

پیش بینی اثرات محیط زیستی توسعه با استفاده از تصاویر ماهواره ای و تکنیک های سنجش ازدور

پژمان رود گرمی^۱ (مسئول مکاتبات)

نعمت الله خراسانی^۲

سید مسعود منوری^۳

جعفر نوری^۴

تاریخ پذیرش: ۸۶/۲/۲۵

تاریخ دریافت: ۸۵/۱۲/۱۴

چکیده

پیش بینی اثرات محیط زیستی توسعه از بخش های مهم ارزیابی اثرات زیست محیطی می باشد. تا کنون از روش ها و تکنیک های مختلفی برای پیش بینی اثرات توسعه استفاده شده است. در این پژوهش کاربرد تصاویر و فنون سنجش از دور در پیش بینی اثرات زیست محیطی توسعه، مورد تحقیق قرار گرفت. مطالعه در شهرستان رباط کریم انجام شد. فرض بر این بود که تصاویر ماهواره ای به دلیل تولید آن ها به صورت سری های زمانی^۵ قادر به پیش بینی اثرات زیست محیطی توسعه هستند. عامل زیست محیطی که پیش بینی اثرات توسعه در مورد آن صورت گرفت، پوشش گیاهی طبیعی بود. اثرات توسعه بر پوشش گیاهی منطقه از نظر سطح پوشش گیاهی و میزان بیوماس مورد بررسی قرار گرفت. اطلاعات و داده های پوشش گیاهی و کاربری اراضی در سال های مختلف با استفاده از تصاویر ماهواره ای به دست آمد. میزان بیوماس با استفاده از شاخص های *SAVI* و *NDVI* اندازه گیری گردید و با استفاده از روابط و مدل های رگرسیونی مدل های پیش بینی اثرات توسعه بر پوشش گیاهی تهیه شد. تصاویر ماهواره ای لندست با سنجنده های *TM* و *ETM+* با شماره ردیف و مسیر ۳۵-۱۶۵ و ۳۵-۱۶۴ مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج روابط رگرسیونی برآورد بیوماس، به وسیله آزمون *t* نمونه های جفت تحلیل شد و در سطح ۵٪ تفاوت معنی داری بین متوسط مقدار برآورد شده و شاهدها وجود نداشت. همچنین تمامی مدل های رگرسیونی به دست آمده برای پیش بینی اثرات توسعه دارای ضریب

۱- استادیار سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی

۲- استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳- استادیار دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

۴- استاد دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

همبستگی و تبیین بالای ۰/۹ بودند. با توجه به نتایج به دست آمده برای بسیاری از اجزای محیط زیست که اطلاعات آن ها توسط تصاویر ماهواره ای قابل برداشت است، تهیه مدل های پیش بینی اثرات توسعه به وسیله روابط رگرسیونی و تصاویر ماهواره ای قابل اجراست و پیشنهاد می گردد.

واژه های کلیدی: سنجش از دور، اثرات زیست محیطی، پیش بینی، پوشش گیاهی، بیوماس

مقدمه

Lunetta et al. (2004) از تصاویر ماهواره ای برای تعیین تغییرات پوشش اراضی (LC) به وسیله تکنیک تحلیل برداری تغییر (CVA) استفاده کردند (۸). نتیجه کلی نشان داد که کسب اطلاعات حداقل در طی یک دوره ۳ تا ۴ سال برای پایش تغییرات پوشش اراضی در یک محدوده مطالعاتی نیاز است. (Svoray et al. (2004 مدلی برای ارزیابی رویشگاه گیاهان علفی در محیط سنگ بازالت در ناحیه ای از مدیترانه ارایه کردند (۹). مدل بر اساس سامانه اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور و منطق فازی بود. همچنین، استفاده های متعددی از تصاویر ماهواره ای در تعیین تناسب زیستگاهی (Habitat Suitability) برای گونه ها وجود دارد (۵، ۱۰). با استفاده از شاخص سازی ها به وسیله طیف های تصاویر ماهواره ای اطلاعات متعددی در ارتباط با پوشش گیاهی می توان کسب کرد. شاخص های گیاهی مورد استفاده در تصاویر ماهواره ای نسبت به پوشش های گیاهی عکس العمل های متفاوتی را نشان می دهند که بیان کمی این روابط مشکل می باشد (۱۱). زیرا این روابط تحت تاثیر عواملی چون زاویه تابش خورشید، جذب اتمسفری، بازتاب پدیده ها، سایه، مراحل رشد گیاهی و غیره تغییر پذیر می باشد. بر این اساس، نتایج پژوهش های محققان تاکنون در ۳ گروه در ارتباط با کاربرد تکنیک های سنجش از دور در مطالعات پوشش گیاهی قابل ذکر است (۱۲): گروه اول ارتباط روشن و مشخصی را بین مشخصه های گیاهی و شاخص های گیاهی نیافته و یا این ارتباط را ضعیف بیان نموده است (۱۳، ۱۴)، گروه دوم ارتباط معنی داری را بین شاخص های گیاهی و ویژگی های گیاه گزارش نموده اند (۱۵) و گروه سوم معتقدند که ارتباط فوق بستگی به شرایط محیطی داشته و ممکن است این ارتباط در

پیش بینی اثرات توسعه و فعالیت های طرح بر اجزای محیط زیست از ارکان ارزیابی اثرات محیط زیست می باشد. درستی بالای پیش بینی ها، موجب اعتبار بیشتر گزارش ارزیابی خواهد بود. روش های پیش بینی اثرات زیست محیطی ممکن است کیفی یا کمی باشد. روش های کیفی بسیار وابسته به داوری کارشناس و روش های کمی وابسته به مدل های گسترده ریاضی است (۱).

اکثر روش های ارزیابی و پیش بینی اثرات توسعه بر روی عوامل بیولوژیکی، فرایند و نتیجه گیری توصیفی دارند (۲ و ۳) و پیش بینی بر اساس نظرات کارشناسی و تجربی صورت می گیرد. از روش های متداول پیش بینی اثرات در محیط بیولوژیک روش های زیستگاه محور (مانند HES: Habitat Evaluation System) و مدل های شبیه سازی اکوسیستم است (۲) که این روش ها بسیار وقت گیر و پیچیده می باشند.

سنجش از دور و فنون مربوط به آن، ابزارهای مناسبی برای تولید اطلاعات هستند. رایج ترین کاربردهای تصاویر ماهواره ای و سنجش از دور در ارزیابی محیط زیست، مطالعه وضع موجود و پایش محیط زیست است (۴، ۵). تصاویر ماهواره ای منبع با ارزشی در تهیه اطلاعات توپوگرافیک، کاربری اراضی و تخریب زیستگاه ها و پوشش گیاهی می باشد. این تصاویر توانایی بالایی در تعیین نرخ تخریب زیستگاه ها در سطح منطقه ای و جهانی دارند و بدون این تصاویر کار بسیار پیچیده می شد (۶، ۷). تصاویر سنجش از دور نقش مهمی در طبقه بندی و نقشه سازی اکوسیستم به ویژه در سطح منطقه ای و ملی دارند (۵).

تهیه و آماده سازی تصاویر ماهواره ای

برای بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی و پیش بینی اثرات توسعه از تصاویر ماهواره ای لندست TM و ETM+ استفاده شد. تصاویر ماهواره ای سال های ۱۹۸۶، ۱۹۹۸، ۲۰۰۰، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۴ تهیه گردیده و مراحل مطالعه بر روی آن ها صورت گرفت. تصاویر فوق مربوط به ماه هفتم (July) و هشتم (August) سال میلادی است. شماره مسیر و ردیف این تصاویر ۱۶۵-۳۵ و ۱۶۴-۳۵ می باشد.

تصحیح تصاویر ماهواره ای

الف - تصحیح هندسی

معمولاً تصاویر رقومی دارای انحرافهایی هستند، به طوری که این گونه تصاویر نمی توانند به عنوان نقشه مورد استفاده قرار گیرند. از جمله این انحرافها می توان به تغییرات در ارتفاع و سرعت سکوی سنجنده، انحنای زمین، جا به جایی و پستی و بلندی اشاره کرد. منظور از تصحیح هندسی جبران انحرافها است. برای تطابق هندسی تصاویر مورد نظر از نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی ارتش استفاده گردید. تصاویر به روش استفاده از نقاط کنترل زمینی با خطای هندسی نیم پیکسل ($RMS=0.5$) تطابق هندسی شد. در مرحله بعد برای تصحیح هندسی تصاویر با استفاده از روش نمونه برداری مجدد تصاویر کد گذاری زمینی (Geo-coding) شدند تا کلیه تصاویر از نظر هندسی با هم تطابق پیدا کرده و شرایط یکسانی را به دست آورند.

ب - تصحیح رادیومتریک

از آن جایی که تصاویر مربوط به زمان های مختلف هستند و با زاویه ارتفاعی و با تصحیحات و طرق تهیه مختلف شده اند، نیاز است تصحیحات رادیومتریک و جوی بر روی تصاویر صورت گیرد. نیاز است، خطاهای ارزش رقومی (DN) ثبت شده از یک پیکسل معین که در سال های مختلف، تحت تأثیر زاویه دید، موقعیت و زاویه خورشید و شرایط اتمسفری قرار می گیرد، رفع گردد. برای انجام تصحیح رادیومتری در اولین گام

برخی نقاط معنی دار و در نقاط مجاور به علت تأثیر عواملی چون ناهمگن بودن پوشش گیاهی، پایین بودن درصد تاج پوشش گیاهی، آثار خاک و غیره ضعیف یا بی معنی باشد (۱۶). هدف از این تحقیق استفاده از تصاویر ماهواره ای و تکنیک های سنجش از دور در پیش بینی اثرات توسعه بوده و فرض بر این است که تصاویر ماهواره ای به دلیل تهیه آن ها در سری های زمانی قابلیت استفاده برای پیش بینی اثرات توسعه را دارند. در این بین، پوشش گیاهی به عنوان بخشی از محیط زیست به عنوان مطالعه امکان پذیری انتخاب شد. این تحقیق به دنبال استفاده ای جدید از تصاویر ماهواره ای برای پیش بینی اثرات می باشد، چراکه تاکنون استفاده از تصاویر ماهواره ای در ارزیابی های زیست محیطی در حد تهیه اطلاعات وضع موجود و پایش اثرات بوده است. برای پیش بینی اثرات توسعه نیاز است، داده های عاملی از محیط زیست به همراه اجزای توسعه که بر محیط تأثیر گذار هستند، از تصاویر ماهواره ای سال های مختلف استخراج شوند و با استفاده از روابط رگرسیونی، مدل های پیش بینی اثرات توسعه را تهیه نمود.

مواد و روش ها

در این پژوهش منطقه مورد مطالعه به صورت موردی شهرستان رباط کریم در استان تهران بود. شهرستان رباط کریم در $52^{\circ}50'$ تا $51^{\circ}13'$ طول شرقی و $35^{\circ}20'$ تا $35^{\circ}35'$ شمال جغرافیایی قرار دارد. این شهرستان فاقد جنگل های طبیعی و دست کاشت است. از نظر تقسیمات آب و هوایی پابو در ناحیه استپی قرار دارد. از نظر تیپ بندی گیاهی دو تیپ عمده بنام های تیپ درمنه دشتی^۱ و تیپ درمنه - شال دم آذر آن قابل مشاهده است.

برای اجرای پروژه، اقداماتی به شرح زیر صورت گرفته است.

1-Artemisia sieberi

2-Artemisia-Stipa

تصاویر ماهواره بارزسازی گفته می‌شود. از روش های بارزسازی که در این تحقیق استفاده شد، کاربرد تصاویر رنگی کاذب (FCC) است. برای جداسازی کاربری های مختلف اراضی از تصاویر رنگی کاذب (R-G-B) ۲-۳ و (R-G-B) ۷-۳ استفاده شده است. بدین ترتیب که برای تصاویر سال های ۱۹۹۸، ۱۹۹۹، ۲۰۰۰، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۴ این ترکیب های رنگی کاذب تهیه گردید. بعد از این مراحل کاربری های مختلف اراضی شهرستان رباط کریم با استفاده از طبقه بندی چشمی و طبقه بندی نظارت نشده تعیین شد. تصاویر ماهواره ای در روش چشمی بسته به سیمای سرزمین، اندازه، تصویر، الگو و رنگ قابل به طبقه بندی هستند. این طبقه بندی با کمک نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور و مطالعات میدانی به وسیله دستگاه GPS صورت گرفت و نقاط مرزی و مورد تردید با بازدیدهای میدانی و نقشه های توپوگرافی تصحیح گردید. از روش طبقه بندی نظارت نشده به عنوان مکمل نیز برای طبقه بندی تصاویر استفاده شد. در این روش از مناطق آموزشی به عنوان مبنای طبقه بندی استفاده نمی‌شود. در این روش خوشه های حاصل بر اساس تشابه طیفی پیکسل ها ایجاد می‌شود. طبقات حاصل از این تصاویر طبقه اراضی کشاورزی (شامل اراضی کشت شده و آیش)، طبقه اراضی ساخته شده (مناطق مسکونی و صنعتی) و طبقه اراضی دارای پوشش گیاهی طبیعی (مرتع و جنگل) بود. مساحت به دست آمده از طبقات ذکر شده در جدول ۱ به همراه سایر اطلاعات ارایه گردیده است. پوشش گیاهی از دو جنبه درصد پوشش تاجی و بیوماس نیز بررسی شد. این دوشاخ کمی از آن جهت که می‌توانند بیان کننده وضعیت کیفی پوشش گیاه باشند، انتخاب شدند. بیوماس عامل بسیار مهمی است چرا که میزان بیوماس بیان کننده نتیجه تأثیر کلیه عوامل طبیعی و انسان ساخت بر پوشش گیاهی است. برای رسیدن به یک مدل رگرسیونی جهت پیش بینی اثرات توسعه بر درصد پوشش تاجی و بیوماس از شاخص های گیاهی سنجش از دور، SAVI و NDVI استفاده شد. شاخص SAVI از آن جهت مورد استفاده قرار گرفت که درصد پوشش تاجی گیاهان در منطقه پایین بود (در حدود ۳۰

ارزش های رقومی به تابش طیفی^۱ تبدیل می‌شود که این عمل با استفاده از ضرایب کالیبراسیون سنجنده و با استفاده از رابطه زیر صورت می‌گیرد (۱۲).

$$L = \text{Gain} \times \text{DN} + \text{Offset}$$

که در آن L تابش طیفی ($\mu m^{-1} \text{Ster}^{-1}$)، DN ارزش رقومی پیکسل (۰ تا ۲۵۵) و Gain و offset ضرایب کالیبراسیون سنجنده می باشند. در مرحله بعد مطابق با رابطه زیر مقدار تابش طیفی به بازتاب طیفی^۲ تبدیل می‌شود (۳، ۱۷ و ۱۸).

$$p = \frac{\pi L d^2}{ESUN \cos(SZ)}$$

p: بازتاب طیفی بدون واحد بین صفر تا یک

$\pi: 3.14$

L: تابش طیفی در دریچه سنجنده

d2: مجذور فاصله زمین و خورشید بر اساس واحدهای ستاره شناسی

ESUN: ارتفاع خورشید

SZ: زاویه خورشید در هنگام تابش در زمان ضبط تصویر ماهواره ای

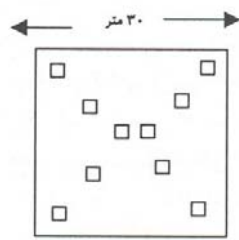
با تبدیل مقادیر تابش طیفی به بازتاب طیفی آثار مربوط به تغییر شرایط نوردهی، فصل، عرض جغرافیایی، شرایط آب و هوایی روی تصاویر حذف می‌گردد و نتیجه حاصل نسبتاً استاندارد شده و مستقیماً جهت مقایسه بازتاب پدیده ها بین تصاویر مختلف و یک موقعیت در زمان های متفاوت قابل کاربرد است. کلیه مراحل فوق در نرم افزار پردازش تصاویر ماهواره ای ENVI صورت گرفت.

بارزسازی تصاویر ماهواره ای

برای بررسی تغییرات مساحت پوشش گیاهی از تصاویر ماهواره ای و تهیه مدل رگرسیونی پیش بینی اثرات توسعه ابتدا لازم بود تا کاربری های مختلف سال های گوناگون به دست آید. به مجموعه فعالیت ها برای استخراج اطلاعات از

1-Radiance

2-Reflectance



شکل ۱- نمای پلات های نمونه برداری در محیط

(ده پلات ۱×۱ در هر پیکسل)

اندازه‌گیری‌های صحرایی از آن جهت صورت می‌گیرد تا رابطه شاخص‌های گیاهی اندازه‌گیری شده در محیط (بیوماس و پوشش تاجی گیاهی) با مقادیر شاخص‌های تهیه شده با تصاویر ماهواره‌ای NDVI و SAVI به دست آید و بدین ترتیب با به دست آوردن همبستگی و برازش رگرسیون بین بیوماس و درصد پوشش تاج گیاهی در محیط واقعی (نمونه‌ها) و شاخص‌های پوشش گیاهی تصاویر ماهواره‌ای، بیوماس و درصد پوشش تاجی در کل منطقه مورد مطالعه به دست آید.

روابط رگرسیونی

برای پیش‌بینی اثرات توسعه بر پوشش گیاهی با استفاده از اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای از مدل و روابط رگرسیونی استفاده گردید. یکی از اهداف رگرسیون پیش‌بینی متغیر وابسته (y) از متغیرهای مستقل (X) است. برای حصول رابطه رگرسیونی تغییرات پوشش گیاهی، نیاز بود متغیرهای دیگری که بر کمیت و کیفیت پوشش گیاهی می‌توانند اثر بگذارند، در سال‌های مورد مطالعه به دست آیند. این متغیرها شامل سال میلادی (Y)، جمعیت شهرستان به نفر (P)، تعداد دام‌های موجود در شهرستان (D)، طول جاده‌ها شهرستان (کیلومتر) (R)، مدت زمان سپری شده از شروع بررسی بر حسب سال (T) و اطلاعات به دست آمده از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای بود (جدول ۱). برای رسیدن به این متغیرها، از نتایج مطالعات گذشته در زمینه منابع طبیعی استان تهران استفاده شده است. متغیرهای سال میلادی (سال تولید هر تصویر) و تعداد سال‌های سپری شده از شروع بررسی به عنوان متغیرهای مستقل وارد مدل رگرسیونی شدند تا در پیش‌بینی

تا ۴۰٪. این شاخص واریانس طیفی ناشی از تغییرات خاک زمینه را به حداقل می‌رساند. در این شاخص عامل تنظیم خاک برای تغییرات خاک زمینه در نظر گرفته می‌شود.

شاخص پوشش گیاهی دیگری که مورد استفاده قرار گرفته، NDVI است. این شاخص با استفاده از باندهای قرمز (باند شماره ۳) و باند مادون قرمز نزدیک (NIR) (باند چهارم) سنجنده تهیه گردید.

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

$$SAVI = (NIR - RED)(1 + L) / (NIR + RED + L)$$

L عامل تصحیح خاک که به این صورت می‌باشد: پوشش

$$انبوه = ۰/۲۵، پوشش تنک = ۱ و پوشش نیمه انبوه = ۰/۵$$

NIR: بازتاب در باند مادون قرمز نزدیک و Red: بازتاب در باند طیفی قرمز است.

برای تهیه مدل رگرسیونی پیش‌بینی تغییرات پوشش گیاهی، از تصاویر ماهواره‌ای در سری‌های زمانی استفاده گردید.

اندازه‌گیری‌های صحرایی

اندازه‌گیری درصد تاج پوشش گیاهی و بیوماس در سطح آن بخش از اراضی که دارای پوشش گیاهی طبیعی بود، صورت گرفت. نمونه‌برداری در قالب ۳۵ پیکسل ۳۰m×۳۰m که به صورت تصادفی-سیستماتیک انتخاب شده، انجام گرفت. همچنین مختصات نمونه‌ها توسط دستگاه مکان‌یاب (GPS) برداشت شد. در داخل هر پیکسل بیوماس و پوشش تاجی با استفاده از ۱۰ پلات یک مترمربعی بر روی قطرها به صورت تصادفی اندازه‌گیری شد (شکل یک). میانگین مقادیر بیوماس و درصد پوشش تاجی در پلات‌های یک مترمربعی با تعمیم دادن آن در مساحت ۳۰m×۳۰m به عنوان میزان بیوماس و درصد پوشش تاجی در هر پیکسل در نظر گرفته شد.

اثرات توسعه استفاده شوند، چراکه زمان از متغیرهای مهم در پیش بینی اثرات زیست محیطی است.

از نرم افزار آماری SPSS11.5.0 جهت تهیه روابط رگرسیونی استفاده شده است. در مدل رگرسیونی Y به نام متغیر وابسته یا پاسخ^۱ گفته می شود و متغیرهای X متغیر مستقل یا پیش بینی کننده عنوان می شوند.

نتایج

مدل رگرسیونی پیش بینی اثرات توسعه بر مساحت پوشش گیاهی

بر اساس متغیرهای وارد شده در جدول ۱ روابط رگرسیونی تغییرات کمی پوشش گیاهی تهیه گردید. از تمامی متغیرها مستقل مورد استفاده، متغیرهای وارد شده به مدل یا رابطه رگرسیونی به وسیله نرم افزار SPSS شامل سطح اراضی کشاورزی به هکتار (Ag)، تعداد دام ها (D) و مدت زمان سپری شده از تاریخ شروع مطالعه به سال (T) بود. این انتخاب بر اساس میزان همبستگی بین متغیرهای مستقل و وابسته، میزان همبستگی بین متغیرهای مستقل و تعداد مشاهدات هر متغیر است. نتایج نشان می دهد، میزان R (ضریب همبستگی) و R^2 (ضریب تبیین) مقدار یک است که یک رگرسیون قوی می باشد. بدین معنی که تمام تغییرات متغیر وابسته Y (سطح پوشش گیاهی: AV) وابسته به متغیرهای مستقل انتخابی می باشد (معادله ۱). البته رگرسیون های متعدد دیگری با سایر متغیرها قابل تهیه است. مدل های رگرسیونی به صورتی ارائه می شوند که در برگیرنده نیازهای پیش بینی اثرات باشند. علت انتخاب چهار تکرار برای متغیرها، عدم دسترسی به تعداد بیشتری تصاویر ماهواره ای برای هر دوره زمانی بوده است. در کشور، نهاد مسئولی برای آرشیو دقیق تصاویر ماهواره ای نداریم.

معادله ۱:

$$(AV)y = 4830.3/4 - 0/2 D - 0/3 Ag - 976/4T$$

تعیین میزان صحت طبقه بندی تصاویر ماهواره ای

برای تعیین میزان صحت طبقه بندی تصویر ماهواره ای از ماتریس تداخل^۲ در سیستم اطلاعات جغرافیایی Ilwis3.2 استفاده شد. در ماتریس تداخل نتایج طبقه بندی با اطلاعات حقیقی زمین مقایسه شد. توانایی یک ماتریس تداخل در تعیین خطاهای طبقه بندی و میزان آن می باشد. برای بررسی دقت طبقه بندی در این پژوهش از نقشه توپوگرافی سازمان نقشه برداری کشور به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ در سال ۱۳۸۰ به عنوان اطلاعات صحیح و حقیقی استفاده گردید و با نتایج طبقه بندی تصویر ماهواره ای سال ۲۰۰۰ که تقریباً هم زمان با سال تهیه نقشه های توپوگرافی است، مقایسه شد. اقدامات به شرح زیر صورت گرفت:

الف- نقشه طبقه بندی شده تصویر ماهواره ای به صورت رستری و با خصوصیات مشخص در سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه گردید.

ب- یک نقشه مجموعه آزمون^۳ به صورت رستری و با خصوصیات مشابه نقشه طبقه بندی تصاویر ماهواره ای تهیه گردید. برای این کار نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور به عنوان نقشه مجموعه آزمون داده های صحیح و حقیقی استفاده شد.

جدول ۱- پوشش و کاربری اراضی شهرستان رباط کریم

سال میلادی (Y)	جمعیت شهرستان (P)	تعداد دام موجود در شهرستان (راس)(D)	طول جاده ها (کیلومتر) (R)	سطح اراضی تحت کشاورزی (هکتار) (Ag)	سطح اراضی مسکونی و صنعتی(هکتار) (Ac)	سطح پوشش گیاهی(هکتار) (Av)	مدت زمان سپری شده از شروع مطالعه (سال)(T)
۱۹۹۸	۴۲۲۲۱۱	۴۶۶۶۰	۱۵۳	۸۰۳۵	۶۷۴۷	۳۴۷۶۸	۱
۲۰۰۰	۴۸۸۵۴۱	۴۳۲۸۳	۱۶۵	۶۵۰۰	۷۲۵۱	۳۳۲۱۰/۵	۳
۲۰۰۲	۵۵۴۸۷۱	۳۶۳۹۸	۱۷۵	۵۹۰۰	۸۶۸۷	۳۲۹۱۰	۵
۲۰۰۴	۶۲۱۱۹۹	۳۶۳۹۸	۱۸۰	۵۲۵۶	۱۰۷۲۲	۳۰۹۸۷/۵	۷

برآورد بیوماس پوشش گیاهی

برای بررسی اثرات توسعه بر بیوماس و درصد پوشش تاجی در سطح منطقه مورد مطالعه، تعداد ۳۵ عدد نمونه از بیوماس و پوشش تاجی تهیه گردید و پس از حذف نمونه‌های غیر قابل استفاده، ۳۰ عدد آن‌ها برای به دست آوردن یک مدل رگرسیونی برای برآورد بیوماس و درصد پوشش تاجی استفاده گردید(۲۱). شاخص‌های گیاهی مورد استفاده از تصاویر ماهواره‌ای SAVI و NDVI می‌باشد. نتایج رگرسیون‌های حاصل به شرح زیر است.

نتایج رگرسیونی سال ۱۹۸۶ بین میزان بیوماس به کیلوگرم در هر پیکسل و درصد پوشش تاجی گیاه با شاخص‌های SAVI و NDVI بررسی گردید. قوی‌ترین ضریب همبستگی بین میزان بیوماس و شاخص SAVI برای تصویر ماهواره‌ای سال ۱۹۸۶ به میزان ۰/۵۳۸ می‌باشد و ضریب تبیین (R^2) به مقدار ۰/۲۸۹ است. این مقدار ضریب همبستگی در سطح معنی‌داری ۱٪ قرار می‌گیرد.

در سال ۱۹۹۸، رابطه رگرسیونی بین میزان بیوماس در هر پیکسل و شاخص NDVI به دست آمده که به ترتیب مقادیر ۰/۳۴۰ و ۰/۱۱۵ برای R و R^2 حاصل شده است و این همبستگی در سطح ۱۰٪ معنی‌دار است. مدل‌های رگرسیونی SAVI با میزان بیوماس و با درصد پوشش تاجی ضعیف است. ولی همبستگی شاخص NDVI با درصد پوشش تاجی در

پ- نقشه طبقه بندی تصاویر ماهواره ای در نقشه مجموعه آزمون تلاقی داده شد.

ت- از تلاقی دو نقشه فوق جدول تلاقی به دست آمد که با استفاده از این جدول، ماتریس تداخل حاصل شد. طبقات مورد بررسی شامل اراضی با پوشش گیاهی طبیعی، اراضی ساخته شده(ساختمانی) و کشاورزی بودند. در ماتریس تداخل ردیف‌ها طبقات نقشه حقیقی زمین را نشان می‌دهد (مجموعه نمونه) و ستون‌ها بیان‌کننده کلاس‌های نتیجه طبقه بندی تصاویر ماهواره ای است. در ستونی تحت عنوان صحت (ACCURACY) درصد پیکسل‌های هر کلاس نقشه تهیه شده که درست طبقه بندی شده ارایه گردیده. میزان صحت متوسط^۱ ۸۴/۱۰٪ بود که بیان‌کننده مجموعه مقادیر در ستون صحت بر تعداد کلاس‌ها در مجموعه آزمون است. میزان صحت کل^۲ مقدار ۸۶/۵۱٪ می‌باشد. صحت کل بیان‌کننده مجموع پیکسل‌های صحیح طبقه بندی شده، تقسیم بر تعداد کل پیکسل‌ها است. بر اساس نتایج ماتریس تداخل حاصل و نتایجی که سایر محققان در زمینه دقت طبقه بندی تصاویر ماهواره ای گرفته اند، طبقه بندی تصاویر ماهواره ای مناسب بوده است(۱۹،۱۸ و ۲۰).

1 - Average accuracy
2 - Overall accuracy

(SAVI) $y = 163/664 + 13180/912$ (میزان بیوماس به کیلوگرم در هر پیکسل)

سال ۱۹۹۸

(NDVI) $y = 365/439 + 1851/378$ (میزان بیوماس به کیلوگرم در هر پیکسل)

سال ۲۰۰۰

(SAVI) $y = 327/099 + 6995/789$ (میزان بیوماس به کیلوگرم در هر پیکسل)

سال ۲۰۰۲

(SAVI) $y = 471/580 + 11489/680$ (میزان بیوماس به کیلوگرم در هر پیکسل)

پس از این مرحله نقشه‌های SAVI ۱۹۸۶، NDVI ۱۹۹۸ و SAVI ۲۰۰۰ و SAVI ۲۰۰۲ در سطح شهرستان رباط کریم در نرم افزار ILWIS 3.2 در روابط رگرسیونی ذکر شده قرار داده شد تا بیوماس پوشش گیاهی در سال های ذکر شده در سطح منطقه به دست آید. پس از این مرحله اراضی تحت کشاورزی، مناطق مسکونی، صنعتی و خدماتی و منابع آبی از سطح نقشه ها کم گردید تا تنها اراضی با پوشش گیاهی طبیعی به دست آید و میزان بیوماس در آن محاسبه گردد. پس از به دست آوردن بیوماس به کیلوگرم در هر پیکسل میزان متوسط بیوماس به صورت کیلوگرم در هکتار در سال های ۱۹۸۶، ۱۹۹۸، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۲ به دست آمده و به همراه سایر متغیرهای مستقل جدول ۱ برای تهیه روابط رگرسیونی پیش بینی اثرات توسعه استفاده شد. مقادیر متوسط بیوماس به کیلوگرم در هکتار برای سال های ۱۹۸۶، ۱۹۹۸، ۲۰۰۰، ۲۰۰۲ به ترتیب ۱۰۷۸/۹، ۱۰۸۳/۹، ۱۰۷۰/۱ و ۱۰۷۷ به دست آمد.

روابط رگرسیونی بین میزان بیوماس بر حسب کیلوگرم در هکتار (B) و متغیرهای مستقل به عنوان اجزای توسعه تهیه شد. کلیه اجزای توسعه تحت عنوان های مدت زمان از شروع مطالعه بر حسب سال، سال میلادی، جمعیت شهرستان، تعداد دام شهرستان، طول جاده‌های شهرستان رباط کریم به کیلومتر، سطح اراضی کشاورزی به هکتار، سطح اراضی مسکونی و صنعتی و مرتعی وارد رابطه رگرسیونی در SPSS

سطح ۵٪ معنی‌دار است که رگرسیون نسبتاً مناسبی بین این دو شاخص می باشد.

در سال ۲۰۰۰ مدل رگرسیونی بین شاخص SAVI و میزان بیوماس نسبتاً مناسب است. ضریب همبستگی بین این دو متغیر ۰/۳۱۰ است که در سطح ۱۰٪ معنی‌دار می باشد. بقیه مدل های رگرسیونی از نظر میزان دقت و همبستگی در سطح پائینی می باشد.

در سال ۲۰۰۲ رگرسیون مناسبی بین SAVI و بیوماس به دست آمده است. میزان ضریب همبستگی و ضریب تبیین به ترتیب در این رگرسیون ۰/۵۵۲ و ۰/۳۰۴ است. همبستگی بین این دو مقدار در سطح ۱٪ معنی دار می باشد. بین میزان بیوماس (کیلوگرم در هر پیکسل) و شاخص NDVI همبستگی در سطح ۱۰٪ معنی‌دار است. بین شاخص‌های NDVI و SAVI و درصد پوشش تاجی همبستگی و ضریب تبیین ضعیفی وجود دارد و معادله رگرسیونی ضعیفی به دست آمده است.

مدل رگرسیونی پیش بینی اثرات توسعه بر بیوماس پوشش گیاهی

بر اساس روابط رگرسیونی به دست آمده نتایج ضعیف و غیر معنی‌داری بین شاخص‌های SAVI و NDVI و درصد پوشش تاجی به دست آمده ولی بین بیوماس و شاخص‌های SAVI و NDVI روابط رگرسیونی معنی‌داری حاصل شده است. به همین دلیل برآورد درصد پوشش تاجی و تهیه مدل پیش بینی اثرات برای این شاخص صورت نگرفت. بر اساس فرض‌ها و اهداف تحقیق روابط رگرسیونی برآورد میزان بیوماس تهیه گردید.

روابط رگرسیونی برآورد بیوماس به میزان کیلو گرم در هر پیکسل تصویر ماهواره‌ای به اندازه $900m^2$ ($30m \times 30m$) تهیه شد. مدل های رگرسیونی بیوماس با شاخص‌ها SAVI و NDVI بر اساس نتایج به دست آمده به شرح زیر است:

سال ۱۹۸۶

بحث و نتیجه گیری

نتایج نشان داد که می توان از تصاویر ماهواره ای در پیش بینی اثرات توسعه بر عوامل محیطی استفاده کرد. عواملی که از طریق سنجش از دور قابل استحصال هستند. این گونه پیش بینی ها در ارزیابی های زیست محیطی عمدتاً به صورت کارشناسی و حدسی صورت می گرفته است، ولی با راهکار ذکر شده و ابتکارهای به کار رفته بسیاری از پیش بینی ها و تعیین اثرات به صورت کمی امکان پذیر است.

در مقایسه با بسیاری از روش های پیش بینی اثرات زیست محیطی در زمینه عوامل بیولوژیک، روش به دست آمده قادر به پیش بینی اثرات به صورت کمی است. اکثر روش های ارزیابی و پیش بینی اثرات توسعه بر روی عوامل بیولوژیکی، فرایند و نتیجه گیری توصیفی دارند (۲، ۵) و پیش بینی بر اساس نظرات کارشناسی و تجربی صورت می گیرد. Walters (1993) چهار راهکار را برای مدل سازی در مدیریت زیست محیطی ارائه کرده است که شامل راهکار های حکم گرا، تجربی، کاهش گرا و آزمایشی می باشد (۵). روش حاصل می تواند جزو راهکارهای آزمایشی و تجربی باشد. در راهکار آزمایشی، مقایسه های آزمایشی طرح می شود و بهترین نظر مشخص می گردد و در راهکار تجربی، پیش بینی ها بر اساس آزمون نتایج گذشته در وضعیت های مشابه می باشد. در مقایسه با روش های متداول پیش بینی اثرات محیط بیولوژیک چون روش های زیستگاه محور و مدل های شبیه سازی اکوسیستم (۲)، روش حاصل قابل کاربرد تر است و نیازمند زمان کمتری برای نتیجه گیری می باشد. شکل ۲ بیان کننده روش به دست آمده می باشد تا در سایر مطالعات استفاده شود.

در این روش ابداعی، با قرار دادن اطلاعات تغییرات محیطی مورد نظر و یا سال های آتی در معادله های رگرسیونی (مانند آن هایی که در بخش نتایج ارائه شده است)، می توانیم وضعیت آینده اجزای محیط زیست را بر اساس توسعه های مورد نظر پیش بینی نمایم.

گردید. این اجزا به عنوان متغیرهای مستقل (X) می باشد و متغیر وابسته، میزان بیوماس به کیلوگرم در هکتار در شهرستان رباط کریم است. برنامه سه عدد از این متغیرها را شامل مدت زمان سپری شده از شروع مطالعه بر حسب سال (Y)، سطح اراضی کشاورزی به هکتار (Ag) و تعداد دام شهرستان (D) را انتخاب نمود. R و R² یک به دست آمد. مدل رگرسیونی پیش بینی تغییرات پوشش گیاهی از نظر بیوماس بر اثر عوامل توسعه به شرح زیر است.

معادله ۲:

$$(B)y = 10.52/123 + 0.003 D - 0.014 Ag + 5/811 T$$

بررسی دقت روابط رگرسیونی

جهت بررسی دقت روابط رگرسیونی در برآورد میزان بیوماس در سال های ۱۹۸۶، ۱۹۹۸، ۲۰۰۰، ۲۰۰۲ تعداد ۱۰ نمونه از منطقه به عنوان شاهد میزان بیوماس بر اساس واحد کیلوگرم در هر پیکسل تصویر ماهواره ای (۳۰m×۳۰m) اندازه گیری شد. برای این که مشخص شود میانگین بیوماس در این نمونه ها داری اختلاف معنی داری بین بیوماس برآوردی از روابط رگرسیونی و بیوماس اندازه گیری شده از محیط است یا نه، از آزمون *t* نمونه های جفت استفاده گردید. در این آزمون فرض صفر این است که بین میانگین بیوماس ها اختلاف معنی داری وجود ندارد و فرض مخالف (*H1*) به معنی این است بین میانگین بیوماس ها اختلاف معنی دار وجود دارد. نتایج به دست آمده برای این آزمون بر اساس نمونه های شاهد و مقادیر برآورد شده توسط روابط رگرسیونی برای همان موقعیت نمونه های شاهد در جدول ۲ ارائه گردیده است. میزان دقت مورد استفاده در این آزمون در سطح معنی داری ۵٪ است. همان طور که در جدول مشاهده می شود، مقدار صفر بین بازه های اطمینان برای اختلاف میانگین^۱ قرار می گیرد. بنابراین فرض صفر قبول می شود که نشان دهنده عدم اختلاف بین میانگین بیوماس برآوردی از روابط رگرسیونی و محیط واقعی و نشان دهنده مطلوبیت روابط رگرسیونی تهیه شده می باشد.

جدول ۲- نتایج آزمون t نمونه‌های جفت بین نمونه های شاهد و نمونه های برآوردی از تصاویر ماهواره ای

Sig. (2-tailed)	df	t	تفاوت های جفت				نمونه های مورد مقایسه	
			بازه اطمینان ۹۵٪ تفاوت		میانگین خطای معیار	انحراف معیار		
			پایین تر	بالا تر				
۰/۳۲۶	۹	۱/۰۳۹	۲۹/۹۹۲۱	-۱۱/۱۱۲۱	۹/۰۸۵۱۷	۲۸/۷۲۹۸۲	۹/۴۴۰۰	جفت ۱. نمونه های شاهد و نتایج حاصل از تصویر سال ۱۹۸۶
۰/۰۸۶	۹	۱/۹۲۹	۴۹/۱۹۵۶	-۳/۹۱۵۶	۱۱/۷۳۹۰۴	۳۷/۱۲۲۱۲	۲۲/۶۴۰۰	جفت ۲. نمونه های شاهد و نتایج حاصل از تصویر سال ۱۹۹۸
۰/۱۵۶	۹	۱/۵۵۰	۴۴/۱۲۱۵	-۸/۲۴۱۵	۱۱/۵۷۳۶۹	۳۶/۵۹۹۲۲	۱۷/۹۴۰۰	جفت ۳. نمونه های شاهد و نتایج حاصل از تصویر سال ۲۰۰۰
۰/۱۶۲	۹	۱/۵۵۰	۶/۸۵۳۷	-۳۵/۱۲۵۷	۹/۲۷۸۶۲	۲۹/۳۴۱۵۶	-۱۴/۱۳۶۰	جفت ۴. نمونه های شاهد و نتایج حاصل از تصویر سال ۲۰۰۲

تهیه تصاویر ماهواره ای در سری های زمانی و انجام تصحیحات لازم بر روی آنها . تعداد ۶ تا ۱۰ تصویر در فواصل زمانی مورد نیاز انتخاب شود.

از آنجایی که تصاویر مربوط به زمان های مختلف می باشد، نیاز است، بر روی آن ها تصحیحات رادیو متریک صورت گیرد.

عاملی از محیط زیست که قرار است، اثرات پروژه یا طرح توسعه ای بر روی آن پیش بینی شود، از تصاویر ماهواره ای استخراج شود.

داده های فعالیت های پروژه یا توسعه منطقه که می توانند بر روی عامل زیست محیطی تاثیر گذار باشند، در تاریخ هایی که تصاویر ماهواره ای کسب شده اند، تهیه گردد. این داده ها می تواند از تصاویر ماهواره ای استخراج شود یا از منابع دیگر به دست آید.

زمان به عنوان جزئی از پروژه یا طرح توسعه ای می تواند به عنوان متغیر مستقل تهیه و در پیش بینی استفاده شود. مانند زمان سپری شده از ابتدای شروع مطالعه یا تاریخ های مورد مطالعه.

در قسمت آخر از روابط رگرسیونی برای پیش بینی اثرات توسعه بر عامل زیست محیطی مورد نظر استفاده می شود. عامل زیست محیطی به عنوان متغیر تابع و اجزای توسعه به عنوان متغیر های مستقل (از جمله متغیر زمان) استفاده شود.

شکل ۲- فلوجارت معرفی روش ابداعی برای پیش بینی اثرات محیط زیستی با استفاده از تصاویر ماهواره ای

منابع

- Swamp and the Adelaide River wetlands, Northern Territory: an approach using remote sensing and GIS, *Wildlife Research*, 30(4):365 – 375.
11. Anderson G. L., Hanson G.D., 1993, Evaluating Land sat Thematic Mapper Drived Vegetation Indices for Estimating above Ground Biomass on Semi-Arid Rangelands, *Remote Sensing Environmental Journal* 45:165-175.
 ۱۲. فرزاد مهر، ج.، ارزانی، ح.، درویش صفت، ع.ا.، جعفری، م.، ۱۳۸۴، بررسی قابلیت داده‌های ماهواره لندست ۷ در برآورد تاج پوشش و تولید گیاهی (مطالعه موردی: منطقه نیمه استپی حنا - سمیرم)، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷، شماره ۲، ۳۳۹-۳۵۰.
 13. Davidson, A., Csillag F., 2001, The influence of vegetation index and spatial resolution on a two-date remote sensing-derived relation to C4 species coverage, *Remote Sensing of Environment*, 75:138-151.
 14. Friedl, M.A., Michaelson J., Davis F.W., Walker H., Schimel D.S., 1994, Estimating grassland biomass and leaf area index using ground and satellite data, *International Journal of Remote Sensing*, 15:1401-1420.
 ۱۵. ارزانی، ح.، ۱۳۷۶، کاربرد اطلاعات رقومی ماهواره لندست TM در تخمین تولید و پوشش گیاهی، مجله منابع طبیعی ایران (۵۰)، ۲۰-۳.
 ۱۶. سپهری، ع.، متقی، م.، ر.، ۱۳۸۱، کاربرد شاخص های گیاهی سنجنده TM در برآورد درصد پوشش گیاهی مراتع منطقه حفاظت شده جهان نما-
 1. Asian development bank, 1997, Environmental impact assessment for Developing Countries in Asia, Asian development bank publications.
 2. Canter, L.W., 1996, Environmental Impact Assessment, McGraw Hill, Inc..
 3. Richards, J.A., 1993, An Introduction to Remote Sensing Digital Image Analysis, Springer-Verlag New York, Inc., Second Edition.
 4. Ustin S. L., 2004, Remote sensing for Natural Resource Management and Environmental Monitoring, John Wiley & Sons.
 5. Treweek J., 1999, Ecological Impact Assessment, (Blackwell Science Ltd).
 6. Milesi C., Elvidge C. D., Nemani R. R., Running S. W., 2003, Assessing the impact of urban land development on net primary productivity in the southeastern United States, *Remote Sensing of Environment*, 86(3):401-410.
 7. Veitch N., Webb N. R., Wyatt B. K., 1995, The application of geographical information systems and remotely sensed data to the conservation of heathland fragments. *Biological Conservation* 72:91-97.
 8. Lunetta R. S., Johnson D. M., Lyon J. G., Crotwell J., 2004, Impacts of imagery temporal frequency on land-cover change detection monitoring, *Remote Sensing of Environment*, 89(4):444-454.
 9. Svoray T., Gancharski S. B., Henkin Z., Gutman M., 2004, Assessment of herbaceous plant habitats in water-constrained environments: predicting indirect effects with fuzzy logic, *Ecological Modeling*, 180(4):537-556.
 10. Harvey K. R., Hill G. J. E., 2003, Mapping the nesting habitats of saltwater crocodiles (*Crocodylus porosus*) in Melacca

- گرگان، مجله منابع طبیعی ایران (۵۲)، ۲۷۳-۲۵۹.
۱۷. Lillesand, T.M. , Kiefer, R.W., 1994, Remote Sensing and Image Interpretation, John Wiley and sons, New York.
۱۸. درویش صفت، ع.ا.، زارع، ع.، ۱۳۷۷، بررسی قابلیت داده های ماهواره ای جهت تهیه نقشه پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه خشک (مطالعه موردی در منطقه قائن) ، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۱، شماره ۲، ۴۷-۵۱.
۱۹. درویش صفت، ع.ا.، دماوندی، م.ح.، جعفری، م.، زهتابیان، غ.، ۱۳۷۹، بررسی امکان طبقه بندی اراضی شور با استفاده از داده های رقومی ماهواره
- لندست - تی ام، مجله بیابان، جلد ۵، شماره ۲، ۲۹-۳۶.
۲۰. علوی پناه، ک.، ۱۳۷۹، ارزیابی کارایی باندهای طیفی ماهواره لندست LANDSAT در مطالعات کویرهای ایران، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۳، شماره ۱، ۶۷-۷۷.
۲۱. رضائی، ع.، سلطانی، ا.، ۱۳۷۷، مقدمه ای بر تحلیل رگرسیون کاربردی، مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان.