.image.toDrive({
  image: modislandcover,
  description: 'modis-landcover',
  region: table,
  scale: 500,
  maxPixels: 1e9});
```

۵) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام 10-modis-landcover به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

پایش تغییرات مؤلفه‌های آبی

در این بخش، روش پایش تغییرات مؤلفه‌هایی مانند کلروفیل، دما و مواد ارگانیکی در پوشش‌های آبی با استفاده از پروداکت Ocean Color سنجنده مادیس ارائه شده است. این پروداکت از سال ۲۰۰۰ میلادی، به صورت روزانه و با توان تفکیک مکانی ۵۰۰ متری در دسترس است. با استفاده از این پروداکت امکان دسترسی به باندهای بازتاب سطحی آب و مؤلفه‌های دما، کلروفیل و مواد ارگانیکی آب فراهم است.

۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

در این بخش، خلیج فارس و دریای عمان به منزله منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شده است. یادآوری می‌شود که لایه برداری منطقه خلیج فارس به داده‌ها ضمیمه شده است. بعد از بارگذاری لایه خلیج فارس در گوگل ارث انجین، با استفاده از کد زیر موقعیت نقشه گوگل را تنظیم و لایه برداری را نمایش دهید (شکل ۳۳).

```
Map.centerObject(table);
;(Map.addLayer(table
```



شکل ۳۳ - منطقه مورد مطالعه

۲) تولید نقشه میانگین

برای تولید نقشه میانگین دما، کلروفیل و مواد ارگانیکی خلیج فارس از کدهای زیر استفاده می‌شود:

```
var sst = ee.ImageCollection("NASA/OCEANDATA/MODIS-Terra/L3SMI")
    .filterBounds(table)
    .filterDate('2019-01-01','2020-01-01')
    .select('sst');

Map.addLayer(sst.mean().clip(table),{palette:['#000000','#621399','#0025ff',
    '#19ffef','#0eff10','#f6ff16','#ffa62d','#ff1712']},'sst_mean',false);

var chl = ee.ImageCollection("NASA/OCEANDATA/MODIS-Terra/L3SMI")
    .filterBounds(table)
    .filterDate('2019-01-01','2020-01-01')
    .select('chlora');

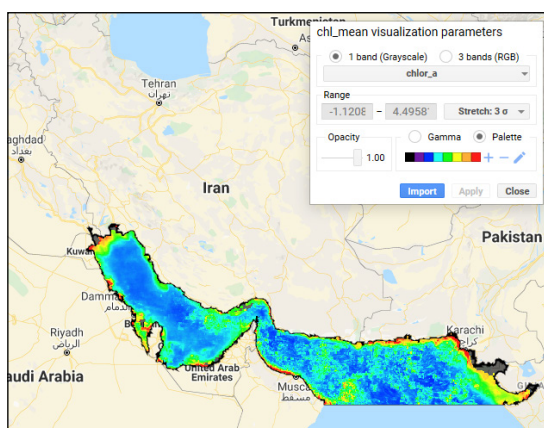
Map.addLayer(chl.mean().clip(table),{palette:['#000000','#621399','#0025ff',
    '#19ffef','#0eff10','#f6ff16','#ffa62d','#ff1712']},'chl_mean',false);

var organic = ee.ImageCollection("NASA/OCEANDATA/MODIS-Terra/L3SMI")
    .filterBounds(table)
```

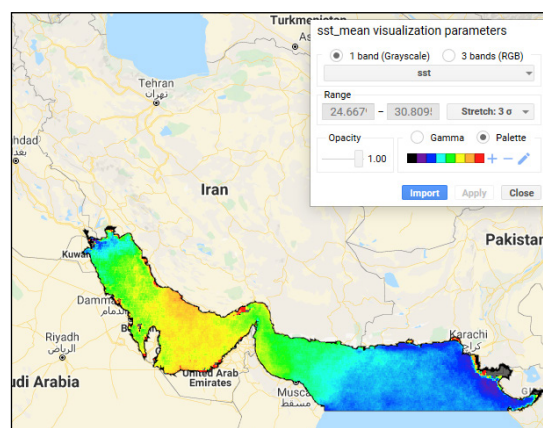


```
.filterDate('2019-01-01','2020-01-01')
.select('poc');
Map.addLayer(organic.mean().clip(table),{palette:['#000000','#621399','#0025ff','#19ffef','#0eff10','#f6ff16','#ffa62d','#ff1712']}, 'organic_mean', false);
```

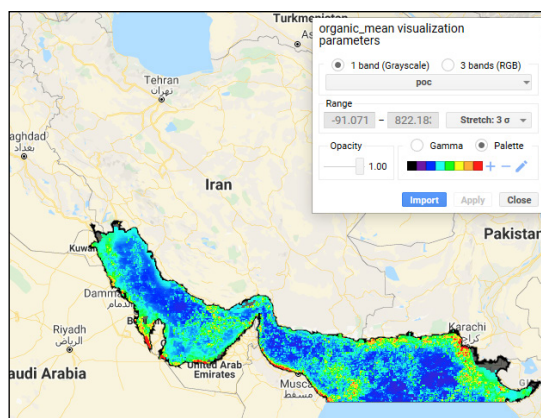
در شکل‌های ۳۴-۳۶، نمای بصری نقشه‌های میانگین برای پارامترهای آبی نمایش داده شده است.



شکل ۳۵ - نقشه میانگین کلروفیل



شکل ۳۴ - نقشه میانگین دمای آب



شکل ۳۶ - نقشه میانگین مواد ارگانیکی

۳) نمودار تغییرات زمانی

برای تولید نقشه تغییرات زمانی برای هر یک از مؤلفه‌های آبی از کد زیر استفاده می‌شود:

```
var sst = ee.ImageCollection("NASA/OCEANDATA/MODIS-Terra/L3SMI")
```



```

.filterBounds(table)

.filterDate('2019-01-01','2020-01-01')

.select('sst')

.map(function(img){
var clip = img.clip(table);
return clip.copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end','system:index']);});

print(ui.Chart.image.series(sst, table, ee.Reducer.mean(),1000, 'system:time_start'));

var chl = ee.ImageCollection("NASA/OCEANDATA/MODIS-Terra/L3SMI")

.filterBounds(table)

.filterDate('2019-01-01','2020-01-01')

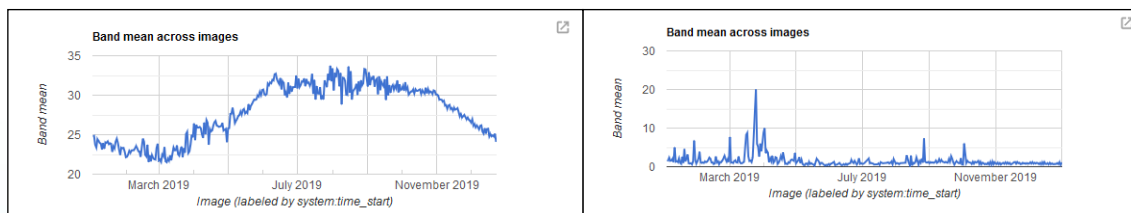
.select('chlora')

.map(function(img){
var clip = img.clip(table);
return clip.copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end','system:index']);});

print(ui.Chart.image.series(chl, table, ee.Reducer.mean(),1000,
'system:time_start'));

```

در کدهای بالا، از کد نمودار تغییرات زمانی برای داده‌های دمای آب و کلروفیل استفاده شده است. با این حال، شما می‌توانید همین کد را با تغییر باند برای داده‌های ارگانیکی نیز به کار ببرید. در شکل‌های ۳۷ و ۳۸، نمودار حاصل از اجرای کدهای بالا نشان داده شده است.



شکل ۳۷ - نمودار سری زمانی تغییرات کلروفیل آب شکل ۳۸ - نمودار سری زمانی تغییرات دمای آب



۴) نقشه تغییرات مکانی

نقشه تغییرات مکانی طی زمان، با استفاده از روش رگرسیون خطی تولید می‌شود. برای محاسبه شیب تغییرات دمای آب و کلروفیل طی زمان، از کد زیر استفاده کنید. توجه داشته باشید که کدهای زیر برای داده‌های ارگانیکی آب نیز قابل استفاده است و فقط باید باند ورودی آن را تغییر دهید.

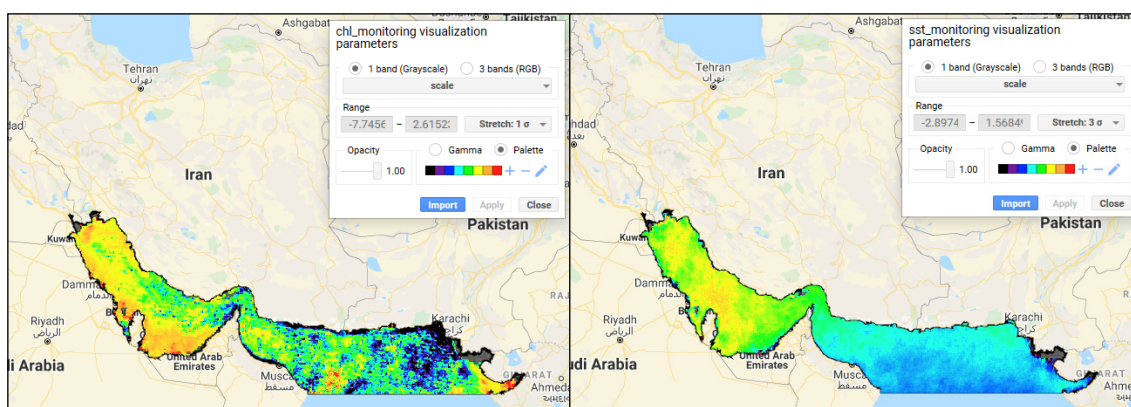
```
var sst = ee.ImageCollection("NASA/OCEANDATA/MODIS-Terra/L3SMI")
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2018-01-01','2020-01-01')
  .select('sst')
  .map(function(img){
var clip = img.clip(table);
var time = ee.Image(img.metadata('system:time_start'))
return clip.addBands(time)
  .copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end','system:index']);
}).select('system:time_start','sst')
  .reduce(ee.Reducer.linearFit())
  .select('scale');

Map.addLayer(sst,{palette:['#000000','#621399','#0025ff','#19ffef','#0eff10',
'','#f6ff16','#ffa62d','#ff1712']},'sst_monitoring',false);

var chl = ee.ImageCollection("NASA/OCEANDATA/MODIS-Terra/L3SMI")
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2018-01-01','2020-01-01')
  .select('chlora')
  .map(function(img){
var clip = img.clip(table);
var time = ee.Image(img.metadata('system:time_start'))
return clip.addBands(time)
  .copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end','system:index']);
```

```
}).select('system:time_start','chlora').  
.reduce(ee.Reducer.linearFit()).  
.select('scale');  
Map.addLayer(chl,{palette:['#000000','#621399','#0025ff','#19ffef','#0eff10',  
,'#f6ff16','#ffa62d','#ff1712']},'chl_monitoring',false);
```

در شکل‌های ۳۹ و ۴۰، نقشه شیب تغییرات دما و کلروفیل آب نشان داده شده است.



شکل ۴۰ - نقشه تغییرات کلروفیل

شکل ۳۹ - نقشه تغییرات دما

با توجه به شکل‌های ۳۹ و ۴۰، در نقشه شیب تغییرات، مقادیر منفی نشان‌دهنده روند کاهشی و مقادیر مثبت بیانگر روند افزایشی یک پدیده طی زمان است؛ برای مثال، در نقشه تغییرات دمای آب، پیکسل‌هایی که مقادیر مثبت دارند، بیانگر روند افزایشی و پیکسل‌هایی که مقادیر منفی دارند، بیانگر روند کاهشی دما طی بازه زمانی مورد نظر هستند.

۵) کد آموزشی

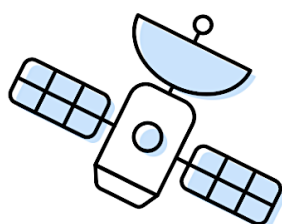
کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام modis_chlorophyll_11 به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>



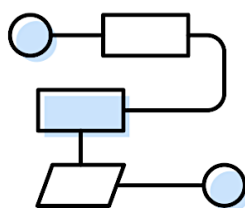
فصل پنجم: داده‌های اقلیمی و زیست‌محیطی

شیوه‌های کاربردی برنامه‌نویسی داده‌های اقلیمی و زیست‌محیطی



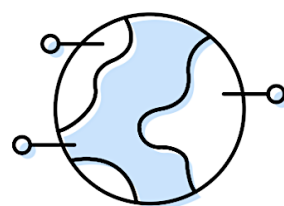
Satellite Imagery

+



Your Algorithms

+



Real World Applications

نکات آموزشی این فصل

- روش برآورد بارش از داده‌های ماهواره‌ای
- روش برآورد رطوبت خاک
- روش برآورد تغییرات سفره‌های آب زیرزمینی

بسیاری از مطالبی که در این فصل ارائه می‌شود، با کاربردهای سنجش از دور در اقلیم‌شناسی و محیط‌زیست ارتباط دارد. در این فصل قصد داریم شما را با روش استخراج انواع داده‌های زیست‌محیطی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای آشنا کنیم. سامانهٔ ارث انجین، طیف وسیعی از این داده‌ها را پوشش داده است. با این حال، در این فصل تنها چند نمونه از آن‌ها را معرفی می‌کنیم. پیشنهاد می‌شود پس از مطالعهٔ کتاب، دربارهٔ این داده‌ها در بخش data catalogue ارث انجین بیشتر جستجو کنید.

پایش تغییرات بارش

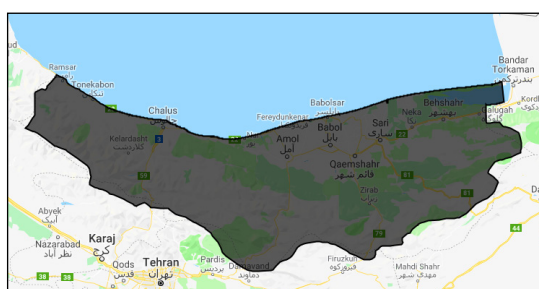
در گوگل ارث انجین، با استفاده از ماهواره‌های مختلف، امکان استخراج روند تغییرات بارش با تناوب‌های ۳۰ دقیقه‌ای، ۳ ساعته، روزانه و ماهانه به راحتی فراهم است. در این بخش، شما با روش کار با داده‌های ماهواره‌ها و مدل‌های تخصصی بارشی همچون trmm, gpm, chirps و persiann آشنا خواهید شد.

۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

برای مطالعهٔ تغییرات بارش، استان مازندران را به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب (شکل ۱) و سپس، با استفاده از کدهای زیر موقعیت نقشه گوگل را متناسب با آن تنظیم کنید:

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```



شکل ۱- انتخاب منطقه مورد مطالعه

۲) فراخوانی تصاویر بارش سه ساعته

برای فراخوانی داده‌های بارش سه ساعته سنجنده trmm، برای سال ۲۰۱۷ میلادی در استان مازندران (میلی متر بر ساعت) از دستور زیر استفاده کنید:



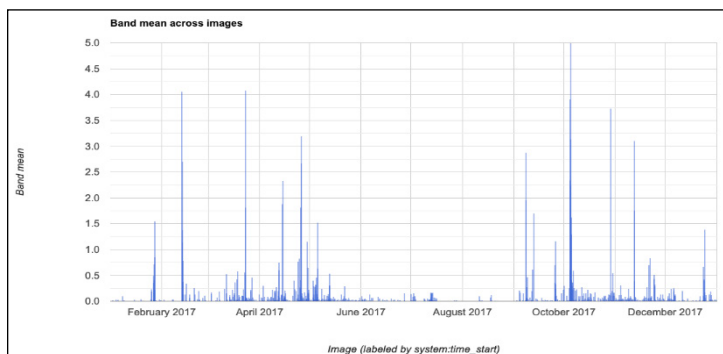
```
var trmm = ee.ImageCollection('TRMM/3B42')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2017-01-01','2018-01-01')
  .select('precipitation');
```

۳) ترسیم نمودار تغییرات بارش

برای ترسیم نمودار میانگین تغییرات بارش سه ساعته در سال ۲۰۱۷ از کد زیر استفاده کنید:

```
var chart = ui.Chart.image.series(trmm, table,
  ee.Reducer.mean(), 1000, 'system:time_start')
  .setChartType('ColumnChart');
print(chart);
```

با توجه به کد بالا، برای بصری سازی تغییرات بارشی از نمودار ستونی استفاده شده که در شکل ۲ قابل مشاهده است.



شکل ۲- نمودار ستونی تغییرات بارش سه ساعته

بر اساس دستورالعمل ارائه شده در فصل های قبلی، شما می توانید تمام نمودارهای تولید شده را با فرمت اکسل نیز ذخیره سازی کنید.

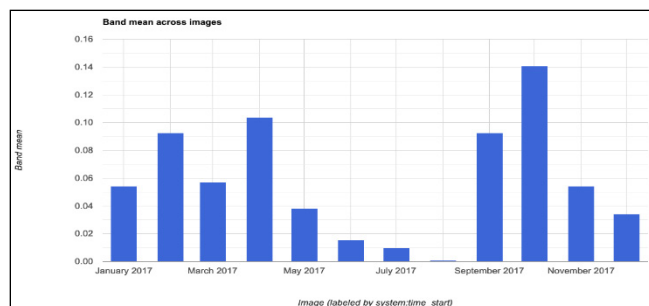
۴) نمودار تغییرات بارش ماهیانه

برای آنکه نمودار میانگین تغییرات بارش ماهیانه (میلی متر بر ساعت) در استان مازندران را در سال ۲۰۱۷ با استفاده از داده های سنجنده trmm تولید کنید، کدهای زیر را به کار بگیرید. نتیجه در شکل ۳ نشان داده شده است.



```
// monthly trmm precipitation
var trmm2 = ee.ImageCollection('TRMM/3B43V7')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2017-01-01','2018-01-01')
  .select('precipitation');

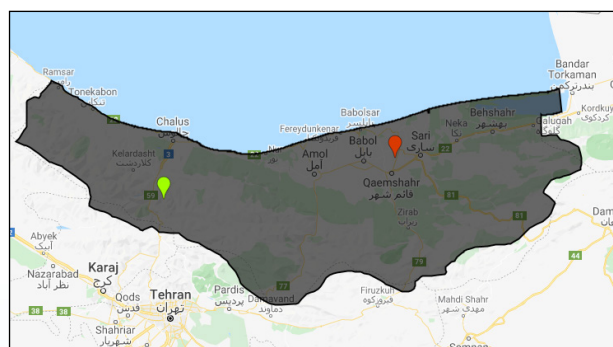
var chart = ui.Chart.image.series(trmm2, table,
  ee.Reducer.mean(), 1000, 'system:time_start')
  .setChartType('ColumnChart');
print(chart);
```



شکل ۳- نمودار ستونی تغییرات بارش ماهیانه

۵) مقایسه نمودار تغییرات بارش ماهیانه دو منطقه

در این مرحله، می‌خواهیم تغییرات بارشی دو منطقه متفاوت را در قالب یک نمودار ستونی مقایسه کنیم. بدین منظور، با استفاده از دستور `geometry imports` ابتدا دو نقطه روی استان مازندران تعیین کنید (شکل ۴).



شکل ۴- انتخاب منطقه مورد مطالعه



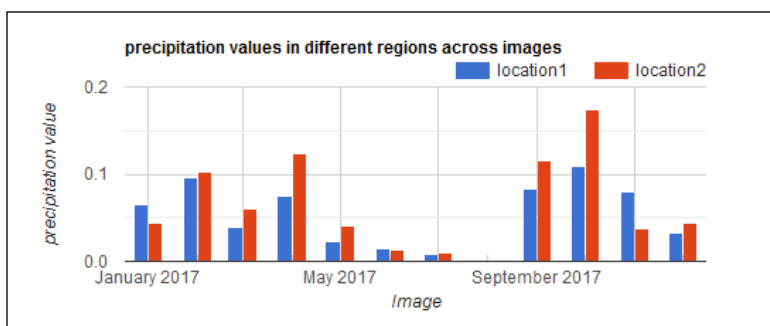
سپس، دو لایه وکتوری را با استفاده از feature collection به یک لایه واحد تبدیل کنید.

```
var region = ee.FeatureCollection([
  ee.Feature(ee.Geometry(geometry),{label : 'zanjan'}),
  ee.Feature(ee.Geometry(geometry2),{label : 'sari'})]);
```

در گام بعدی، با استفاده از کدهای زیر، تصاویر ماهانه سنجنده trmm برای سال ۲۰۱۷ فراخوانی و سپس، نمودار تغییرات آن برای دو منطقه انتخاب شده ترسیم می‌گردد. نتیجه حاصل از اجرای کد در شکل ۵ نمایش داده شده است.

```
var trmm2 = ee.ImageCollection('TRMM/3B43V7')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2017-01-01','2018-01-01')
  .select('precipitation');

var chart = ui.Chart.image.seriesByRegion(trmm2, region,
  ee.Reducer.mean(), 'precipitation', 1000, 'system:time_start', 'label')
  .setChartType('ColumnChart');
print(chart);
```



شکل ۵- مقایسه بارش ماهیانه دو منطقه مورد مطالعه

با توجه به شکل ۵، ستون قرمز نشان دهنده تغییرات بارش ماهیانه مکان شماره ۲ و ستون آبی نشان دهنده تغییرات بارش ماهیانه مکان شماره ۱ است. در شکل بالا بارش بیشتر منطقه ۲ نسبت به منطقه ۱ در ماه‌های مختلف، به‌ویژه در فصل پاییز، به‌وضوح نشان داده شده است.



۶) استخراج مجموعه داده‌های بارشی

حال فرض کنید می‌خواهید تصاویر رستری فراخوانی شده را در قالب یک مجموعه داده ذخیره‌سازی و در نرم‌افزارهای تحت دسکتاپ از آن‌ها استفاده کنید. برای ذخیره‌سازی تصاویر ماهیانه سنجنده trmm برای استان مازندران، در گوگل ارث انجین از دستور زیر استفاده می‌شود.

نکته

توجه داشته باشید که این کد برای دیگر داده‌های بارشی نیز به راحتی قابل استفاده است و تنها باید آیدی تصاویر ورودی و نام باند موردنظر را جایگزین کنید.

```
var trmm2 = ee.ImageCollection('TRMM/3B43V7')  
.filterBounds(table)  
.filterDate('2017-01-01','2018-01-01')  
.select('precipitation')  
.toBands()  
.clip(table);
```

```
Export.image.toDrive({  
  image : trmm2,  
  description: 'trmm-monthly',  
  scale: 1000,  
  region: table,  
  crs: 'EPSG:4326',  
  maxPixels: 1e9});
```

با استفاده از کد بالا، تک تک تصاویر فراخوانی شده سنجنده trmm در یک مجموعه داده قرار گرفته و سپس، به صورت برش خورده، بر اساس مرز استان ذخیره‌سازی شده‌اند.



۷) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام trmm-1 به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

۸) نمودار تغییرات بارش در هر ۳۰ دقیقه

معمولاً تصاویر کاربردی در مطالعات اقلیم‌شناسی، توان تفکیک مکانی کم و توان تفکیک زمانی بسیار زیادی دارند. یکی از جدیدترین ماهواره‌هایی که برای استخراج اطلاعات بارش استفاده می‌شود gpm نام دارد. ماهواره gpm با استفاده از توان تفکیک زمانی ۳۰ دقیقه‌ای امکان برآورد بارش را از سال ۲۰۱۴ میلادی فراهم آورده است.

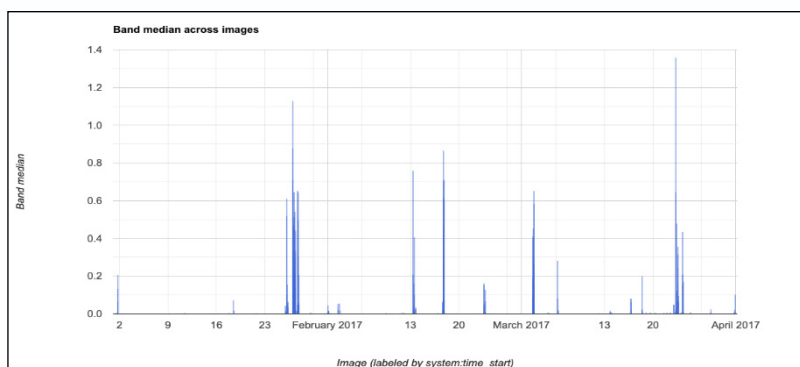
با توجه به اینکه گوگل ارث انجین در هر پردازش حداکثر ۵۰۰۰ داده ماهواره‌ای را پردازش می‌کند، شما نمی‌توانید تغییرات بارشی ۳۰ دقیقه‌ای را برای کل سال با یک متغیر پردازش کنید. به همین دلیل، در این بخش، روش برآورد تغییرات بارش با استفاده از داده‌های gpm برای سه ماه (فصل زمستان) ارائه شده است.

```
var gpm = ee.ImageCollection('NASA/GPM_L3/IMERG_V06')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2017-01-01','2017-04-01')
  .select('IRprecipitation');
```

```
var chart = ui.Chart.image.series(gpm, table,
  ee.Reducer.median(), 1000, 'system:time_start')
  .setChartType('ColumnChart');
```

```
print(chart);
```

در شکل ۶، نمودار حاصل از تغییرات بارش ۳۰ دقیقه‌ای نمایش داده شده است.



شکل ۶- نمودار تغییرات بارش ۳۰ دقیقه‌ای

۹) نمودار تغییرات بارش روزانه

یکی از کاربردی‌ترین داده‌های بارشی ترکیبی از داده‌های ماهواره‌ای و ایستگاه زمینی، داده‌های مدل chirps است که با استفاده از آن امکان برآورد بارش روزانه بارش از دهه ۱۹۸۰ میلادی تاکنون فراهم است.

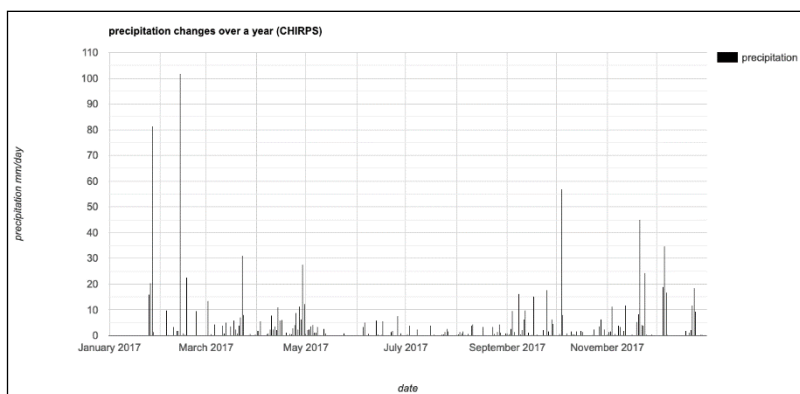
برای استخراج روند تغییرات بارش روزانه با استفاده از داده‌های chirps، از کدهای زیر استفاده می‌شود:

```
// chirps
var chirps = ee.ImageCollection('UCSB-CHG/CHIRPS/DAILY')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2017-01-01','2018-01-01');

var chart = ui.Chart.image.series(chirps, table,
  ee.Reducer.mean(), 1000, 'system:time_start')
  .setChartType('ColumnChart')
  .setOptions({
    title: 'precipitation changes over a year (CHIRPS)',
    vAxis: {title: 'precipitation mm/day'},
    hAxis: {title: 'date'},
    series:{
      0 : {color : 'black'} }));
print(chart);
```



در کد بالا، بعد از دستور image series، از دستور set options استفاده شد تا امکان تعیین نام نمودار و نام بردارهای افقی (hAxis) و عمودی (vAxis) را به همراه رنگ نمودار (از طریق series) فراهم شود. در شکل ۷، نتیجه حاصل از اجرای کد نشان را می‌بینید.



شکل ۷- نمودار تغییرات بارش روزانه

روش دیگر برای برآورد بارش روزانه، استفاده از داده‌های مدل بارشی persiann است. داده‌های بارشی مدل پرشین، به صورت ترکیبی، از داده‌های ماهواره‌ای تولید شده و داده‌های آن برحسب واحد میلی‌متر و به صورت روزانه در دسترس است. برای استخراج میانگین روند تغییرات بارشی استان مازندران از کد زیر استفاده می‌شود:

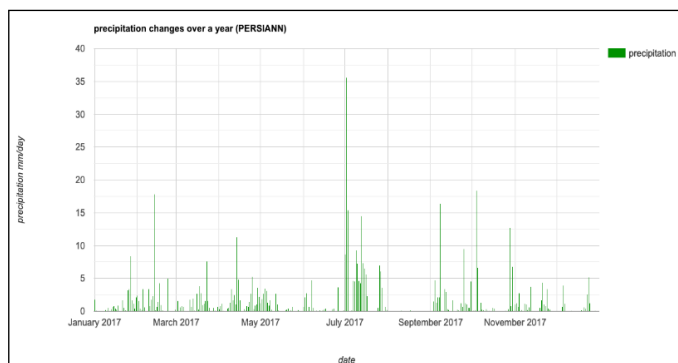
```
// persiann
var persiann = ee.ImageCollection('NOAA/PERSIANN-CDR')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2017-01-01','2018-01-01');

var chart = ui.Chart.image.series(persiann, table,
  ee.Reducer.mean(), 1000, 'system:time_start')
  .setChartType('ColumnChart')
  .setOptions({
    title: 'precipitation changes over a year (PERSIANN)',
    vAxis: {title: 'precipitation mm/day'},
    hAxis: {title: 'date'},
```



```
series:{
  0 : {color : 'green'} });
print(chart);
```

در شکل ۸، نتیجه حاصل از تغییرات بارشی روزانه مدل پرشین در استان مازندران نمایش داده شده است.



شکل ۸- نمودار تغییرات بارش روزانه پرشین

۱۰) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام precipitation-2 به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

پایش تغییرات سفره‌های آب زیرزمینی

تنها ماهواره‌ای که در سنجش از دور برای جمع‌آوری داده‌ها از امواج الکترومغناطیسی استفاده نمی‌کند، سنجنده grace است. عملکرد این سنجنده بر اساس تغییرات میدان گرانشی زمین است. مطالعات نشان داده است که تغییرات سفره‌های آب زیرزمینی مانند بالا آمدن یا پایین رفتن آن‌ها بر میدان گرانشی زمین تأثیرگذار است. ماهواره grace مهم‌ترین ماهواره‌ای است که اطلاعات لازم درباره تغییرات سفره‌های آب زیرزمینی را در اختیار کاربران قرار می‌دهد. در حقیقت داده‌های گریس در ارث انجین نشان‌دهنده میزان ذخایر آبی است و سفره‌های آب

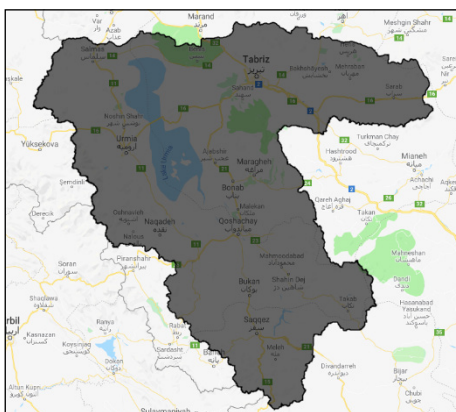
زیرزمینی، بخشی از این ذخایر است. با این حال، در این بخش صرفاً روش فراخوانی و نمایش این داده‌ها توضیح داده شده و چگونگی اصلاح و استخراج تغییرات سفره‌های آب زیرزمینی بررسی نشده است.

(۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

در این بخش، منطقه مورد مطالعه را حوضه دریاچه ارومیه در نظر بگیرید و سپس، با استفاده از کدهای زیر موقعیت نقشه گوگل را بر اساس آن تنظیم کنید (شکل ۹).

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```



شکل ۹- انتخاب منطقه مورد مطالعه

(۲) سری زمانی داده‌ها

برای استخراج داده‌های تصحیح شده سنجنده grace، از کد زیر استفاده کنید. در این کد روند تغییرات میانگین تغییرات سفره‌های آب زیرزمینی (ذخایر آب) به صورت ماهیانه از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ در حوضه دریاچه ارومیه مشخص شده است.

نکته

گفتنی است پروداکت معرفی شده برای ماهواره grace، علاوه بر اطلاعات سفره‌های آب زیرزمینی، حاوی اطلاعات دیگری نیز هست. برای مطالعه دقیق‌تر در این باره به نشانی زیر مراجعه کنید:

www.girs.ir/gee-book



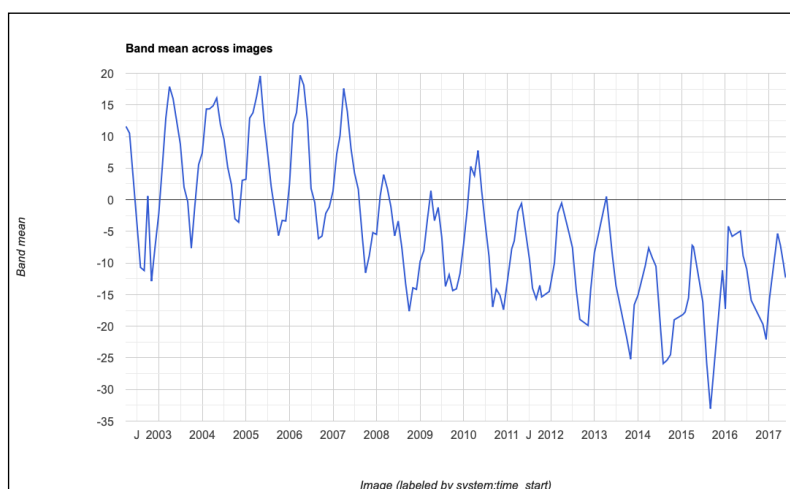
```
// garce mascon cri

var grace = ee.ImageCollection('NASA/GRACE/MASS_GRIDS/MASCON_CRI')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2002-01-01','2018-01-01')
  .select('lwe_thickness');

var chart = ui.Chart.image.series(grace, table, ee.Reducer.mean(),
  , 1000, 'system:time_start');

print(chart);
```

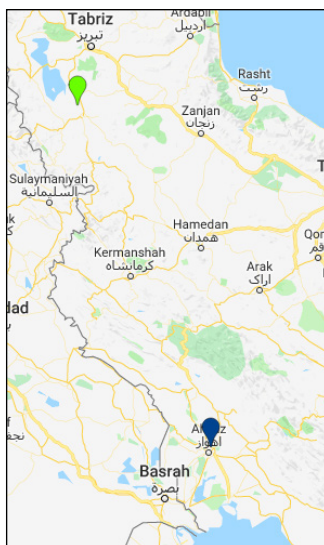
در شکل ۱۰، نمودار تغییرات سفره‌های آب زیرزمینی (ذخایر آبی) ترسیم شده است.



شکل ۱۰- نمودار تغییرات سفره‌های آب زیرزمینی

۳) مقایسه تغییرات سفره‌های آب زیرزمینی

فرض کنید می‌خواهید تغییرات سفره‌های آب زیرزمینی را در دو منطقه ارومیه و خوزستان مقایسه کنید و در قالب یک نمودار واحد نمایش دهید. بدین منظور، ابتدا با ابزار geometry imports دو مکان را در ارومیه و خوزستان انتخاب کنید (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- انتخاب منطقه مورد مطالعه

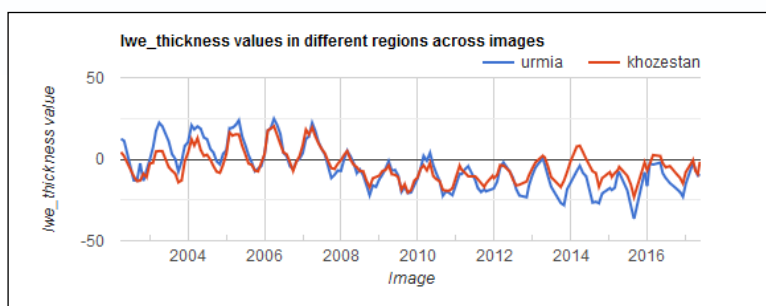
با استفاده از کد زیر، لایه‌های وکتوری این دو منطقه را ترکیب کنید:

```
var regions = ee.FeatureCollection([
  ee.Feature(ee.Geometry(geometry),{label: 'urmia'}),
  ee.Feature(ee.Geometry(geometry2),{label: 'khozestan'})]);
```

سپس، با استفاده از کدهای زیر تصاویر را فراخوانی و نمودار تغییرات سفره‌های آب زیرزمینی را برای دو منطقه انتخاب شده ترسیم کنید. نتیجه حاصل از اجرای کد، در شکل ۱۲ نشان داده شده است.

```
var grace = ee.ImageCollection('NASA/GRACE/MASS_GRIDS/MASCON_CRI')
  .filterBounds(table2)
  .filterDate('2002-01-01','2018-01-01')
  .select('lwe_thickness');

var chart = ui.Chart.image.seriesByRegion(grace, regions,
  ee.Reducer.mean(), 'lwe_thickness', 10000, 'system:time_start',
  'label');
print(chart)
```



شکل ۱۲- نمودار روند تغییرات سفره‌های آب زیرزمینی ارومیه و خوزستان

۴) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام grace-3 به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

پایش تغییرات رطوبت خاک

برای شناسایی تغییرات رطوبت خاک با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، از پروداکت آماده ماهواره smap استفاده می‌شود. با کمک این داده‌ها، امکان برآورد رطوبت خاک سطحی و زیرسطحی فراهم است.

۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

با توجه به توان تفکیک مکانی بسیار کم تصاویر ماهواره smap و وسعت مکانی زیاد هر یک تصویر آن، در این بخش، کل ایران به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب می‌شود. ابتدا شیپ فایل ایران را به گوگل ارث انجین وارد و آن را به داخل کد اضافه کنید. سپس، با استفاده از کدهای زیر موقعیت نقشه گوگل را تنظیم کنید (شکل ۱۳):

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```



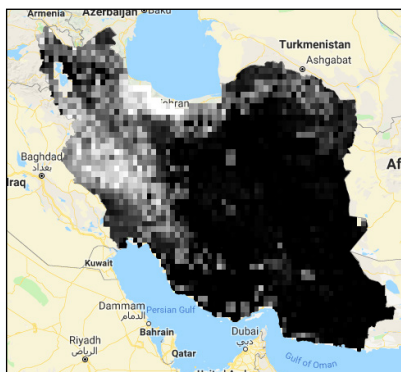
شکل ۱۳- انتخاب منطقه مورد مطالعه

۲) فراخوانی تصاویر رطوبت خاک سطحی

سنجنده smap با استفاده از امواج میکروویو غیرفعال تصویربرداری می‌کند و به همین دلیل، داده‌های آن نمایش‌دهنده رطوبت خاک سطحی و زیرسطحی است. در کد زیر، روش فراخوانی و ذخیره‌سازی تصاویر رطوبت خاک سطحی برای فصل زمستان سال ۲۰۱۷ میلادی در کل ایران نمایش داده شده است.

```
// soil moisture dataset
var smap = ee.ImageCollection('NASA_USDA/HSL/SMAP_soil_moisture')
  .filterBounds(table2)
  .filterDate('2017-01-01','2017-04-01')
  .select('ssm')
  .toBands()
  .clip(table);
Map.addLayer(smap);
```

با دستور add layer که در کد بالا از آن استفاده شده است، تصاویر برش‌خورده رطوبت سطح زمین در گوگل ارث انجین به صورت بصری نمایش داده می‌شود (شکل ۱۴).



شکل ۱۴- تصویر تغییرات رطوبت خاک سطحی



سپس، با استفاده از دستور export image برای ذخیره‌سازی آن اقدام کنید:

```
Export.image.toDrive({
  image: smap,
  description: 'surface-sm',
  scale: 1000,
  region: table2,
  maxPixels: 1e9});
```

۳) فراخوانی تصاویر رطوبت خاک زیرسطحی

حالا برای فراخوانی و ذخیره‌سازی تصاویر رطوبت زیرسطحی ایران در زمستان سال ۲۰۱۷ از کدهای زیر استفاده کنید:

```
// subsurface soil moisture dataset
var smap = ee.ImageCollection('NASA_USDA/HSL/SMAP_soil_moisture')
  .filterBounds(table2)
  .filterDate('2017-01-01','2017-04-01')
  .select('susm')
  .toBands()
  .clip(table);

Map.addLayer(smap);
Export.image.toDrive({
  image: smap,
  description: 'subsurface-sm',
  scale: 1000,
  region: table,
  maxPixels: 1e9});
```

۴) سری زمانی تغییرات رطوبت سطحی و زیرسطحی

در بخش‌های قبلی، با روش فراخوانی تصاویر رطوبت سطحی و زیرسطحی سنجنده smap آشنا شدید. در این بخش، قصد داریم چگونگی استخراج روند تغییرات رطوبت سطحی و

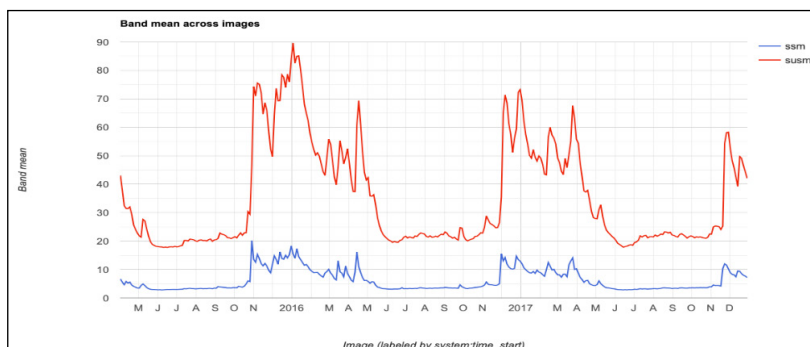


زیرسطحی خاک و ترسیم نمودار آن را در استان خوزستان طی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۸ به شما بیاموزیم. شیپ‌فایل استان خوزستان را وارد گوگل ارث انجین کنید و با استفاده از کد زیر، نمودار میانگین تغییرات رطوبت سطحی و زیرسطحی خاک را برای تمام استان تولید کنید.

```
var smap = ee.ImageCollection('NASA_USDA/HSL/SMAP_soil_moisture')
  .filterBounds(table2)
  .filterDate('2015-01-01', '2018-01-01')
  .select('ssm', 'susm');

var chart = ui.Chart.image.series(smap, table2, ee.Reducer.mean(),
  1000, 'system:time_start');
print(chart);
```

در شکل ۱۵، نمودار میانگین تغییرات رطوبت خاک سطحی و زیرسطحی ترسیم شده است.



شکل ۱۵- نمودار تغییرات رطوبت سطحی و زیرسطحی

نکته

در فراخوانی داده‌های سری زمانی، اگر قصد داشته باشید تصاویر ماه‌های خاصی از چند سال را فراخوانی کنید، دستور `calendarRange` بسیار کاربردی است؛ مثلاً، برای فراخوانی داده‌های رطوبت خاک فصل بهار از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۸ از کد زیر استفاده می‌شود:

```
var smap = ee.ImageCollection('NASA_USDA/HSL/SMAP_soil_moisture')
  .filterBounds(table2)
  .filterDate('2015-01-01', '2018-01-01')
  .filter(ee.Filter.calendarRange(5,7,'month'));
```

۵) آشکارسازی تغییرات

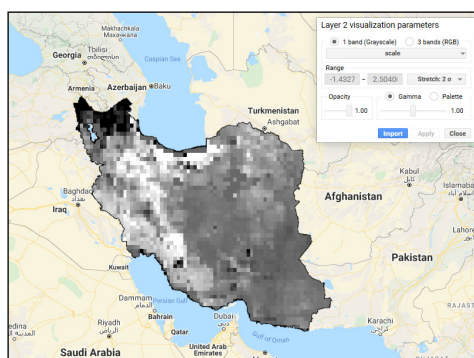
در بخش پایش گرد و غبار با استفاده از داده‌های سنجنده مادیس، درباره کاربرد رگسیون خطی برای آشکارسازی تغییرات صحبت شد. در این بخش، هدف آن است که با استفاده از روش رگسیون خطی، تغییرات رطوبت سطحی خاک در بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰ پایش شود. بدین منظور، از کد زیر استفاده می‌شود:

```
var change = ee.ImageCollection('NASA_USDA/HSL/SMAP_soil_moisture')
  .filterDate('2015-01-01','2020-01-01')
  .filterBounds(table)
  .map(function(img){
var bands = img.select('ssm').clip(table);
var time = img.metadata('system:time_start')
return bands.addBands(time) })
  .select('system:time_start','ssm')
  .reduce(ee.Reducer.linearFit())
  .clip(table);
```

```
var change_map = change.select('scale');
```

```
Map.addLayer(change_map);
```

در شکل ۱۶، نتیجه حاصل از اجرای کد بالا را می‌بینید. در تصویر خروجی، پیکسل‌هایی که مقدار عددی منفی دارند، روند کاهشی رطوبت خاک و پیکسل‌هایی که مقدار عددی مثبت دارند، روند افزایشی رطوبت خاک را طی سال‌های اخیر نشان می‌دهند. به عبارت دیگر، پیکسل‌های روشن نشان‌دهنده افزایش رطوبت و پیکسل‌های تیره بیانگر کاهش رطوبت خاک طی سال‌های اخیر هستند.



شکل ۱۶ - نقشه تغییرات رطوبت خاک



۶) محاسبه همبستگی

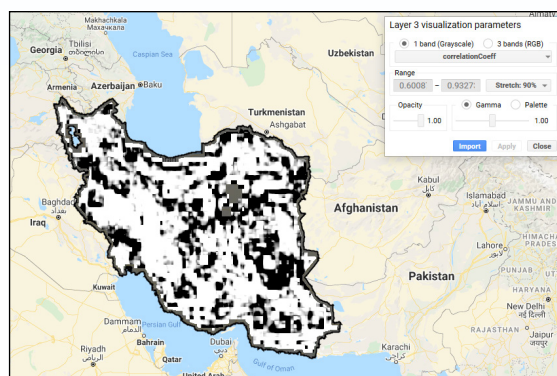
برای اندازه‌گیری همبستگی مکانی (پیکسل به پیکسل) بین دو تصویر رستری مانند رطوبت خاک سطحی و زیرسطحی، در این رابطه از کد زیر استفاده می‌شود:

```
var ssm = ee.ImageCollection('NASA_USDA/HSL/SMAP_soil_moisture')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2017-01-01','2020-01-01')
  .select('ssm')
  .mean()
  .clip(table);

var susm = ee.ImageCollection('NASA_USDA/HSL/SMAP_soil_moisture')
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2017-01-01','2020-01-01')
  .select('susm')
  .mean()
  .clip(table);

var correlation = ee.Algorithms.CrossCorrelation(ssm, susm, 0, 9).clip(table).
  select('correlationCoeff');
Map.addLayer(correlation)
```

نتیجه حاصل از اجرای کد بالا در شکل ۱۷ قابل مشاهده است؛ پیکسل‌های روشن‌تر، سازگاری بیشتر رطوبت سطحی و زیرسطحی را نشان می‌دهند و برعکس. پیکسل‌هایی که مقدار عددی نزدیک به یک دارند نشان می‌دهند که بین رطوبت سطحی و زیرسطحی رابطه مستقیم وجود دارد و مقادیر منفی بیانگر رابطه خطی غیرمستقیم بین آن‌هاست. این در حالی است که پیکسل‌های نزدیک به صفر بیانگر عدم وجود رابطه معنادار بین این دو پارامتر است.



شکل ۱۷- نقشه همبستگی رطوبت سطحی و زیرسطحی

۷) انیمیشن تغییرات

با استفاده از کد زیر، چگونگی بصری سازی تغییرات مکانی با استفاده از انیمیشن نشان داده شده است. این کد (یا دیگر شیوه‌ها) برای تمام داده‌های ماهواره‌ای قابل استفاده است. در کد زیر، روند تغییرات مکانی رطوبت خاک سطحی برای سال ۲۰۱۷ نشان داده شده است.

```
var ssm = ee.ImageCollection('NASA_USDA/HSL/SMAP_soil_moisture')
  .filterBounds(table2)
  .filterDate('2017-01-01','2018-01-01')
  .select('ssm')
  .map(function(img){
return img.clip(table2)
  .copyProperties(img,['system:time_start','system:time_end']); });
```

در کد بالا، ابتدا تصاویر فراخوانی شدند. برای تولید انیمیشن بهتر است منطقه مورد مطالعه در حد یک استان باشد. در کد بالا، منطقه مورد مطالعه با عنوان table2 معرفی شده که معادل استان خوزستان است.

با استفاده از کد زیر، ویژگی‌های بصری لایه‌های ورودی به انیمیشن تعیین می‌شود:

```
var vis = {
  min: 3.0,
  max: 20.0,
  palette: ['0300ff', '418504', 'ffff07', 'ffff07', 'ff0303'], opacity: 1};
```



در گام بعدی، تابعی تعریف می‌شود که در آن هریک از لایه‌های رستری براساس ویژگی‌های بصری تعیین شده داخل فرمت یک نمایشگر ویدیویی قرار می‌گیرند.

```
var call4video = ssm.map(function(img){ return img.visualize(vis); });
```

در پایان، برای ذخیره فایل انیمیشن از کد زیر استفاده می‌شود:

```
Export.video.toDrive({
collection: call4video,
description: 'soil_mois_video2',
scale: 1000,
framesPerSecond: 5,
region: table2});
```

۸) کد آموزشی

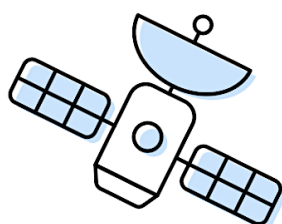
کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام smap-4 به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>



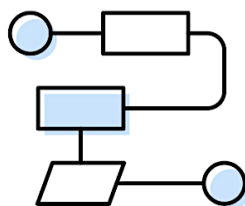
فصل ششم: کاربرد سنجنده استر در کانی شناسی

شیوه‌های کاربردی برنامه‌نویسی داده‌های سنجنده استر



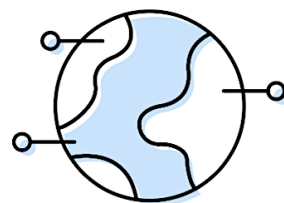
Satellite Imagery

+



Your Algorithms

+



Real World Applications

نکات آموزشی این فصل

- تصحیح رادیومتریکی داده‌های استر
- محاسبه شاخص‌های طیفی کانی شناسی
- محاسبه تبدیل طیفی PCA

تصحیح رادیومتریکی تصاویر استر

سنجنده استر مهم‌ترین سنجنده کاربردی در مطالعات کانی‌شناسی و اکتشاف معدن است. داده‌های این سنجنده به صورت رایگان در سامانه ارث انجین موجود است و در فرایندهای پردازش رقومی تصاویر نیز می‌توان از آن استفاده کرد. اولین نکته مهم در کار با داده‌های این سنجنده، چگونگی فراخوانی و تصحیح رادیومتریکی آن در ارث انجین است که در این بخش به تفصیل بررسی می‌شود.

۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

در این بخش، استان یزد به منزله منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شده است. دلیل انتخاب این استان آن است که اکتشاف‌های معدنی و کانی‌شناسی عموماً در مناطق خشک و مناطقی که پوشش گیاهی اندکی دارند، انجام می‌شود. پس از فراخوانی شیپ‌فایل استان یزد و وارد کردن آن داخل کد، با استفاده از کدهای زیر، موقعیت نقشه گوگل را تنظیم و برای بصری‌سازی لایه برداری استان اقدام کنید (شکل ۱).

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```



شکل ۱- انتخاب منطقه مورد مطالعه

۲) فراخوانی تصاویر استر

برای فراخوانی تصاویر سنجنده استر برای منطقه مورد مطالعه از کد زیر استفاده می‌شود:

```
var ast = ee.ImageCollection("ASTER/AST_L1T_003")
```

```
.filterBounds(table)
```

```
.filterDate('2000-01-01', '2020-01-01');
```

```
print(ast)
```

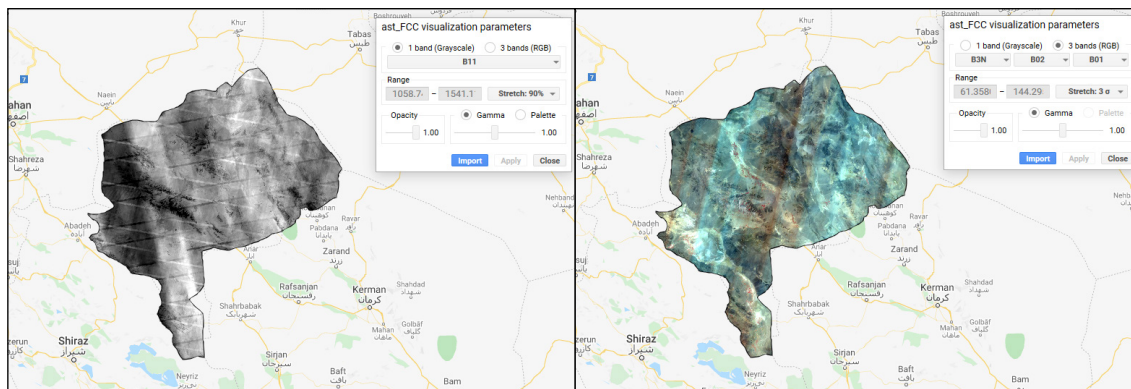
در کد بالا، داده‌های سنجنده استر برای ۲۰ سال فراخوانی شده است. در مطالعات کانی‌شناسی، به شرط آنکه تغییر انسانی در محیط دخیل نبوده باشد، می‌توان از تصاویر میانگین بازه‌های زمانی متفاوت نیز استفاده کرد. کانی‌های تشکیل‌دهنده خاک عموماً دستخوش تغییرات تدریجی در مقیاس‌های زمانی بسیار طولانی هستند و در مطالعات کانی‌شناسی استفاده از تصاویر به‌روز الزامی نیست.

۳) نمایش تصویر

برای مشاهده بصری تصویر استر، از کد زیر استفاده می‌شود:

```
Map.addLayer(ast.mean().clip(table), {bands: ['B3N', 'B02', 'B01']}, 'ast_FCC', false);
```

در کد بالا، با استفاده از ترکیب باند کاذب، تصویر میانگین برش‌خورده سنجنده استر نمایش داده شده است.



شکل ۲ - تصویر ترکیب باند کاذب سنجنده استر شکل ۳ - تصویر تک‌باند حرارتی سنجنده استر

با توجه به شکل‌های ۲ و ۳، اختلاف کانتراست باندهای مرئی (به همراه باندهای حرارتی) سنجنده استر بسیار زیاد است و در این باندها کیفیت تصاویر موزاییک‌شده برای نمایش یک منطقه وسیع مناسب نیست. این در حالی است که باندهای مادون قرمز بازتابی (باندهای ۳ تا ۹) این سنجنده چنین مشکلی ندارند. بر همین اساس، در گوگل ارث انجین عموماً خروجی‌های حاصل از باندهای ۳ تا ۹ از کیفیت بهتری برخوردارند.



۴) فراخوانی تصاویر ورودی برای تصحیح

تصاویر استر در گوگل ارث انجین به صورت درجه روشنایی در دسترس است؛ از این رو، برای تصحیح رادیومتریکی و محاسبهٔ رادیانس هر باند، لازم است مقدار ضریب تبدیل درجه روشنایی به رادیانس روی هر یک از باندها اعمال شود. با استفاده از کد زیر، مقدار رادیانس باندهای ۴ تا ۹ محاسبه می‌شود.

```
var ast = ee.ImageCollection("ASTER/AST_L1T_003")
.filterBounds(table)
.filterDate('2000-01-01','2020-01-01')
.filter(ee.Filter.calendarRange(7,9,'month'))
.select('B0[4-9]')
.filter(ee.Filter.notNull(['GAIN_COEFFICIENT_B04','GAIN_COEFFICIENT_B05',
,'GAIN_COEFFICIENT_B06','GAIN_COEFFICIENT_B07','GAIN_COEFFICIENT_
B08','GAIN_COEFFICIENT_B09']));
```

در کد بالا، ابتدا تصاویر استر برای تابستان سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ فراخوانی شده است. دلیل استفاده از تصاویر تابستان آن است که در این زمان کمترین میزان ابر وجود دارد و تصویر حاصل از آن از کیفیت مطلوبی برخوردار خواهد شد. در انتهای کد بالا از یک فیلتر به نام not.null استفاده شده که به واسطهٔ آن فقط تصاویری فراخوانی می‌شوند که دارای ضریب تصحیح رادیومتریکی برای باندهای هدف باشند.

۵) تصحیح رادیومتریکی

برای تصحیح رادیومتریکی تصاویر فراخوانی شده و محاسبهٔ رادیانس، از کد زیر استفاده می‌شود:

```
var radiance = ast.map(function(img){
var gain4=ee.Image(ee.Number(img.select('B04').get('GAIN_COEFFICIENT_B04')));
var gain5=ee.Image(ee.Number(img.select('B05').get('GAIN_COEFFICIENT_B05')));
var gain6=ee.Image(ee.Number(img.select('B06').get('GAIN_COEFFICIENT_B06')));
var gain7=ee.Image(ee.Number(img.select('B07').get('GAIN_COEFFICIENT_B07')));
var gain8=ee.Image(ee.Number(img.select('B08').get('GAIN_COEFFICIENT_B08')));
```

```

var gain9=ee.Image(ee.Number(img.select('B09').get('GAIN_COEFFICIENT_B09')));

var b4 = img.select('B04').multiply(gain4).clip(table);
var b5 = img.select('B05').multiply(gain5).clip(table);
var b6 = img.select('B06').multiply(gain6).clip(table);
var b7 = img.select('B07').multiply(gain7).clip(table);
var b8 = img.select('B08').multiply(gain8).clip(table);
var b9 = img.select('B09').multiply(gain9).clip(table);

var stack = ee.Image.cat([b4,b5,b6,b7,b8,b9]);

return stack});

```

در کد بالا، برای هر یک از تصاویر ورودی یک باند هدف انتخاب و بعد، عدد ضریب آن با استفاده از دستور get استخراج شده است. سپس، ضرایب استخراج شده در هر یک از باندها با استفاده از دستور multiply اعمال شده است.

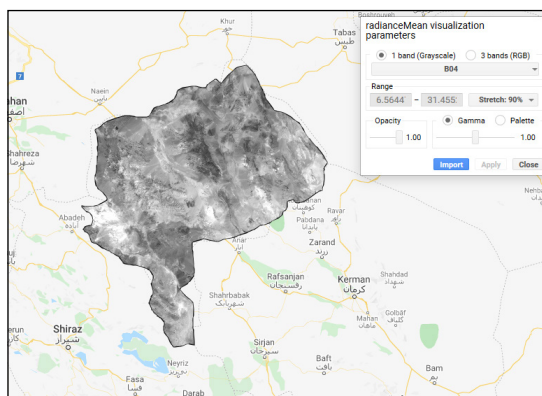
۶) نمایش تصویر

برای نمایش تصویر رادیانس، ابتدا با استفاده از کد زیر میانگین آن محاسبه و سپس، تصویر نمایش داده می‌شود (شکل ۴).

```

var radianceMean = radiance.mean().clip(table);
Map.addLayer(radianceMean,[], 'radianceMean', false);

```



شکل ۴ - تصویر میانگین رادیانس



۷) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام `aster_radiometric_1` به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>

محاسبه شاخص‌های طیفی کانی‌شناسی

در این بخش، شما با روش محاسبه شاخص‌های طیفی کانی‌شناسی سنجنده استر آشنا خواهید شد. توجه داشته باشید که در این مرحله تنها چند نمونه از این شاخص‌های کاربردی معرفی می‌شود. با این حال، شما می‌توانید با استفاده از شیوه‌های ارائه شده در این بخش، انواع شاخص‌های طیفی کانی‌شناسی را که بر باندهای مادون قرمز طول موج کوتاه سنجنده استر مبتنی است، به راحتی محاسبه کنید.

۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

در این بخش نیز استان یزد را به منزله منطقه مورد مطالعه انتخاب کنید. سپس، با استفاده از کدهای زیر نقشه گوگل را تنظیم کنید و لایه برداری منطقه مورد مطالعه را نمایش دهید.

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```

۲) فراخوانی تصاویر

پس از تعیین منطقه مورد مطالعه، تصاویر ماهواره‌ای سنجنده استر را با استفاده از کد زیر فراخوانی کنید:

```
var ast = ee.ImageCollection("ASTER/AST_L1T_003")
```

```
.filterBounds(table)
```

```
.filterDate('2000-01-01','2020-01-01')
```

```
.filter(ee.Filter.calendarRange(7,9,'month'))
```



```
.select('B0[4-9]')
.filter(ee.Filter.notNull(['GAIN_COEFFICIENT_B04','GAIN_COEFFICIENT_B05',
,'GAIN_COEFFICIENT_B06','GAIN_COEFFICIENT_B07','GAIN_COEFFICIENT_
B08','GAIN_COEFFICIENT_B09']));

print(ast)
```

۳) تصحیح رادیومتریکی

سپس، برای تصحیح رادیومتریکی تصاویر ورودی سنجنده استر، از کد زیر استفاده کنید:

```
var radiance = ast.map(function(img){
  var gain4=ee.Image(ee.Number(img.select('B04').get('GAIN_COEFFICIENT_B04')));
  var gain5=ee.Image(ee.Number(img.select('B05').get('GAIN_COEFFICIENT_B05')));
  var gain6=ee.Image(ee.Number(img.select('B06').get('GAIN_COEFFICIENT_B06')));
  var gain7=ee.Image(ee.Number(img.select('B07').get('GAIN_COEFFICIENT_B07')));
  var gain8=ee.Image(ee.Number(img.select('B08').get('GAIN_COEFFICIENT_B08')));
  var gain9=ee.Image(ee.Number(img.select('B09').get('GAIN_COEFFICIENT_B09')));

  var b4 = img.select('B04').multiply(gain4).clip(table);
  var b5 = img.select('B05').multiply(gain5).clip(table);
  var b6 = img.select('B06').multiply(gain6).clip(table);
  var b7 = img.select('B07').multiply(gain7).clip(table);
  var b8 = img.select('B08').multiply(gain8).clip(table);
  var b9 = img.select('B09').multiply(gain9).clip(table);

  var stack = ee.Image.cat([b4,b5,b6,b7,b8,b9]);
  return stack});
```

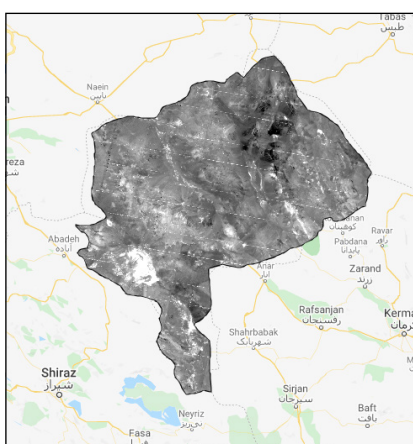
۴) شاخص‌های کانی‌شناسی

پس از تصحیح رادیومتریکی، میانگین تصاویر و شاخص‌های طیفی هریک از کانی‌ها محاسبه می‌شود.


```
var radianceMean = radiance.mean().clip(table);
print(radianceMean)
```

با استفاده از کد زیر، شاخص طیفی آلتراسیون محاسبه و سپس، نمایش داده می‌شود (شکل ۵).

```
var alteration = radianceMean.expression('B4/B5',
{'B4':radianceMean.select('B04'),'B5':radianceMean.select('B05')});
Map.addLayer(alteration,[],'alteration',false);
```



شکل ۵ - تصویر شاخص آلتراسیون

در شکل ۵، مناطق آلتراسیونی نمایش داده شده است. در خروجی‌های حاصل از شاخص‌های طیفی، مناطق روشن، محدوده‌های هدف را نشان می‌دهند. بر همین اساس، در این تصویر نیز مناطق سفید نشان‌دهنده مناطق آلتراسیونی است.

با استفاده از کدهای زیر، شاخص‌های دیگری نیز در زمینه کانی‌شناسی به تفکیک محاسبه شده است. این شاخص‌ها تنها بخش کوچکی از شاخص‌های کانی‌شناسی سنجنده استر هستند و شما می‌توانید با شیوه‌های کدنویسی ارائه شده در این بخش، انواع متعدد شاخص‌های کانی‌شناسی را در سنجش از دور محاسبه کنید.

```
// spectral index: muscovite
var muscovite = radianceMean.expression('B7/B6',
{'B7':radianceMean.select('B07'),'B6':radianceMean.select('B06')});
Map.addLayer(muscovite,[],'muscovite',false);
```



```
// spectral index: kaolinite
var kaolinite = radianceMean.expression('B7/B5',
{'B7':radianceMean.select('B07'),'B5':radianceMean.select('B05')});
Map.addLayer(kaolinite,[],'muscovite',false);

// spectral index: amphibole
var amphibole = radianceMean.expression('B6/B8',
{'B6':radianceMean.select('B06'),'B8':radianceMean.select('B08')});
Map.addLayer(amphibole,[],'amphibole',false);

// spectral index: mgho
var mgho = radianceMean.expression('(B6+B9)/B8',
{'B6':radianceMean.select('B06'),'B8':radianceMean.select('B08'),
'B9': radianceMean.select('B09')});
Map.addLayer(mgho,[],'mgho',false);

// spectral index: carbonate/chlorite/epidote
var car = radianceMean.expression('(B7+B9)/B8',
{'B7':radianceMean.select('B07'),'B8':radianceMean.select('B08'),
'B9': radianceMean.select('B09')});
Map.addLayer(car,[],'carbonate/chlorite/epidote',false)
```

۵) کد آموزشی

کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام `aster_mineral_index_2` به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>



تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA)

یکی از شیوه‌های مرسوم کانی‌شناسی، برای آشکارسازی تفاوت کانی‌های تشکیل دهنده خاک در مناطق بیابانی، تجزیه مؤلفه‌های اصلی است. با این روش، اطلاعات باندهای ورودی فشرده‌سازی و تفاوت‌های بازتابی اندک کانی‌های تشکیل دهنده خاک بین باندهای ورودی بارزتر می‌شود. در این بخش، شما با چگونگی محاسبه این روش تبدیل طیفی آشنا خواهید شد.

(۱) انتخاب منطقه مورد مطالعه

در این بخش مانند بخش قبلی، استان یزد منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شده است.

```
Map.centerObject(table);
```

```
Map.addLayer(table);
```

(۲) فراخوانی تصاویر

برای فراخوانی تصاویر استر، از کد زیر استفاده می‌شود:

```
var ast = ee.ImageCollection("ASTER/AST_L1T_003")
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2000-01-01','2020-01-01')
  .filter(ee.Filter.calendarRange(7,9,'month'))
  .select('B0[4-9]')
  .filter(ee.Filter.notNull(['GAIN_COEFFICIENT_B04','GAIN_COEFFICIENT_B05',
    'GAIN_COEFFICIENT_B06','GAIN_COEFFICIENT_B07','GAIN_COEFFICIENT_B08',
    'GAIN_COEFFICIENT_B09']));
```

(۳) تصحیح رادیومتریکی

برای تصحیح رادیومتریکی و تولید تصویر میانگین آن برای منطقه مورد مطالعه از کد زیر استفاده می‌شود:

```
var radiance = ast.map(function(img){

  var gain4=ee.Image(ee.Number(img.select('B04').get('GAIN_COEFFICIENT_B04')));
  var gain5=ee.Image(ee.Number(img.select('B05').get('GAIN_COEFFICIENT_B05')));
```



```

var gain6=ee.Image(ee.Number(img.select('B06').get('GAIN_COEFFICIENT_B06')));
var gain7=ee.Image(ee.Number(img.select('B07').get('GAIN_COEFFICIENT_B07')));
var gain8=ee.Image(ee.Number(img.select('B08').get('GAIN_COEFFICIENT_B08')));
var gain9=ee.Image(ee.Number(img.select('B09').get('GAIN_COEFFICIENT_B09')));

var b4 = img.select('B04').multiply(gain4).clip(table);
var b5 = img.select('B05').multiply(gain5).clip(table);
var b6 = img.select('B06').multiply(gain6).clip(table);
var b7 = img.select('B07').multiply(gain7).clip(table);
var b8 = img.select('B08').multiply(gain8).clip(table);
var b9 = img.select('B09').multiply(gain9).clip(table);

var stack = ee.Image.cat([b4,b5,b6,b7,b8,b9]);
eturn stack});

var radianceMean = radiance.mean().clip(table);

```

۴) محاسبه الگوریتم تجزیه مؤلفه‌های اصلی

برای محاسبه روش PCA با استفاده از تصاویر استر، از کد زیر استفاده می‌شود. گفتنی است این کد برای سایر تصاویر ماهواره‌ای نیز کاربردی است و صرفاً به یک سنجنده محدود نمی‌شود.

```

var bands = ['B04','B05','B06','B07','B08','B09'];
var arrayImage = radianceMean.select(bands).toArray();
var covariance = arrayImage.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.covariance(),
  maxPixels: 1e13,
  scale: 30,
  geometry: table});

var covarainceArray = ee.Array(covariance.get('array'));
var eigen = covarainceArray.eigen();

```



```
var eigenVectors = eigen.slice(1,1);
var principalComponent = ee.Image(eigenVectors).matrixMultiply(arrayImage.
toArray(1));

var pcImages = principalComponent.arrayProject([0])
.arrayFlatten([[ 'pc1', 'pc2', 'pc3', 'pc4', 'pc5', 'pc6' ]]);

print(pcImages);
```

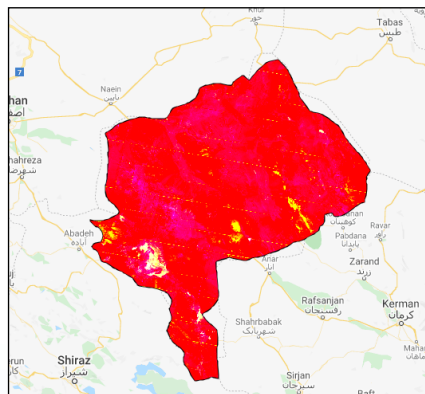
در کد بالا، باندهای ۴ تا ۹ انتخاب و الگوریتم PCA روی آن اجرا شده است. سپس، تصویر مؤلفه‌های نهایی در متغیری به نام pcImages ذخیره شده است. با توجه به اهمیت محدوده مادون قرمز طول موج کوتاه در مطالعات کانی‌شناسی، برای این منظور از باندهای ۴ تا ۹ استفاده شده است.

(۵) نمایش تصویر

برای نمایش تصویر حاصل از اجرای روش PCA از دستور زیر استفاده می‌شود:

```
Map.addLayer(pcImages, [], 'pcImages', false);
```

تصویر حاصل از PCA، به اندازه باندهای ورودی، شش مؤلفه دارد که در قالب باند نمایش داده می‌شوند؛ سه مؤلفه اول حاوی بیش از ۹۰ درصد اطلاعات شش باند ورودی هستند و کمتر از ۱۰ درصد اطلاعات باقی‌مانده در مؤلفه‌های چهارم تا ششم ذخیره شده است. بر همین اساس، اگر یک ترکیب باندی از سه مؤلفه اول ایجاد شود، تصویر حاصل از آن، نشان‌دهنده بیش از ۹۰ درصد اطلاعات موجود در منطقه خواهد بود.



شکل ۶ - تصویر ترکیب سه مؤلفه اول PCA در گوگل ارث انجین



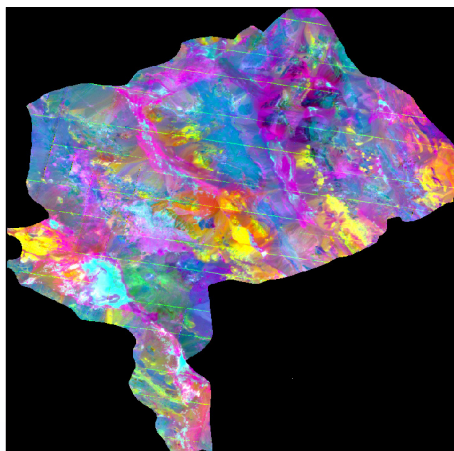
با توجه به شکل ۶، نمایش مناسب خروجی حاصل از این روش در گوگل ارث انجین عملاً ممکن نیست. این مشکل به دلیل تفاوت زیاد دامنه مقادیر تصویر مؤلفه‌های PCA ایجاد می‌شود. از این رو، بهتر است برای نمایش دادن خروجی حاصل از PCA، آن را دانلود کنید و سپس، در نرم‌افزارهای تحت دسکتاپ نمایش دهید.

۶) خروجی گرفتن

برای خروجی گرفتن از الگوریتم PCA، از دستور زیر استفاده می‌شود. پس از ذخیره‌سازی در گوگل درایو، طبق دستورالعمل بخش‌های قبلی، آن را دانلود و در نرم‌افزارهای تحت دسکتاپ (مانند ENVI) مشاهده کنید.

```
Export.image.toDrive({
  image: pcImages,
  description: 'aster_pci_mineral',
  scale: 500,
  region: table,
  maxPixels: 1e13,
  crs: 'EPSG:4326'});
```

در کد بالا، تصاویر PCA به صورت ریسمپل شده به اندازه پیکسل ۵۰۰ متری ذخیره‌سازی شده است. این کار برای آنکه سرعت خروجی گرفتن بیشتر شود، انجام شده است. در غیر این صورت، مقدار عددی مقیاس برای داده‌های استر باید ۳۰ متر باشد. در شکل ۷، نمای تصویر PCA که در نرم‌افزار SNAP محاسبه شده، نشان داده شده است.



شکل ۷- تصویر ترکیب سه مؤلفه اول PCA در گوگل ارث انجین



همان طور که در شکل ۷ می‌بینید، تصویر ترکیب مؤلفه‌های حاصل از PCA در نرم‌افزارهای تحت دسکتاپ نسبت به نمایشگر تحت وب گوگل ارث انجین از کیفیت بهتری برخوردار است و تفاوت کانی‌های تشکیل دهنده را به خوبی نشان می‌دهد. ترکیب‌های رنگی حاصل از ترکیب مؤلفه‌ها در سیستم رنگی نرم‌افزارها، امکان تفکیک کانی‌های تشکیل دهنده سطح را به طور مطلوب فراهم می‌کند.

۷) کد آموزشی

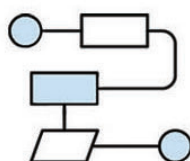
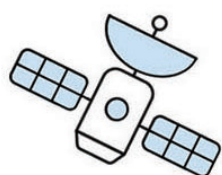
کد این بخش از کتاب گوگل ارث انجین با نام aster_pca_3 به فایل‌های کتاب ضمیمه شده است. در صورتی که در هر بخش از فرایند کدنویسی با خطا مواجه شدید، بهترین راهکار آن است که کد خود را با کد نمونه مقایسه کنید. اگر مشکل رفع نشد، به بخش «نظرات» در صفحه فروش کتاب مراجعه کنید و آن را با ما در میان بگذارید تا شما را راهنمایی کنیم. نشانی صفحه فروش کتاب:

<http://girs.ir/product/google-earth-engine-book>



در اینجا، کتاب موتور مجازی گوگل ارث انجین به پایان رسید. در این کتاب شما با روش‌های کدنویسی تصاویر ماهواره‌ای لندست، سنتینل، مادیس و سنجنده‌های تخصصی بارش، سفره‌های آب زیرزمینی و رطوبت خاک آشنا شدید. همان‌طور که در ابتدای کتاب اشاره شد، شرط یادگیری آموزش‌ها و نکات این کتاب این است که کدهای ارائه شده را به‌طور مستمر تمرین کنید؛ در غیر این صورت، مطالب کتاب برای شما سودمند نخواهد بود. اگر علاقه‌مند به یادگیری گوگل ارث انجین از طریق فیلم‌های آموزشی هستید، پیشنهاد می‌کنیم نرم‌افزار آموزش جامع گوگل ارث انجین را از وبگاه girs.ir دریافت کنید.

امیرحسین احراری دانش آموخته سنجش از دور از دانشگاه تهران و نویسنده اولین کتاب گوگل ارث انجین در ایران است. وی به عنوان یکی از پیشگامان آموزش های مجازی سنجش از دور به زبان فارسی شناخته شده و مدرس بیش از ۱۰۰ محصول تخصصی در زمینه پردازش تصاویر ماهواره ای است.



این کتاب برای چه کسانی مفید است؟

این کتاب برای کاربران و علاقه‌مندان به سنجش از دور نوشته شده است. افرادی که به دنبال افزایش سرعت انجام کارها در فرایند پردازش تصاویر ماهواره‌ای هستند و می‌خواهند در کوتاه‌ترین زمان، با دقت‌ترین کارها را انجام دهند.

چرا باید از گوگل ارث انجین استفاده کنیم؟

سادگی

سرعت پردازش بسیار بالا

رایگان بودن

پشتیبانی از تصاویر ماهواره‌ای رایگان

پشتیبانی الگوریتم‌های سری زمانی سنجش از دور

وابسته نبودن به سیستم‌های دسکتاپ

وابسته نبودن به سخت افزار قدرتمند

قابل استفاده در پروژه‌های تحقیقاتی و تجاری

این کتاب به چه مطالبی پرداخته است؟

در این کتاب روش پردازش تصاویر ماهواره ای سری لندست، سنیتل، مادیس و سایر سنجنده‌ها و ماهواره‌های اقلیمی و زیست محیطی در گوگل ارث انجین آموزش داده شده است. مطالب ارائه شده بصورت پروژه محور و قابل استفاده در کارهای تحقیقاتی و تجاری است.