

روندیابی شاخص نرمال شده سلامت زیست محیطی مبتنی بر داده‌های ماهواره‌ای از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۳ و ارتباط آن با کانون‌های گردوغبار غرب آسیا

علی درویشی بلورانی^۲

کاظم رنگزن^۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۰۷/۰۳

محسن بختیاری^۱

عطاالله عبداللهی کاکرودی^۳

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۰۱/۰۶

چکیده

سنجش از دور عرصه‌ی نوینی را در پایش و مدل‌سازی متغیرها و پارامترهای محیطی، در سطوحی متفاوت گشوده است به طوری که می‌تواند به عنوان یک زمینه تحقیقاتی و عملیاتی مناسب برای پیش‌بینی و مقابله با اثرات مخرب بحران‌های زیست محیطی، قلمداد گردد. در این میان، قابلیت‌های سنجنده‌ی MODIS به لحاظ ارائه محصولات متنوع جهت تخمین پارامترهای محیطی، بیشتر از هر ابزار دورکاوی دیگر، نمود یافته است. در تحقیق حاضر از محصولات سنجنده MODIS برای معرفی شاخص نرمال شده سلامت زیست محیطی، NHEI، همراه با روندیابی تغییرات زمانی و بررسی ارتباط آن با کانون‌های گردوغبار غرب آسیا در دهه‌ی اخیر، استفاده شده است. این شاخص، به صورت توأمان رفتارهای دمای سطحی و پوشش گیاهی را مدل‌سازی می‌کند. به علت همبستگی بالای نتایج حاصل از شاخص توسعه داده شده با کانون‌های گردوغبار، از آن می‌توان به عنوان مبنایی برای مدل‌سازی و روندیابی رفتار کانون‌های گرد و غبار بهره برد. NHEI برای سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۳ توسعه یافت، سپس روند تغییرات آن به کمک فرآیند روندیابی خطی آشکارسازی شد و ارتباط آن با کانون‌های گردوغبار ارزیابی گردید. از آنجایی که NHEI روند تغییرات عناصر کلیدی دما، پوشش گیاهی و رطوبت را به صورت توأم نشان می‌دهد، نتایج روندیابی سلامت زیست محیطی حکایت از کاهش کلی شدت و گستره آن در محدوده‌ی مورد مطالعه دارد. در حالی که توزیع نواحی بحرانی به سوی پراکندگی بیشتر میل نموده است. این مطالعه بر قابلیت‌های NHEI در پایش و مدل‌سازی متغیرهای محیطی در ارتباط با طوفان‌های گردوغبار، تأکید می‌ورزد به طوری که متوسط NHEI کانون‌های گردوغبار به طور معنی‌داری کمتر از متوسط NHEI محدوده مطالعاتی بود، بنابراین نتایج این مطالعه می‌تواند افق جدیدی در حوزه‌ی برآورد پارامترهای محیطی به کمک طراحی شاخص‌های سنجش از دوری نوین را بگشاید.

واژه‌های کلیدی: محصولات MODIS، شاخص نرمال شده سلامت زیست محیطی، روندیابی، کانون‌های گرد و غبار

۱- دانشجوی دکتری سنجش از دور دانشگاه تهران (نویسنده مسئول) m.bakhtiari_rs@ut.ac.ir

۲- استادیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه تهران ali.darvishi@ut.ac.ir

۳- استادیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه تهران a.a.kakroodi@ut.ac.ir

۴- استادیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید چمران اهواز kazemrangzan@scu.ac.ir

۱- مقدمه

ضخامت اپتیکی ابر، Cloud Optical Thickness و عمق اپتیکی هواویزها، Aerosol Optical Depth^۱ و متغیرهای اقیانوسی مانند: دمای سطح آب،^۲ Se Surfacc Temperatur و کلروفیل (Jensen, 2004).

تکنیک‌های مدل‌سازی سنجنش از دور اپتیکال قابلیت‌های بالایی در مدل‌سازی ارتباط متغیرهای سطحی به داده‌های سنجنش از دوری دارند. Gudina و همکاران در سال ۲۰۱۳ روشی جدید برای نقشه‌برداری آب‌های سطحی با ارائه شاخص استخراج خودکار آب به کمک تصاویر لندست معرفی کردند. هدف مطالعه‌ی آن‌ها توسعه شاخصی بود که به صورت مداوم و دقیق اطلاعات آب را در شرایط مختلف محیط زیستی توسعه دهد. آنها شاخص استخراج خودکار آب، یا به اختصار^۳ AWEI را معرفی کردند که می‌تواند برای استخراج پهنه‌های آبی با دقت بالا، به خصوص در مناطق کوهستانی که سایه‌های ایجاد شده ناشی از ساختار توپوگرافی، یکی از منابع مهم خطای طبقه‌بندی هستند، مورد استفاده قرار گیرد. Wang و همکاران (۲۰۰۵)، رابطه NDVI با شاخص سطح برگ را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از مطالعه مذکور پیشنهاد می‌دهد که رابطه NDVI-LAI هم در طی فصول و هم در طول سال با توسعه‌ی فنولوژیکی درختان و در واکنش به تغییرات زمانی شرایط محیطی دستخوش نوسان می‌گردد. Duan و همکاران در سال ۲۰۱۳ دمای سطحی سازگار با زمان^۴، را از داده‌های MODIS تولید کردند. روش توسعه یافته بر مبنای نرمال‌سازی LST سنجنده‌ی Terra-MODIS در طی روز نسبت به یک زمان خورشیدی محلی ثابت و رسیدن به محصول LST سازگار با زمان بود. نتایج گویای این بودند که MODIS بین LST قبل از نرمال‌سازی زمانی و LST واقعی تقریباً ۱/۵ کلون بود، در حالی که این مقادیر بین LST بعد از نرمال‌سازی و LST واقعی در حدود ۰/۵

سنجنش از دور به عنوان شیوه‌ای برای کسب اطلاعات درباره هدف مطلوب با استفاده از ابزارهای ویژه بدون تماس فیزیکی تعریف می‌شود (Diker, 1998). از مزایای استفاده از آن در مقایسه با شیوه‌های مرسوم مانند هواشناسی، می‌توان به سطح پوشش وسیع‌تر، قدرت تفکیک زمانی بالاتر و هزینه‌ی کمتر اشاره کرد (Wilhite, 2000: 3-18)؛ این شاخه از علم، عرصه‌های نوینی در پایش و مدل‌سازی متغیرها و پارامترهای محیطی، در مقیاس‌های متفاوت از محلی تا جهانی را گشوده است؛ این قابلیت توانسته است به عنوان یک زمینه تحقیقاتی و عملیاتی مناسب برای پیش‌بینی و مقابله با اثرات مخرب بحران‌های زیست محیطی، خود را نشان دهد. یکی از پیشرفت‌های اساسی سنجنش از دور اپتیکال در قرن بیست و یکم، استفاده وسیع از الگوریتم‌های کمی برای برآورد متغیرهای سطحی زمین می‌باشد (Liang, 2004).

در این میان قابلیت‌های سنجنده Moderat Resolution Imagin Spectrometer^۱ به لحاظ ارائه محصولات متنوع جهت اندازه‌گیری و تخمین پارامترهای محیطی، بیشتر از هر ابزار سنجنش از دور دیگری نمود یافته است. MODIS یک دستگاه با میدان دید وسیع است که به وسیله‌ی ماهواره‌های آمریکایی Terra و Aqua حمل می‌شود. MODIS دارای یک رادیومتر و آینه‌ای اسکن کننده است که در ۳۶ باند طیفی از ۰/۵۰۴ میکرومتر تا ۱۴/۸۳۵ میکرومتر را اندازه‌گیری می‌کند (ام می تر، ۲۰۰۴). مجموعه محصولات MODIS عبارتند از: متغیرهای اکوسیستم زمینی مانند: دمای سطح زمین^۲، Land Surface Temperature، انواع شاخص‌های گیاهی، شاخص سطح برگ^۳، Leaf Area Index، سهم تابش فعال جهت فتوسنتز، Fraction of Photosynthetically Active Radiation^۴ و تولید اولیه خالص گیاهی، Net Primary Productio^۵ متغیرهای جوی چون: درصد ابر،

6- AOD

7- SST

8- Automated Extraction Index Water

9- Time-consistent land surface temperature

1-MODIS

2-LST

3-LAI

4-FPAR

5- VNPP

و اقدامات مدیریتی منابع زمینی، سنجش از دور حرارتی را به یکی از موضوعات مهم علمی تبدیل نموده است (شکیبا و همکاران، ۱۳۸۱: ۴۱). دمای سطحی زمین پارامتری کلیدی در فرآیندهای فیزیکی تعادل آب و انرژی زمین در مقیاس‌های ناحیه‌ای و منطقه‌ای می‌باشد و به طور گسترده‌ای در دامنه‌ی وسیعی از کاربردهای هیدرولوژیکی و اقلیم شناختی به کار می‌رود (Kameli et al., 2010: 618-633, Anderson et al., 2008: 4227-4241).

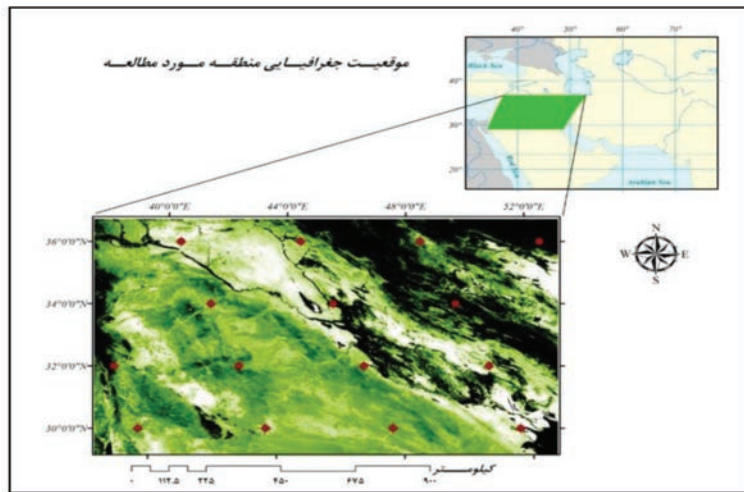
از طرفی پوشش گیاهی و رابطه‌ای که می‌تواند بادهای سطحی زمین داشته باشد، اهمیت کلیدی این پارامتر را در مطالعات محیطی برجسته می‌نماید. مطالعه تغییرات زمانی پوشش گیاهی و درجه‌ی حرارت در مناطق مختلف به عنوان شاخص نشان دهنده‌ی شرایط زیست محیطی حاکم بر آن‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است. پوشش گیاهی از این جهت حائز اهمیت است که می‌تواند شرایط محیطی و تبادل انرژی را به وسیله انعکاس انتخابی و جذب تشعشعات خورشیدی کنترل کند. (Gallo et al., 1993: 2223-2230, Goward et al., 1985: 137-146)

بر این اساس تلفیق دو پارامتر فوق می‌تواند منجر به هم‌افزایی بالایی در به‌کارگیری داده‌های ماهواره‌ای جهت بررسی وضعیت محیطی مناطق تحت مطالعه شود. گرم شدن جهانی و تغییرات اقلیمی که اهمیتی فزاینده در مباحث علمی روز به روز به خود گرفته است می‌تواند نیاز به چنین مطالعاتی را بیش از هر زمان دیگری مطرح نماید. ضمن اینکه حیطة مکانی مطالعات قبلی، در زمینه بررسی روابط پارامترهای بیوفیزیکی پوشش گیاهی و دما، بر نواحی شهری متمرکز بوده است و در آن‌ها بررسی توأمان پارامترهای مذکور در سطوح منطقه‌ای کمتر مورد توجه قرار گرفته است؛ مسئله‌ای که در این مطالعه مورد کنکاش قرار می‌گیرد. از طرفی در این بررسی رابطه‌ی مکانی متغیرهای محیطی با کانون‌های گرد و غبار غرب آسیا، مهمترین هدف و بستر ارزیابی کارایی شاخص مذکور است. محدوده‌ی مکانی انتخاب شده برای این تحقیق، شامل بخش عمده‌ای از غرب آسیا از جمله غرب ایران، عراق، شمال عربستان، اردن، کویت و سوریه است، که بین مدارهای "26°129'

کلوین بود. Wan (۲۰۱۴) بهبود و اعتبارسازی جدیدی را از محصول گسیلندگی / دمای سطحی زمین سنجنده‌ی MODIS ارائه نمود.

Wang و همکاران (۲۰۱۴)، به ارزیابی محصولات آلدوی MCD43A (MODIS) در نواحی علفزاری، زراعی و جنگلی در دو دوره نزول و ماندگاری برف و کمون گیاهان پرداختند. علوی‌پناه و همکاران (۱۳۸۵)، قابلیت ۴۱ شاخص سنجش از دوری در تفکیک پدیده‌های مختلف پوشش گیاهی و نیز پدیده‌های موجود در منابع آب با استفاده از تصاویر TM را مطالعه کردند. نتایج مطالعه‌ی آن‌ها نشان داد که از شاخص‌های VIT12, VIT17, VIT16, VIT13, VIT11 و VI08, VI09، بهتر می‌توان در بررسی پوشش‌های گیاهی استفاده کرد، در حالی که سه شاخص VIT18 و VIT18 نیز در مطالعات و شناسایی پدیده‌های موجود در منابع آب مانند فیتوپلانکتون‌ها و مواد معلق، از قابلیت بالایی برخوردارند شمسی پور و همکاران در سال ۱۳۸۹ کارایی شاخص‌های گیاهی و حرارتی ماهواره‌ی NOAA-AVHRR در رابطه با تحلیل خشکسالی منطقه کاشان را مطالعه نمودند، هدف مطالعه، ردیابی و تحلیل اثرات محیطی خشکسالی‌ها به وسیله‌ی شاخص‌های سنجش از دوری در ناحیه‌ی خشک و بیابانی کاشان بود و از داده‌های بین سال‌های ۱۹۹۸ و ۲۰۰۲ جهت استخراج شاخص‌های مرتبط با خشکسالی‌ها استفاده گردید. نتایج نشان داد که شرایط اقلیمی محدوده‌ی موردنظر با نتایج حاصل از شاخص‌های گیاهی تطابق بیشتری دارد. رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۱) کارایی داده‌های MODIS را در برآورد خشکسالی حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی ارومیه مطالعه نمودند و نشان دادند که شاخص VCI و تصاویر MODIS می‌توانند جایگزین مناسبی برای شاخص‌های هواشناسی جهت برآورد خشکسالی باشند.

تمرکز این پژوهش بر توسعه و معرفی شاخص طیفی نوینی جهت مدلسازی توأم پارامترهای محیطی دمای سطحی و پوشش گیاهی می‌باشد. در طول دو دهه اخیر نیاز فراوان به اطلاعات دمای سطح زمین برای مطالعات محیطی



نگاره ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه در غرب آسیا

جدول ۱: مشخصات داده‌های مورد استفاده

MOD۴۴W	MYD۱۱A۲ نام محصول	MYD۱۳A۲	مشخصات
محدوده پهنه‌های آبی	گسیلندگی و دمای سطح زمین	شاخص‌های گیاهی	محتوای محصول
۲۵۰ متر	۱ km	۱ km	اندازه پیکسل
Terra	Aqua	Aqua	سکو
Tile	Tile	Tile	نوع
-	۸ روزه	۱۶ روزه	تفکیک زمانی
۴	۲۴۰	۲۴۰	تعداد فریم دریافتی
HDF-EOS	HDF-EOS	HDF-EOS	فرمت
Sinusoidal	Sinusoidal	Sinusoidal	سیستم تصویر اولیه

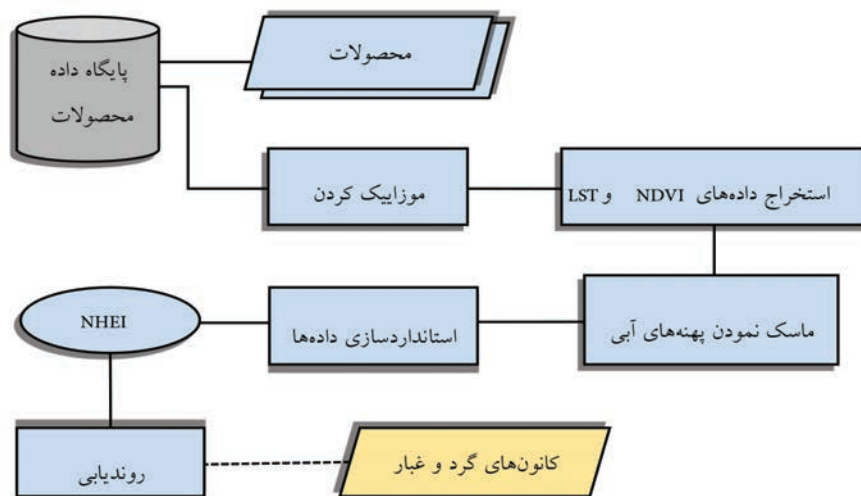
شاخص‌های گیاهی این است که ترکیبی جبری از باندهای طیفی، می‌تواند درباره‌ی ساختار فیزیکی و شیمیایی گیاه (عمدتاً کلروفیل) و وضعیت پوشش گیاهی چون تراکم و توزیع برگ، ظرفیت آب برگ، سن گیاه، کمبود مواد معدنی، کانی‌ها و آفات گیاهی، اطلاعات مفیدی عرضه نماید، Liang (2004) مطالعه‌ی پیش رو بر مبنای محصولات MYD11A2 و MYD13A2 سنجنده‌ی MODIS سوار بر سکوی Aqua، بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۳ انجام گرفته است. به طوری که برای هر سال با توجه به محدوده‌ی مطالعاتی، چهل فریم داده در تاریخ‌های مختلف، ۱۰ نوع محصول برای هر سال با فاصله زمانی ۳۰ تا ۴۰ روز، از درگاه https://lpdaac.usgs.gov/products/modis_products_table دریافت گردید (جدول ۱). فاصله زمانی یاد شده به دلیل تفاوت تفکیک زمانی داده‌ها،

و "36°46'26" شمالی و نصف‌النهارهای "35°41'50" و "50°40'5" شرقی واقع می‌باشد (نگاره ۱). لازم به ذکر است این منطقه به عنوان قسمت شمالی و اصلی کریدور گرد و غبار غرب آسیا شناسایی شده است (درویشی و همکاران، ۱۳۹۲).

۲- مفاهیم، دیدگاه و مبانی نظری

۲-۱- داده‌ها

به طور کلی شاخص‌های سنجنش از دوری، اشکالی از محاسبات ریاضی‌اند که از ترکیب باندهای مختلف به وجود می‌آیند (Solaimani et al., 2011: 5-13). استفاده از شاخص‌های گیاهی مختلف حاصل از داده‌های سنجنش از دور چند طیفی، به صورت گسترده‌ای در کاربردهای گوناگونی رشد یافته است. اساسی‌ترین فرض در مورد



نگاره ۲: روند انجام پژوهش به صورت شماتیک

به دلیل اینکه مقادیر NDVI بین ۱- تا ۱ و ارزش پیکسل‌های LST برحسب کلون بود، قبل از ترکیب آن‌ها با هم، یکسان‌سازی مقیاس انجام پذیرفت. به این صورت که با استفاده از شیوه‌ی کشیدگی خطی، ارزش پیکسلی دو محصول یاد شده، به مقادیر بین ۱ تا ۲۵۵ تبدیل شدند. در گام بعدی جهت جدا نمودن پهنه‌ی آب‌های سطحی، از محصول MOD44W استفاده شد به طوری که داده حاصل از آن در هرکدام از محصولات LST و NDVI آماده شده، به منظور تفکیک آب‌های سطحی، ضرب گردید. در نهایت با ترکیب دو محصول NDVI و LST استاندارد شده، شاخص نرمال شده سلامت زیست محیطی (NHEI) بر مبنای رابطه ۱ تعریف شد.

$$\text{رابطه ۱)} \quad NHEI = -1 \times \left(\frac{LST_{(0-255)} - NDVI_{(0-255)}}{LST_{(0-255)} + NDVI_{(0-255)}} \right)$$

مقادیر حاصل از اعمال شاخص NHEI، بین ۱- تا ۱ و بدون بعد است، که هرچه مقدار شاخص مذکور به سمت ۱- نزدیکتر باشد شرایط منطقه از لحاظ دمای سطحی زمین و پوشش گیاهی و حتی رطوبت، وضعیت بحرانی‌تری خواهد داشت و برعکس. ضریب منفی نیز برای نشان دادن این است که مقادیر کوچکتر با وضعیت بحرانی‌تر تطبیق داده شوند. مقادیر مثبت که معمولاً در مناطق دارای پوشش‌های سبز یا مناطق با دماهای سطحی پایین و یا ترکیبی از هر دو است می‌تواند نشانگر استیلا و وضعیت بهتری بر محیط از

عدم تولید محصول به دلایلی مانند ابر و برف و مواردی از این قبیل بود. در مجموع برای ۱۲ سال در نظر گرفته شده ۴۸۰ فریم تصویر دریافت شده مورد پردازش قرار گرفت. البته جهت استخراج و تفکیک پهنه‌های آب‌های سطحی از MOD44W استفاده شد. در نگاره ۲ روند کلی پژوهش به صورت شماتیک نشان داده است.

۲-۲- مراحل انجام تحقیق

پس از دریافت محصولات معرفی شده در جدول ۱، داده‌های NDVI و LST به ترتیب از محصولات MYD11A2 و MYD13A2 با فرمت مناسب تفکیک شد. اگرچه LST یک کمیت فیزیکی با یکای مشخص می‌باشد واضح است که NDVI ذاتاً یک کمیت فیزیکی یا شیمیایی مربوط به گیاه نیست، ولی قطعاً با ویژگی‌هایی چون LAI یا توده زنده، Biomass. هبستگی بالایی دارد (Quan et al., 2004: 244-255). با دریافت و تفکیک محصولات فوق برای تاریخ‌های مختلف هر سال، از ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۳ و از آنجایی که چهار فریم تصویر محدودی مورد مطالعه را پوشش می‌داد، ابتدا چهار تصویر موزاییک شدند و سپس محدودی مورد مطالعه جداسازی شد. فاصله‌ی میان تاریخ‌های داده‌های دریافت شده بسته به پارامترهایی چون درصد ابر، تفکیک زمانی محصول و مقیاس مطالعه، ۳۰ تا ۴۰ روز بود (جدول ۲).

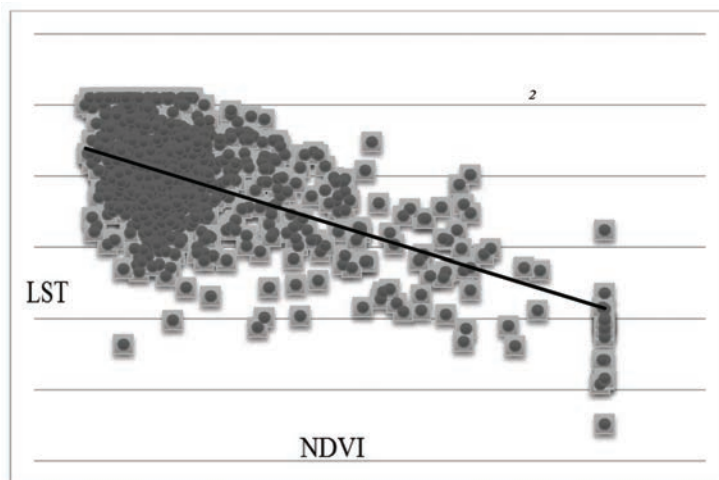
جدول ۲: دامنه مقادیر برآورد شده NHEI برای پوشش های غالب در محدوده مطالعاتی بر اساس به محصول MCD12Q1

دامنه NHEI برآورد شده	نوع کاربری اراضی با توجه به محصول MCD12Q1
-۱/۰۰ تا -۰/۵۰	اراضی بیابانی و شور
-۰/۱۰ تا -۰/۶	اراضی بایر یا پوشش گیاهی تنک
۰/۲۵ تا ۰/۰۵	اراضی زراعی و باغی، علفزار و مرتع
۰/۶۵ تا ۰/۱۵	بیشه زار و جنگل
۰/۳۵ تا ۱/۰۰	تالاب و باتلاق

در این مطالعه، برای بررسی این رابطه ۱۰۰۰ نقطه از محدوده مورد مطالعه به صورت تصادفی ساده انتخاب شد

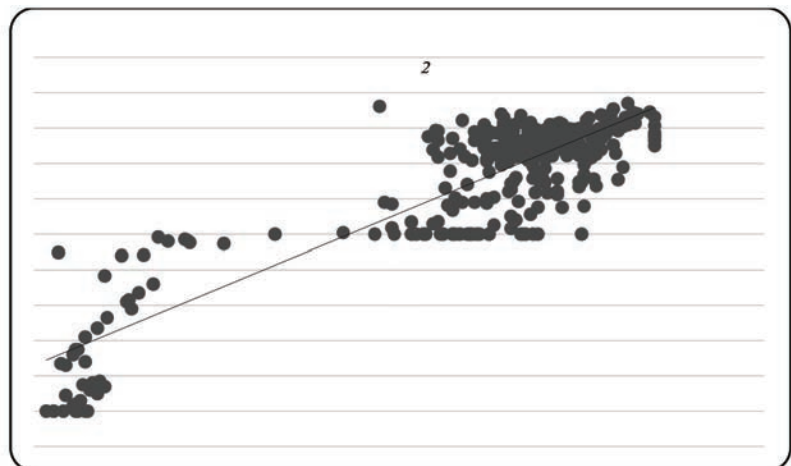
لحاظ متغیرهای مرتبط با دمای سطحی و پوشش گیاهی باشد. لذا NHEI برای سنجش سطوح خشکی، نه پهنه ها و سطوح آبی، از نظر شرایط پایداری و سلامت محیطی کارایی دارد زیرا منعکس کننده رفتار متغیرهای محیطی کنترل کننده پهنه های خشکی به صورت توأمان می باشد. به طور کلی هر چه رطوبت سطحی و تراکم پوشش گیاهی پهنه ای بالاتر داشته و دمای سطحی آن پایین تر باشد، مقدار شاخص فوق بیشتر به سمت یک میل می کند. دامنه مقادیر NHEI با توجه به پوشش های مختلف، با استفاده از محصول کاربری اراضی MCD12Q1، در جدول ۲ ارائه شده است.

هرچند در بسیاری از منابع رابطه منفی میان دمای سطحی و پوشش گیاهی، بیشتر از رابطه مثبت گزارش شده است (Gorgani et al., 2013, Sun and Kafatos, 2007).

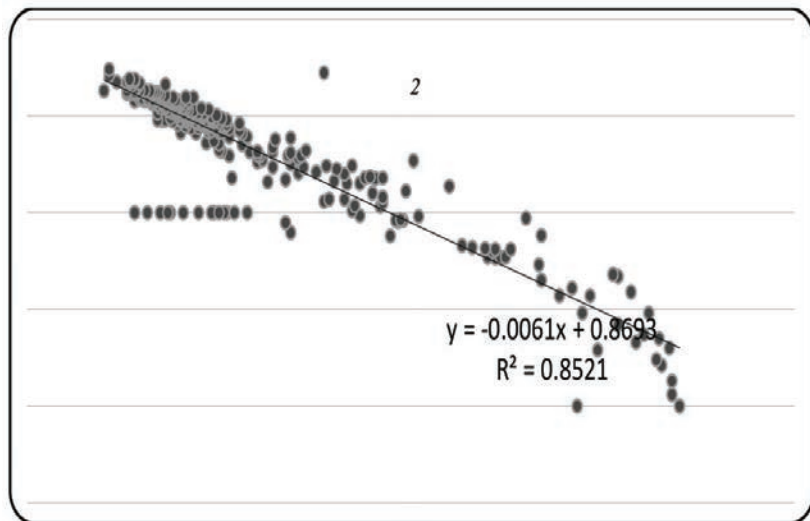


نگاره ۳: همبستگی منفی خطی میان LSI و NDVI

نگاره ۴: همبستگی مثبت خطی میان NHEI و NDVI



نگاره ۵: همبستگی منفی خطی میان و
 LSI و NHEI



سری زمانی است؛ پس با کمک روش درخت طبقه‌بندی^۲، تصاویر NHEI به پنج طبقه «خیلی پایین»، «پایین»، «متوسط»، «بالا» و «خیلی بالا» براساس مرزهای طبقات مستخرج از شیوه‌ی شکست طبیعی^۳، تقسیم شد. پس از کلاس‌بندی سری‌های زمانی NHEI، در محیط نرم‌افزار IDRISI Selva شیوه‌ی روندیابی خطی اجرا گردید. این تکنیک روندیابی، مقادیر ضریب تعیین یا R^2 ، شیب و عرض از مبدأ را از طریق ایجاد رگرسیون خطی بین مقادیر پیکسل‌ها در تصاویر سری زمانی، به صورت رسترهایی در اختیار قرار می‌دهد، به ازای هر یک از پارامترهای R^2 ، شیب و عرض از مبدأ یک رستر تولید می‌شود، بنابراین در مجموع با اعمال این تابع سه خروجی رستری حاصل می‌گردد.

۳- بحث

در بخش ۲ مراحل ایجاد NHEI تشریح شد. در نگاره ۶ تصاویر میانگین سالانه NHEI از سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۳ ارائه شده است.

با توجه به اینکه شاخص توسعه داده شده نشانگر تغییرات و ارتباط پارامترهای محیطی دما، رطوبت و پوشش گیاهی است بنابراین می‌تواند برای بسیاری از کاربردهای مرتبط با وضعیت سلامت محیط مفید باشد؛ لذا در این

و همبستگی خطی میان دما و پوشش گیاهی در آنها محاسبه گردید (نگاره ۳). نتایج حاکی از وجود یک رابطه معکوس میان دو متغیر مذکور بود. ضمن اینکه رابطه دو به دوی NHEI با NDVI و دمای سطحی زمین در نقاط تصادفی در نگاره‌های ۴ و ۵ آمده است که نشان دهنده همبستگی مثبت میان NHEI و NDVI و رابطه منفی میان NHEI و LST می‌باشد.

NHEI قطعاً نمی‌تواند در پهنه‌های آبی شاخص مفیدی قلمداد گردد زیرا دمای پایین و NDVI منفی این عوارض منجر به منفی شدن شاخص فوق می‌گردد و به همین منظور باید قبل از اعمال NHEI، عوارض آبی حذف گردند. در مطالعه حاضر با استفاده از محصول MOD44W پهنه‌های آبی حذف شدند.

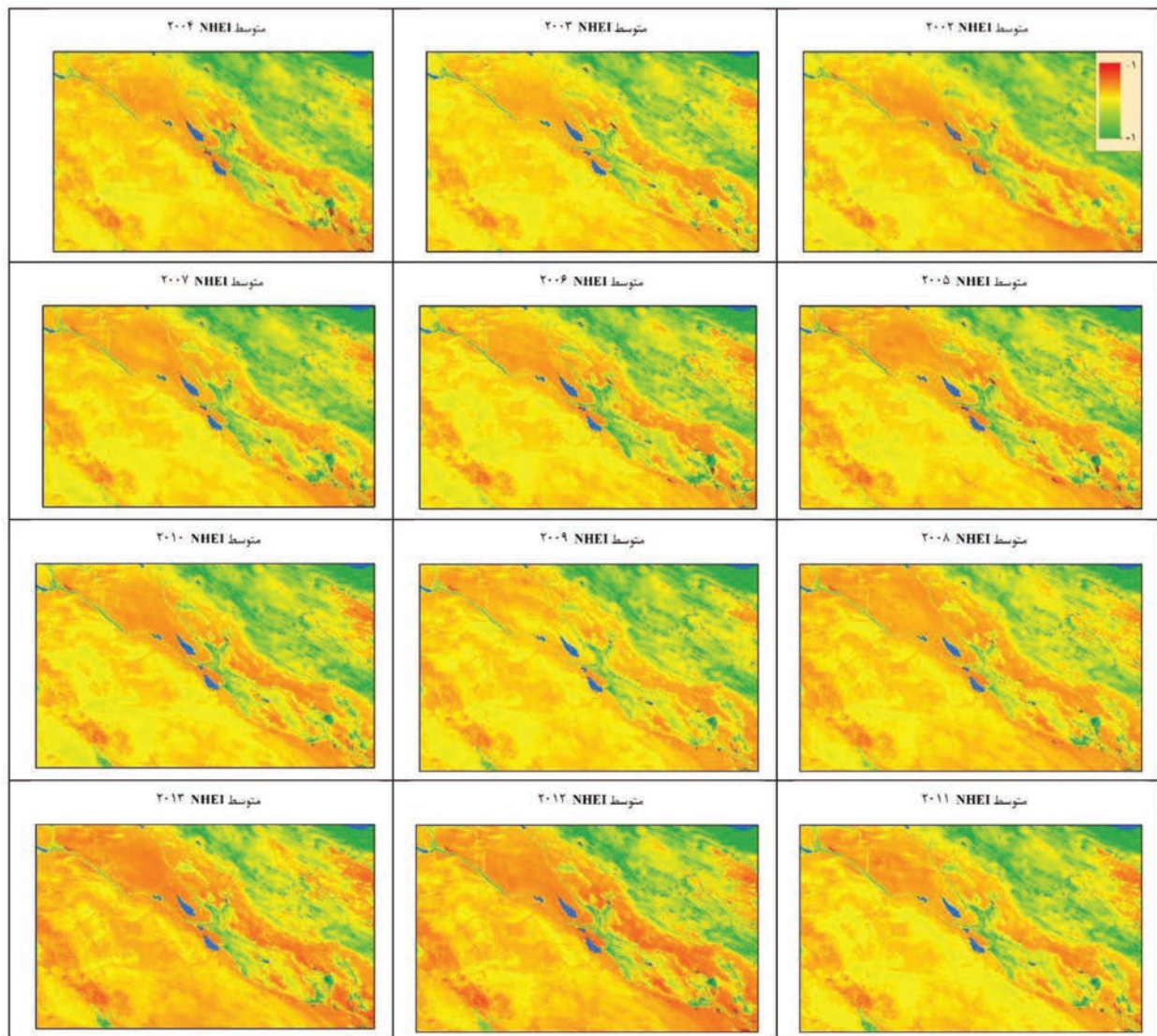
با استفاده از ۱۲۰ تصویر شاخص نرمال شده سلامت زیست محیطی در ۱۲ سال اخیر در محدوده‌ی غرب آسیا، روند تغییرات آن در این دوره‌ی زمانی، با توجه به تفکیک زمانی ۳۰ تا ۴۰ روزه، محاسبه گردید. به این منظور از شیوه خطی بودن^۱، جهت آشکارسازی روند تغییرات سری‌های زمانی تصاویر مربوط به NHEI استفاده شد.

استفاده از این تکنیک و روش‌های مشابه روندیابی منوط به کیفی نمودن پیکسل‌ها یا به عبارتی طبقه‌بندی تصاویر

2- Decision tree

3- Natural Break

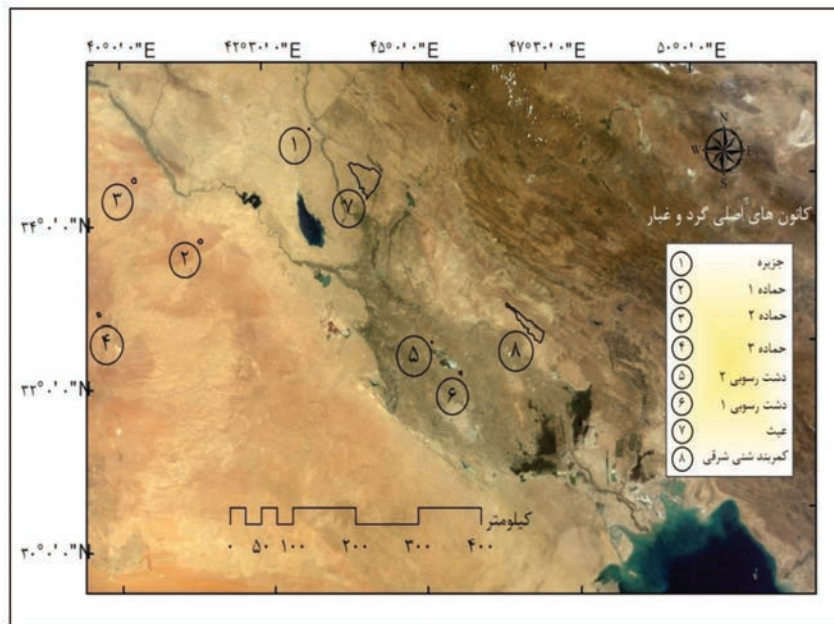
1- Linearity



نگاره ۶: میانگین سالانه سری‌های تصاویر NHEI از ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۳، نقشه‌های میانگین NHEI به صورت طیفی رنگی از قرمز تا سبز نشان داده شده است که به ترتیب از مقادیر پایین تا بالای NHEI را نشان می‌دهند.

پژوهش، قابلیت‌های NHEI در ارتباط با کانون‌های گرد و غبار غرب آسیا مورد تطابق و بررسی قرار گرفت. طبق مطالعه‌ی درویشی بلورانی و همکاران در سال ۱۳۹۲، خشکی، کم‌آبی مفرط ناشی از عوامل طبیعی و انسانی و جنس خاک از مهم‌ترین عوامل ایجاد و تشدیدکننده‌ی خوشه‌های اصلی کانون‌های گرد و غباری دهه‌ی اخیر غرب آسیا محسوب می‌شوند (نگاره ۷). فرض بر این است که رفتار مکانی و زمانی شاخص توسعه داده شده ارتباط معنی داری با عوامل کلی مرتبط با کانون‌های منشأ گرد و غبار دارد؛ به عبارتی رفتار خشکی و وضعیت خاک در ارتباط با فرآیندهای بادبردگی و فرسایش بادی، با استفاده از پارامترهای پوشش گیاهی و دمای سطحی زمین قابل مدل کردن می‌باشند، به طوری که رفتارهای این دو متغیر محیطی به صورت توأم در شاخص NHEI منعکس و نمایان می‌شود.

میانگین NHEI از سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۳ انطباق



نگاره ۷: کانون‌های گرد و غبار غرب آسیا

مأخذ: مرکز اداره معلومات الكوارث والأرشيف الفضائي، ۲۰۱۴

به عنوان NDVI متوسط کل منطقه بیشتر می‌باشد و ۳-اصولاً NDVI اراضی لم یزرع و نیمه خشک، مشابه کانون‌های مورد مطالعه، که پوشش گیاهی تنک و ناچیزی دارند، هم می‌تواند مقادیری مثبت و کمتر از ۰/۴ را نشان دهد (Jensen 2004).

در صورتی که همین مقادیر هم می‌تواند برای مناطقی غیر از کانون‌ها تحقق یابد، لذا NDVI آن تطابقی که میان NHEI و کانون‌های گرد و غبار است را نمی‌تواند از خود بروز دهد.

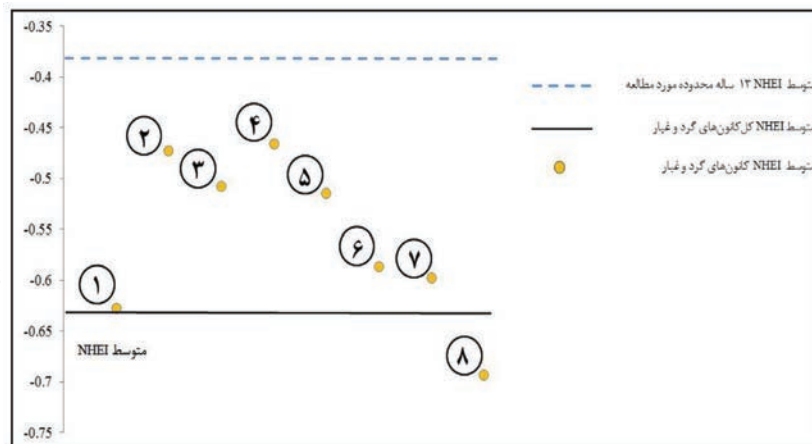
جدول ۳: مشخصات کانون‌های معرفی شده گرد و غبار در محدوده مورد مطالعه

مساحت برآورد شده (کیلومتر مربع)	متوسط NHEI	کانون‌های گرد و غبار
۲۲/۲۴	-۰/۴۷۳۱	حماده ۱
۳۷/۸۳	-۰/۵۰۷۷	حماده ۲
۳۰/۵۳	-۰/۴۶۵۷	حماده ۳
۶۵۰/۹۴	-۰/۶۹۳۴	کمربند شنی شرقی
۱۷/۱۷	-۰/۵۸۶۳	دشت رسوبی ۱
۳/۸۰	-۰/۵۱۴۲	دشت رسوبی ۲
۳/۱۴	-۰/۶۲۷۵	جزیره
۱۱۹۳/۴۷	-۰/۵۹۷۷	عبت

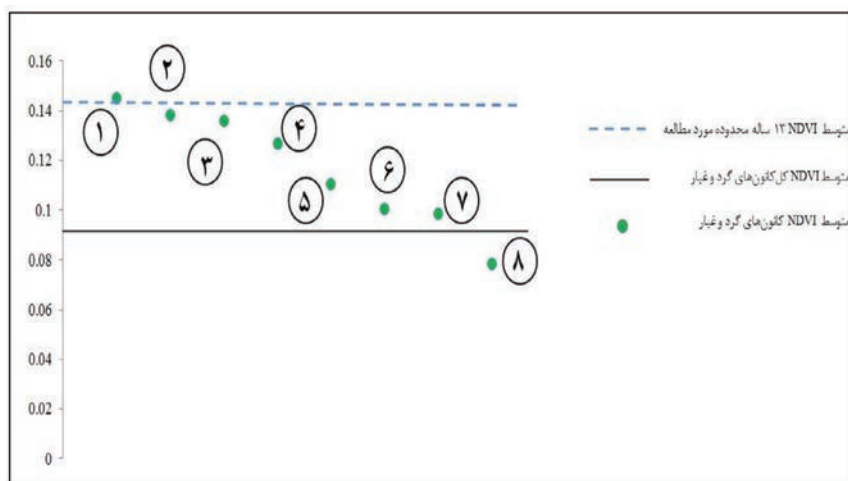
مأخذ: مرکز اداره معلومات الكوارث والأرشيف الفضائي، ۲۰۱۴

بالایی با کانون‌های گرد و غبار معرفی شده توسط مرکز اداره معلومات الكوارث والأرشيف الفضائي در عراق دارد. این یافته از مقایسه NHEI متوسط ۸ کانون شناخته شده گرد و غبار که ۰/۶۳۰۲- بود و NHEI متوسط هر کانون به صورت مجزا (جدول ۳) با میانگین ۱۳ ساله NHEI در محدوده مورد مطالعه، ۰/۳۸۷۵-، استنتاج شد.

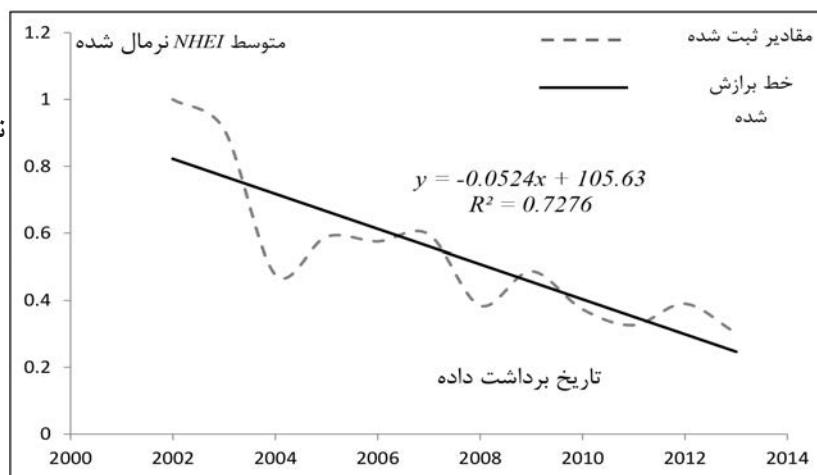
به عبارتی ارزش‌های پایین‌تری برای متوسط NHEI کانون‌ها، در دو حالت مجتمع و منفرد، نسبت به متوسط NHEI منطقه مورد پژوهش ثبت شد که گویای انطباق بالای کانون‌ها و نواحی با کمترین NHEI می‌باشد (نگاره ۸). برای بررسی کارایی NDVI، تطابق‌سنجی فوق میان NDVI و کانون‌های گرد و غبار نیز بررسی شد که در نگاره ۹ نشان داده شده است. همان‌طور که از نگاره فوق‌الذکر پیداست هر چند متوسط NDVI در اغلب کانون‌ها کمتر از NDVI متوسط کل منطقه مطالعاتی می‌باشد ولی به دلایل: ۱- اختلاف کمی که میان NDVI متوسط کل و NDVI متوسط کانون‌ها وجود دارد، ۲- در برخی کانون‌ها این اختلاف کم هم وجود ندارد و حتی NDVI متوسط کانون گرد و غبار از NDVI متوسط کل منطقه می‌تواند پیشی گیرد مانند آنچه که در مورد NDVI متوسط کانون جزیره مشاهده می‌شود که با مقدار ۰/۱۴۵۲ از ۰/۱۴۳۸



نگاره ۸: مقایسه NHEI متوسط کانون‌های گردوغبار و منطقه مورد مطالعه، برای نام کانون‌ها به نگاره ۷ رجوع شود.



نگاره ۹: مقایسه NDVI متوسط کانون‌های گرد و غبار و منطقه مورد مطالعه، برای نام کانون‌ها به نگاره ۷ رجوع شود



نگاره ۱۰: روند متوسط NHEI نرمال شده

با شیب ملایمی، برای بسیاری از پیکسل‌های محدوده مورد مطالعه نزولی است، ضمناً میانگین NHEI برای داده‌های سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۳، به عنوان سال‌های آغازین و پایانی سری‌های زمانی، به ترتیب ۰/۳۲۵۱- و

روند یابی پیاده شده، برای تصاویر طبقه‌بندی شده (نگاره ۶) مربوط به سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۳ و از نوع خطی بود. با روند یابی سری‌های زمانی تصاویر طبقه‌بندی شده NHEI مشخص شد که روند کلی شاخص مذکور

در سطوح منطقه‌ای می‌توانند ریشه در روند تغییرات دو پارامتر مذکور داشته باشند، توسعه‌ی NHEI جهت توضیح و روندیابی متغیرهای ذکر شده، قابلیت بسیار بالایی را در این زمینه نشان داده است.

NHEI با اینکه نمی‌تواند به عنوان یک پارامتر فیزیکی محض و دارای یکای مشخصی مانند LST فرض شود اما به دلیل منعکس نمودن توأمان اثرات NDVI و LST و نیز سادگی و همبستگی قوی آن با پارامترهای محیطی، می‌تواند به عنوان یک شاخص مرجع و قابل اعتنا جای خود را در تحقیقات محیطی در مقیاس‌های محلی و کلان باز نماید، به طوری که مقادیر آن به ازای پوشش‌های مختلف اراضی متمایز می‌باشد.

یکی از نتایج این مطالعه از اجرای شیوه‌ی روندیابی خطی میان تصاویر NHEI‌های توسعه داده شده برای سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۳، به منظور شناسایی روند تغییرات شاخص فوق در دوره‌ی زمانی مذکور، حاصل گشت. با همبستگی قوی میان خط برازش داده شده و داده‌های NHEI، تأیید شد که شاخص با شیبه‌ی ملایم و نزولی در بسیاری از مناطق همراه بوده است.

این امر مؤید روندی صعودی در گسترش شدت و محدوده‌ی مکانی بحران‌های محیطی مرتبط با شاخص توسعه داده شده است. از دیگر یافته‌های پژوهش حاضر تطابق سنجی میان نواحی دارای مقادیر پایین NHEI و کانونهای گرد و غبار غرب آسیا می‌باشد.

نتایج نشان داد که در همه‌ی کانون‌ها متوسط NHEI، در دو حالت کلی و منفرد، به صورت معنی‌داری پایین‌تر از متوسط NHEI ناحیه مورد مطالعه است، در صورتی که چنین رابطه معنی‌داری برای شاخص گیاهی چون NDVI تأیید نشد.

به عنوان پیشنهادی برای مطالعات آینده باید در نظر داشت که استفاده از داده‌ها و الگوریتم‌های دیگر در تلفیق با NHEI می‌تواند به عنوان موضوعی برای تحقیقات آینده در جهت نیل به کارایی بالاتر شاخص توسعه داده شده،

۰/۴۴۵۳- می‌باشد. روند کلی شاخص با برازش خطی از میان داده‌های دوره‌ی زمانی ۱۳ ساله با تعیین معادله رگرسیون خطی و پارامتر ضریب تعیین به صورت نزولی شناسایی شد (نگاره ۱۰).

۴- جمع بندی و نتیجه گیری

توسعه و ارائه شاخص‌های نوین سنجش از دوری به منظور پیوند دادن میان داده‌های دورسنجی و متغیرهای محیطی، جای خود را در تحقیقات اخیر سنجش از دور محیطی و کمی باز کرده است.

در مطالعه حاضر با استفاده از سه محصول MYD13A2، MYD11A2 و MOD44W، به ترتیب در بردارنده‌ی پارامترهای LST، NDVI و پهنه‌های آب‌های سطحی، پس از اعمال پردازش‌های لازم، شاخص نرمال شده‌ی سلامت محیط زیستی، NHEI، با پوشش دادن توأم متغیرهای دمای سطحی و پوشش گیاهی به عنوان منعکس کننده‌ی بسیاری از شرایط محیطی معرفی و ارائه شد. اگرچه رابطه‌ی NDVI و LST به عنوان مبنایی برای بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر رفتارهای حرارتی در محدوده‌های شهری در تحقیقات اخیر، مورد توجه قرار گرفته است. (Senanayake et al., 2013: 19-35. Amiri et al., 2009: 2606-2617, Jiang and Tian, 2010: 571-575 and Kumar, 2015: 1374-1380)

با این حال در زمینه بررسی و تلفیق این دو پارامتر بیوفیزیکی در سطوح منطقه‌ای نیاز به مطالعات نوین‌تری احساس می‌شود؛ هدفی که در این مطالعه مورد تأکید قرار گرفته است. نکته‌ی دیگری که باید مد نظر داشت این است که به طور کلی توسعه‌ی شاخص‌های سنجش از دوری برای مطالعه خاک و محیط بیوفیزیکی آن، به دلیل پیچیدگی رفتار طیفی خاک و وابستگی آن به پارامترهای فیزیکی و شیمیایی چون بافت، رنگ، رطوبت و ناهمواری خاک بسیار چالش برانگیز است (Deng et al, 2015:40-48).

با این وجود، با فرض اینکه که بسیاری از تغییرات محیطی از جمله خشکسالی‌ها و طوفان‌های گرد و غبار

لحاظ گردد. مختلف پوشش گیاهی و آب با استفاده از سنجش از دور، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، سال سی و هشتم، شماره ۵۸، صص. ۸۱-۹۹.

۷. مرکز إدارة معلومات الكوارث والأرشیف الفضائی، ۲۰۱۴، البرنامج الوطني لمكافحة الغبار في العراق، بغداد.

8. Amiri, R., Weng, Q., Alimohammadi, A., Alavipannah, S. K. 2009. Spatial-temporal dynamics of land surface temperature in relation to fractional vegetation cover and land use/cover in the Tabriz urban area, Iran. *Remote Sensing of Environment*, 113: 2606-2617.

9. Anderson, M. C., Norman, J. M., Kustas, W. P., Houborg, R., Starks, P. J., & Agam, N. 2008. A thermal-based remote sensing technique for routine mapping of land-surface carbon, water and energy fluxes from field to regional scales. *Remote Sensing of Environment*, 112: 4227-4241.

10. Deng, Y., Wu, C., Li, M., & Chen, R. 2015. RNDISI: A ratio normalized difference soil index for remote sensing of urban/suburban environments. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 39: 40-48.

11. Diker, K. 1998. Use of geographic information management systems (GIMS) for nitrogen management. Ph. D. Thesis, Department of Chemical and Bioresource Engineering, Colorado State University, Spring 1998.

12. Duan, S. B., Li, Z. L., Tang, B. H., Wu, H., & Tang, R. 2014. Generation of a time-consistent land surface temperature product from MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, 140: 339-349.

13. Gallo, K. P., McNab, A. L., Karl, T. R., Brown, J. F., Hood, J. J., & Tarpley, J. D. 1993. The use of a vegetation index for assessment of the urban heat island effect. *Remote Sensing*, 14: 2223-2230.

14. Gorgani, S. A., Panahi, M., & Rezaie, F. 2013. The Relationship between NDVI and LST in the urban area of Mashhad, Iran. In *International Conference on*

پیشنهاد دیگر برای مطالعات پارامترهای محیطی با استفاده از سنجش از دور، دخیل نمودن عوامل و آثار انسانی می‌باشد که می‌تواند در تطابق بالاتری با واقعیت موجود به منظور مدل‌سازی و پیش بینی در آینده به کار آید.

منابع و مآخذ

۱. ام می تر پ، ۲۰۰۴. پردازش کامپیوتری تصاویر سنجش از دور، ترجمه امینی، جلال، ۱۳۸۸، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

۲. درویشی بلورانی ع، س. ا. نبوی، ح. بهرامی، س. ک. علوی پناه، ح. محمدی، ر. خندان و ح. جلیلیانی، ۱۳۹۲. مطالعه و بررسی اولیه کانون‌های فعال گردوغبارهای فراگیر در غرب آسیا (با تأکید بر طوفان‌های ورودی به ایران)، پژوهشکده ژئوانفورماتیک دانشگاه تهران و معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری - ستاد توسعه فناوری آب، خشکسالی، فرسایش و محیط زیست، تهران.

۳. رضایی مقدم م. ح.، ولی زاده کامران، ه. رستم زاده و ع. رضایی، ۱۳۹۱. ارزیابی کارایی داده‌های سنجنده‌ی MODIS در برآورد خشکسالی (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبریز دریاچه ارومیه)، جغرافیا و پایداری محیط، سال دوم، شماره ۵، صص. ۳۷-۵۲.

۴. شکیبیا ع. ر.، پ. ضیائیان فیروزآبادی، د. عاشورولو، س. نامداری، ۳۸۸، تحلیل رابطه کاربری اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران با استفاده از داده‌های ETM+، سنجش از دور و GIS ایران، سال اول، شماره اول، ۳۹-۵۶.

۵. شمسی پور ع. ا.، س. ک. علوی پناه، ح. محمدی، ۱۳۸۹. بررسی کارایی شاخص‌های گیاهی و حرارتی ماهواره‌ای NOAA-AVHRR در تحلیل خشکسالی منطقه‌ی کاشان، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، سال هفدهم، شماره‌ی ۳، صص. ۴۶۵-۴۴۵.

۶. علوی پناه س. ک.، ع. رفیعی امام، س. ز. حسینی و م. ج. بیگلر، ۱۳۸۵. بررسی تغییرپذیری طیفی پدیده‌های

- T., 2013, Generation of a time-consistent land surface temperature product from MODIS data, *Remote Sensing of Environment*, 140:339- 349.
24. Shunlin, L., 2004, *Quantitative Remote Sensing Of Land Surfaces*, Wiley Interscience Publication.
25. Solaimani, K., F. Shokrian, R. Tamartash & M. Banihashemi. 2011. Landsat ETM+ Based Assessment of Vegetation Indices in Highland Environment. *Journal of Advances in Developmental Research*, 2: 5-13.
26. Sun, D., & Kafatos, M. 2007. Note on the NDVI LST relationship and the use of temperature related drought indices over North America. *Geophysical Research Letters*, 34.
27. Wilhite, D. A. 2000. Drought as a natural hazard: concepts and definitions. *Drought, a global assessment*, 1: 3-18.
28. Wang, Z., Schaaf, C. B., Strahler, A. H., Chopping, M. J., Román, M. O., Shuai, Y., & Fitzjarrald, D. R. 2014. Evaluation of MODIS albedo product (MCD43A) over grassland agriculture and forest surface types during dormant and snow-covered periods. *Remote Sensing of Environment*, 140: 60-77.
29. Wan, Z. 2014. New refinements and validation of the collection-6 MODIS land-surface temperature/emissivity product. *Remote sensing of Environment*, 140: 36-45.
- Civil Engineering Architecture & Urban Sustainable Development.
15. Goward, S. N., Cruickshanks, G. D., & Hope, A. S. 1985. Observed relation between thermal emission and reflected spectral radiance of a complex vegetated landscape. *Remote Sensing of Environment*, 18: 137-146.
- Gudina, L. F., Henrik, m., Rasmus, F., Simon, R, P., 2013, Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery, *Remote Sensing of Environment*, 140: 23-35.
16. Jensen, J. R. (1995). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. University of South Carolina, Third Edition.
17. Jiang, J., & Tian, G. 2010. Analysis of the impact of Land use / Land cover change on Land Surface Temperature with Remote Sensing. *Procedia Environmental Sciences*, 2: 571-575.
18. Karnieli, A., Agam, N., Pinker, R. T., Anderson, M., Imhoff, M. L., & Gutman, G. G. 2010. Use of NDVI and land surface temperature for drought assessment: Merits and limitations. *Journal of Climate*, 23: 618-633.
19. Kumar, D. 2015. Remote Sensing Based Vegetation Indices Analysis to Improve Water Resources Management in Urban Environment. *Aquatic Procedia*, 4: 1374-1380.
20. Liang, S., Li, X., & Wang, J. (Eds.). (2012). *Advanced Remote Sensing: Terrestrial Information Extraction and Applications*. Academic Press.
21. Quan, W., Samuel, A., John, t., Andre, G., 2005, On the relationship of NDVI with leaf area index in a deciduous forest site, *Remote Sensing of Environment*, 4: 244-255.
22. Senanayake, I. P., Welivitiya, W. D. D. P., Nadeeka, P. M. 2013. Remote sensing based analysis of urban heat islands with vegetation cover in Colombo city, Sri Lanka using Landsat-7 ETM+ data. *Urban Climate*, 5: 19-35.
23. Si, B, D., Zha, L, L., Bo, H, T., Hua, W., Ronglin,

