کاربرد سنجش از دور در بررسی توزیع جوامع گیاهی و جانوری، پایش فاکتور های محیطی موثر بر تنوع و تحرک جانوران، تحلیل داده های ماهواره ای در مطالعات اکولوژیکی

محمدصادق کریمی، فربد کیوان فر، فاطمه طباطبایی یزدی، دانیال صفای نیکو

1-دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت و حفاظت تنوع زیستی، دانشگاه فردوسی مشهد
2-دانشجوی کارشناسی مهندسی طبیعت، دانشگاه فردوسی مشهد
3-استادیار گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد
4-دانشجوی کارشناسی مهندسی طبیعت، دانشگاه فردوسی مشهد
Karimi.msadegh77@gmail.com

چکیده:

امروزه سنجش از دور امکان شناسایی، درک و تجزیه و تحلیل پدیده ها را به دلیل توانایی بالا و توسعه این علم برای پژوهشگران تسهیل کرده است. تکنیک سنجش از دور می تواند داده های مربوط به فاکتور های محیطی اثر گذار بر توزیع، تنوع و تحرک گونه های حیات وحش را در کمترین زمان در اختیار محققان قرار دهد. در مطالعات اکولوژی حیات وحش پایش اثر فاکتور های محیطی و فاکتور های تهدید برای گونه های حیات وحش اهمیت زیادی داشته و پردازش تصاویر ماهواره ای و آنالیز شاخص ها و الگوریتم ها می تواند این کار را برای اطلاع از وضعیت حفاظتی انان در اختیار کارشناسان قرار دهد. نقشه های حاصل از پردازش تصاویر ماهواره ای می توانند به عنوان داده های ورودی به مدل های توزیع گونه امکان پیش بینی توزیع آنان را در سرزمین فراهم می سازد. در این مقاله به معرفی و چگونگی تاثیر فاکتور های محیطی بر توزیع، تحرک و تنوع گونه های حیات وحش در پهنه های زیستگاهی پرداخته شده است.

واژگان کلیدی:

سنجش از دور، تنوع زیستی، توزیع، محیط زیست، متغیر های زیستگاهی

مقدمه:

امروزه اهمیت تنوع زیستی برای بشریت بیشتر از گذشته مورد توجه قرار گرفته است. چرایی اهمیت و اقدامات حفاظتی برای محققان، کنشگران، شهروندان و جوامع بومی محرز و تا حد زیادی تبیین شده است. قطعه قطعه شدن زیستگاه ها، تخریب، برداشت بی رویه، عدم مدیریت درست و منطقی، بی توجهی به ارزیابی و آمایش سرزمین خسارات زیادی از جمله از دست رفتن زیستگاه های با ارزش، کاهش جمعیت و انقراض هایی در سطح محلی و یا جهانی به بار آورده است. فعالیت های انسانی یکی از عوامل مهم تهدید گونه ها و زیستگاه ها به شمار می رود (سلمان بیاتی و رشتیان، 1394). بررسی توزیع و فراوانی گونه های گیاهی و جانوری و همبستگی آنها با متغیر های زیستگاهی در مطالعات اکولوژیکی، حیات وحش، تنوع زیستی و ... بسیار حائز اهمیت بوده و پژوهشگران همواره به دنبال روش های پیشرفته و دقیق این پارامتر ها بوده و خواهند بود. سنجش از دور به عنوان ابزاری کارآمد و موثر از حیث زمان و هزینه می تواند به بررسی توزیع و فراوانی جوامع گیاهی و جانوری در مقیاس های متفاوت مطالعاتی کمک کند. البته کاربرد سنجش از دور تنها به این موارد در محیط زیست محدود نشده و امروزه تحقیقات زیادی برای پایش آلاینده های هوا، پایش های جوی، آنومالی سطحی آب دریاها و اقیانوس ها، بررسی روند تغییرات دینامیک پهنه های آبی، مساحت پهنه ها، آتش سوزی جنگلی، سطح زیر کشت، شوری، گرد و غبار، فرونشست های زمین، بررسی خاک و فاکتور های آن، جزایر حرارتی و مطالعات تراکم جمعیتی در سرتاسر جهان انجام می شود (سازمان فضایی ایران، 1395؛ احراری،1398؛ سعدی فرد و کیانی صدر، 1387؛ علوی پناه، 1383؛ علوی پناه و همکاران، 1390). مدل هایی توزیع مانند سری هندسی، لوگ نرمال، سری لگاریتمی و عصای شکسته در مطالعات مربوط به تنوع زیستی برای بررسی تغییرات تنوع گونه ای در پژوهش ها حائز اهمیت می باشد (معتمدی و شیدای کرکج، 1393). همچنین توزیع گونه ها برای بررسی تغییرات توزیع فراوانی آشیان اکولوژیکی گونه های گیاهی در مراحل مختلف توالی اکولوژیکی هم به کار می رود (فیض آبادی و همکاران، 1396). پایش حضور افراد با فروانی در سطوح مختلف با استفاده از مدل های توزیع و فروانی و آنالیز های آماری مانند کای اسکویر می تواند سطح تنوع گونه ای در مناطق مطالعاتی را برآورد کرده و متناسب با آنها اقدامات حفاظتی موثری تعریف شود (ابراهیمی و پور بابایی، 1393). به طور عمده حضور گونه های بیشتر در زیستگاه ها اکوسیستم را از نظر ساختاری پیچیده کرده و مقاومت آن را در مقابل تغییرات انسانی و طبیعی افزایش خواهد داد. خوشبختانه امروزه مطالعات تنوع زیستی مراتع کشور با استفاده از داده های سنجش از دور و در گام های بعدی تهیه نقشه های تنوع گونه ای و مدیریت حفاظتی و استراتژیکی عرصه های طبیعی انجام می شود (سازمان فضایی ایران، 1400). بحث بسیار پر اهمیت در خصوص استفاده از تکنیک ها و داده های سنجش از دور دریافت داده ها در کمترین زمان با کمترین هزینه ها بوده که در گام های بعدی مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهند گرفت. داده های دور سنجی می تواند امکان بررسی روند تغییرات را برای محقق به خوبی فراهم سازد (عبداللهی و همکاران، 1385؛ سلمان بیاتی و رشتیان، 1394). روش هایی مانند استفاده از ناهمگونی بافت تصویر و پردازش سهم هر پدیده در هر پیکسل در پایش تنوع گونه های گیاهی کاربرد داشته و همچنین در خصوص بررسی فاکتور های محیطی بر توزیع جانوران هم پردازش تصاویر ماهواره ای برای شاخص پوشش گیاهی، شاخص افزایش پوشش (EVI)، تاج پوشش، تغییرات جهانی عرصه های جنگلی، برآورد دمای سطح زمین، شاخص نرمال پهنه آبی، شاخص نرمال فتوپلانکتونی (NDPI)، شاخص نرمال شده تفاوت کدورت (NDTI)، شاخص آب (WI) و MNDWI مورد استفاده قرار خواهند گرفت (رومیانو و همکاران، 2020؛ هاردیسکی و همکاران،1983؛ گائو،1996؛ فیسا و همکاران،2014). با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره ای و تحلیل شاخص های سنجش از دور می توان تاثیر فاکتور های زیستگاهی بر تحرک و توزیع جانوران را مورد پایش قرار داد. عوامل محیطی نظیر آب سطحی، بارندگی، آتش سوزی بخش هایی از پهنه سرزمینی و تغییرات پوشش گیاهی که بر جابجایی و توزیع جانوران موثر می باشند، با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره ای و در نظر گرفتن دوره حرکت، قدرت تفکیک مکانی و زمانی، باند های طیفی و دسترسی داده ها قابل پایش خواهند بود.

1.آماده سازی داده ها با وضوح متفاوت سنجنده ها

1.1.دریافت داده های ماهواره ای با وضوح مختلفی که مربوط به سنجنده می شود مورد استفاده قرار خواهند گرفت. ماهواره های NOAA، MODIS، Suomi NPP و Envisat MERIS Sentinel-3 با وضوح کم و Landsat، Sentinel-2 و Aster با وضوح متوسط و ماهواره های SPOT، Ikonos Rapidely ZY-3 و GF-1/GF-2، Quickbird، WorldView، Geoeye و Pleades Skysat با وضوح بالا در مطالعات اکولوژیکی مورد استفاده قرار خواهند گرفت (رومیانو و همکاران، 2020؛ نایدو و همکاران،2020؛ برو و همکاران،2008؛ زنگیا و همکاران،2015؛ کاستا و همکاران،2017؛ زنگیا و همکاران،2014).

جدول1. مشخصات سیستم های ماهواره ای برای جمع آوری داده های رصد زمین

وضوح سنجنده	ماهواره	وضوح	دوره بازگشت	باند های طیفی	دسترسی
پایین	NOAA	1.1 km	دو بار در روز	5	1978–حال
	MODIS	250m/500m/1 km	دو بار در روز	36	1999–حال
	Suomi NPP	375m	دوبار در روز	22	2012–حال
	Envisat MERIS	750m	سه روز	15	2002–2012
	Sentinel-3	300 m	دو روز	21	2016–حال
متوسط	Landsat	15m/30m/60-100m	16 روز	4–11	1972–حال
	Sentinel-2	20m/60m	5 روز	13	2015–حال
	Aster	15m/30m/90m	16 روز	14	1999–حال
بالا	Spot	1.5-2.5m/6-10m	26 روز	4–5	1986–حال
	Ikonos Rapidely	1m/4m/5m	1–5.5 روز	5	1995–2015
	ZY-3	2.1m/5.8m	5 روز	5	2008–حال
	GF-1/GF-2	5m	4–5 روز	4	2012–حال
	Planetscope-DOVEs	3m	روزانه	5	2013–حال
				4	2017–حال
	Quickbird	0.61m/2.24m	2.7 روز	5	2001–2015
	WorldView	0.31m/1.24m	1–4روز	4–17	2007–حال
	Geoeye	0.41/1.64m	3 روز	5	2008–حال
	Pleaides	0.7m/2.8m	کمتر-روزانه	5	2011–حال
	Skysat	0.9m/2m	کمتر- روزانه	5	2012–حال

2.1.تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از الگوریتم های طبقه بندی تصاویر ماهواره ای

فراهم کردن نقشه کاربری اراضی در مطالعات محیط زیستی دارای اهمیت بسیار زیادی می باشد. با استفاده از دریافت و طبقه بندی تصاویر ماهواره ای می توان این نقشه را تهیه نمود. روش های گوناگونی برای طبقه بندی تصاویر ماهواره ای به منظور تنظیم نقشه کاربریاراضی وجود داشته که هر یک دارای مزایا و معایت خاص خود بوده و متناسب با نوع هدف مطالعاتی و ملاحظات پژوهشی انتخاب خواهد شد. روش طبقه بندی ماشین بردار پشتیبان شبکه عصبی، فاصله ماهالانویی، حداکثر احتمال، واگرایی طیفی، حداقل فاصله از میانگین، نقشه زاویه طیفی، سطوح موازی و کد های باینری به کار رفته و روش ماشین بردار پشتیبان نسبت به سایر روش های مذکور دارای دقت بالاتری می باشد (یوسفی و همکاران،1393).

2.سنجش از دور و تنوع زیستی

پایش فاکتور های محیطی تاثیر گذار بر تنوع زیستی با استفاده از تکنیک سنجش از دور، روشی مقرون به صرفه از نظر هزینه و زمان می باشد. داده هایی که می توان با استفاده از آنها متغیر های موثر بر تنوع زیستی را بررسی نمود عبارتند از: پوشش گیاهی (LAI، FVC، NDVI و FAPAR)، غنای گونه ای پرندگان یا پستانداران (مرور منابع و تحلیل های آماری) و داده های منطقه بندی عملکرد اکولوژیکی (دیتابیس های منطقه ای) و سایر آنالیز های ماهواره ای مرتبط (لی و همکاران، 2019؛ پو همکاران، 2008؛ رن و همکاران، 2017؛ عبدی و همکاران، 2018).

3.سنجش از دور و مدل های توزیع گونه گیاهان

مدل های توزیع گونه به عنوان ابزار هایی کارآمد و مقرون به صرفه برای مطالعات اکولوژیکی گیاهان به کار می روند. پایش متغیر های محیطی تاثیر گذار بر تنوع زیستی جوامع گیاهی با استفاده از سنجش از دور اطلاعات گسترده ای در اختیار محققان قرار خواهد داد. شاخص های پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در مدل های پیش بینی مورد استفاده قرار خواهند گرفت. عملکرد مدل های پیش بینی را می توان با AUC و ضریب کاپا مورد سنجش قرار داد. می توان با کمک پردازش داده های ماهواره ای الگوهای توزیع گیاهان را با اثر گذاری شرایط محیطی و فعالیت های انسانی تجزیه و تحلیل نمود (تریبش و شونسوتر، 2003؛ گاسر و همکاران، 2009؛ مارر، 1998). داده های اقلیمی، پوشش گیاهی، زمین شناسی، متغیر های توپوگرافیک از جمله داده های ماهواره ای مورد استفاده در بررسی مدل های توزیع گونه های گیاهی به شمار می روند (پتورلی و همکاران، 2011؛ کارگر و همکاران، 2017؛ اوانز،2019). داده های توپوگرافیک مانند مدل رقوی ارتفاع (DEM)، شیب، خمیدگی، جهت، شاخص رطوبت توپوگرافیکی (TWI)، شاخص موقعیت توپوگرافیک (TPI)، شاخص زبری توپوگرافیک (TRI) و رطوبت خاک مورد استفاده قرار خواهند گرفت (گویسان و زیمرمن،2000؛ آماتولی و همکاران، 2018؛ رادولاو همکاران، 2018، دیدان و همکاران،2015).

جدول2. توصیف متغیر ها

متغیر	وضوح	متد
lst_bio2	250 m	Derived from MODIS LST
lst_bio6	250 m	Derived from MODIS LST
lst_bio7	250m	Derived from MODIS LST
bio8	30 s (~1 Km)	Downscaled model output of climate reanalysis
ndvi_mean	250 m	Calculated from MODIS NDVI time series
ndvi_sd	250 m	Calculated from MODIS NDVI time series
Geo	Shapefile	Derived from shapefile
Easting	10 m	Derived from ALS-DGM (Airborne Laserscan)
Northing	10 m	Derived from ALS-DGM (Airborne Laserscan
Swi	10 m	Derived from ALS-DGM (Airborne Laserscan)

tpi	10 m	Derived from ALS-DGM (Airborne Laserscan)

4.بررسی متغیر های محیطی و تاثیر آنها بر توزیع گونه ای

1.4.تغییرات پهنه آبی و تاثیر آن بر تحرک و توزیع جانوران

دسترسی به منابع آبی می تواند جابجایی حرکات علفخواران را محدود کند و همچنین اطلاعات مفیدی را در خصوص حضور آنها در نزدیکی این پهنه ها در اختیار محققان قرار دهد. به عنوان مثال بوفالو ها تقریبا تمام طول روز را در نواحی نزدیک به آب می گذرانند (اون اسمیت، 1996؛ اسمیت و همکاران، 2007؛ فریتز و همکاران،1996). با توجه به ویژگی های پهنه آبی که چه تیپ و اندازه ای داشته باشد اعم از رودخانه، برکه فصلی و ... می توان دسته های مختلفی از سنجنده ها را برای پردازش تصاویر ماهواره ای انتخاب کرد. شاخص های آب در سنجش از دور با محاسبه دو یا چند باند طیفی و ترکیب باند های مختلف استفاده می شود. وسعت، عمق، کدورت، پوشش گیاهی و ... در هر فضایی در بازتاب آب اثر خواهند گذاشت. حتی تشخیص چاله های مصنوعی آب در محیط های ناهمگن بیابانی با شاخص های طیفی و داده های ماهواره لندست قابل تشخیص خواهد بود (اون و همکاران، 2015؛ فیشر و همکاران، 2016). در محیط های ساوانا تشخیص آب سطحی از طریق سنجش از دور در مقیاس لنداسکیپ دشوار است. ماهواره های سنتینل 1 و 2 می تواند برای تشخیص آب های سطحی به کار رفته و شاخص های تمایز مانند MNDWI و NDWI را مورد تحلیل قرار داد (رکنی و همکاران، 2015؛ دو و همکاران، 2016؛ زینوتیز و همکاران، 2018؛ سیترس و همکاران، 2009). تصاویر رادار دیافگرام مصنوعی می توانند در شناسایی پهنه های آب سطحی با دقت های متفاوت به کار روند و همچنین که طبقه بندی های نظارت شده و نظارت نشده می توان دینامیک آب های سطحی را مورد مطالعه و پایش قرار داد (هس و همکاران، 2011؛ موسر و همکاران، 2014).

2.4.بارش و تحرک جانوران

در برخی از مناطق کره زمین پهنه های آبی وابسته به تغییرات فصلی بارش می باشند. طبیعی است که بیشترین بارش ها در فصل مرطوب اتفاق خواهد افتاد. جالب آنکه بررسی الگو های تحرک یا مهاجرت جانوران نشان داده است که در فصول خشک (مه تا اکتبر) بارندگی یا کم است یا اصلا وجود نداشته و دسترسی به منابع غذایی برای جانوران به شدت محدود خواهد شد و این موضوع در رفتار جانوران تغییراتی ایجاد خواهد کرد (کورنلیس و همکاران، 2011؛ دودمن و دیاگنا، 2007). بارش بر الگوی حرکت و چرای گاو ها تاثیر قابل توجهی دارد و از منظر رفتار شناسی در فصل مرطوب چرای غیر انتخابی خواهد داشت (کاستا و همکاران، 2017). پروداکت های TRMM، PERSIANN-CDR، GPCP، CMAP، TAMSAT V3.1، RFE2.0، MPE، GPM، MSWEP V2 و Cmorfh در پایش بارندگی با تکنیک سنجش از دور کاربرد خواهند داشت (بک و همکاران، 2019؛ فانک و همکاران، 2015؛ نولا و تیا، 2013؛ لا و همکاران، 2004؛ برجس و همکاران، 2010).

3.4.پوشش زمین و تحرک جانوران

پوشش زمین که شامل جنگل، آب های سطحی، خاک بر هنه، پوشش غیر طبیعی و تاسیسات و زیر ساخت های انسانی می باشد، بر جابجایی جانوران در پهنه سرزمینی اثر دارد. همچنین پوشش زمین بر دسترسی جانوران به منابع غذایی و همچنین سختار زیستگاه اثر گذاشته و در مطالعات اکولوژی حیات وحش و سایر رشته های مرتبط حائز اهمیت می باشد (اسمیت و میل، 2008؛ دوهرتی و دوریسکول،2018؛ تیرل و همکاران، 2017). برخی گونه هایی که جستجوی علوفه برای تغذیه دارند جایی که پوشش

گیاهی بتواند غذای آنها را تامین کند در آنجا حضور بیشتری داشته و می توان برای این گونه ها تغییرات مکانی و زمانی را مورد بررسی قرار داد (مکنزا و همکاران، 2004). همچنین باید در نظر داشت که تغییرات فصلی بر رژیم غذایی گونه ها تاثیر می گذارد (فورستنبورگ، 2010؛ شابالا و همکاران، 2009). حال برای ارزیابی پوشش سرزمین که در مطالعات اکولوژیکی مورد استفاده قرار می گیرد، سنجنده ها و تشعشات الکترو مغناطیسی پوشش سرزمین را مشخص خواهند کرد و قدرت تفیکیک مکانی، تابش پراکنده، وضوح طیفی و دسترسی به داده های ماهواره ای مورد بررسی محقق قرار خواهد گرفت (لاولند و همکاران،2000؛ کربن و همکاران، 2015).

4.4.تاثیر متغیر های محیطی بر جابجایی و توزیع گونه های جانوری با استفاده از سنجش از دور

با استفاده از تکنیک سنجش از دور می توان تاثیر متغیر های محیطی بر جابجایی سم داران را مورد بررسی قرار داد. پس از انتخاب منطقه مطالعاتی متناسب با هدف می توان بارش، دمای سطح زمین، خاک (بافت و ساختمان)، ژئومورفولوژی منطقه، پوشش گیاهی (نوع و شاخص)، مساحت آسیب دیده توسط جوندگان و ... را مورد پایش قرار داد (رومیانو و همکاران، 2020). همچنین می توان برای به دست آوردن میزان تاثیر هر متغیر زیستگاهی بر حضور گونه ها در یک منطقه با هدف مطلوبیت سنجی زیستگاهی از مدل سازی آنتروپی بیشینه (Maxent) استفاده کرد. لانگ هوی و همکاران (2022) در پژوهشی بر روی کاربرد داده های سنجش از دور مورد استفاده برای مدل سازی پیش بینی توزیع جوندگان در شمال کشور چین، داده های توپوگرافیک با وضوح مکانی 90 متر، داده های هواشناسی مانند دمای سطح زمین با وضوح مکانی 1 کیلومتری، داده های پوشش گیاهی مانند NDVI با وضوح مکانی 1 کیلومتری و داده های بافت خاک با وضوح مکانی 1 کیلومتری را مورد استفاده قرار دادند. برای نمایش بهتر پیچیدگی پدیده های چشم انداز می توان نقشه های پوشش خشک سفارسسی تهیه نمود و همچنین شاخص های نوری، پوشش گیاهی و آب به طور کارآمد می توانند طبقه بندی پوشش زمین را افزایش دهند (اروت و همکاران، 2018؛ لیو و همکاران، 2018؛ مانچ و همکاران، 2019).

5.پایش ماهواره ای آتش سوزی موثر بر الگو های جابجایی جانوران

آتش سوزی عرصه های طبیعی می تواند بر جابجایی گونه های گیاهخوار اثر گذار بوده و مستقیم یا غیر مستقیم منابع غذایی را تغییر خواهد داد (گولدامر،2004). کاهش مقدار علوفه در اثر آتش سوزی می تواند باعث مهاجرت گونه هایی علفخواری نظیر گاومیش ها شود. بنابراین الگوهای حرکت گونه های علفخوار تحت تاثیر وقوع آتش سوزی ها قرار خواهد گرفت. البته باید در نظر داشت گاها آتش سوزی های تجویز شده می تواند منجر به افزایش کیفیت زیستگاهی برای این گونه ها شود (ادادی و همکاران، 2017؛ آرچیبالد و بوند، 2004). با استفاده از سنجش از دور تشخیص حریق ممکن می باشد و البته اگر شدت آتش سوزی کم باشد و یا پیشرفت سریع آتش سوزی عرصه را در بر گیرد ممکن است در شناسایی اشکالاتی به وجود آید. توزیع مکانی و زمانی آتش سوزی و ارتباط آن با تحلیل های سوختگی در تصاویر قدری دشوار است (گیگلیو و همکاران، 2009). ماهواره مودیس می تواند با اطمینان کم، متوسط و زیاد تشخیص آتش سوزی را ممکن سازد (رومیانو و همکاران، 2020). پروداکت های آتش سوزی می توانند با وضوح 1 کیلومتری، 500 متری، 750 متر، 375 متر و در نهایت 250 متری به محققان داده جهت تشخیص بدهند (گیگلیو و همکاران، 2009؛ شرودر و همکاران2014؛ لوتس و همکاران، 2006).

6.تصحیح اتمسفری تصاویر ماهواره ای جهت داده های مربوط به پهنه آبی در مطالعات اکولوژیکی

برای تصحیح اتمسفری برای داده های پایش پهنه های آبی مورد مطالعه در پژوهش های اکولوژیکی می توان از الگوریتم هایی با استفاده از روابط ریاضیاتی برای تصحیح خطاهای رادیومتری حاصل از سنجنده ها، جهت و ارتفاع خورشید، خطاهای جوی و توپوگرافیکی استفاده نمود. به عنوان مثال می توان با استفاده از زاویه بین تابش خورشید و بردار عمود بر سطح زمین سایه ناشی از ناهمواری های سطح زمین را تصحیح نمود (رضایی و مومی پور،1395).

7.اعتبار سنجی تصاویر ماهواره ای (ماتریس خطا و ضریب کاپا)

طبقه بندی تصاویر بر اساس هر کلاس صورت می گیرد و کیفیت کلاس های مستخرج شده باید مورد بررسی قرار بگیرند. اعتبار سنجی از طریق قیاس داده های طبقه بندی شده با نمونه های صحیح یا همان مرجع حاصله از نمونه برداری زمینی با مرجع برتر صورت میگیرد که به این منظور یک ماتریس خطا ایجاد و فاکتور های مختلف در ارتباط با اعتبار سنجی محاسبه خواهند شد. فاکتور پر کاربرد دیگر برای اندازه گیری دقت ضریب کاپا می باشد که میزان دقت را بر اساس کلیه پیکسل هایی که صحیح و غلط طبقه بندی شده اند را محاسبه می نماید (احراری، 1396).

نتیجه گیری:

استفاده از تکنیک سنجش از دور در مطالعات اکولوژی حیات وحش مانند بررسی متغیر های محیطی بر توزیع و تحرک گونه ها در پهنه های سرزمینی در مدت زمان کم اهمیت فراوانی دارد. همچنین می توان با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره ای و آنالیز شاخص ها تاثیر متغیر های محیطی مانند پوشش گیاهی، خاک، شاخص های توپوگرافیک، مدل رقومی ارتفاع و ... را بر تنوع گونه ای گیاهی و جانوری را مورد بررسی قرار داد. به طور کلی کاربرد سنجش از دور در محیط زیست تنها به توزیع و جابجایی گونه های حیات وحش محدود نشده و در این حوزه ها بسیار گسترده و مقرون به صرفه خواهد بود. زمانیکه ما درک درستی از توزیع گونه ها در سرزمین همراه با اثر فاکتور های محیطی و فاکتور های تهدید از سوی فعالیت های انسانی داشته باشیم، می توانیم برنامه ها و اقدامات مدیریتی و حفاظتی موثر با کارایی و اثر بخشی مطلوب اتخاذ کنیم. سنجش از دور و فتوگرامتری می تواند در حوزه های مختلف محیط زیست مانند ارزیابی و آمایش سرزمینی و آلودگی های محیطی اطلاعات مفیدی در اختیار محققان گذاشته و به توسعه دانسته ها در حیطه های مختلف علمی کمک نماید.

منابع و مآخذ:

ابراهیمی، س و پوربابایی، ح. 1393. بررسی اثرات حفاظت بر تنوع گونه ای گیاهان با استفاده از مدل های توزیع فراوانی (مطالعه موردی: ماسال، گیلان). چهارمین کنفرانس بین المللی چالش های زیست محیطی و گاهشناسی درختی.

یوسفی، ص و تازه، م و میرزایی، س و مرادی، ح و توانگر، ش. 1393. مقایسه الگوریتم های مختلف طبقه بندی تصاویر ماهواره ای در تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: شهرستان نور). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی کاربرد سنجش از دور وGIS در علوم منابع طبیعی. دوره5. شماره3.

رضایی، ف و مومی پور، م. 1395. الگوریتم های تصحیح اتمسفری مناسب تصاویر ماهواره ای برای پهنه های دریایی. دومین همایش ملی توسعه پایدار دریا محور.

سلمان بیاتی، طاهره و رشتیان، الف. 1394. سنجش از دور و محیط زیست. سومین همایش ملی پژوهش های محیط زیست و کشاورزی ایران.

علوی پناه، س، ک.1383. کاربرد سنجش از دور حرارتی در مطالعات محیط زیست. مجله محیط شناسی. شماره 34.

علوی پناه، س، ک و گودرزی مهر، س و خاکباز، ب.1390. فناوری سنجش از دور حرارتی و کاربرد آن در شناسایی پدیده ها. نشریه نشا. سال2. شماره1.

عبداللهی، ج و رحیمیان، م،ح و دشتکیان، ک و شادان، م. 1385. بررسی اثرات محیط زیستی کاربری اراضی بر روی پوشش گیاهی مناطق شهری با به کار گیری تکنیک سنجش از دور. علوم تکنولوژی محیط زیست. شماره29.

سعیدی فرد، م و کیانی صدر، م.1387. کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور و ارائه راه حل مدیریتی. محیط شناسی. شماره57.

معتمدی، ج و شیدای کرکج، الف. 1393. مدل مناسب توزیع فراوانی تنوع گونه ای در سه شدت چرایی متفاوت در مراتع دیزج بطچی آذربایجان غربی. مرتع و آبخیزداری. دوره 67. شماره1.

فیض ابادی، محسن و طهماسبی، پ و امیدی پور، ر و ظفریان، الف. 1396. تغییر در توزیع فراوانی آشیان اکولوژیک گونه های گیاهی در طی مراحل مختلف توالی. فصلنامه بوم شناسی کاربردی. دوره6. شماره3.

Arraut, E.M.; Loveridge, A.J.; Chamaillé-Jammes, S.; Valls-Fox, H.; Macdonald, D.W. The 2013–2014 vegetation structure map of Hwange National Park, Zimbabwe, produced using free satellite images and software. Koedoe Afr. Prot. Area Conserv. Sci. 2018, 60.

Archibald, S.; Bond, W.J. Grazer movements: Spatial and temporal responses to burning in a tall-grass African savanna. Int. J. Wildland Fire 2004, 13, 377–385.

Abdi, O.; Shirvani, Z.; Buchroithner, M.F. Visualization and quantification of significant anthropogenic drivers influencing rangeland degradation trends using Landsat imagery and GIS spatial dependence models:A case study in Northeast Iran. J. Geogr. Sci. 2018, 28, 1933–1952.

Amatulli, G., Domisch, S., Tuanmu, M. N., Parmentier, B.,Ranipeta, A., Malczyk, J., Jetz, W., et al. (2018). Data Descrip-tor: A suite of global, cross-scale topographic variables for envi-ronmental and biodiversity modeling. Scientific Data, 5, 1–15.

Beck, H.E.; Wood, E.F.; Pan, M.; Fisher, C.K.; Miralles, D.G.; van Dijk, A.I.J.M.; McVicar, T.R.; Adler, R.F. MSWEP V2 Global 3-Hourly 0.1◦ Precipitation: Methodology and Quantitative Assessment. Bull. Am. Meteor. Soc. 2019, 100, 473–500.

Bro-Jørgensen, J.; Brown, M.E.; Pettorelli, N. Using the satellite-derived normalized difference vegetation index (NDVI) to explain ranging patterns in a lek-breeding antelope: The importance of scale. Oecologia 2008, 158, 177–182.

Cornélis, D.; Benhamou, S.; Janeau, G.; Morellet, N.; Ouedraogo, M.; de Visscher, M.-N. Spatiotemporal dynamics of forage and water resources shape space use of West African savanna buffaloes. J. Mammal. 2011, 92, 1287–1297.

Corbane, C.; Lang, S.; Pipkins, K.; Alleaume, S.; Deshayes, M.; García Millán, V.E.; Strasser, T.; Vanden Borre, J.; Toon, S.; Michael, F. Remote sensing for mapping natural habitats and their conservation status—New opportunities and challenges. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf. 2015, 37, 7–16.

Sitters, J.; Heitkönig, I.M.A.; Holmgren, M.; Ojwang', G.S.O. Herded cattle and wild grazers partition water but share forage resources during dry years in East African savannas. Biol. Conserv. 2009, 142, 738–750.

Rumiano, F.; Wielgus, E.; Miguel, E.; Chamaillé-Jammes, S.; Valls-Fox, H.; Cornélis, D.; Garine-Wichatitsky, M.D.; Fritz, H.; Caron, A.; Tran, A. Remote Sensing of Environmental Drivers Influencing the Movement Ecology of Sympatric Wild and Domestic Ungulates in Semi-Arid Savannas, a Review. *Remote Sens.* **2020**, *12*, 3218.

Dodman, T.; Diagana, C. Movements of waterbirds within Africa and their conservation implications. Ostrich 2007, 78, 149–154.

Du, Y.; Zhang, Y.; Ling, F.; Wang, Q.; Li, W.; Li, X. Water Bodies' Mapping from Sentinel-2 Imagery with Modified Normalized Difference Water Index at 10-m Spatial Resolution Produced by Sharpening the SWIR Band. Remote Sens. 2016, 8, 354.

Guisan, A., & Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distri-bution models in ecology. Ecological Modelling, 135, 147–186.

Radula, M. W., Szymura, T. H., & Szymura, M. (2018). Topo-graphic wetness indexexplains soil moisture better than bioin-dication with Ellenberg's indicator values. EcologicalIndicators, 85, 172–17.

Maurer, W. (1998). Flora der steiermark. Band II/1. Verwachsenk-ronbl€attrige Bl€utenpflanzen (Sympetale). (p. 239). Eching:IHW-Verlag.

Dzinotizei, Z.; Murwira, A.; Zengeya, F.M.; Guerrini, L. Mapping waterholes and testing for aridity using a remote sensing water index in a southern African semi-arid wildlife area. Geocarto Int. 2018, 33, 1268–1280.

Ren, S.; Chen, X.; An, S. Assessing plant senescence reflectance index-retrieved vegetation phenology and its spatiotemporal response to climate change in the Inner Mongolian Grassland. Int. J. Biometeorol. 2017, 61, 601–612.

Li, C.; Deng, F.; Zhang, J.; Wang, X.; Wei, W. Ma Qingxiao. Analysis of phenological spatial characteristics in Hubei Province Based on time series vegetation index. Resour. Environ. Yangtze River Basin 2019, 28, 1583–1589.

Liu, B.; Chen, J.; Chen, J.; Zhang, W. Land Cover Change Detection Using Multiple Shape Parameters of Spectral and NDVI Curves. Remote Sens. 2018, 10, 1251.

Schroeder, W.; Oliva, P.; Giglio, L.; Csiszar, I.A. The New VIIRS 375m active fire detection data product: Algorithm description and initial assessment. Remote Sens. Environ. 2014, 143, 85–96.

Pu, R.; Gong, P.; Tian, Y.; Miao, X.; Anderson, G.L. Using classification and NDVI differencing methods for monitoring sparse vegetation coverage: A case study of Saltcedar in Nevada, USA. Int. J. Remote Sens. 2008, 29, 3987–4011.

Pettorelli, N., Ryan, S., Mueller, T., Bunnefeld, N.,J ędrzejewska, B., Lima, M.,Kausrud, K., et al. (2011). TheNormalized Difference Vegetation Index (NDVI): unforeseensuccesses in animal ecology. Climate Research, 46, 15–27.

Funk, C.; Peterson, P.; Landsfeld, M.; Pedreros, D.; Verdin, J.; Shukla, S.; Husak, G.; Rowland, J.; Harrison, L.; Hoell, A.; et al. The climate hazards infrared precipitation with stations—A new environmental record for monitoring extremes. Sci. Data 2015, 2, 150066.

Fritz, H.; Garine-Wichatitsky, M.D.; Letessier, G. Habitat Use by Sympatric Wild and Domestic Herbivores in an African Savanna Woodland: The Influence of Cattle Spatial Behaviour. J. Appl. Ecol. 1996, 33, 589.

OwenSmith, N. Ecological guidelines for waterpoints in extensive protected areas. S. Afr. J. Wildl. Res. 1996, 26, 107–112.

Karger, D. N., Conrad, O., B€ohner, J., Kawohl, T., Kreft, H.,Soria-Auza, R. W., Kessler, M., et al. (2017). Data Descriptor :Climatologies at high resolution for the earth' s land surfaceareas. Scientific Data, 4, 1–20.

Tribsch, A., & Sch€onswetter, P. (2003). Patterns of endemism andcomparative phylogeography confirm palaeoenvironmental evi-dence for Pleistocene refugia in the Eastern Alps. Taxon, 52,477–497.

Didan, K., Munoz, A.B., .Solano, R., & Huete, A. (2015).MODIS Vegetation Index User 's Guide (Collection 6),2015 (May), 31.

Smit,I.P.J.;Grant,C.C.;Devereux,B.J.Doartificialwaterholesinfluencethewayherbivoresusethelandscape? Herbivore distribution patterns around rivers and artificial surface water sources in a large African savanna park. Biol. Conserv. 2007, 136, 85–99.

Haas, E.M.; Bartholomé, E.; Lambin, E.F.; Vanacker, V. Remotely sensed surface water extent as an indicator of short-term changes in ecohydrological processes in sub-Saharan Western Africa. Remote Sens. Environ. 2011, 115, 3436–3445.

Valls-Fox, H.; Chamaillé-Jammes, S.; de Garine-Wichatitsky, M.; Perrotton, A.; Courbin, N.; Miguel, E.; Guerbois, C.; Caron, A.; Loveridge, A.; Stapelkamp, B.; et al. Water and cattle shape habitat selection by wild herbivores at the edge of a protected area. Anim. Conserv. 2018, 21, 365–375.

Münch, Z.; Gibson, L.; Palmer, A. Monitoring Effects of Land Cover Change on Biophysical Drivers in Rangelands Using Albedo. Land 2019, 8, 33.

Doherty, T.S.; Driscoll, D.A. Coupling movement and landscape ecology for animal conservation in production landscapes. Proc. R. Soc. B Biol. Sci. 2018, 285, 20172272.

Naidoo, R.; Brennan, A.; Shapiro, A.C.; Beytell, P.; Aschenborn, O.; Preez, P.D.; Kilian, J.W.; Stuart-Hill, G.; Taylor, R.D. Mapping and assessing the impact of small-scale ephemeral water sources on wildlife in an African seasonal savannah. Ecol. Appl. 2020, e02203.

Gasser, D., Gusterhuber, J., Krische, O., Puhr, B., Scheucher, L.,Wagner, T., St€uwe, K., et al. (2009). Geology of Styria: Anoverview. Mitteilungen Des NaturwissenschaftlichenVereinesF€ur Steiermark, 139, 5–36.

Novella, N.S.; Thiaw, W.M. African Rainfall Climatology Version 2 for Famine Early Warning Systems. J. Appl. Meteor. Clim. 2013, 52, 588–606.

Lutes, D.C.; Keane, R.E.; Caratti, J.F.; Key, C.H.; Benson, N.C.; Sutherland, S.; Gangi, L.J. FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System; U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station: Ft. Collins, CO, USA, 2006; p. RMRS-GTR-164.

Love, T.B.; Kumar, V.; Xie, P.; Thiaw, W. A 20-Year daily Africa precipitation climatology using saellite and gauge data. In Proceedings of the 84th AMS Annual Meeting, P5.4. Conference on Applied Climatology, Seattle, WA, USA, 11–15 January 2004; pp. 5–15.

Odadi, W.O.; Kimuyu, D.M.; Sensenig, R.L.; Veblen, K.E.; Riginos, C.; Young, T.P. Fire-induced negative nutritional outcomes for cattle when sharing habitat with native ungulates in an African savanna. J. Appl. Ecol. 2017, 54, 935–944.

Furstenburg, D. African Buffalo Syncerus Caffer; Geo Wild Consult (Pty) Ltd.: Gauteng, South Africa, 2010; p. 18.

Owen, H.J.F.; Duncan, C.; Pettorelli, N. Testing the water: Detecting artificial water points using freely available satellite data and open source software. Remote Sens. Ecol. Conserv. 2015, 1, 61–72.

Giglio, L.; Loboda, T.; Roy, D.P.; Quayle, B.; Justice, C.O. An active-fire based burned area mapping algorithm for the MODIS sensor. Remote Sens. Environ. 2009, 113, 408–420.

Moser, L.; Voigt, S.; Schoepfer, E.; Palmer, S. Multitemporal Wetland Monitoring in Sub-Saharan West-Africa Using Medium Resolution Optical Satellite Data. IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens. 2014, 7, 3402–3415.

Gao, B. NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. Remote Sens. Environ. 1996, 58, 257–266.

Fisher, A.; Flood, N.; Danaher, T. Comparing Landsat water index methods for automated water classification in eastern Australia. Remote Sens. Environ. 2016, 175, 167–182.

Goldammer, J.G.; Ronde, C.D. Wildland Fire Management Handbook for Sub-Sahara Africa; African Minds: Cape Town, South Africa, 2004; ISBN 978-1-919833-65-1.

Pettorelli, N.; Bro-Jørgensen, J.; Durant, S.M.; Blackburn, T.; Carbone, C. Energy Availability and Density Estimates in African Ungulates. Am. Nat. 2009, 173, 698–704.

Kaszta, Z.; Marino, J.; Wol ˙ ff, E. Fine-scale spatial and seasonal rangeland use by cattle in a foot-and-mouth disease control zones. Agric. Ecosyst. Environ. 2017, 239, 161–172.

Tyrrell, P.; Russell, S.; Western, D. Seasonal movements of wildlife and livestock in a heterogenous pastoral landscape: Implications for coexistence and community based conservation. Glob. Ecol. Conserv. 2017, 12, 59–72.

Macandza, V.A.; Owen-Smith, N.; Cross, P.C. Forage selection by African buffalo in the late dry season in two landscapes. Afr. J. Wildl. Res. 2004, 34, 9.

Owen-Smith, N.; Mills, M.G.L. Predator–prey size relationships in an African large-mammal food web. J. Anim. Ecol. 2008, 77, 173–183.

Hardisky, M.; Klemas, V.; Smart, R. The Influence of Soil-Salinity, Growth Form, and Leaf Moisture on the Spectral Radiance of Spartina-Alterniflora Canopies. Photogramm. Eng. Remote Sens. 1983, 49, 77–83.

Loveland, T.R.; Reed, B.C.; Brown, J.F.; Ohlen, D.O.; Zhu, Z.; Yang, L.; Merchant, J.W. Development of a global land cover characteristics database and IGBP DISCover from 1 km AVHRR data. Int. J. Remote Sens. 2000, 21, 1303–1330.

Tshabalala, T.; Dube, S.; Lent, P.C. Seasonal variation in forages utilized by the African buffalo (Syncerus caffer) in the succulent thicket of South Africa: Seasonal variation in buffalo diet. Afr. J. Ecol. 2009, 48, 438–445.

Zengeya, F.M.; Murwira, A.; Caron, A.; Cornélis, D.; Gandiwa, P.; de Garine-Wichatitsky, M. Spatial overlap between sympatric wild and domestic herbivores links to resource gradients. Remote Sens. Appl. Soc. Environ. 2015, 2, 56–65.

Feyisa, G.L.; Meilby, H.; Fensholt, R.; Proud, S.R. Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. Remote Sens. Environ. 2014, 140, 23–35.

Zengeya, F.M.; Murwira, A.; Garine-Wichatitsky, M.D. Seasonal habitat selection and space use by a semi-free range herbivore in a heterogeneous savanna landscape. Austral Ecol. 2014, 39, 722–731.

https://www.earthdata.nasa.gov/sensors

https://rs.isa.ir/fa/general_content/50392

https://girs.ir

https://girs.ir/remote-sensing-of-air-pollution/

https://rs.isa.ir/fa/general_content/62643