

تحلیل ژئوآنتروپوژنیک پوشش گیاهی ارتفاعات تالش، جلگه‌ها و دشتهای پیرامون

سمیه سادات شاه زیدی* - استادیار، گروه جغرافیا، ژئومورفولوژی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۱۰/۰۴ تأیید نهایی: ۱۴۰۲/۰۳/۲۱

چکیده

پوشش گیاهی و نحوه توزیع، انتشار و پراکنش آن در عرصه‌های جغرافیایی و نسبتی که با فعالیت‌های آنتروپوژنیک دارند، در تنظیم رابطه انسان با محیط بسیار ضروری و اثرگذار است. در این راستا، پوشش گیاهی و الگوهای فضایی و زمانی آن و روابط و نسبتی که با مؤلفه‌های فضای جغرافیایی و فعالیت‌های آنتروپوژنیک وجود دارد در ارتفاعات تالش و جلگه‌ها و اراضی پیرامون مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از محصول مربوط به شاخص پوشش گیاهی NDVI ماهواره‌های ترا و آکوا به نام MOD13Q1 و MYD13Q1 در بازه زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰ با قدرت تفکیک زمانی ۱۶ روزه مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله بعدی تصاویر ماهواره‌های ترا و آکوا با اپراتور میانگین ترکیب شد و به فرمت asc. تبدیل گردید. تمامی پروسه آماده سازی و تنظیم تصاویر با استفاده از زبان برنامه نویسی پایتون انجام شد. با استفاده از پایگاه داده تنظیم شده، تحلیل ژئوآنتروپوژنیک و ژئوبوتانیک ارتفاعات تالش و اراضی پیرامون در بازه‌های زمانی مختلف بلندمدت، سالانه، فصلی و ماهانه، انجام گرفت. هسته تحلیل در پژوهش حاضر مربوط به تحلیل توزیع جغرافیایی، حریم و تغییرات زمانی است. در بخش توزیع جغرافیایی، الگوهای توزیع ژئوبوتانیک دنبال شد در بخش آنالیز حریم، الگوهای حریم ۳۰، ۷ و ۲ کیلومتری عوارض و مراکز شهری، روستایی و زهکش‌های هیدرولوژیک اصلی دنبال گردید و در بخش تحلیل تغییرات زمانی، مدل مجموع قدر مطلق تغییرات یا انحرافات پوشش گیاهی به نام SAD بیکربندی و پیشنهاد شد و نتایج آن مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. در بخش تحلیل‌های ژئوبوتانیک، مؤلفه‌های ارتفاع، شیب، جهت شیب، تحدب سطح زمین فاصله از زهکش‌های اصلی مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت دو مفهوم افت آنتروپوژنیک و ژئوبوتانیک پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه تبیین و تحلیل شد و مقادیر آن به ترتیب معادل ۰/۲ و ۰/۴ برآورد گردید.

واژگان کلیدی: تحلیل ژئوآنتروپوژنیک، آنتروپولوژی، بوتانی، ژئوبوتانی، کوه‌های تالش، ژئومورفولوژی، پوشش گیاهی.

مقدمه

اهمیت پوشش گیاهی خصوصاً جنگل ها در نواحی کوهستانی را نمی توان نادیده گرفت. جنگل ها و سایر گیاهان محیط مناسبی برای بسیاری از گونه های جانوری و گیاهی دیگر فراهم می آورند و باعث افزایش توان تولید اکوسیستم ها می شوند. پوشش های گیاهی به صورت منطقه ای و محلی بر مؤلفه های میکرواقلیم اثر گذاشته و همچنین باعث کنترل فرسایش خاک می شوند (ژیائومی جین و همکاران^۱، ۲۰۰۹). اقتصاد جوامع محلی و میلیون ها انسانی که در حاشیه نواحی کوهستانی زندگی می کنند بسته به جنگل ها و گیاهانی است که در آن مناطق رشد و گسترش یافته اند. پوشش گیاهی همچنین به صورت مؤثر از مردم ساکن این نواحی در برابر مخاطرات محیطی همچون ریزش سنگ، زمین لغزش، جریان واریزه ای و سیلاب ها محافظت می کنند (برنگ و همکاران^۲، ۲۰۰۱). بنابراین، توزیع و الگوی رشد و گسترش پوشش گیاهی، با احتساب فاکتورهای مؤثر در این نواحی، دارای اهمیت بوده و توسط بسیاری از محققین و پژوهشگران مورد مطالعه قرار گرفته است (ویسر و همکاران^۳، ۱۹۸۶؛ الیور و ویستر^۴، ۱۹۸۶؛ استفنسون^۵، ۱۹۹۰؛ تورنر و همکاران^۶، ۱۹۹۲؛ هنبری^۷، ۱۹۹۳؛ بای و همکاران^۸، ۲۰۰۴). ارتفاع، جهت و شیب سطح زمین سه فاکتور توپوگرافیکی مهم و تأثیرگذار در توزیع و الگوی استقرار و گسترش پوشش گیاهی در نواحی کوهستانی است که مستقیماً بر پوشش گیاهی این نواحی اثر می گذارد (هوانگ^۹، ۲۰۰۲). از بین این سه عامل، ارتفاع نقش بسیار مهمی دارد (لیک و گرابر^{۱۰}، ۱۹۷۴؛ بوسینگ و همکاران^{۱۱}، ۱۹۹۳) زیرا به عنوان یک عامل کنترل کننده بارش و دما به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر پوشش های گیاهی نواحی کوهستانی و اراضی مجاور اثر می گذارد. ارتفاع به همراه جهت شیب و میزان شیب سطوح توپوگرافیکی زمین، تعیین کننده و کنترل کننده میکرو اقلیم است و نوسانات میکرو اقلیم بر توزیع مکانی و الگوهای رشد و گسترش پوشش گیاهی تأثیر خواهد داشت (گیگر^{۱۲}، ۱۹۶۶؛ دی و مانک^{۱۳}، ۱۹۷۴؛ جانسون^{۱۴}، ۱۹۸۱؛ مارکس و هارکومب^{۱۵}، ۱۹۸۱؛ آلن و پیت^{۱۶}، ۱۹۹۰؛ بوسینگ و همکاران^{۱۷}، ۱۹۹۳). یکی از ابزارهای مؤثر در مطالعه توزیع فضایی پوشش گیاهی، تکنولوژی و ابزارهای سنجش از دور است. این علم در ارزیابی های بزرگ مقیاس و جهانی پوشش گیاهی و نوسانات و توزیع جغرافیایی آن، مورد استفاده قرار می گیرد. یکی از شاخص هایی که برای مطالعه پوشش گیاهی سطح زمین در حوزه سنجش از دور مورد استفاده قرار می گیرد، شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده یا NDVI است. سازمان هوا-فضای آمریکا، بر اساس تصاویر ماهواره های ترا (Terra) و آکوا (Aqua) که سنسور مادیس (MODIS) را حمل می کنند شاخص پوشش گیاهی NDVI و EVI را استخراج و در اختیار محققین قرار می دهد. (دفریز و همکاران^{۱۷}، ۱۹۹۵؛ چن و براتزرت^{۱۸}، ۱۹۹۸؛ لاولند و همکاران^{۱۹}، ۱۹۹۹، ۲۰۰۰؛ فریدل و همکاران^{۲۰}، ۲۰۰۲).

1. Xiaomei Jin et al
2. Brang et al
3. Weiser et al
4. Oliver and Webster
5. Stephenson
6. Turner et al
7. Henebry
8. Bai et al
9. Huang
10. Leak and Graber
11. Busing et al
12. Gelger
13. Day and Monk
14. Johnson
15. Marks and Harcombe
16. Allen and Peet
17. Defries et al
18. Chen and Brutsaert
19. Loveland et al
20. Fridl et al

در پژوهش‌های داخلی منتظری و کفایت مطلق (۱۳۹۷) به واکاوی میانگین بلندمدت پوشش گیاهی ایران به کمک نمایه NDVI پرداختند. یافته‌ها نشان داد پوشش گیاهی ایران در بازه ۵ تا ۱۹ دی‌ماه کمینه است و حدود ۸ درصد گستره ایران را می‌پوشاند؛ در حالی که در بازه ۲۶ فروردین تا ۱۱ اردیبهشت بیشینه است و ۳۰ درصد ایران را دربرمی‌گیرد. کفایت مطلق و مسعودیان (۱۳۹۶) روند تغییرات نمایه NDVI ایران در کمربندهای ارتفاعی را بر اساس داده‌های ماهواره ای مادیس بررسی کردند. بررسی آنها نشان می‌دهد همه کمربندهای ارتفاع دارای روند مثبت یا بدون روند بوده و هیچ طبقه ارتفاعی روند منفی نشان نمی‌دهد. کفایت مطلق و همکاران (۱۳۹۴) میانگین بلندمدت پوشش گیاهی ایران به کمک نمایه NDVI را بررسی کردند نتایج آنها نشان می‌دهد که تنها ۱۴ درصد ایران دارای پوشش گیاهی است که بیش تر آن نیز، پوشش گیاهی تنک می‌باشد. کفایت مطلق و معنوی (۱۴۰۱) به واکاوی پیوند پوشش گیاهی و بارش در ایران با استفاده از محصولات ماهواره مادیس پرداختند نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که در دو دهه- اخیر بدلیل افزایش بارندگی، گستره پوشش گیاهی ایران افزوده شده است.

در گروهی از مطالعات پایش مکانی و زمانی پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های NDVI ماهواره‌های ترا و آکوا مورد استفاده قرار گرفته است (داس^۱، ۲۰۲۱؛ روی^۲، ۲۰۲۱؛ با و همکاران^۳، ۲۰۲۲)، در مطالعات دیگری (توهامی^۴ و همکاران، ۲۰۲۱؛ احمد^۵، ۲۰۲۰) بر روی فنولوژی گیاهی و سیکل‌های رویش گیاهی با استفاده از محصول NDVI و EVI ماهواره‌های ترا و آکوا متمرکز شده‌اند. برخی دیگر از مطالعات به بررسی ارتباط بین خشکسالی، مولفه‌های اقلیمی و عوامل آنتروپوژنیک با میزان و درجه سبزیگی و کلروفیل گیاهی با استفاده از مشتقات تصاویر ماهواره ای مادیس پرداخته‌اند (همکاران^۶، ۲۰۱۸؛ ژی و همکاران^۷، ۲۰۲۱؛ وانگ و همکاران^۸، ۲۰۱۸؛ لین و همکاران^۹، ۲۰۲۲). با توجه به پیشینه مطالعاتی مورد بررسی، محققین بسیاری به بررسی و تحلیل روابط مکانی - زمانی بین الگوهای استقرار پوشش گیاهی و شرایط محیطی پرداخته‌اند خصوصاً روابط همبستگی که بین این الگوها و فاکتورهای اقلیمی و توپوگرافیکی وجود دارد (پیاو و همکاران، ۲۰۱۲^{۱۰}؛ نلسون و همکاران^{۱۱}، ۲۰۰۷؛ بیترزیز و گیلبرت^{۱۲}، ۲۰۰۹؛ سوازا و همکاران^{۱۳}، ۲۰۱۰؛ بن زیو و همکاران^{۱۴}، ۲۰۰۶؛ لی و همکاران^{۱۵}، ۲۰۱۰؛ چمیل و همکاران^{۱۶}، ۲۰۰۶؛ روحانی و همکاران^{۱۷}، ۲۰۱۱؛ چانگ و همکاران^{۱۸}، ۲۰۱۱؛ ژانگ و همکاران^{۱۹}، ۲۰۱۰). به طور کلی مطالعات اصلی که در این حوزه انجام گرفته را می‌توان به دو گروه اصلی تقسیم نمود، یکی که بیشتر بر الگوی توزیع پوشش گیاهی متمرکز شده‌اند (نلسون و همکاران، ۲۰۰۷؛ سوازا و همکاران، ۲۰۱۰) و گروه دوم که بیشتر به تغییرات فنولوژیک مانند سیکل‌های فنولوژیک، دوره‌های رشد و ریزش و ...

1. Das

2. Roy

3. Ba et al

4. Touhami et al

5. Ahmed

6. He et al

7. Xie et al

8. Wang et al

9. Lin

10. Piao et al

11. Nelson et al

12. Beatriz and Gilabert

13. Souza et al

14. Ben-Zeev et al

15. Li et al

16. Chamaille et al

17. Rowhani et al

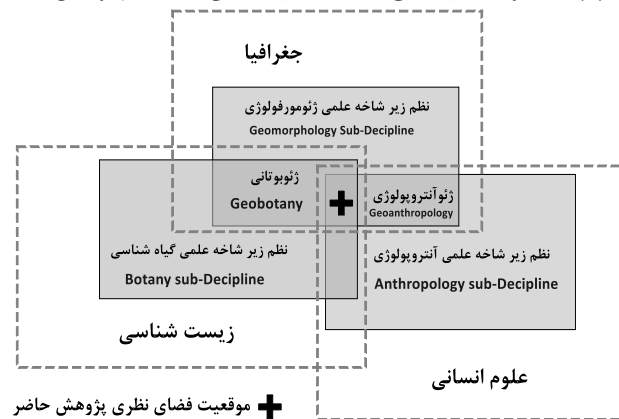
18. Chang et al

19. Zhang et al

تمرکز داشته اند (ایورسن و همکاران^۱، ۲۰۰۹؛ چانگ و همکاران، ۲۰۱۱؛ مولین و همکاران^۲، ۱۹۹۷؛ اتزبرگر^۳، ۲۰۱۱؛ کریمینس و همکاران^۴، ۲۰۱۰؛ پیانو و همکاران، ۲۰۱۲)؛ که البته با توجه به طبقه بندی فوق الذکر مطالعه حاضر را می توان در دسته نخست جای داد. با این وجود در هر دو گروه مطالعاتی به الگوهای قائم و یا عمودی توزیع و گسترش پوشش های گیاهی توجه کمتری شده است. با این حال برخی مطالعات در یکی دو دهه اخیر به توزیع فضایی پوشش های گیاهی و متغیرهای محیطی مؤثر بر استقرار و گسترش پوشش های گیاهی در فضاهاى جغرافیایی پرداخته اند (پیندا و همکاران^۵، ۲۰۱۰؛ پروپاستین^۶، ۲۰۱۲؛ گائو و همکاران^۷، ۲۰۱۲؛ ژائو و همکاران^۸، ۲۰۱۰؛ نلسون و همکاران^۹، ۲۰۰۷؛ پروپاستین^{۱۰}، ۲۰۱۱). با توجه به پیشینه مطالعاتی و توجه کمتری که به الگوهای توزیع پوشش گیاهی در فضاهاى جغرافیایی بر اساس مؤلفه های قائم شده است، در این پژوهش در گام نخست با یک رویکرد ژئوبوتانیک به بررسی الگوهای افقی و قائم توزیع، انتشار و پراکنش پوشش گیاهی در واحد کوهستانی تالش و اراضی مجاور پرداخته شده و در گام دوم تأثیر و ارتباط فعالیت های آنتروپوژنیک با نتایج بخش نخست، بررسی مقایسه و تحلیل شده است. شاید بتوان مهمترین جنبه نوآوری در پژوهش حاضر را در ساختار ترکیبی و تلفیقی و میان-رشته ای بودن آن برشمرد. ساختاری که با ترکیب افق های مختلف و با استفاده از خلق واژگان جدید بر گسترش فضای علمی نظم علمی ژئومرفولوژی گام برداشته شده است.

مبانی نظری پژوهش

پژوهش حاضر یک پژوهش میان رشته ای و ترکیبی در حوزه های علمی جغرافیای گیاهی، ژئومرفولوژی و آنتروپولوژی است. از ترکیب حوزه معنایی و نظم علمی جغرافیا و گیاه شناسی واژه ژئوبوتانی (معادل جغرافیای گیاهی) مستخرج و استفاده شد. در ضمن از ترکیب نظم علمی ژئومرفولوژی و آنتروپولوژی واژه ژئوآنتروپولوژی مستخرج شده و در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است و نهایتاً تحلیل های ژئوبوتانیک و ژئوآنتروپولوژیک پوشش گیاهی ارتفاعات تالش و اراضی مجاور دنبال شده است. شکل (۱) به صورت گرافیکی فضای نظری میان رشته ای پژوهش حاضر را نمایندگی می کند.



شکل ۱: موقعیت فضای نظری پژوهش حاضر (مأخذ: نویسنده)

1. Iversen et al
2. Moulin et al
3. Atzberger
4. Crimmins
5. Pineda et al
6. Propastin
7. Gao et al
8. Zhao et al
9. Nilson et al
10. Propastin

آنتروپولوژی (Anthropology)

آنتروپولوژی بخشی از علوم انسانی است و علم گسترده در خصوص توضیح ابعاد مرتبط با انسان و فعالیت های انسان است که حوزه گسترده‌ای از فرهنگ تا تاریخ تکامل انسان را در برمی‌گیرد (فرهنگستان زبان و ادب فارسی) و ریشه‌های آن در علوم طبیعی و علوم اجتماعی است (وولف^۱، ۱۹۹۴).

بوتانی (Botany)

واژه بوتانی که به نام گیاه شناسی و یا زیست شناسی گیاهی نیز شناخته می‌شود، علم مطالعه گیاهان بوده و به‌نوعی شاخه‌ای از علم زیست شناسی محسوب می‌گردد (براسلتون^۲، ۲۰۱۳).

ژئو-آنتروپولوژی (Geo-anthropology)

ژئوآنتروپولوژی مفهومی میان رشته‌ای و ترکیبی از علم ژئومورفولوژی و آنتروپولوژی است. در این فضای نظری، ارتباط فعالیت های با منشأ انسانی با فرم و فرایندهای ژئومورفولوژیکی در یک بستر جغرافیایی مدنظر قرار می‌گیرد.

ژئوبوتانی (Geobotany)

ژئوبوتانی مفهومی میان رشته‌ای و تلفیقی از مفاهیم ژئومورفولوژیکی و علم گیاه شناسی است. ژئوبوتانی در فرهنگ اصطلاحات علمی آکسفورد معادل جغرافیایی گیاهی در نظر گرفته شده است که علمی است که در ارتباط با پوشش گیاهی سطح زمین و الگوی پراکنش و انتشار و توزیع گونه‌ها و پوشش های گیاهی در عرصه های جغرافیایی فعالیت می‌کند. واژه ژئوبوتانی را بار اول یک متخصص آلمانی در زمینه جغرافیای گیاهی پیشنهاد کرد.

شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI)

شاخص NDVI شاخصی است که از اندازه گیری انعکاس در بخش طول موج قرمز و مادون قرمز طیف الکترومغناطیسی به دست می‌آید که قادر به توصیف مقدار نسبی بیوماس توده‌های زنده گیاهی است (دیرینگ ، ۱۹۷۸). این شاخص نمایه‌ای از فعالیت‌های فتوسنتزیک گیاهی بوده و به طور گسترده در ارزیابی فنولوژی گیاهی و برآورد الگوهای رشد گیاهی در چشم‌اندازهای طبیعی و انسانی و همچنین نرخ تولید اولیه اکوسیستم های گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد (سلرز ، ۱۹۸۵؛ تاکر و سلرز ، ۱۹۸۶). شاخص NDVI برای ارزیابی کمی رشد و گسترش پوشش گیاهی طراحی شده است، مقادیر بالاتر NDVI با پوشش و تراکم بیشتر پوشش گیاهی مرتبط است و مقادیر کمتر NDVI مربوط به نواحی بدون پوشش گیاهی و یا با پوشش کمتر است. مقدار ۰ و کمتر در شاخص NDVI معرف صخره ها و نواحی عاری از پوشش گیاهی می‌باشند. عمدتاً مطالعاتی که بر روی شاخص NDVI صورت گرفته به‌صورت دوبعدی و افقی انجام شده و به دنبال الگوها، نوسانات و تغییرات افقی NDVI در چشم‌اندازهای کوهستانی و مجاور ارتفاعات بوده است (فرانکلین ، ۱۹۹۵؛ گویسان و زیمرمن ، ۲۰۰۰؛ هانسن و همکاران ، ۲۰۰۰؛ میلر و همکاران ، ۲۰۰۴؛ لوکینگیل و اربن ، ۲۰۰۵). شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده، یک تبدیل نرمال شده از نسبت تفاضل و مجموع باند مادون قرمز نزدیک و باند قرمز انعکاسی است. این شاخص به‌گونه‌ای طراحی شده که شاخص پوشش گیاهی NDVI در بازه ۱- تا ۱+ قرار می‌گیرد. شاخص پوشش گیاهی NDVI با استفاده از رابطه (۱) به دست می‌آید (سایت رسمی ناسا).

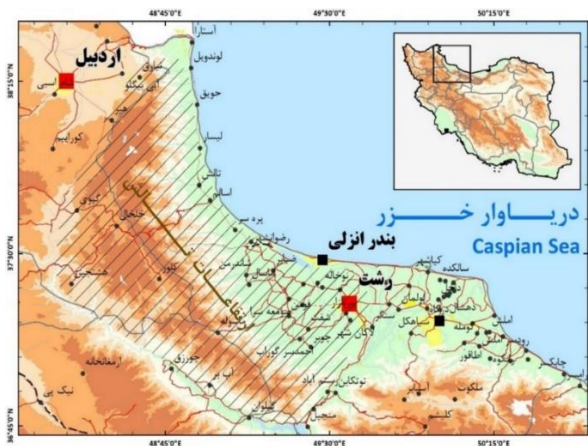
1. Wolf

2. Braselton

$$NDVI = \frac{NIR-Red}{NIR+Red} \quad \text{رابطه (۱)}$$

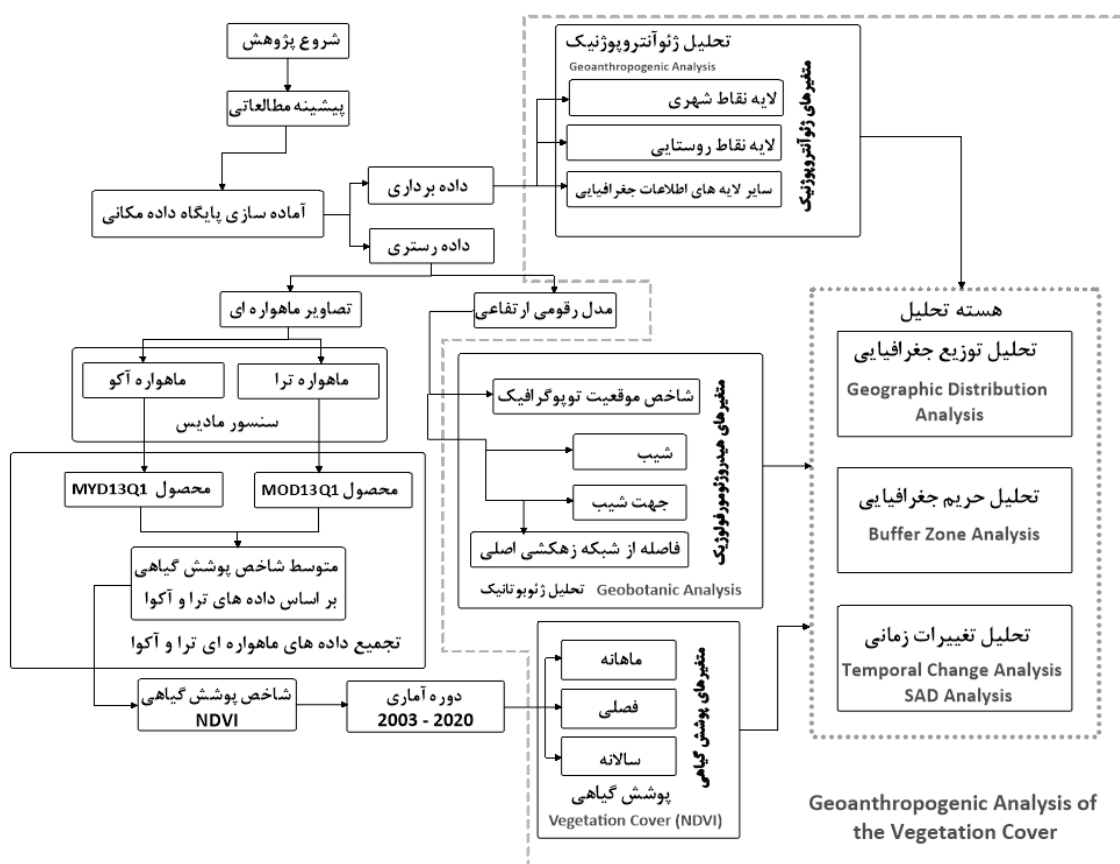
مواد و روش ها

محدود مورد پژوهش شامل ارتفاعات تالش و اراضی اطراف در بین طول جغرافیایی 47° و $59'$ و $56''$ تا 50° و $16'$ و $60''$ شرقی قرار گرفته و از لحاظ عرض جغرافیایی بین 36° و $33'$ و $23''$ تا 38° و $31'$ و $27''$ عرض شمالی قرار گرفته است. واحد ناهموار تالش از شرق به واحد البرز و از غرب به ارتفاعات آذربایجان منتهی می شود. این ارتفاعات از شمال و شمال غربی به دریای خزر و از جنوب به دره طالقان و سفیدرود ختم می گردد. موقعیت منطقه مطالعاتی در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: محدوده مورد مطالعه

مراحل کلی پژوهش در شکل (۳) در غالب نمودار نمایش داده شده است. همان طور که در شکل مشاهده می شود، بعد از مرور پیشینه مطالعاتی، پایگاه داده مکانی مورد نیاز تهیه و تنظیم گردید. تنظیم پایگاه داده مکانی در دو محور شامل پایگاه داده برداری و پایگاه داده رستری انجام شد. در بخش داده های برداری، لایه ها نقاط شهری و روستایی، لایه ها و عوارض جغرافیایی مربوط به فعالیت های انسانی برای استفاده در دو بخش کارتوگرافی و تحلیل تنظیم و آماده سازی شد. داده های رستری شامل مدل رقومی ارتفاعی (DEM) و تصاویر ماهواره ای است. در این پژوهش از داده های رقومی ارتفاعی منتشر شده توسط آژانس فضایی ژاپن در ماه می و اکتبر ۲۰۱۵ با رزولوشن افقی حدود ۲۳ متر، استفاده شد. این داده ها از تصاویر ماهواره ALOS به دست آمده است. شاخص موقعیت توپوگرافیک، شیب و جهت شیب از مدل رقومی ارتفاعی مشتق شدند. محصول مربوط به شاخص پوشش گیاهی NDVI ماهواره های ترا و آکوا به نام MOD13Q1 و MYD13Q1 در بازه زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰ با قدرت تفکیک زمانی ۱۶ روزه مورد استفاده قرار گرفت. داده های فوق از سایت رسمی Nasa به صورت مجزا برای هر یک از ماهواره های ترا و آکوا دانلود در فرمت (hdf) دانلود شد. مجموعاً ۸۲۰ تصویر از منطقه مطالعاتی که مربوط به سین تصاویر مادیس ماهواره های ترا و آکوا بود، دانلود و در فرمت (tiff) تنظیم گردید. در مرحله بعدی تصاویر ماهواره های ترا و آکوا با اپراتور میانگین ترکیب شد و به فرمت (.asc) تبدیل گردید. تمامی پروسه آماده سازی و تنظیم تصاویر با استفاده از زبان برنامه نویسی پایتون انجام شد.

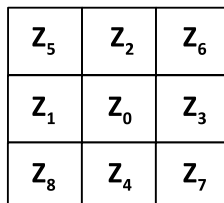


شکل ۳: فرآیند پژوهش

بعد از آماده‌سازی داده‌های مربوط به پوشش گیاهی، داده‌های توپوگرافیک و هیدرولوژیک و داده‌های مربوط به فعالیت‌های انسانی (موقعیت مراکز سکونتگاهی شهری و روستایی و حریم جغرافیایی)، تحلیل ژئوبوتانیک و ژئوآنتروپوژنیک پوشش گیاهی در بستر تحلیل‌های توزیع جغرافیایی، حریم و تغییرات زمانی پوشش گیاهی دنبال شد.

شیب (Terrain Slope) و جهت شیب زمین (Terrain Aspect)

برای محاسبه شیب از پنجره متحرک با ابعاد ۳ در ۳ سلول استفاده شد. (شکل ۴). شیب در جهت ستونی و سطری از روابط ۳ و ۲ با استفاده از الگوریتم پیشنهادی آنوین به ترتیب محاسبه شد (آنوین، ۱۹۸۱).



شکل ۴: پنجره متحرک ۳ در ۳ پیکسلی برای محاسبات شیب، جهت شیب زمین

$$Slope_{we} = \frac{(Z_7 + \sqrt{2}Z_3 + Z_6) - (Z_8 + \sqrt{2}Z_1 + Z_5)}{(4 + 2\sqrt{2}) \times d} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$Slope_{sn} = \frac{(Z_6 + \sqrt{2}Z_2 + Z_5) - (Z_7 + \sqrt{2}Z_4 + Z_8)}{(4 + 2\sqrt{2}) \times d} \quad \text{رابطه (۳)}$$

شیب در جهت ستونی ($Slope_{we}$) و در جهت سطری ($Slope_{sn}$)، بر اساس روابط ۳ و ۲ محاسبه گردیده و سپس از تلفیق نتایج آن، لایه شیب نهایی به دست آمده است (رابطه ۴). در روابط ۳ و ۲ منظور از d پیکسل سایز می باشد.

$$Slope = \tan \alpha = \sqrt{Slope_{row}^2 + Slope_{column}^2} \quad \text{رابطه (۴)}$$

به منظور محاسبه جهت شیب از رابطه (۵) (لی و همکاران، ۲۰۰۴) استفاده شده است. بعد از محاسبه شیب در جهات ستونی و سطری با استفاده از روابط ۲ و ۳ جهت شیب با استفاده از رابطه (۵) به دست آمد.

$$Aspect = \tan \beta = \frac{Slope_{we}}{Slope_{ns}} \quad \text{رابطه (۵)}$$

منظور از α و β در روابط ۴ و ۵ به ترتیب زاویه عمودی شیب و زاویه افقی جهت شیب می باشد.

شاخص موقعیت توپوگرافیک (Topographic Position Index)

شاخص موقعیت توپوگرافیک یا TPI که ابتدا توسط گويسان و همکاران (گويسان و همکاران^۱، ۱۹۹۹) پیشنهاد شد بعدتر توسط ویس (۲۰۰۱) و جنیس (۲۰۰۶) توسعه داده شد. این شاخص ارتفاع هر سلول در مدل رقومی ارتفاعی را با میانگین هشت سلول مجاور در پنجره متحرک مقایسه می کند. مقادیر مثبت TPI نماینده نواحی محدب و برآمده و مقادیر منفی نماینده مناطق فرورفته و مقعر است (رئو و همکاران، ۲۰۱۳)^۲. برای محاسبه شاخص TPI که معرف نواحی محدب و مقعر سطح زمین است، از اختلاف سلول مرکزی با سلول های همسایه بر اساس یک شعاع ۳ سلولی استفاده شد (گالنت و ویلسون^۴، ۲۰۰۰؛ ویس^۵، ۲۰۰۱). روابط ۶ و ۷ روش محاسبه TPI را در شبکه رستری مدل رقومی ارتفاعی نشان می دهد.

$$\bar{Z} = \frac{1}{n_R} \sum_{i \in R} Z_i \quad \text{رابطه (۶)}$$

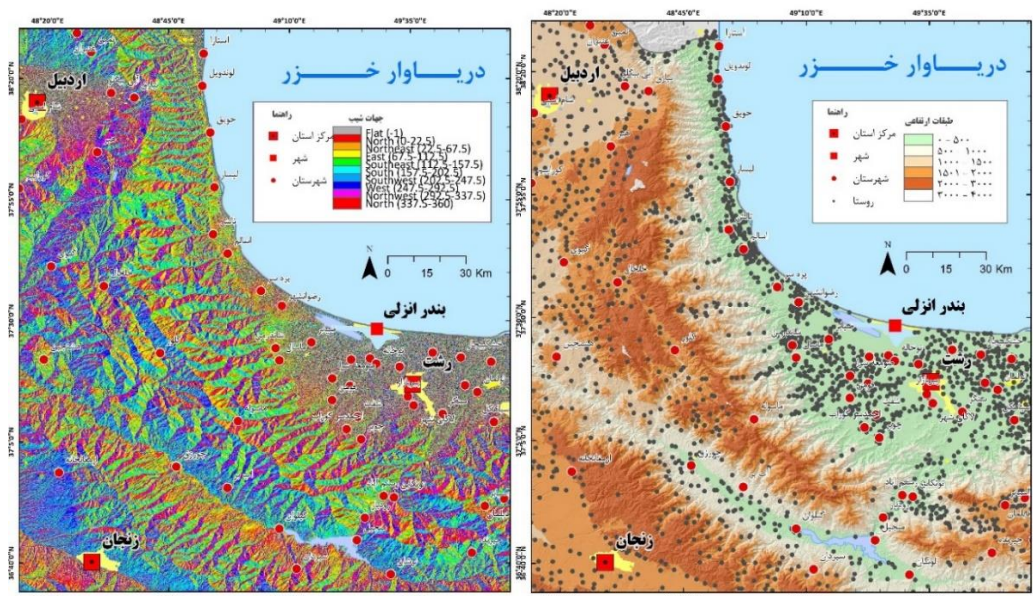
در این رابطه \bar{Z} متوسط ارتفاع پیکسل ها در پنجره متحرک است. محاسبه \bar{Z} از طریق مجموع ارتفاع پیکسل ها یا Z_i از پیکسل اول تا n ام به طوری که n یک عدد صحیح بزرگتر از ۱ باشد تقسیم بر مجموع پیکسل ها یا n به دست می آید.

$$TPI = Z_0 - \bar{Z} \quad \text{رابطه (۷)}$$

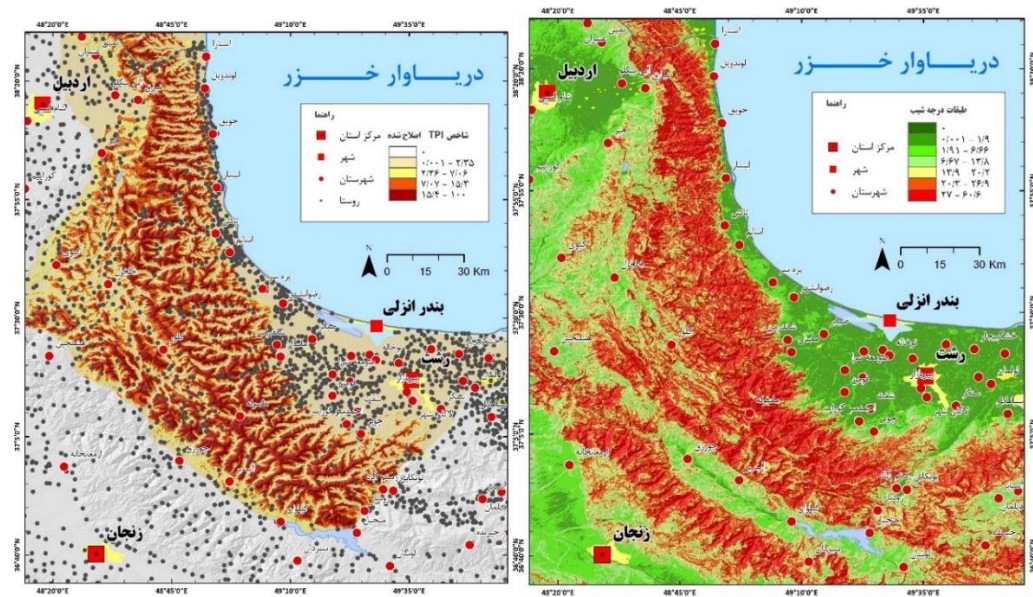
که در این رابطه \bar{Z} متوسط ارتفاع سلول هایی که در مجاور سلول مرکزی پنجره متحرک قرار دارد، است. Z_0 ارتفاع سلول مرکزی پنجره متحرک و TPI شاخص موقعیت توپوگرافیک است.

شکل (۵) مدل رقومی ارتفاعی و نقشه جهت شیب مربوط به ارتفاعات تالش را نشان می دهد. در شکل (۶) درجه شیب زمین، جهت شیب، ارتفاع و شاخص موقعیت توپوگرافی نشان داده شده است.

1. Guisan et al
2. Weiss and Jenness
3. Reu et al
4. Gallant and Wilson
5. Weiss



شکل ۵: مدل رقومی ارتفاعی (DEM) و جهت شیب زمین (Aspect)



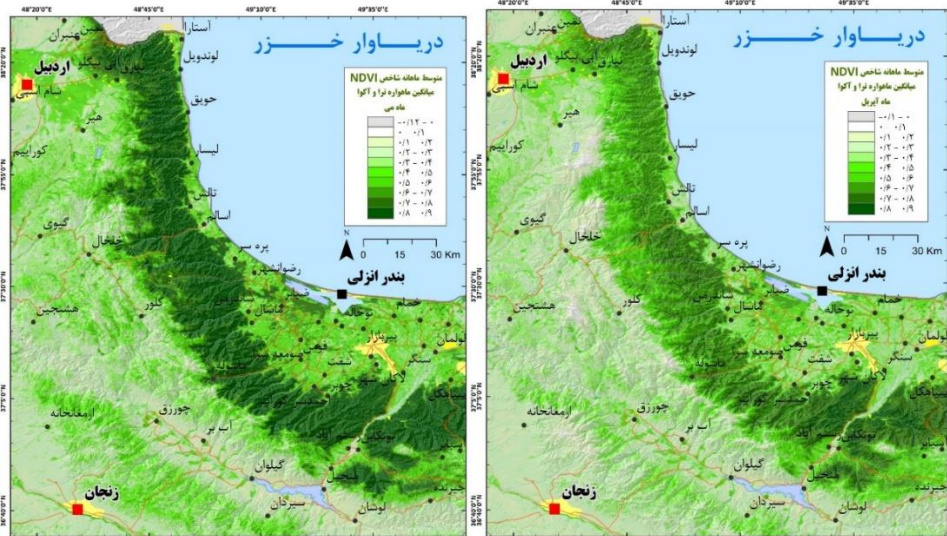
شکل ۶: درجه شیب (Slope) و شاخص موقعیت توپوگرافیک (TPI)

بحث و یافته‌ها

الگوی پراکنش و تراکم پوشش گیاهی در ارتفاعات تالش و اراضی مجاور در بازه زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰ مورد بررسی قرار گرفت. در گام نخست الگوهای زمانی سالانه، فصلی و ماهانه مورد بررسی قرار گرفته و نتایج به صورت نقشه‌های پهنه‌ای ارائه گردید.

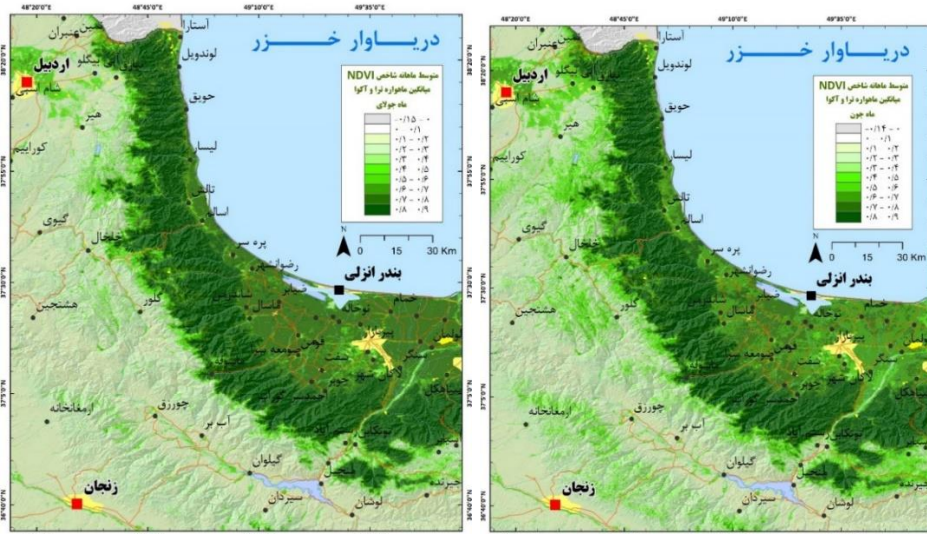
تحلیل و بررسی الگوی نوسانات زمانی رویشی در ارتفاعات تالش و جلگه‌ها و دشت‌های پیرامون
 الگوی نوسانات زمانی در بازه‌های سالانه، ماهانه و فصلی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج به صورت نقشه‌های پهنه‌بندی ارائه شد. الگوهای زمانی استخراج شده در این بخش، مبنای تحلیل‌های بعدی نیز قرار گرفت. متوسط ماهانه شاخص پوشش گیاهی NDVI بر اساس داده‌های ترکیبی ماهواره‌های ترا و آکوا در دوره آماری ۲۰۰۳ - ۲۰۲۰ در اشکال ۷ تا ۱۲ نشان داده شده است. شکل ۷ متوسط ماهانه شاخص پوشش گیاهی در ماه‌های آپریل (فروردین) و می (اردیبهشت) را نشان

می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، اختلاف مشخصی بین دامنه‌های شرقی و شمال شرقی ارتفاعات تالش با دامنه‌های غربی و جنوب غربی مشاهده می‌شود. نکته دیگر آنکه در محدوده جلگه‌ای تالش (محدوده بین ارتفاعات تالش و دریای خزر شامل اراضی واقع در شمال و شرق رشته کوه‌های تالش) جایی که فعالیت‌های انسانی غلبه دارد، در این ماه‌ها شاخص پوشش گیاهی به شدت با افت روبه‌رو می‌شود. مورد دیگر آنکه در امتداد دره‌های جناح شرقی و رو به دریای خزر، پوشش گیاهی به سمت بالا دست پیشروی ملموس داشته است. الگوی پوشش گیاهی در ماه‌های فروردین و اردیبهشت تقریباً مشابه است اما در ماه اردیبهشت تراکم پوشش گیاهی به طور محسوس افزایش می‌یابد (شکل ۷).



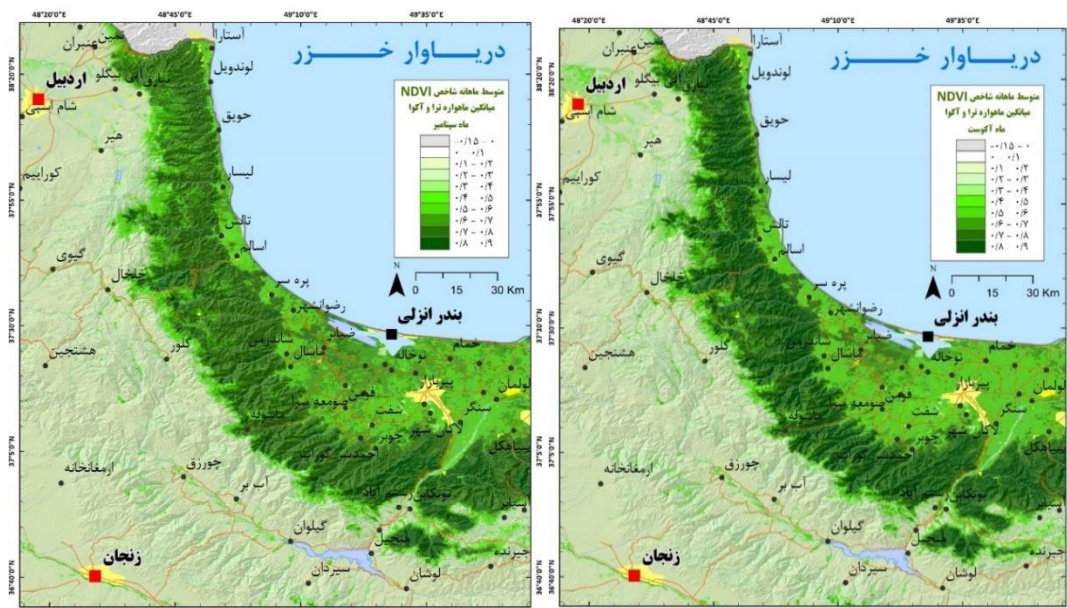
شکل ۷: نقشه رویشی متوسط شاخص NDVI در ماه آپریل (فروردین) و می (اردیبهشت) متوسط ترا و آکوا در کل دوره آماری (۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰)

در شکل ۸ متوسط درجه سبزیگی گیاهی با استفاده از شاخص پوشش گیاهی NDVI در ارتفاعات تالش و اراضی مجاور در ماه‌های خرداد و تیر، نشان داده شده است. همان‌طور که در این اشکال مشاهده می‌شود، غلظت پوشش گیاهی در اراضی جلگه‌ای به طور محسوس افزایش می‌یابد و همچنین تراکم گیاهی در ارتفاعات دامنه شرقی تالش به سمت نواحی مرتفع‌تر پیشروی محسوس نشان می‌دهد. این پیشروی در محور دره‌های اسالم به سمت خلخال، تالش و دره لیسار مشهود تر است.



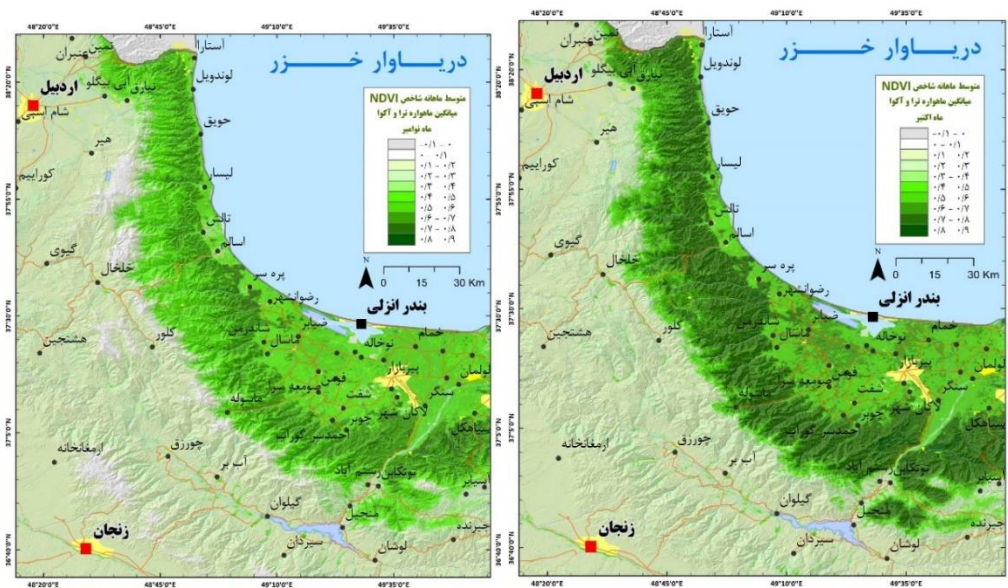
شکل ۸: نقشه رویشی متوسط شاخص NDVI در ماه جون (خرداد) و جولای (تیر) متوسط ترا و آکوا در کل دوره آماری (۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰)

در شکل ۹ متوسط ماهانه شاخص پوشش گیاهی محدوده مطالعاتی در ماه‌های مرداد و شهریور نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشخص است، منطقه جلگه ساحلی تالش، شاخص پوشش گیاهی به نسبت دو ماه پیشین، افت نشان می‌دهد، منطقه کوهستانی در دامنه‌های شرقی تالش نیز کاهش شاخص پوشش گیاهی NDVI خصوصاً در ماه شهریور مشهود است.

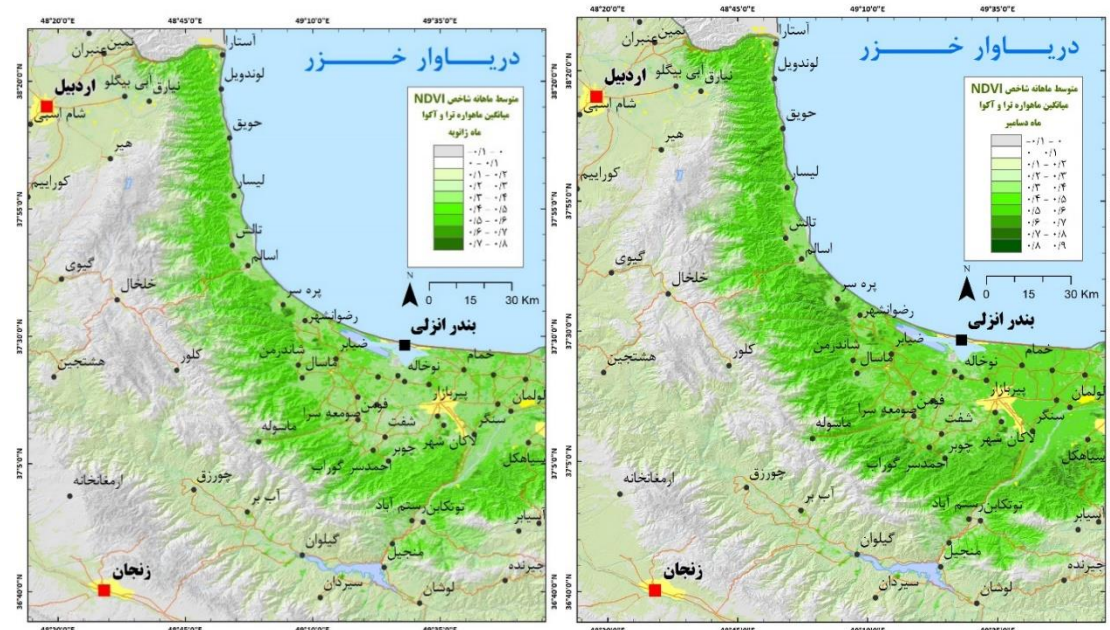


شکل ۹: نقشه رویشی متوسط شاخص NDVI در ماه آگوست (مرداد) و سپتامبر (شهریور) متوسط ترا و آگوست در کل دوره آماری (۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰)

همان‌طور که در اشکال ۱۰ تا ۱۲ مشاهده می‌شود، افت شاخص پوشش گیاهی از ماه آبان تا بهمن به‌طور محسوس از ارتفاعات به سمت نواحی کم ارتفاع، مشاهده می‌شود. در ماه اسفند مجدداً از اراضی کم ارتفاع به سمت نواحی مرتفع افزایش تراکم پوشش گیاهی نمایان می‌شود.

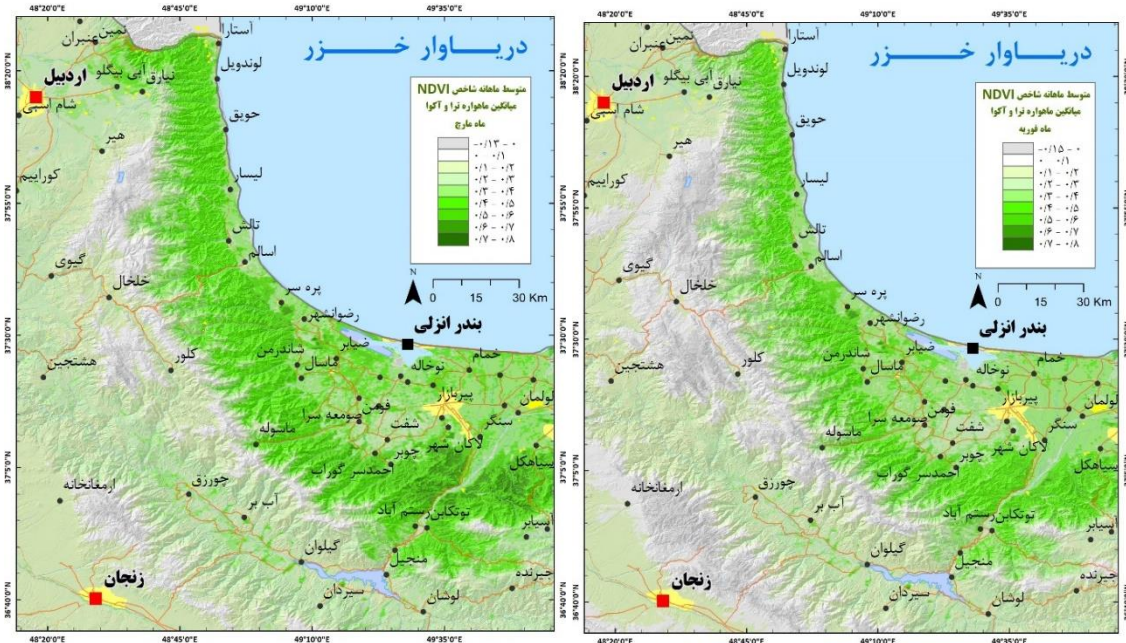


شکل ۱۰: نقشه رویشی متوسط شاخص NDVI در ماه اکتبر (مهر) و نوامبر (آبان) متوسط ترا و آگوست در کل دوره آماری (۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰)



شکل ۱۱: نقشه رویشی متوسط شاخص NDVI در ماه دسامبر (آذر) و ژانویه (دی) متوسط ترا و آکوا در کل دوره آماری (۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰)

همان طور که در شکل ۱۲ مشاهده می‌شود، ماه بهمن تراکم و غلظت پوشش گیاهی در محدوده ارتفاعات تالش و دشت‌ها و جلگه‌های اطراف به‌طور محسوس در حوض قرار گرفته و کمترین مقدار در کل ماه‌های سال را نمایندگی می‌کند.

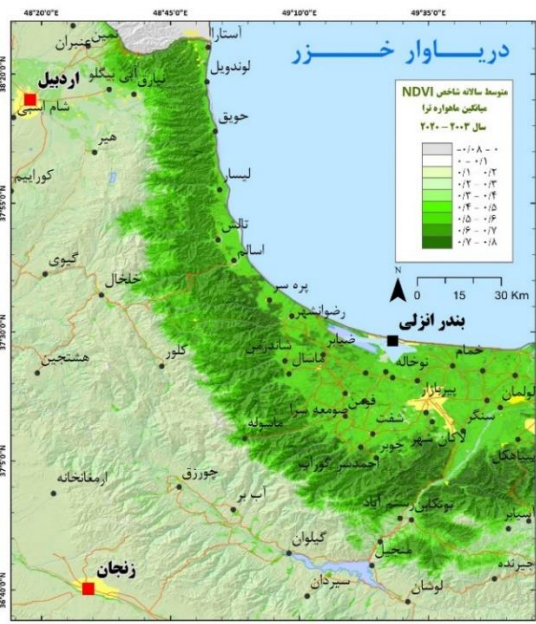


شکل ۱۲: نقشه رویشی متوسط شاخص NDVI در ماه فوریه (بهمن) و مارچ (اسفند) متوسط ترا و آکوا در کل دوره آماری (۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰)

متوسط فصلی شاخص پوشش گیاهی در ارتفاعات تالش و جلگه‌ها و اراضی پیرامون در دوره زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰ نیز مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به الگوی رویشی فصلی، فصل تابستان بالاترین تراکم NDVI را در محدوده جلگه‌ای و کوهستانی نشان می‌دهد. کمترین تراکم رویشی بر اساس شاخص پوشش گیاهی مربوط به فصل زمستان است. فصل بهار

در مقایسه با فصل پائیز تراکم و غلظت رویشی بالاتری را نشان می‌دهد. در فصل پائیز از نواحی مرتفع تالش شرقی به سمت ارتفاعات پائین تر غلظت سبزی‌نگی (کلروفیل) کاهش می‌یابد. متوسط شاخص پوشش گیاهی در محدوده مطالعاتی در بازه‌های سالانه در دوره آماری ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰ تهیه شد و نشان داد نوسان سالانه پوشش گیاهی در مقایسه به دوره‌های زمانی ماهانه و فصلی کمتر است و الگوی تقریباً مشابهی در متوسط سالانه شاخص پوشش گیاهی NDVI در محدوده مطالعاتی مشاهده می‌شود. نکته دیگر آن که بین منطقه کوهپایه‌ای و کوهستانی در دامنه‌های شمالی و شرقی تالش، با ناحیه جلگه‌ای خزری، در مرز خط کنیک (خط شکست شیب ۱۵ درصد) اختلاف بارزی در نرخ شاخص پوشش گیاهی مشاهده می‌شود که این الگو در تمامی سال‌ها تکرار می‌شود. نهایتاً الگوی بلندمدت پراکنش و توزیع پوشش گیاهی در ارتفاعات تالش و جلگه‌ها و اراضی اطراف در بازه زمانی ۲۰۰۳ - ۲۰۲۰ با سیکل زمانی ۱۶ روزه به دست آمد که نتایج در شکل ۱۳ نشان داده شده است. همان طور که در شکل ۱۳ مشاهده می‌شود، دامنه‌های شمالی، و شرقی تالش دارای اختلاف بسیار زیادی به نسبت دامنه‌های جنوبی و غربی می‌باشد. این اختلاف چیزی در حدود ۰/۴ تا ۰/۶ NDVI می‌باشد. در اراضی جلگه ای یعنی نواحی بین ارتفاعات تالش و دریای خزر، به محض ورود به منطقه جلگه ای و با عبور از خط کنیک کوهستان یا همان خط شکست شیب ۱۵ درجه ای، به وضوح افت قابل توجه NDVI مشاهده می‌شود. علاوه بر توضیحات فوق در دامنه‌های شمالی و شمال شرقی و شرقی که در جهت ورود بادهای باران آور و مرطوب دریای خزر قرار دارند، در مسیر دره‌ها، پیشروی رطوبت به وضوح منجر به افزایش NDVI شده است.

متوسط بلندمدت کاهش تراکم شاخص پوشش گیاهی با عبور از خط شکست شیب ۱۵ درصد یا خط کنیک کوهستان را نشان می‌دهد. علاوه بر آن دامنه‌های شرقی تالش به سمت ارتفاعات با کاهش غلظت شاخص پوشش گیاهی مواجه می‌شود.



شکل ۱۳: نقشه رویشی متوسط شاخص NDVI متوسط کل دوره آماری (۲۰۰۳ - ۲۰۲۰) میانگین ترا و آکوا

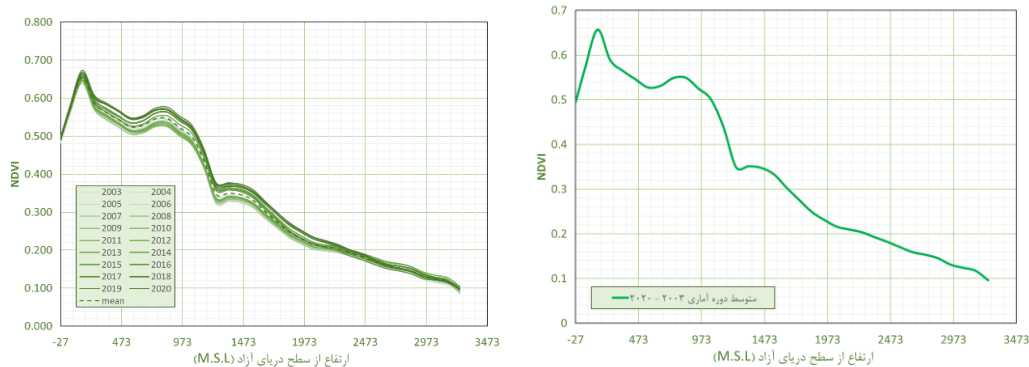
تحلیل ژئوبوتانیک ارتفاعات تالش

در تحلیل ژئوبوتانیک ارتفاعات تالش و جلگه‌ها و اراضی پیرامونی به بررسی توزیع و انتشار و الگوهای پراکنش پوشش گیاهی در محدوده مورد مطالعه پرداخته شد. در این راستا تحلیل ژئوبوتانیک ارتفاعات تالش و اراضی و جلگه‌های پیرامون

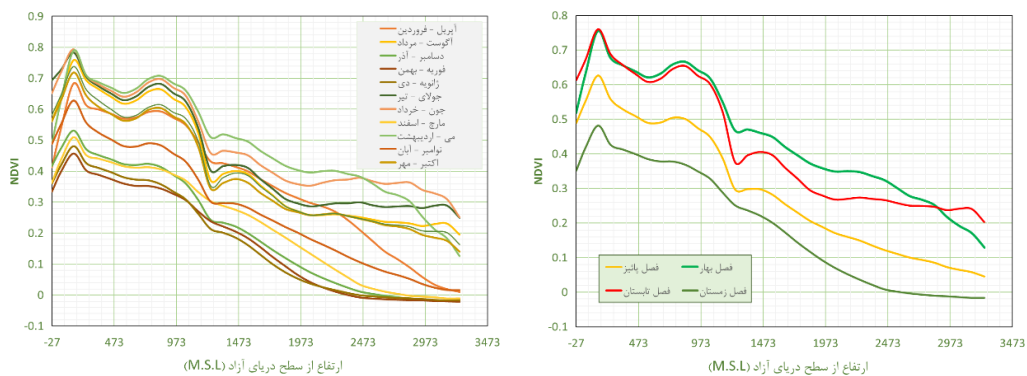
بر اساس عامل ارتفاع، شیب و جهت شیب دنبال شد. در ادامه نتایج به دست آمده از هر بخش ارائه شده و مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

بررسی ژئوتوپونیک ارتفاعات تالش بر مبنای عامل ژئومرفولوژیک ارتفاع

اولین رکن از تحلیل ژئوتوپونیک ارتفاعات تالش و اراضی حاشیه‌ای مربوط به تحلیل ارتفاعی است. نتایج تحلیل ژئوتوپونیک ارتفاعی در اشکال ۱۴ و ۱۵ ارائه شده است. شکل ۱۴ نتایج تحلیل ژئوتوپونیک ارتفاع در بازه فصلی و ماهانه را نشان می‌دهد. همان‌طور که از این شکل برمی‌آید، افت کلی شاخص پوشش گیاهی از ارتفاع ۲۰۰ متری به سمت ارتفاعات بالا مشهود است. الگوی مذکور در تقریباً تمامی سال‌های مورد بررسی تکرار می‌شود. نکته قابل توجه در افزایش شاخص پوشش گیاهی تا ارتفاع ۲۰۰ متری است که در تمامی الگوهای سالانه و متوسط بلندمدت قابل مشاهده است. از ارتفاع ۱۳۵۰ متر به بالا الگوی کاهش شاخص پوشش گیاهی با ارتفاع به صورت تقریباً یکنواخت تمایل به کاهش دارد که این الگو در تمامی دوره‌های زمانی بلند مدت، سالانه، فصلی و ماهانه مشهود است (اشکال ۱۴ و ۱۵). شکل ۱۵ الگوی توزیع ژئوتوپونیک فصلی و ماهانه در طبقات ارتفاعی منطقه را نشان می‌دهد. مشابه الگوهای پیشین تا ارتفاع ۲۰۰ متری، افزایش ارتفاع با افزایش شدید پوشش گیاهی همراه است و سپس با افت کلی همراه می‌گردد. نکته دیگر آنکه از ارتفاع ۹۰۰ متری به بالا به یکباره افت شدید دیگری در غلظت سبزیگی مشاهده می‌شود و بعد از ارتفاع ۱۳۵۰ متر به بالا به صورت یکنواخت افزایش ارتفاع با کاهش درجه سبزیگی همراه می‌شود (شکل ۱۴ و ۱۵).



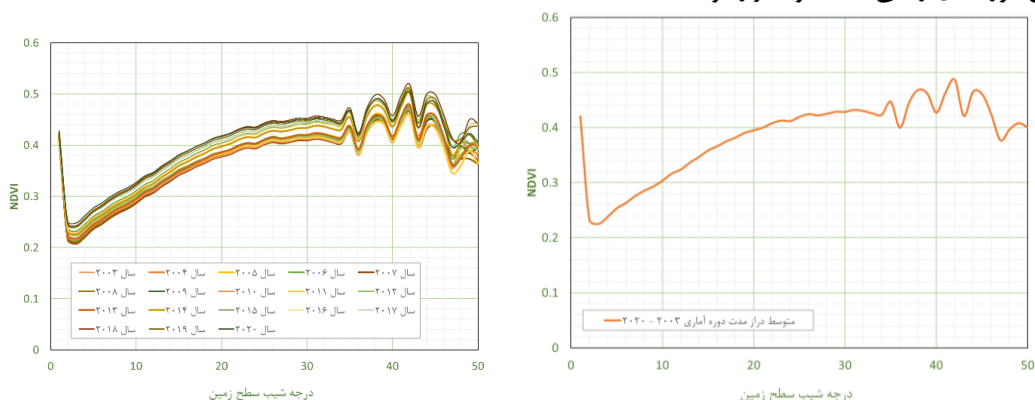
شکل ۱۴: توزیع متوسط بلندمدت و سالانه پوشش گیاهی در طبقات ارتفاعی در بازه زمانی مورد مطالعه در ارتفاعات تالش (۲۰۲۰ - ۲۰۰۳)



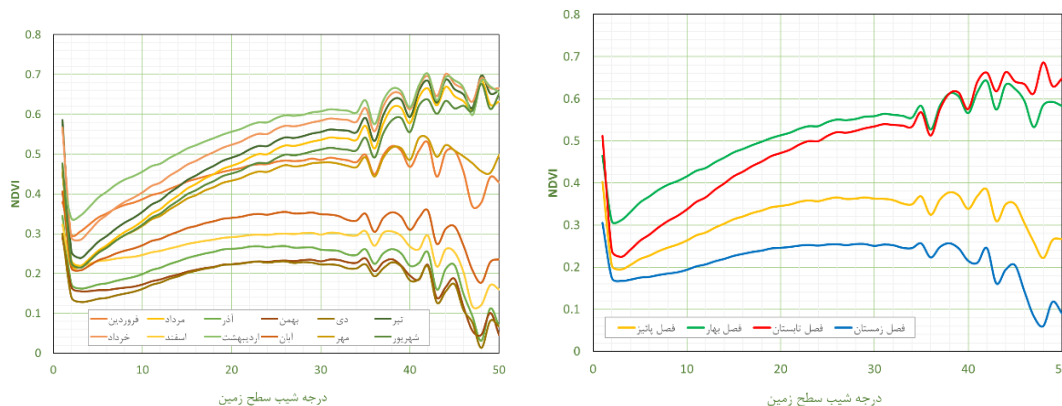
شکل ۱۵: توزیع متوسط فصلی و ماهانه پوشش گیاهی در طبقات ارتفاعی در بازه زمانی مورد مطالعه در ارتفاعات تالش (۲۰۲۰ - ۲۰۰۳)

بررسی ژئوتوپونیک ارتفاعات تالش بر مبنای عامل ژئومرفولوژیک شیب

رکن دوم تحلیل ژئوبوتانیک منطقه مطالعاتی مربوط به عامل شیب است. نتایج حاصل از تحلیل ژئوبوتانیک بر مبنای عامل فرمی شیب زمین در اشکال ۱۶ و ۱۷ در بازه‌های زمانی بلندمدت، سالانه، فصلی و ماهانه نمایش داده شده است. الگوی مشخصی که تقریباً در همه بازه‌های زمانی مشابه و تکرار شده است، افزایش ملایم و همگن درجه سبزیگی از شیب ۲ درجه تا ۳۵ درجه است. بعد از آستانه شیب ۳۵ درجه، نوسانات درجه سبزیگی دچار اغتشاش می‌گردد و این آشفتگی تا شیب‌های بالاتر ادامه می‌یابد. نکته دیگر افت شدید درجه سبزیگی در شیب‌های کمتر از ۲ درجه است که این الگو نیز در تمامی دوره‌های زمانی مشابه و تکرار شونده است.



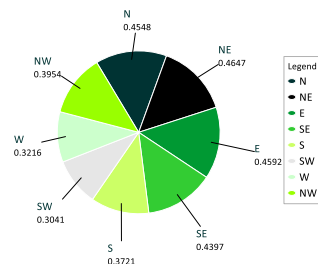
شکل ۱۶: توزیع متوسط فصلی و ماهانه پوشش گیاهی در طبقات ارتفاعی در بازه زمانی مورد مطالعه (۲۰۲۰ - ۲۰۰۳) در ارتفاعات تالش



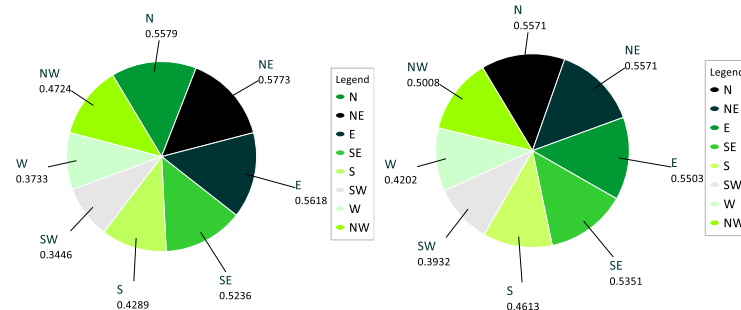
شکل ۱۷: توزیع متوسط فصلی و ماهانه پوشش گیاهی در طبقات ارتفاعی در بازه زمانی مورد مطالعه (۲۰۲۰ - ۲۰۰۳) در ارتفاعات تالش

بررسی ژئوبوتانیک ارتفاعات تالش بر مبنای عامل ژئومورفولوژیک جهت شیب

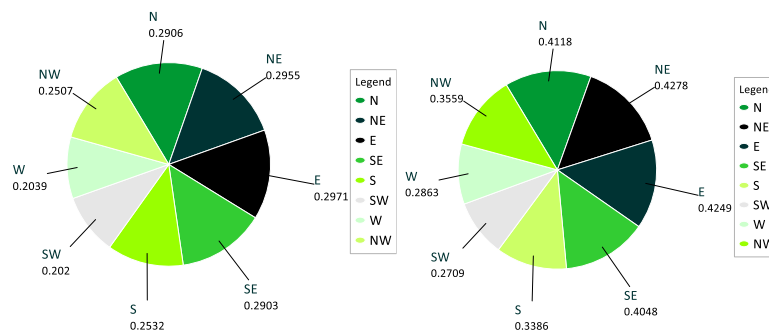
رکن سوم تحلیل ژئوبوتانیک محدوده مورد پژوهش، مرتبط با جهت شیب زمین است. نتایج به دست آمده از این تحلیل در اشکال ۱۸ تا ۲۴ نشان داده شده است. توزیع درجه سبزیگی ارتفاعات تالش و جلگه‌ها و اراضی اطراف در بازه‌های زمانی، بلندمدت، سالانه، فصلی و ماهانه مورد بررسی قرار گرفت که نتایج در اشکال ۱۸ تا ۲۴ ارائه شده است. الگوی بلندمدت مطابق با شکل ۱۸ حکایت از غلظت سبزیگی بیشتر در جهات و دامنه‌های رو به شمال شرقی است که بیشترین درجه سبزیگی را در میانگین بلندمدت نشان می‌دهد. دقیقاً در جهت مخالف یعنی جهت رو به جنوب غربی، شرایط معکوس بوده و کمترین غلظت و درجه سبزیگی ملاحظه شد. به طور کلی نتایج تحلیل الگوی ژئوبوتانیک منطقه نشان می‌دهد که جهات شمال تا جنوب شرقی دارای درجه سبزیگی بالاتری از سایر جهات جغرافیایی می‌باشند.



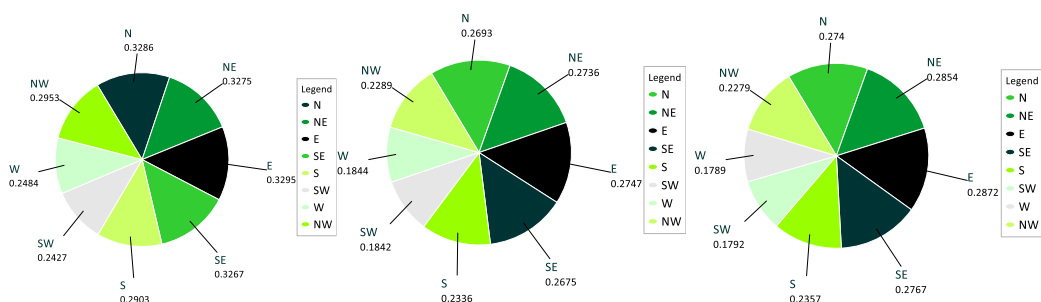
شکل ۱۸: الگوی متوسط بلندمدت توزیع جهتی ژئوتروپیک ارتفاعات تالش و اراضی مجاور در دوره آماری ۲۰۰۳ - ۲۰۲۰. شکل ۱۹ الگوی توزیع فصلی جهتی ژئوتروپیک ارتفاعات تالش و اراضی مجاور را در فصل بهار و تابستان نشان می‌دهد. همان‌طور از شکل برمی‌آید، در فصل بهار تمایل درجه سبزی‌نگی به سمت جهات شمال تا شمال شرقی است ولی این الگو در فصل تابستان به جهت شمال شرق تا شرق منتقل می‌شود.



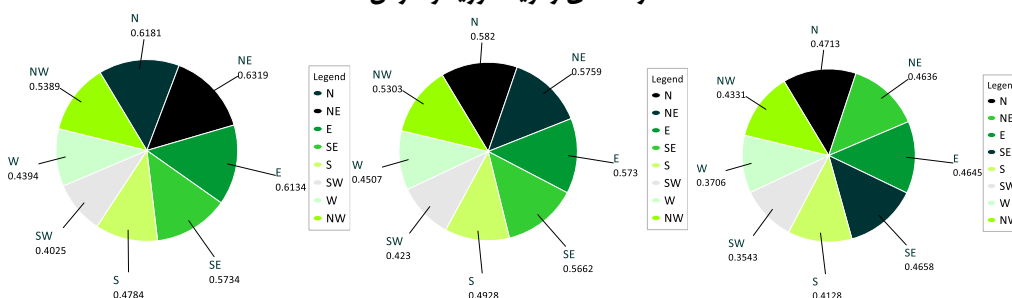
شکل ۱۹: الگوی متوسط فصلی توزیع جهتی ژئوتروپیک ارتفاعات تالش و اراضی مجاور در فصول بهار و تابستان. شکل ۲۰ نماینده متوسط فصلی جهتی ژئوتروپیک ارتفاعات تالش و اراضی مجاور در فصول پاییز و زمستان است. همان‌طور در شکل مشاهده می‌شود، غلظت جهتی سبزی‌نگی تمایل به سمت شمال شرقی و شرق نشان می‌دهد و در فصل زمستان به‌طور محسوس گرایش به شرق پیدا می‌کند.



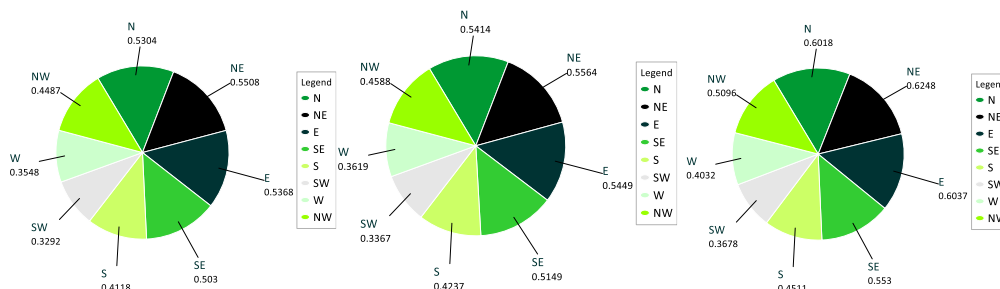
شکل ۲۰: الگوی متوسط فصلی توزیع جهتی ژئوتروپیک ارتفاعات تالش و اراضی مجاور در فصول پاییز و زمستان. اشکال ۲۱ تا ۲۴ نماینده متوسط توزیع ماهانه جهتی ژئوتروپیک ارتفاعات تالش و اراضی مجاور است. الگوی غالب ماهانه حکایت از افزایش غلظت سبزی‌نگی در جهات شمال تا شرق و کاهش این مقدار در جهت جنوب غرب و غرب است. این الگو تقریباً در تمامی ماه‌ها مشاهده می‌شود. در کل بیشینه جهتی غلظت سبزی‌نگی را می‌توان جهت شمال شرقی و کمینه جهتی غلظت سبزی‌نگی را می‌توان جهت جنوب غربی در نظر گرفت.



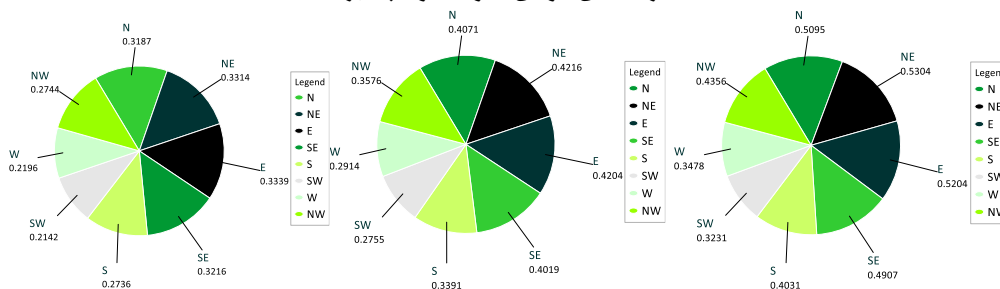
شکل ۲۱: الگوی متوسط ماهانه توزیع جهتی ژئوبوتانیک ارتفاعات تالش و اراضی مجاور در ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس



شکل ۲۲: الگوی متوسط ماهانه توزیع جهتی ژئوبوتانیک ارتفاعات تالش و اراضی مجاور در ماه‌های آپریل، می و جون



شکل ۲۳: الگوی متوسط ماهانه توزیع جهتی ژئوبوتانیک ارتفاعات تالش و اراضی مجاور در ماه‌های جولای، اگوست و سپتامبر

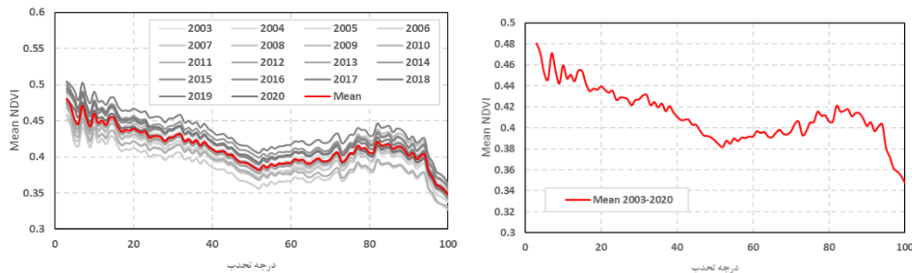


شکل ۲۴: الگوی متوسط ماهانه توزیع جهتی ژئوبوتانیک ارتفاعات تالش و اراضی مجاور در ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر

بررسی ژئوبوتانیک ارتفاعات تالش بر مبنای عامل ژئومورفولوژیک تحذب

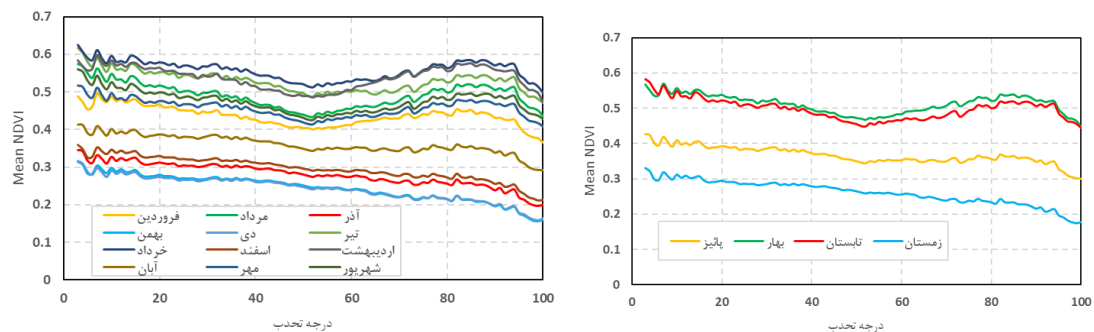
بر رکن چهارم در تحلیل ژئوبوتانیک منطقه مطالعاتی، درجه تحذب و تقعر سطح زمین در ارتباط توزیع ژئوبوتانیک است. بر این اساس شاخص موقعیت توپوگرافیک یا TPI که نماینده درجه تحذب و تقعر سطح زمین است، مورد استفاده قرار گرفت و نتایج در اشکال ۲۵ و ۲۶ در بازه‌های زمانی متوسط بلندمدت دوره آماری، متوسط سالانه، فصلی و ماهانه تهیه و ترسیم

شد. نکته قابل توجه در الگوی توزیع ژئوبوتانیکی بر اساس نرخ تحدب و تقعر سطوح، آن است که تا تحدب ۵۰ درصد روند کاهش غلظت سبزیگی مشاهده می‌شود سپس از تحدب ۵۰ درصد تا ۸۰ درصد روند افزایش غالب شده و سپس از تحدب ۸۰ درصد به بعد با شیب تند، کاهش می‌یابد. الگوی کلی که در تغییرات NDVI بسته به نرخ تحدب مشاهده می‌گردد، کمترین نرخ NDVI در بیشترین تحدب و بیشترین نرخ NDVI در کمترین تحدب مشاهده می‌شود. این الگو تقریباً در تمامی سیکل‌های زمانی قابل مشاهده است.



شکل ۲۵: الگوی متوسط بلند مدت و سالانه توزیع ژئوبوتانیکی بر اساس مؤلفه تحدب و تقعر سطح زمین در ارتفاعات تالش و اراضی مجاور

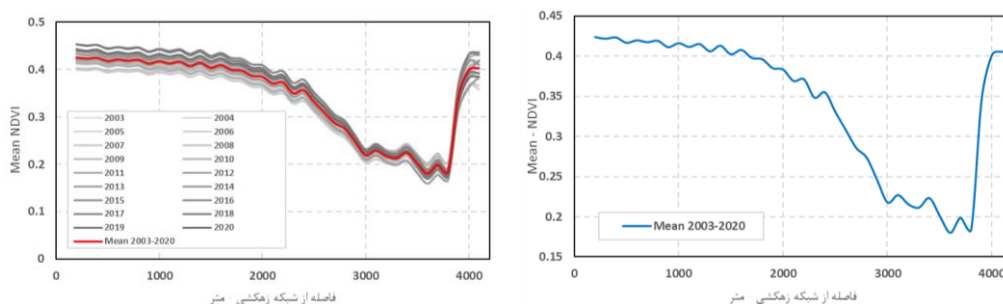
در شکل ۲۶ الگوی فصلی و ماهانه نشان داده شده است. مطابق با روند فوق‌الذکر، الگوی مشابهی در بازه‌های زمانی فصلی و ماهانه نیز مشاهده شد.



شکل ۲۶: الگوی متوسط فصلی و ماهانه توزیع ژئوبوتانیکی بر اساس مؤلفه تحدب و تقعر سطح زمین در ارتفاعات تالش و اراضی مجاور

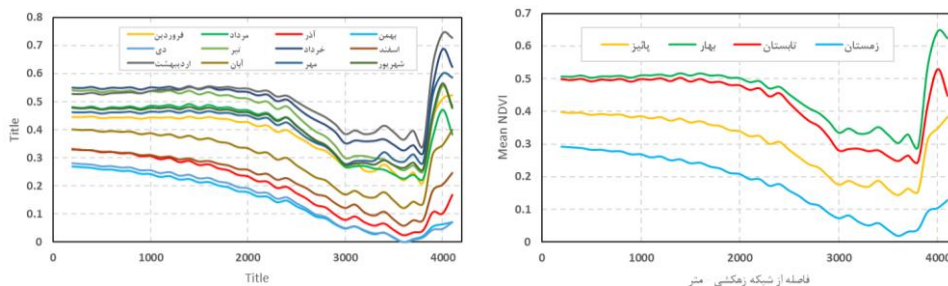
بررسی ژئوبوتانیکی ارتفاعات تالش بر مبنای عامل فاصله از زهکش‌های اصلی (رودخانه‌ها و معابر هیدرولوژیکی اصلی)

در بخش تحلیلی دیگر، تحلیل ژئوبوتانیکی در بستر تحلیل حریم جغرافیایی بر مبنای عامل فاصله از زهکش‌های اصلی انجام گرفت. نتایج این بخش در اشکال ۲۷ و ۲۸ نشان داده شده است. همان‌طور که در این اشکال مشاهده می‌شود تا حریم دو کیلومتری اطراف شبکه‌های زهکشی اصلی، غلظت سبزیگی بالا بوده و با شیب نسبتاً ملایمی کاهش می‌یابد. بعد از حریم ۲ کیلومتر تا فاصله ۳/۵ کیلومتری افت شدیدی با فاصله گرفتن از زهکش‌های اصلی رخ می‌دهد و بعد از آن مجدداً، درجه سبزیگی افزایش نشان می‌دهد.



شکل ۲۷: الگوی متوسط بلندمدت و سالانه توزیع ژئوبوتانیک بر اساس مؤلفه فاصله از شبکه‌های زهکشی اصلی در ارتفاعات تالش و اراضی مجاور

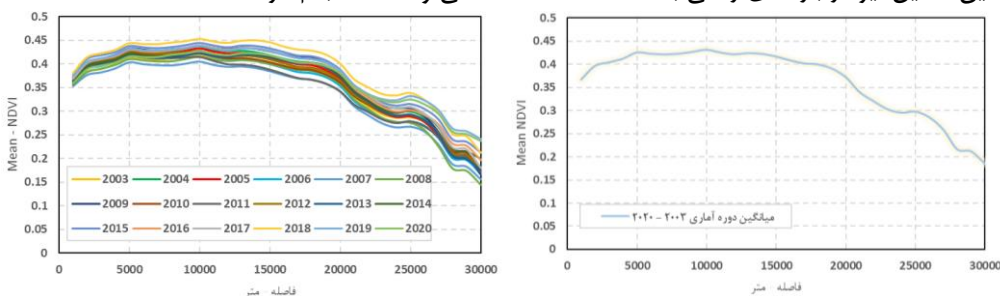
الگوی فوق‌الذکر در بازه‌های زمانی مختلف بلندمدت، سالانه، فصلی و ماهانه قابل رویت است.



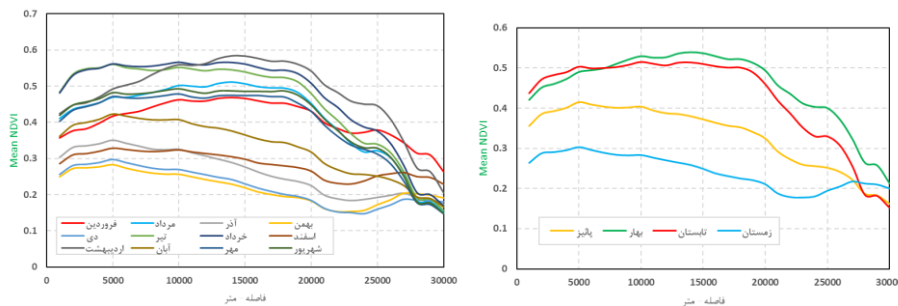
شکل ۲۸: الگوی متوسط فصلی و ماهانه توزیع ژئوبوتانیک بر اساس مؤلفه فاصله از شبکه‌های زهکشی اصلی در ارتفاعات تالش و اراضی مجاور

تحلیل پوشش گیاهی در ارتباط با مؤلفه‌های ژئوآنتروپوژنیک

در راستای تکمیل تحلیل ژئوآنتروپوژنیک پوشش گیاهی در منطقه مطالعاتی، در فاز اول، تحلیل حریم جغرافیایی عوارض سکونتگاه‌های انسانی در دو فرم شهری و روستایی مدنظر قرار گرفت. حریم ۳۰ کیلومتری مراکز شهری و حریم ۷ کیلومتری مراکز روستایی موردبررسی و تحلیل قرار گرفت که نتایج در اشکال ۲۹ و ۳۰ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که این تحلیل نیز در بازه‌های زمانی بلند-مدت، سالانه، فصلی و ماهانه انجام گرفت.

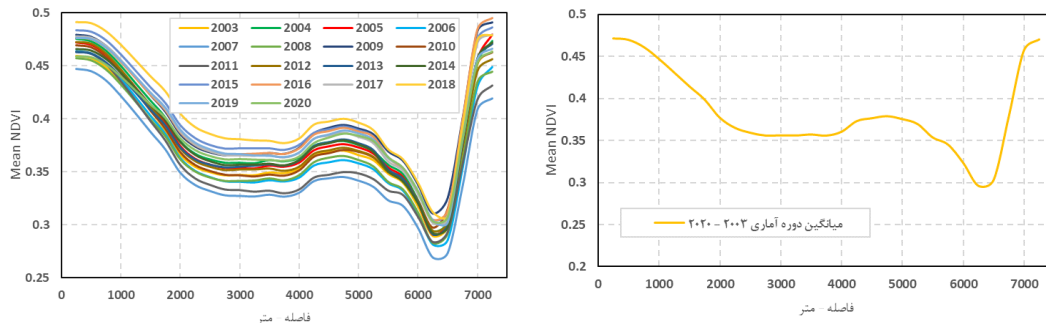


شکل ۲۹: الگوی متوسط نوسانات بلندمدت و سالانه درجه سبزی‌نگی بر مبنای فاصله از مراکز شهری

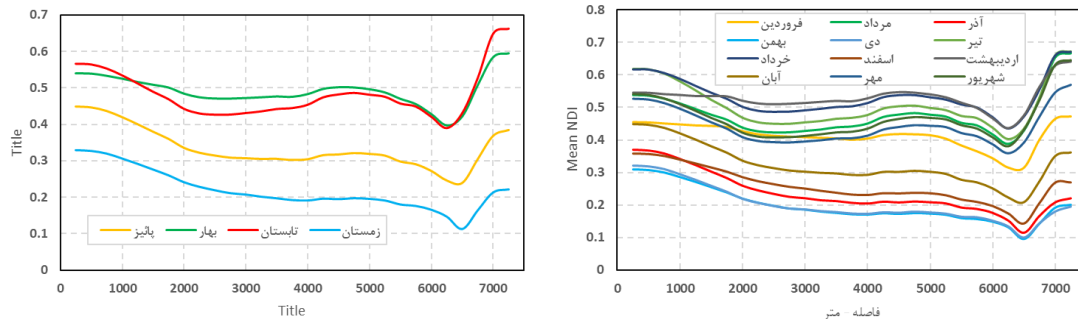


شکل ۳۰: الگوی متوسط نوسانات فصلی و ماهانه درجه سبزی‌نگی بر مبنای فاصله از مراکز شهری

به‌گونه‌ای که از اشکال ۲۹ و ۳۰ برمی‌آید، تقریباً در همه الگوهای زمانی، با افزایش فاصله از مراکز شهری تا حریم ۱۰ کیلومتری افزایش نسبی درجه سبزی‌نگی مشاهده می‌شود و بعد از آن تا حریم ۲۰ کیلومتری در ماه‌ها و فصول گرم سال، افزایش و در ماه‌های و فصول سرد سال کاهش نسبی غالب می‌شود و نهایتاً از حریم ۲۰ تا ۳۰ کیلومتری تقریباً در همه دوره‌های زمانی کاهش نسبی حاکم می‌شود. در بخش بعدی، تحلیل حریم عوارض سکونتگاه‌های روستایی، در فاصله ۷ کیلومتری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج در شکل ۳۱ و ۳۲ نشان داده شده است. الگوی تغییرات شاخص پوشش گیاهی در بازه‌های زمانی بلندمدت، سالانه، فصلی و ماهانه بررسی گردید. همان‌طور که از این اشکال برمی‌آید، در حریم دو کیلومتری اطراف مراکز روستایی افت قابل‌توجهی از درجه سبزی‌نگی مشاهده می‌شود. مجدداً تا حریم ۵ کیلومتری مقادری افزایش و سپس با کاهش روبه‌رو می‌شود این الگو تقریباً در تمامی دوره‌های زمانی مشاهده می‌شود. در نهایت از حریم ۶ کیلومتری به بعد نیز افزایش شدید درجه سبزی‌نگی مشاهده می‌شود.



شکل ۳۱: الگوی متوسط نوسانات بلندمدت و سالانه درجه سبزی‌نگی بر مبنای فاصله از مراکز روستایی



شکل ۳۲: الگوی متوسط نوسانات بلندمدت و سالانه درجه سبزی‌نگی بر مبنای فاصله از مراکز روستایی

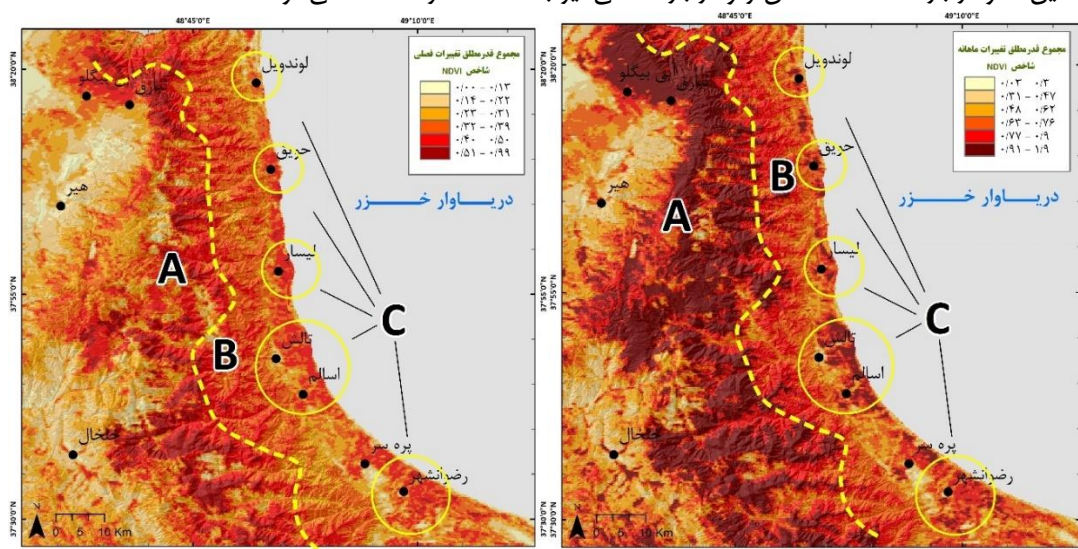
در فاز پایانی تحلیل‌های آنترپوژنیک مدل مجموع تغییرات مطلق پوشش گیاهی، پیکربندی و ارائه شد. این مدل که مجموع تغییرات مطلق پوشش گیاهی را در بازه‌های زمانی مختلف برآورد می‌کند، از این طریق پویایی ژئوبوتانیک منطقه مطالعاتی را به تصویر کشیده و از این طریق تحولات ژئواترپوژنیک و ژئوبوتانیک را نمایان می‌سازد. این مدل با استفاده از رابطه (۸) پیکربندی و نشان داده شده است. مدل پیشنهادی که به نام (SAD) یا مجموع انحرافات (تغییرات) مطلق پوشش گیاهی در بازه‌های زمانی مختلف نامیده شد، قابلیت بارز سازی تحولات ژئواترپوژنیک و ژئوبوتانیک را دارا است.

$$SAD = \sum_{T=1}^n (V_T - V_{T-1}) \quad \text{رابطه (۸)}$$

به‌طوری‌که در این رابطه، SAD مربوط به مجموع قدر مطلق انحرافات یا تغییرات پوشش گیاهی (V) در دوره‌های زمانی T ام به نسبت دوره زمانی قبل یا $T-1$ ام است. مدل SAD برای محدوده مطالعاتی در بازه‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه در نیمه شمالی و جنوبی به‌صورت مجزا تهیه و ترسیم شد که به ترتیب در اشکال ۳۳ و ۳۴ و اشکال ۳۵ و ۳۶ نشان داده شده است. شکل ۳۳ نتایج به دست آمده از مدل SAD در دوره‌های زمانی ماهانه و فصلی را نشان می‌دهد. طبق

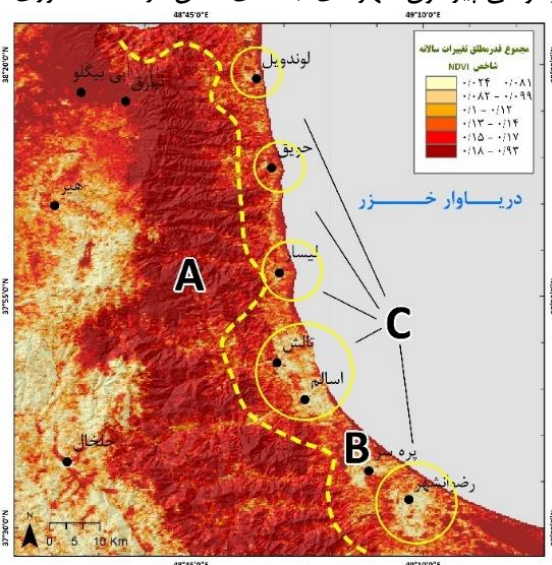
^۱. Sum of Absolute Deviation (SAD)

نتایج این بخش منطقه مطالعاتی در سه زون A, B, C بخش بندی شده است. در باند A مطابق با شکل ۳۳ در بازه ماهانه مقدار عددی SAD بسیار بالا است که این محدوده منطبق با نواحی مرتفع و بالای خط رویش جنگلی تالش است. منطقه B دارای مقدار عددی SAD پائین تر بوده و نکته قابل توجه در بالا بودن SAD در نواحی پیرامون شهرهای ناحیه خزری است. این الگو در بازه ماهانه مشخص تر و در بازه فصلی نیز با شدت کمتر مشاهده می‌شود.



شکل ۳۳: نتایج به دست آمده از مدل SAD در دوره زمانی ماهانه و فصلی در نیمه شمالی منطقه مطالعاتی

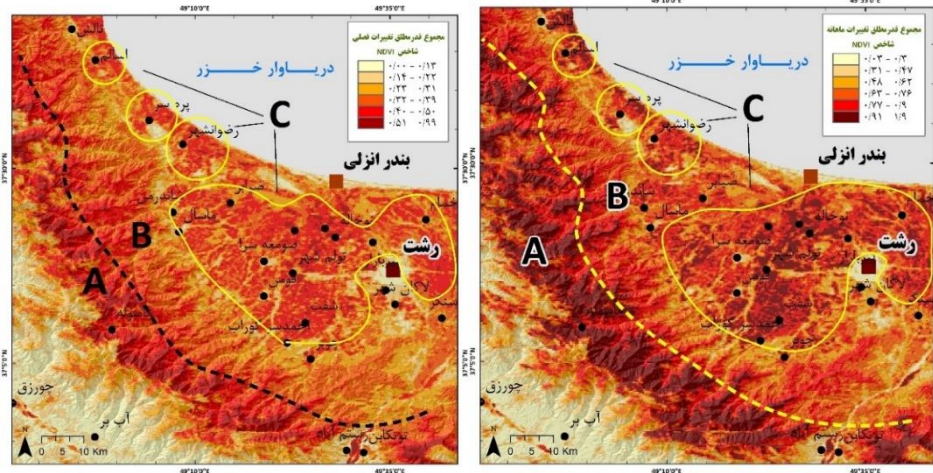
شکل ۳۴ الگوی مقادیر SAD در بازه سالانه در محدوده مطالعاتی را نشان می‌دهد. نکته قابل توجه در مورد این الگو آن است که تقریباً همه مناطق کوهستانی، کوهپایه‌ای و جلگه‌ای تالش و اراضی مجاور خصوصاً در نیمه شرقی تالش دارای مقادیر SAD بالا هستند به جز نواحی پیرامون شهرهای جلگه‌ای تالش در منطقه خزری.



شکل ۳۴: نتایج به دست آمده از مدل SAD در دوره زمانی سالانه در نیمه شمالی منطقه مطالعاتی

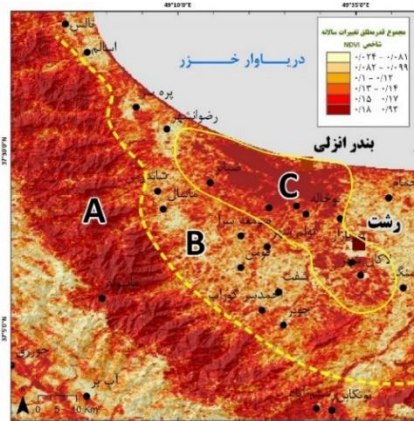
نتایج به دست آمده از مدل SAD مربوط به بخش جنوبی منطقه مطالعاتی در اشکال ۳۵ و ۳۶ در بازه‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ملاحظه می‌شود، منطقه به سه بخش A, B و C تقسیم بندی شده است. در بخش A که منطبق با ارتفاعات و اراضی بالای خط رویش جنگلی است، مقادیر SAD بسیار بالا است و این الگو در هر سه بازه زمانی ماهانه، فصلی و سالانه قابل رویت است. در باند B که مربوط به نواحی کم ارتفاع تر و

اراضی کوهپایه‌ای و دامنه‌های کم ارتفاع تالش است، میزان SAD کاهش یافته و مجدداً در منطقه C که مربوط به اراضی پیرامون شهرهای جلگه‌ای تالش است، مقادیر SAD افزایش قابل توجهی نشان می‌دهد.



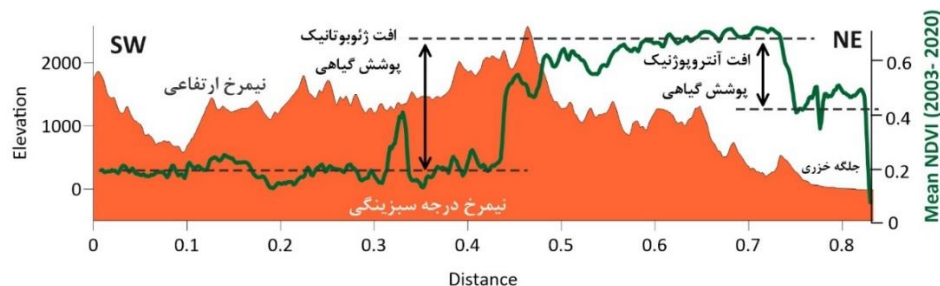
شکل ۳۵: نتایج به دست آمده از مدل SAD در دوره زمانی ماهانه و فصلی در نیمه جنوبی منطقه مطالعاتی

شکل ۳۶ الگوی سالانه مقادیر SAD را نشان می‌دهد نکته قابل توجه در این شکل، بالا بودن SAD در محدوده تالاب انزلی علاوه بر اراضی پیرامون شهرها و اراضی کوهستانی تالش است.



شکل ۳۶: نتایج به دست آمده از مدل SAD در دوره زمانی سالانه در نیمه جنوبی منطقه مطالعاتی

افت آنترپوژنیک پوشش گیاهی که ناشی از فعالیت‌های انسانی و کشاورزی و قطع جنگل‌ها در ناحیه خزری و نواحی شرقی تالش است به خوبی در شکل ۳۷ در یک نیمرخ عرضی از ارتفاعات تالش به سمت ناحیه خزری و جلگه گیلان نشان داده شده است. در کنار افت آنترپوژنیک، افت ژئوبوتانیک پوشش گیاهی نیز در پشت خطالرأس اصلی تالش بین نیمه غربی و شرقی تالش ملاحظه می‌شود.



شکل ۳۷: افت آنترپوژنیک پوشش گیاهی در مقایسه با افت ژئوبوتانیک پوشش گیاهی در ارتفاعات تالش و اراضی و جلگه‌های پیرامون

نتیجه‌گیری

تحلیل‌های پوشش گیاهی در دو محور اصلی ژئوبوتانیک و ژئوآنتروپوژنیک در ارتفاعات تالش و جلگه‌ها و اراضی پیرامون دنبال شد. هسته اصلی تحلیل‌های پژوهش حاضر مربوط به توزیع جغرافیایی، تحلیل حریم عوارض و تغییرات زمانی است. بازه‌های زمانی موردبررسی در این پژوهش معطوف به بازه‌های بلندمدت (۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰)، سالانه، فصلی و ماهانه است. در تمامی بازه‌های زمانی موردپژوهش، اختلاف بارزی بین دامنه‌های شرقی و غربی تالش مشاهده شد که دلیل آن در تغذیه رطوبتی دریای خزر و هوای گرم و مرطوبی است که به سمت جناح شرقی تالش حرکت می‌کند. در بخش جلگه‌ای به نسبت بخش کوهستانی و دامنه‌ها، افت غالب شاخص پوشش گیاهی تحت تأثیر فعالیت‌های آنتروپوژنیک و دخالت‌های انسانی و تخریب جنگل‌ها و تبدیل اراضی جنگلی به مزارع و کشتزارها ایجاد شده است. الگوی ماهانه حاکی از کمینه شاخص پوشش گیاهی در ماه بهمن است زیرا پوشش گیاهی خزان‌دار در این بخش فاقد سبزینه است و به دلیل سردی هوا و توقف دوره رویش، غلظت سبزینه در مینیمم قرار گرفته است. بالاترین درجه سبزینگی در ماه‌های خرداد و تیر مشاهده شد که با اوج دوره رویش و همچنین کشت و زرع ناحیه جلگه‌ای خزری منطبق است. به‌طور کلی فصل تابستان بالاترین درجه سبزینگی و فصل زمستان کمترین درجه سبزینگی را نشان می‌دهد که کاملاً با الگوی رشد گیاهی تطابق دارد. نکته قابل توجه در بررسی الگوهای رویشی، در افت قابل توجه درجه سبزینگی منطبق با خط کنیک کوهستان یا خط شکست شیب ۱۵ درصدی است. دلیل این موضوع کاملاً ریشه آنتروپوژنیک دارد و به محض ورود از بخش کوهستان به بخش جلگه‌ای به دلیل امکان کشت و زرع و فعالیت‌های آنتروپوژنیک، تخریب جنگل‌ها و پوشش گیاهی طبیعی منجر به افت آنتروپوژنیک پوشش گیاهی با عبور از این آستانه محیطی می‌شود. در بخش تحلیل‌های ژئوبوتانیک تحلیل توزیع جغرافیایی و الگوی توزیع و انتشار و استقرار پوشش گیاهی بر اساس مؤلفه‌های فرم شناسی شیب، جهت شیب، ارتفاع و شاخص موقعیت توپوگرافیک یا TPI انجام گرفت.

تحلیل ژئوبوتانیک بر مبنای عامل ارتفاع افزایش غلظت سبزینگی تا ارتفاع ۲۰۰ متری را نشان داد که علت این موضوع در شرایط مساعد دما و رطوبت در ارتفاعات پائین و دهانه دره‌ها است جایی که تخریب آنتروپوژنیک به دلیل فاصله گرفت از بخش جلگه‌ای کاهش یافته است. بعد از ارتفاع ۲۰۰ متری تا ارتفاع ۱۳۵۰ متری تغییرات روند کلی کاهشی را دنبال می‌کند. دلیل این مسئله عدم نفوذ رطوبت در امتداد دره‌ها و تخلیه بار رطوبتی در ارتفاعات پائین تر است که باعث می‌شود غلظت سبزینگی کاسته شود. علاوه بر این موضوع به سمت ارتفاعات بالاتر کاهش دما و رطوبت شرایط استقرار جنگل‌هایی که به شدت غلظت سبزینگی را بالا می‌برند، محدود می‌شود. بعد از ارتفاع ۱۳۵۰ به سمت طبقات ارتفاعی بالاتر شیب کاهش غلظت سبزینگی تقریباً به صورت یکنواخت کاهشی می‌شود که دلیل آن استقرار دوره‌های سرد و یخبندان زمستانه، استقرار پوشش برف زمستانه، کاهش نفوذ رطوبت است. نکته دیگر نزول شدید درجه سبزینگی از ارتفاع ۹۰۰ متر به بالا است که این موضوع مربوط به ماکزیمم ارتفاع رویش جنگلی است که عملاً با خروج از حد بالای جنگل‌ها و ورود به درختزارهای کم تراکم و علفزارهای مرتفع، حادث می‌شود. رکن دوم تحلیل ژئوبوتانیک منطقه مطالعاتی مربوط به عامل شیب بود، افزایش همگن غلظت سبزینگی از شیب ۲ درجه تا ۳۵ درجه مشاهده شد دلیل این موضوع در خروج از حوزه نفوذ و تخریب آنتروپوژنیک پوشش گیاهی (بخش جلگه‌ای) است. نکته مهم افزایش انحراف معیار و نوسانات بالای شیب ۳۵ درجه است که دلیل آن پیچیدگی و به هم ریختگی و تنوع بیشتر شرایط محیطی در ارتفاعات و اراضی با شیب بیش از ۳۵ درجه است. افت درجه سبزینگی در شیب‌های کمتر از ۲ درجه با نواحی استقرار تأسیسات و کالبدهای شهری و روستایی، اراضی و همچنین نواحی ساحلی در ارتباط است. رکن سوم تحلیل ژئوبوتانیک محدوده موردپژوهش، مرتبط با جهت شیب سطح زمین بود. نتایج تحلیل ژئوبوتانیک مرتبط با عامل جهت شیب زمین نشان می‌دهد که جهات رو به شمال شرقی بالاترین غلظت سبزینگی را در الگوی بلندمدت نشان می‌دهد. دلیل این موضوع در جهت وزش بادهای باران‌آور و جریان رطوبت دریای خزر تحت تأثیر بادهای مرکز پرفشار سیبری و جریانات هوای دریای خزر دانست که دقیقاً

با این جهت تقابل دارد و جهاتی که مخالف این جهت قرار دارند، یعنی جهت جنوب غربی کمترین غلظت سبزینگی را نشان می دهد. نکته دیگر در مورد توزیع فصلی درجه سبزینگی است که در فصل بهار تمایل درجه سبزینگی به سمت جهات شمال تا شمال شرقی است ولی این الگو در فصل تابستان به جهت شمال شرق تا شرق منتقل می شود. دلیل این مسئله را می توان به تغییر جهت باد های باران زا و تغییرات الگوی تابشی و حرارتی خورشید و رژیم حرارتی و رطوبتی دریای خزر مرتبط دانست. رکن چهارم در تحلیل ژئوبوتانیک منطقه مطالعاتی، درجه تحذب و تقعر سطح زمین در ارتباط توزیع ژئوبوتانیک بود. بر این اساس شاخص موقعیت توپوگرافیک یا TPI که نماینده درجه تحذب و تقعر سطح زمین است، مورد استفاده قرار گرفت. در این ارتباط تا تحذب ۵۰ درصد روند کاهش غلظت سبزینگی مشاهده می شود که دلیل آن خروج از نواحی جلگه ای خزری و همچنین فاصله گرفتن از پوشش گیاهی کناری و حاشیه ای معابر هیدرولوژیکی و دره ها و شیارها است. از تحذب ۵۰ درصد تا ۸۰ درصد روند مجدداً افزایشی می شود که ورود به کوهپایه ها و تپه ها و ارتفاعات را نشان می دهد جایی که از محدوده تحت تأثیر فعالیت ها آنتروپوژنیک در امان مانده و جنگل ها در این نواحی مستقر شده اند. نهایتاً از تحذب ۸۰ درصد به بالا که شامل نواحی مرتفع، سنگلاخی، کوهستانی و بدون پوشش خاک هستند، افت قابل توجه غلظت سبزینگی حاکم می شود. در بخش تحلیل حریم جغرافیایی، تحلیل فاصله از زهکش های اصلی انجام گرفت. نتایج از بالا بودن غلظت سبزینگی در حریم ۲ کیلومتری شبکه های زهکشی حکایت دارد که به دلیل شرایط تغذیه رطوبت و استقرار گیاهان آب دوست در این نواحی و همچنین خاک حاصلخیز این نواحی، این وضعیت ایجاد شده است. بعد از حریم ۲ کیلومتری تا ۳/۵ کیلومتری افت شدیدی با فاصله گرفتن از زهکش های اصلی رخ داده که دلیل آن در دوری از نواحی مناسب رویش به لحاظ دسترسی آبی، خاک حاصلخیز و قابل رویش و ورود به نواحی سنگلاخی و صخره ای اطراف دره و شبکه های خط القعری دانست. بعد از حریم ۳/۵ کیلومتری مجدداً با ورود به علفزارهای مرتفع و بیلاقی با افزایش غلظت سبزینگی مواجه می شویم. در راستای تکمیل تحلیل ژئوتروپوژنیک پوشش گیاهی در منطقه مطالعاتی، در فاز اول، تحلیل حریم جغرافیایی عوارض سکونتگاه های انسانی در دو فرم شهری و روستایی مدنظر قرار گرفت. حریم ۳۰ کیلومتری مراکز شهری و حریم ۷ کیلومتری مراکز روستایی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. تقریباً در همه الگوهای زمانی، با افزایش فاصله از مراکز شهری تا حریم ۱۰ کیلومتری افزایش نسبی درجه سبزینگی مشاهده می شود که دلیل آن خروج از حوزه ساخت و ساز و تأسیسات شهری و ورود به حومه های سبز و اراضی کشاورزی و باغات است. بعد از آن تا حریم ۲۰ کیلومتری در ماه ها و فصول گرم سال، افزایش و در ماه ها و فصول سرد سال کاهش نسبی غالب می شود که دلیل این مربوط به نواحی تحت کشت و کشتزارها و باغات و زمین های کشاورزی پیرامون حوزه های شهری است و نهایتاً از حریم ۲۰ تا ۳۰ کیلومتری تقریباً در همه دوره های زمانی کاهش نسبی حاکم می شود که دلیل آن را باید فاصله گرفتن از حریم شهرها و ورود به نواحی دورافتاده که اغلب نواحی مرتفع، سنگلاخی، صخره ای و بدون پوشش خاک کافی است، ذکر کرد. در بخش بعدی، تحلیل حریم عوارض سکونتگاه های روستایی، در فاصله ۷ کیلومتری مورد بررسی قرار گرفت. در حریم دو کیلومتری اطراف مراکز روستایی افت قابل توجه از درجه سبزینگی مشاهده می شود که دلیل آن خروج از حلقه سبز پیرامون حوزه های سکونتگاهی روستایی دانست. سپس به سمت حریم ۵ کیلومتری مقداری افزایش و سپس کاهش مشاهده شد که دلیل آن ورود به علفزارهای بیلاقی و مرتفع است و بعد از آن ورود به نواحی سردسیر و برف گیر و فاقد شرایط مناسب برای استقرار جنگل و پوشش گیاهی متراکم منجر به کاهش غلظت سبزینگی می گردد. در فاز پایانی تحلیل های آنتروپوژنیک مدل مجموع تغییرات مطلق پوشش گیاهی، پیکربندی و ارائه شد. این مدل که مجموع تغییرات مطلق پوشش گیاهی را در بازه های زمانی مختلف برآورد می کند، از این طریق پویایی ژئوبوتانیک منطقه مطالعاتی را به تصویر کشیده و از این طریق تحولات ژئوتروپوژنیک و ژئوبوتانیک را نمایان می سازد. نتایج مدل پیشنهادی SAD در نواحی مرتفع تالش به شدت افزایش می یابد که دلیل آن در نوسانات رویشی این نواحی است. این مناطق در زمستان به دلیل یخبندان و پوشش برف با افت شدید غلظت سبزینگی مواجه شده و در ماه های تابستان به دنبال استقرار پوشش علفی

با افزایش غلظت سبزی‌نگی روبه‌رو می‌شود. در اصل در حد بالای خط رویش جنگلی تالش نرخ عددی SAD نسبتاً بالاتر از سایر نواحی است. زون دیگری که مقدار عددی SAD در آن بالا است در اراضی پیرامون شهرها و روستاها است که دلیل آن کاملاً ژئوآنتروپوژنیک بوده و به تبع تغییرات الگوهای کشت و دخالت‌های انسانی در حوزه پیرامون شهری در منطقه جلگه ای است. نکته دیگر در مورد مقادیر عددی مدل SAD در بالا بودن تقریباً تمامی اراضی مرتفع و کوهستانی و کوهپایه ای و جلگه ای به‌جز نواحی و مراکز شهری است. دلیل این موضوع در تغییرات کم پوشش گیاهی در حوزه ساخت‌وساز و تأسیسات شهری و حومه‌های کارگاهی و صنعتی است. محدوده پیرامون تالاب انزلی دارای مقادیر عددی بالای SAD است که به فعالیت‌های رویشی موقتی شناور و ماندابی این تالاب ارتباط دارد. در انتها افت آنتروپوژنیک پوشش گیاهی که ناشی از فعالیت‌های انسانی و کشاورزی و قطع جنگل‌ها در ناحیه خزری و نواحی شرقی تالش است، توسط نیمرخ عرضی نمایش و تحلیل شد که این افت در حدود $NDVI = 0.2$ برآورد گردید. در کنار افت ژئوآنتروپوژنیک غلظت سبزی‌نگی، افت ژئوبوتانیک پوشش گیاهی نیز در پشت خط‌الرأس اصلی تالش بین نیمه غربی و شرقی تالش در حدود $NDVI = 0.4$ برآورد گردید.

به طور کلی مهمترین وجوه نوآوری در پژوهش حاضر را می‌توان به این صورت خلاصه نمود. نخستین وجه نوآوری مربوط به ورود به فضای میان-رشته ای شاخه‌های علمی ژئومورفولوژی، بوتانی و آنتروپولوژی و بهره‌گیری از واژگان بینامتنی فضاهای علمی فوق‌الذکر، شامل ژئوآنتروپولوژی و ژئوبوتانی است. وجه دوم در نمودسازی مفاهیم فوق‌الذکر به صورت عینی و با استفاده از منابع مختلف داده از جمله داده‌های ارتفاعی و داده‌های مربوط به درجه سبزی‌نگی به دست آمده از تصاویر ماهواره ای بود. وجه سوم در تطبیق و انطباق و آنالیز و تحلیل ترکیبی متغیرهای هیدروژئومورفولوژیک با متغیرهای بوتانیک در قالب متغیرهای ژئوبوتانیک می‌باشد. وجه چهارم در تحلیل ترکیبی متغیرهای آنتروپوژنیک، ژئومورفولوژیک و بوتانیک در قالب متغیرهای ژئوآنتروپوژنیک پوشش گیاهی می‌باشد. نهایتاً بعد پنجم نوآوری در پژوهش حاضر مربوط به خلق مدل SAD یا مجموع انحرافات (تغییرات) مطلق پوشش گیاهی در بازه‌های زمانی مختلف است، به طوری که این مدل قابلیت بارزسازی تحولات ژئوآنتروپوژنیک و ژئوبوتانیک را دارا است.

منابع

- منتظری، مجید؛ کفایت مطلق، امیدرضا، (۱۳۹۷)، واکاوی میانگین بلندمدت پوشش گیاهی ایران به کمک نمایه $NDVI$ ، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دوره ۲۹، شماره ۳ - شماره پیاپی ۷۱، آبان ۱۳۹۷، صفحه ۱-۱۴.
- کفایت مطلق، امیدرضا؛ مسعودیان، سید ابوالفضل، (۱۳۹۷)، واکاوی میانگین بلندمدت پوشش گیاهی ایران به کمک نمایه $NDVI$ ، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دوره ۲۹، شماره ۳ - شماره پیاپی ۷۱، آبان ۱۳۹۷، صفحه ۱-۱۴.
- کفایت مطلق، امیدرضا؛ یوسفی، فیصل؛ محمدی، رستگار، (۱۳۹۴)، میانگین بلندمدت پوشش گیاهی ایران به کمک نمایه $NDVI$ ، دومین همایش ملی چالش‌ها و راهکارهای توسعه.
- Allen, R.B., and Peet, R.K., 1990. Gradient analysis of forests of the Sangre de Cristo Range. Colorado. Canadian Journal of Botany, 68, pp. 193-201.
- Atzberger C., Eilers PHC., 2011. A time series for monitoring vegetation activity and phenology at 10-daily time steps covering large parts of South America. International Journal of Digital Earth 4(5):365-386.
- Bai, Y., Broersma, K., Thompson, D. and Ross, T.J., 2004. Landscape-level dynamics of grassland-forest transitions in British Columbia. Journal of Range Management, 55, pp. 66-75.

- Beatriz ,M., Gilabert MA .,2009. *Vegetation dynamics from NDVI time series analysis using the wavelet transform. Remote Sensing of Environment* 113(9):1823-1842.
- Ben-Ze'ev E, Karnieli A, Agam N, et al., 2006. *Assessing vegetation condition in the presence of biomass burning smoke by applying the Aerosol-free Vegetation Index (AFRI) on MODIS images. International Journal of Remote Sensing* 27(15):3203-3221.
- Bishal Roy, (2021), *Optimum machine learning algorithm selection for forecasting vegetation indices: MODIS NDVI & EVI, Remote Sensing Applications: Society and Environment, Volume 23,2021,100582, ISSN 2352-9385.*
- Brang, P., Schonenberger, W., Ott, E. and Gardner, R.H., 2001, *Forests as protection from natural hazards. In The Forests Handbook, J. Evans (Ed.), pp. 53–81 (Oxford: Blackwell Science).*
- Braselton, J.P.,2013. "What is Plant Biology?". Ohio University. Archived from the original on September 24, 2015. Retrieved June 3, 2013.
- Busing, R.T., White, P.S. and Mckenzie, M.D., 1993. *Gradient analysis of old spruce-fir forest of the Great Smokey Mountains circa 1935. Canadian Journal of Botany, 71, pp. 951–958.*
- Chamaille-Jammes S, Fritza H, Murindagomoc F.,2006. *Spatial patterns of the NDVI–rainfall relationship at the seasonal and interannual time scales in an African savanna. International Journal of Remote Sensing* 27 (23):5185-5200.
- Chang CT, Lin TC, Wang SF, et al., 2011. *Assessing growing season beginning and end dates and their relation to climate in Taiwan using satellite data. International Journal of Remote Sensing* 32(18):5035-5058.
- Chen, D. and Brutsaert, W., 1998. *Satellite-sensed distribution and spatial patterns of vegetation parameters over a tall grass Prairie. Journal of the Atmospheric Sciences, 55, pp. 1225–1238.*
- Crimmins TM, Crimmins MA, David Bertelsen C.,2010. *Complex responses to climate drivers in onset of spring flowering across a semiarid elevation gradient. Journal of Ecology* 98(5):1042-1051.
- Day, F.P. and Monk, C.D., 1974. *Vegetation patterns on a Southern Appalachian watershed. Ecology, 55, pp. 1064–1074.*
- Deering, D.W., 1978. *Rangeland reflectance characteristics measured by aircraft and spacecraft sensors. Ph.D. Dissertation, Texas A & M University, College Station, TX, 338 pp.*
- Defries , R., Hansen, M. and Townsshend, J.R.G., 1995. *Global discrimination of land cover types from metrics derived from AVHRR pathfinder data. Remote Sensing of Environment, 54, pp. 209–222.*
- Endress, B.A., and Chinae, J.D., 2001. *Landscape patterns of tropical forest recovery in the Republic of Palau. Biotropica, 33, pp. 555–565.*
- Fei Xie, Hui Fan, *deriving drought indices from MODIS vegetation indices (NDVI/EVI) and Land Surface Temperature (LST): Is data reconstruction necessary? International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Volume 101,2021,102352, ISSN 1569-8432.*
- Franklin, J.,1995. *Predictive vegetative mapping: geographic modeling of biospatial patterns in relation to environmental gradients. Progress in Physical Geography. 19(4):474–499*
- Friedl, M.A., Mciver, D.K., Hodges, J.C.F., Zhang, X.Y., Muchoney, D., Strahler, A.H., Woodcock, C.E., Gopal, S., Schneider, A., Cooper, A., Baccini , A., Gao, F. and Schaaf, C., 2002. *Global land cover mapping from MODIS: Algorithms and early results. Remote Sensing of Environment, 83, pp. 287–302.*

- Gallant, J.C., Wilson, J.P., 2000. Primary topographic attributes. In: Wilson, J.P., Gallant, J.C. (Eds.), *Terrain Analysis: Principles and Applications*. Wiley, New York, pp. 51–85.
- Gao Y, Huang J, Li S, et al. (2012) Spatial pattern of non-stationarity and scale-dependent relationships between NDVI and climatic factors- a case study in Qinghai-Tibet Plateau, China. *Ecological Indicators* 20:170-176.
- Gelger, R., 1966. *The Climate Near the Ground*. (Cambridge, MA: Harvard University Press).
- Guangzhen Wang, Jingpu Wang, Xueyong Zou, Guoqi Chai, Mengquan Wu, Zhoulong Wang, *Estimating the fractional cover of photosynthetic vegetation, non-photosynthetic vegetation and bare soil from MODIS data: Assessing the applicability of the NDVI-DFI model in the typical Xilingol grasslands*, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 76, 2019, Pages 154-166, ISSN 1569-8432.
- Guisan, A., Weiss, S.B., Weiss, A.D., 1999. GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution. *Plant Ecology* 143, 107–122.
- Guisan, A., Zimmermann, N.E., 2000, *Predictive habitat distribution models in ecology*. *Ecological Modelling*, 135, pp. 147–186.
- Hansen, A.J., Rotella, J.J., Kraska, M.P.V. and Brown, D., 2000, *Spatial patterns of primary productivity in the Greater Yellowstone Ecosystem*. *Landscape Ecology*, 15, pp. 505–522.
- Henebry, G.M., 1993. Detecting change in grasslands using measures of spatial dependence with Landsat TM data. *Remote Sensing of Environment*, 46, pp. 223–234.
- Huang, K.Y., 2002. Evaluation of the topographic sheltering effects on the spatial pattern of Taiwan fir using aerial photography and GIS. *International Journal of Remote Sensing*, 23, pp. 2051–2069.
- Issam Touhami, Hassane Moutahir, Dorsaf Assoul, Kaouther Bergaoui, Hamdi Aouinti, Juan Bellot, José Miguel Andreu, *Multi-year monitoring land surface phenology in relation to climatic variables using MODIS-NDVI time-series in Mediterranean forest, Northeast Tunisia*, *Acta Oecologica*, Volume 114, 2022, 103804, ISSN 1146-609X.
- Iversen M, Brathen KA, Yoccoz NG, et al. (2009) Predictors of plant phenology in a diverse high-latitude alpine landscape: growth forms and topography. *Journal of Vegetation Science* 20(5):903-915.
- Jenness, J., 2006. *Topographic Position Index (tpi_jen.avx) Extension for ArcView 3.x, v. 1.3a*. Jenness Enterprises.
- Johnson, E.A., 1981, *Vegetation organization and dynamics of lichen woodland communities in the Northwest Territories, Canada*. *Ecology*, 62, pp. 200–215.
- Leak, W.B. and Graber, R.E., 1974, *Forest vegetation related to elevation in the White Mountains of New Hampshire*. USDA Forest Service, Research paper NE-299, Northeastern Forest Experiment Station, Upper Darby, PA.
- Li A, Deng W, Liang S, et al. (2010) Investigation on the patterns of global vegetation change using a Satellite-Sensed Vegetation Index. *Remote Sensing* 2(6):1530-1548.
- Lookingbill, T.R. and Urban, D.L., 2005, *Gradient analysis, the next generation: towards more plant-relevant explanatory variables*. *Canadian Journal of Forest Research*, 35, pp. 1744–1753.
- Loveland, T.R., Reed, B.C., Brown, J.F., Ohlen, D.O., Zhu, Z., Yang, L. and Merchant, J.W., 2000, *Development of a global land cover characteristics database and IGBP DISCover from 1-km AVHRR data*. *International Journal of Remote Sensing*, 21, pp. 1303–1330.

- Loveland, T.R., Zhu, Z.L., Ohlen, D.O., Brown, J.F., Reed, B.C. and Yang, L.M., 1999. *An analysis of the IGBP global land-cover characterization process. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 65, pp. 1021–1032.
- Marks, P.L. and Harcombe, P.A., 1981, *Forest vegetation of the Big Thicket, southeast Texas. Ecological Monographs*, 51, pp. 287–305.
- Miller, J.R., Turner, M.G., Smithwick, E.A.H., Dent, C.L, Stanley, E.H., 2004, *Spatial extrapolation: the science of predicting ecological patterns and processes. Bioscience*, 54, pp. 310–320.
- Min Lin, Lizhu Hou, Zhiming Qi, Li Wan, *Impacts of climate change and human activities on vegetation NDVI in China's Mu Us Sandy Land during 2000–2019, Ecological Indicators, Volume 142, 2022, 109164, ISSN 1470-160X.*
- Moulin S, Kergoat L, Viovy N, et al. ,1997. *Global-Scale Assessment of Vegetation Phenology Using NOAA/AVHRR Satellite Measurements. Journal of Climate* 10 (6):1154-1170.
- Nelson A, Oberthür T, Cook, S., 2007. *Multi-scale correlations between topography and vegetation in a hillside catchment of Honduras. International Journal of Geographical Information Science* 21 (2):145-174.
- Oliver, M.A. and Webster, R., 1986. *Semi-variograms for modeling the spatial pattern of landform and soil properties. Earth Surface Processes and Landforms*, 11, pp. 491–504.
- Piao SL, Cui M, Chen A, et al., 2012. *Altitude and temperature dependence of change in the spring vegetation green-up date from 1982 to 2006 in the Qinghai-Xizang Plateau. Agricultural and Forest Meteorology* 151(12):1599-1608.
- Pineda Jaimes NB, Sendra JB, et al., 2010. *Exploring the driving forces behind deforestation in the state of Mexico (Mexico) using geographically weighted regression. Applied Geography* 30(4):576-591.
- Propastin, P., 2012. *Modifying geographically weighted regression for estimating aboveground biomass in tropical rainforests by multispectral remote sensing data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 18:82-90.
- Propastin, P., 2011. *Multiscale analysis of the relationship between topography and aboveground biomass in the tropical rainforests of Sulawesi, Indonesia. International Journal of Geographical Information Science* 25 (3):455-472.
- Pulak Das, (2021), *20 years MODIS-NDVI monitoring suggests that vegetation has increased significantly around Tehri Dam reservoir, Uttarakhand, India, Remote Sensing Applications: Society and Environment, Volume 24, 2021, 100610, ISSN 2352-9385.*
- Reu, J.D., Bourgeois, J., Bats M., Zwertvaegher, A., Gelorini, V., Smedt P.D., Wei, C., and et al. 2013, *Application of the topographic position index to heterogeneous landscapes, Geomorphology, Volume 186, 15 March 2013, Pages 39-49*
- Rowhani P, Linderman M, Lambin EF., 2011. *Global interannual variability in terrestrial ecosystems: sources and spatial distribution using MODIS-derived vegetation indices, social and biophysical factors. International Journal of Remote Sensing* 32(19):5393-5411.
- Rui Ba, Weiguo Song, Michele Lovallo, Hui Zhang, Luciano Telesca, (2022), *Informational analysis of MODIS NDVI and EVI time series of sites affected and unaffected by wildfires, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Volume 604, 2022, 127911, ISSN 0378-4371.*
- Sellers, P.J., 1985. *Canopy reflectance, photosynthesis, and transpiration. International Journal of Remote Sensing*, 6, pp. 1335–1371.
- Souza AA, Galvao LS, Santos JR (2010) *Relationships between Hyperion-derived vegetation indices, biophysical parameters, and elevation data in a Brazilian savannah environment. Remote Sensing Letters* 1(1):55-64.

- Stephenson ,NL. 1990. *Climatic Control of Vegetation Distribution: The Role of the Water Balance* , *The American Naturalist* , Vol. 135, No. 5 (May, 1990), pp. 649-670 (22 pages) , Published By: The University of Chicago Press
- Tasneem Ahmed, Dharmendra Singh, *Probability density functions-based classification of MODIS NDVI time series data and monitoring of vegetation growth cycle*, *Advances in Space Research*, Volume 66, Issue 4, 2020, Pages 873-886, ISSN 0273-1177.
- Tucker, C.J. and Sellers, P.J., 1986, *Satellite remote sensing of primary vegetation*. *International Journal of Remote Sensing*, 22, pp. 3827–3844.
- Turner, C.L., Seastedt, T.R., Dyer, M.I., Kittel, T.G.F. and Schimel, D.S., 1992, *Effects of management and topography on the radiometric response of a tallgrass prairie*. *Journal of Geophysical Research*, 97(D17), 18855–18866.
- Unwin, D. J. 1981. *Introductory spatial analysis (Vol. 748)*. Taylor & Francis.
- Weiser, R.L., Asrar, G., Miller, G.P. and Kanemasu, E.T., 1986. *Assessing grassland biophysical characteristics from spectral measurements*. *Remote Sensing of Environment*, 20, pp. 141–152.
- Weiss, A., 2001. *Topographic Position and landforms Analysis*. Poster presentation, ESRI user Conference, San Diego, C.A.
- Wolf, Eric., 1994. *Perilous Ideas: Race, Culture, People*. *Current Anthropology* 35: 1-7. p.227.
- Xiaomei Jin, Li Wan, You-Kan Zhang, Guangcheng Hu, M.E. Schaepman, J. G. P. W. Clevers, and Z. Bob Su., 2009. *Quantification of spatial distribution of vegetation in the Qilian Mountain area with MODIS NDVI*, *International Journal of Remote Sensing* Vol. 30, No. 21, 10 November 2009, 5751–5766
- Yue He, Shilong Piao, Xiangyi Li, Anping Chen, Dahe Qin, *Global patterns of vegetation carbon use efficiency and their climate drivers deduced from MODIS satellite data and process-based models*, *Agricultural and Forest Meteorology*, Volumes 256–257, 2018, Pages 150-158, ISSN 0168-1923.
- Zhao N, Yang Y, Zhou X., 2010. *Application of geographically weighted regression in estimating the effect of climate and site conditions on vegetation distribution in Haihe Catchment, China*. *Plant Ecology* 209(2):349-359.
- Zhong L, Ma Y, Salama M, et al., 2010. *Assessment of vegetation dynamics and their response to variations in precipitation and temperature in the Tibetan Plateau*. *Climatic Change* 103(3):519-535.