



سازمان نقشه برداری کشور

درخواست برای ارائه پیشنهاد پژوهشی (Request For Proposal)

عنوان:

بهبود قدرت تفکیک مکانی (سوپر رزولوشن) در تصاویر سنتینل ۲ با استفاده از روش‌های مبتنی بر یادگیری عمیق (Deep Learning)

کد شناسه درخواست: (این قسمت توسط مدیریت برنامه‌ریزی، بودجه و پژوهش تکمیل می‌شود.)

واحد درخواست کننده	تاریخ ارائه درخواست	تاریخ بررسی درخواست	نتیجه بررسی درخواست
مدیریت نقشه‌برداری هوایی و فضایی - اداره پردازش تصاویر و سنجش از دور	۱۴۰۳/۰۴/۱	(این قسمت توسط مدیریت برنامه‌ریزی، بودجه و پژوهش تکمیل می‌شود.)	(این قسمت توسط مدیریت برنامه‌ریزی، بودجه و پژوهش تکمیل می‌شود.)

(۱) عنوان:

بهبود قدرت تفکیک مکانی (سوپر رزولوشن) در تصاویر سنتینل ۲- با استفاده از روش‌های مبتنی بر یادگیری عمیق (Deep Learning)

(۲) بیان مسأله و ضرورت طرح:

امروزه با پیشرفت روزافزون فناوری ساخت سنجنده‌ها، حجم وسیعی از داده‌های سنجنش‌ازدوری با خصوصیات طیفی و مکانی مختلف از پدیده‌های سطح زمین در اختیار کاربران قرار گرفته است. علیرغم توسعه قابلیت سامانه‌های سنجنش‌ازدوری، هم‌چنان هزینه‌ی بالای اخذ تصاویر، چالش‌هایی را در دسترسی حداکثری از تصاویر سنجنش‌ازدوری به وجود آورده است. امروزه از میان تصاویر رایگان در دسترس برای کشور ایران، تصاویر سنتینل ۲- با قدرت تفکیک طیفی، زمانی و مکانی مناسب، پوشش جهانی و دسترسی رایگان آن، به طور گسترده در کاربردهای مختلف همانند پایش پوشش گیاهی، شناسایی تغییرات، تجزیه و تحلیل پهنه‌های آب و خاک و نظارت بر مخاطرات محیطی مورد استفاده قرار گرفته است.

این در حالی است که جزئیات مکانی تصویر سنتینل ۲- برای برخی کاربردهای خاص همانند آشکارسازی و پایش تغییرات کاربری اراضی شهری و بررسی گسترش شهری کافی نبوده و بهبود قدرت تفکیک می‌تواند قابلیت تفسیر بهتری را ارائه نماید. علاوه بر این، استفاده از تکنیک‌های بهبود قدرت تفکیک مکانی تصویر سنتینل ۲- می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را برای طیف وسیعی از کاربردها همانند تهیه نقشه پوشش اراضی، تشخیص دقیق‌تر مرز زمین‌های اراضی زراعی و باغی، افزایش دقت طبقه‌بندی و تشخیص تغییرات اراضی زراعی و باغی، بررسی گسترش زمین‌های کشاورزی و پایش مخاطرات طبیعی ارائه نماید. **با توجه به مسئولیت اساسی سازمان نقشه برداری کشور در خصوص تولید و به‌روز رسانی نقشه‌های مبنایی در کشور، ارائه یک روش عملی به منظور افزایش قدرت تفکیک مکانی تصاویر ماهواره‌ای رایگان سنتینل ۲- می‌تواند در تهیه نقشه و اطلاعات مکانی در کشور بسیار ارزشمند واقع گردد.**

در حال حاضر یادگیری عمیق در سنجنش از دور کاربردهای متنوع و گسترده‌ای دارد که به بهبود تحلیل داده‌های فضایی کمک می‌نماید. این فناوری به طور خاص در طبقه‌بندی تصاویر، شناسایی انواع مختلف پوشش زمین مانند جنگل‌ها، پهنه‌های آبی و تالاب‌ها و مناطق شهری، بسیار مؤثر است. هم‌چنین، یادگیری عمیق به تشخیص اشیاء خاص همانند ساختمان‌ها و راه‌ها در تصاویر ماهواره‌ای کمک می‌نماید. یکی دیگر از کاربردهای مهم آن، فراهم‌سازی امکان نظارت بر تغییرات زیست محیطی و شهری می‌باشد. با توجه به کاربردهای گسترده و پیشرفت روز افزون یادگیری عمیق، آموزش یک مدل بر پایه یادگیری عمیق و هوش مصنوعی می‌تواند یک راه‌حل موثر برای افزایش قدرت تفکیک مکانی تصویر باشد.

به طور کلی با توجه محدودیت سیستم‌های اخذ تصویر، هزینه‌ی بالای اخذ تصویر با قدرت تفکیک مکانی بالاتر از سنتینل ۲- و کاربردهای متنوع استفاده از تصاویر سنجنش دوری در حوزه‌های شهری، کشاورزی و محیط زیستی، استفاده از روش‌های محاسباتی

بر پایه هوش مصنوعی و یادگیری عمیق برای بهبود قدرت تفکیک مکانی تصاویر می‌تواند گامی با ارزش در حوزه فعالیت‌های سنجش از دوری باشد.

۳) اهداف طرح:

هدف کلی: دستیابی به تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بهتر از سنتینل-۲

۱. بهبود قدرت تفکیک مکانی تصویر با در نظر گرفتن کم‌ترین هزینه محاسباتی از لحاظ زمان اجرای الگوریتم و به کارگیری تصویر بهبود داده شده در کاربردهای عملی همانند تعیین مرز اراضی زراعی و باغی
۲. بهبود دقت هندسی در شناسایی و تفکیک عوارض
۳. بهبود کیفیت بصری تصاویر به خصوص در شناسایی مرز عوارض

۴) پیشنهاد طرح (وضع موجود در سازمان و کشور):

مسئله بهبود قدرت تفکیک مکانی تصاویر سنجش از دوری با استفاده از روش‌های یادگیری عمیق در کشور به صورت تئوری و نظری در موسسات و مراکز آموزشی و تحصیلات تکمیلی توسط محققین و اساتید از جمله جناب دکتر صفدری نژاد از دانشگاه تفرش و هم‌چنین جناب دکتر حسنلو از دانشگاه تهران مورد بررسی قرار گرفته است. اما با مرور پیشنهاد تحقیق در این حوزه می‌توان دریافت که پژوهش‌های صورت گرفته به صورت کاملاً تحقیقاتی و در برخی از پژوهش‌ها با استفاده از داده‌های مرجع بوده است. فعالیت‌های انجام شده به صورت عملیاتی و در وسعت گسترده‌تری در کشور ایران انجام نگرفته است. از دلایل این امر می‌توان به هزینه‌ی نسبتاً بالای تهیه تصویر با قدرت تفکیک مکانی بالا اشاره نمود. بنابراین با توجه به این توضیحات، ارائه مدل Resulotion Super (SR) در این حوزه و تهیه یک مجموعه داده‌ی مناسب با استفاده از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا می‌تواند آغازی برای پژوهش‌ها و طرح‌های عملیاتی در حوزه ادغام و بهبود قدرت تفکیک مکانی تصاویر ماهواره‌ای باشد.

۵) محصول نهایی مورد انتظار:

گزارش فنی، ارائه کد و تصویر بهبود داده شده.

۶) سایر الزامات و انتظارات:

شرح خدمات اجرای طرح به صورت مبسوط به پیوست ۱ الصاق شده است.

از الزامات و انتظارات اجرای این طرح می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

✓ منطقه مورد مطالعه، استان تهران در نظر گرفته شود.

✓ در دسترس بودن یک سیستم پردازش گرافیکی قوی برای پیاده سازی معماری یادگیری عمیق با مشخصات زیر:

- ✓ GPU :Nvidia GEFORCE RTX (3060)
- ✓ CPU: 8core (8th generation) AMD
- ✓ RAM: 32 G

✓ تهیه داده های آموزشی، اعتبارسنجی و تست با استفاده از تصاویر Sentinel-2 و WorldView-2.

✓ پیش پردازش های لازم برای تهیه داده ی آموزشی شامل تصحیح رادیومتریکی، تصحیح هندسی، هم مرجع سازی دو تصویر و تطابق هیستوگرام دو تصویر می باشد که انجام این پیش پردازش ها تاثیر بسازی در عملکرد نهایی مدل دارد.

✓ معماری سوپرزولوشن بهبود داده شده می بایست از لحاظ زمان اجرا قابل قبول و از اتوماسیون و سهولت در اجرا برخوردار باشد.

✓ خروجی می بایست شامل موارد ذیل باشد: (۱) تصویر سنتینل-۲ با قدرت تفکیک مکانی ۲,۵ متر در ۴ باند طیفی قرمز، سبز، آبی، مادون قرمز به صورت زمین مرجع (۲) - کد پایتون مربوط با معماری تعریف شده به همراه روش های مقایسه ای در شرح خدمات. (۳) - اعمال یک روش طبقه بندی بر روی دو تصویر سنتینل-۲ و تصویر بهبود داده شده و ارزیابی دقت طبقه بندی با هر یک از ورودی ها. (۴) ارائه گزارش تکمیلی از نحوه پیاده سازی به همراه دستورالعمل و راهنمای استفاده از کد برنامه نویسی. (۵) - ارائه بهبود روش و گزارش فنی.

✓ با عنایت به استانداردهای موجود، انتظار می رود حداقل دقت طبقه بندی حاصل از تصویر بهبود داده شده

متناسب با نقشه واقعیت زمینی کمتر از ۹۰ درصد نباشد.

(۷) مدت زمان اجرای طرح (ماه): ۶

در مدت زمان تعیین شده، سازمان نقشه برداری کشور و شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف) باید نتایج طرح را تایید نمایند. لازم به ذکر است حداکثر مدت زمان اجرای طرح ۶ ماه است.

(۸) زمان بندی مراحل اجرای طرح:

به منظور تعیین برنامه زمانی سرفصل‌های شرح خدمات وفق مندرجات جدول زیر فهرست شده است، لذا حسب نیاز مجری می‌بایست به بندها و تبصره‌های پیوست فوق‌الذکر مراجعه نماید.

ردیف	رئوس اصلی شرح خدمات	ماه ۱	ماه ۲	ماه ۳	ماه ۴	ماه ۵	ماه ۶
۱	تهیه محتوای پیشنهادیه تحقیق و بررسی مقالات تعیین شده در این زمینه						
۲	انجام پیش‌پردازش‌های مربوطه و تهیه یک مجموعه داده آموزشی sentinel2-worldview2						
۳	طراحی یک مدل SR جدید با استفاده از معماری GAN						
۴	مقایسه معماری ارائه شده با سه معماری مطرح در حوزه SR						
۵	ارزیابی نتایج						
۶	بهینه‌سازی نتایج						
۷	تکمیل گزارش، ارائه کد و تصاویر بهبود داده شده						

یادآوری: شرح خدمات پیشنهادی در قرارداد پژوهشی آتی گنجانده خواهد شد بنابراین لازم است رئوس اصلی شرح خدمات با دقت تعیین گردد.

۹) حداقل تخصص‌ها و تجربیات مورد انتظار:

ردیف	نوع تخصص	مدرک تحصیلی	مسئولیت در طرح
۱	دکتری تخصصی	نقشه برداری گرایش سنجش از دور	مدیر پروژه
	کارشناسی ارشد	نقشه برداری گرایش سنجش از دور	کارشناس

۱۰) هزینه پیشنهادی اجرای طرح (میلیون ریال): با توجه به شرح خدمات و همچنین محدوده در سطح یک استان حداقل هزینه اجرا معادل ۲،۴۵۴،۰۰۰،۰۰۰ میلیون ریال برآورد شده است.

ردیف	فعالیت اصلی	ریز فعالیت	زمان اجرا (روز)	واحد محاسبات	تعداد واحد	مبلغ واحد (ریال)	هزینه کل (ریال)
------	-------------	------------	-----------------	--------------	------------	------------------	-----------------

۱	فاز مطالعاتی (بررسی مقالات انجام شده در حوزه SR در تصاویر RGB و سنجش از دور)	بررسی مقالات و معماری‌های جدید در حوزه SR برای نوآوری در مدل پیشنهادی	۱۵	ساعت	۱۰۵	۱,۲۰۰,۰۰۰	۱۲۶,۰۰۰,۰۰۰
			۱۵		۱۰۵	۱,۲۰۰,۰۰۰	۱۲۶,۰۰۰,۰۰۰
۲	پیش‌پردازش‌های مربوطه بر روی تصاویر	پیش‌پردازش و تهیه داده‌ی آموزشی	۱۵	ساعت	۱۰۵	۱,۲۰۰,۰۰۰	۱۲۶,۰۰۰,۰۰۰
۳	پیاده‌سازی مدل‌های یادگیری عمیق پیشنهادی و روش‌های مقایسه‌ای	برنامه‌نویسی	۴۵	ساعت	۳۱۵	۲,۰۰۰,۰۰۰	۶۳۰,۰۰۰,۰۰۰
		پیاده‌سازی و گزارش	۳۰		۲۱۰	۲,۰۰۰,۰۰۰	۴۲۰,۰۰۰,۰۰۰
		ارزیابی دقت	۱۵		۱۰۵	۲,۰۰۰,۰۰۰	۲۱۰,۰۰۰,۰۰۰
۴	بهینه‌سازی مدل‌های پیاده‌سازی شده در صورت نیاز	بهینه‌سازی مدل پیشنهادی در صورتی که مدل نیاز به بهبود داشته باشد.	۳۰	ساعت	۲۱۰	۲,۰۰۰,۰۰۰	۴۲۰,۰۰۰,۰۰۰
۵	تدوین گزارش نهایی و ارائه خروجی‌ها و مستندات	گزارش جامع از کلیه مراحل اجرای طرح به همراه دستورالعمل‌های استفاده از کدها	۱۵	ساعت	۱۰۵	۱,۲۰۰,۰۰۰	۱۲۶,۰۰۰,۰۰۰
۶	هزینه تهیه سرور کامپیوتر با مشخصات ذکر شده		۱۸۰	روز		۱,۵۰۰,۰۰۰	۲۷۰,۰۰۰,۰۰۰

مجموع (ریال)	۲,۴۵۴,۰۰۰,۰۰۰
--------------	---------------

پیوست ۱

عطف به توضیحات مندرج در طرح پژوهشی "بهبود قدرت تفکیک مکانی (سوپر رزولوشن) در تصاویر سنتینل ۲ با استفاده از روش‌های مبتنی بر یادگیری عمیق"، شرح خدمات مورد انتظار سازمان شامل ۷ بند به شرح ذیل تدوین شده است. لازم به ذکر است

که با تایید سازمان ویرایش و تغییر برخی از بندها در صورتی که به ماهیت و اهداف تعریف شده در طرح خللی وارد نشود، امکان پذیر است.

۱- تهیه محتوای پیشینه تحقیق و بررسی مقالات تعیین شده در این زمینه

-مجری به عنوان یک طرح پژوهشی می بایست مطالعات صورت گرفته در حوزه بهبود رزولوشن تصاویر به ویژه تصاویر ماهواره ای را مورد بررسی قرار داده و یک دسته بندی جامع از روش های مطرح در این حوزه تهیه نماید. نتیجه مروری بر تحقیقات می بایست به صورت گزارش تحویل سازمان گردد.

۲- تهیه یک مجموعه داده ی آموزشی با اخذ تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالاتر از سنتینل-۲

-با توجه به منطقه مطالعاتی استان تهران مجری می بایست یک مجموعه داده ی آموزشی به صورت جفت تصویر Wordview-sentinel تهیه کند. لازم به ذکر است که تصویر Wordview توسط سازمان در اختیار مجری قرار داده می شود. برش های تصویر سنتینل با ابعاد ۶۴*۶۴ و برش های تصویر Wordview با ابعاد ۲۵۶*۲۵۶ تهیه گردد.

-تبصره ۱) پیش پردازش های لازم برای تطبیق جفت تصاویر می بایست انجام گردد. جفت تصاویر از نظر مکانی باید با کمترین خطا با یکدیگر منطبق باشند.

-تبصره ۲) مجری می بایست ۶۰ درصد داده ها را به عنوان داده ی آموزشی، ۲۰ درصد به صورت داده ی اعتبارسنجی و ۲۰ درصد داده را به عنوان داده ی آزمایشی در نظر بگیرد.

۳- طراحی یک مدل SR جدید با استفاده از معماری GAN

-معماری Real-ESRGAN یکی از معماری های مطرح در حوزه SR می باشد که نتایج قابل توجهی را کسب کرده است. در این طرح مجری میبایست این معماری مطرح را بهبود دهد. از نوآوری های پیشنهادی برای بهبود دقت استفاده از مبدل ها^۱ در بخش مولد^۲ شبکه، استفاده از لایه های^۳ RDB، تعبیر در تابع هزینه ارائه توابع هزینه مکانی و طیفی اشاره کرد.

-تبصره) در صورت نهایی شدن معماری، می بایست جزئیات کامل از لایه ها و هایپر پارامترها به همراه تنظیمات با ارائه مستندات لازم به صورت گزارش در اختیار کارفرما قرار گیرد.

۴- مقایسه معماری ارائه شده با سه معماری مطرح در حوزه SR

-مجری میبایست معماری GAN بهبود داده شده را با سه معماری مطرح دیگر مبتنی بر یادگیری عمیق در این حوزه مقایسه کند. از روش های پیشنهادی برای مقایسه می توان به روش های SRCNN، EDSR، SRGAN و روش های درون یابی اشاره کرد.

۵- ارزیابی نتایج

¹ Transformers

² Generator

³ Residual Dense block

-در این مرحله با استفاده از داده‌های تست ارزیابی دقت و اعتبارسنجی انجام می‌گردد. معیارهای ارزیابی باید شامل معیارهای طیفی و مکانی باشد. برای ارزیابی طیفی از معیارهای طیفی همانند معیار PSNR، SAM، ERGAS و RMSE و برای معیار مکانی از معیار همبستگی بین لبه و CC^1 استفاده شود.

یکی از روش‌های ارزیابی دقت تصویر تولید شده استفاده از روش‌های طبقه‌بندی می‌باشد. به این ترتیب که بر روی تصویر سنیتینل-۲ با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر یک روش طبقه‌بندی اعمال می‌شود و در مقابل همان روش با داده‌ی آموزشی یکسان بر روی تصویر سنیتینل بهبود داده شده نیز اعمال می‌شود. انتظار می‌رود که نتایج دقت حاصل از طبقه‌بندی در مقایسه با تصویر بهبود داده شده به طور قابل توجهی افزایش یابد. انتخاب نوع روش طبقه‌بندی و تعداد کلاس‌های طبقه‌بندی به انتخاب مجری طرح می‌باشد. ترجیح بر این است از کلاس‌های اراضی زراعی و باغی استفاده شود.

۶- بهینه سازی

-دقت نهایی مدل باید قابل قبول و قابل مقایسه با مقالات کار شده در این حوزه باشد و در صورتی که مدل به دقت مناسب نرسد مجری می‌بایست فرایند تنظیم و بهینه‌سازی هاپرپارامترها را مجدد انجام دهد تا به دقت مناسب دست یابد. برای تنظیم پارامترهای مدل و ارزیابی درستی پیش‌پردازش‌ها تنها به داده‌های اعتبارسنجی اکتفا نشود و برای جلوگیری از بیش‌برازش داده‌های آزمایشی نیز چک شود.

۷- تکمیل گزارش، ارائه کد و تصاویر بهبود داده شده

-انتظار می‌رود پس از آموزش مدل و ارزیابی دقت، با دادن ورودی تصویر سنیتینل-۲ از اراضی باغی در استان تهران به مدل به صورت برش‌های 64×64 با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر به خروجی تصویر با برش‌های 256×256 با قدرت تفکیک مکانی ۲٫۵ متر دست یابیم. در ادامه برش‌ها می‌بایست متصل شوند و در موقعیت مکانی درست قرار گیرد. به این ترتیب خروجی تصویر سنیتینل-۲ در ۴ بانده طیفی با قدرت تفکیک مکانی ۲٫۵ متر به صورت Geotiff می‌باشد.

-گزارش یکپارچه از کلیه مراحل اجرای طرح می‌بایست به همراه دستورالعمل‌ها و راهنمای استفاده از کدها توسط مجری تدوین و تهیه و در اختیار کارفرما قرار گیرد.

¹ Cross Correlation