پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال سوم، شماره ۲، پاییز ۱۳۹۳
صص. ۱۰۳-۹۰

تعیین قلمروهای آب و هوایی و فرآیندهای شکل زایی حال حاضر و کواترنری در مسیر آزادراه خرم‌آباد - پل زال

مجتبی یمانی* ـ استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
علی‌اکبر شمسی‌پور– استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
مریم رحمتی– دانشجوی دکترای ژئومورفولوژی، دانشگاه تربیت مدرس

پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۱۰/۲۰ تأیید نهایی: ۱۳۹۲/۱۲/۱۷

چکیده

یک منطقه مورفوژنتیک (منطقه مورفوکلیماتیک) پهنه‌ای است که لندفرم های آن توسط فرآیندهای شکل زایی یکسان و یا مشابه، به ویژه فرآیندهای کنترل شده به وسیلهٔ اقلیم شکل‌گرفته و یا می‌تواند به وجود آید. این مطالعه بر پایه مدل‌های لوئیس پلتیر استوار است. با هدف پهنه بندی مناطق مورفودینامیک و مورفوکلیماتیک آزادراه خرم‌آباد ــ پل زال در دوره زمانی حال حاضر و کواترنر پایانی، داده‌های اقلیمی شامل میانگین دما و بارش دوره سرد سال در ۲۰ ایستگاه همدید و اقلیم‌شناسی با طول آماری بیش از ۳۰ سال اخذ گردید. با روش رگرسیون خطی همبستگی بین دما و بارش با ارتفاع محاسبه شد. با دستیابی به سطح معناداری قابل قبول پهنه بندی دما و بارش حال حاضر و آخرین دورهٔ یخچالی بر پایه مدل‌های لوئیس پلتیر و مبتنی بر سطوح ارتفاعی در نرم‌افزار Arc GIS بازسازی شده است. از روی دامنه‌های بارش و دمای موجود در مدل، پهنه‌های مورفوکلیماتیک و مورفودینامیک حال حاضر و آخرین دوره یخچالی به صورت چهار قلمرو مجاور یخچالی، بوریل، معتدل و نیمه‌خشک تشخیص داده شد. مدل‌سازی فرآیندهای شکل زایی از روش نمودار شش‌گانه پلتیر با تعیین شدّت فعالیت هر کدام از سیستم‌های شکل زایی در دو دوره زمانی یادشده انجام شد. مقایسه نتایج حاصل از حدود قلمرو مورفوژنتیکی منطقه در عصر حاضر نشان می‌دهد که حد پایین قلمرو مجاور یخچالی (سولی‌فلکسیون) به طور متوسط در ارتفاع ۲۶۰۰ متری، قلمرو بوریل در ارتفاع ۲۰۰۰ متری، قلمرو معتدل (پلوویال) در ارتفاع ۱۲۵۰ متری و قلمرو نیمه‌خشک (پدیمانتاسیون) در ارتفاع ۳۰۰ متری قرار دارد. همچنین در آخرین دوره یخچالی کواترنر (وورم) حد پایین ارتفاعی قلمرو مجاور یخچالی در ۱۷۰۰ متر، بوریل در ۱۵۲۰ متر، پلوویال در ۹۱۰ متر و نیمه‌خشک (پدیمانتاسیون) در پایین‌تر از ۳۰۰ متر بازسازی شد. به موازات افزایش یا کاهش مرز این پهنه‌ها، فعالیت هر یک از سیستم‌های شکل زایی چون یخبندان، هوازدگی، فرسایش آبی و بادی و تحت تأثیر آن‌ها فراوانی وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای تغییر کرده است.

واژگان کلیدی: کواترنری، مورفودینامیک، مورفوکلیماتیک، مدل پلتیر، آزادراه خرم‌آباد ـ پل زال

---

* نویسنده مسئول: ۰۲۱۶۱۱۱۳۵۲۱ E-mail: Myamani@ut.ac.ir

مقدمه

تغییرات اقلیمی یکی از مهم‌ترین ویژگی دوران کواترنر است که به تغییر در سیستم‌های شکل زا منجر می‌شود و در نتیجه تغییر در فرم را به همراه خواهد داشت (نعمت اللهی، ۱۳۸۲، ۱۲). با توجه به اینکه تحوّلات اقلیمی به ویژه تحوّلات اقلیمی دوران چهارم از نوسانات زیادی برخوردار بوده و همواره چهرهٔ زمین را دستخوش تغییر کرده است، شناسایی تحوّلات مورفوکلیماتیک و مورفودینامیک، مقوله‌ای مهم برای ژئومورفولوژیست ها محسوب می‌شود.

اصطلاح «مورفوژنتیک» یک ابزار مفهومی است که یک ژئومورفولوژیست به وسیله آن اقلیم، فرآیند و شکل ناهمواری زمین (لندفرم) را در یک ناحیه به هم مرتبط می‌سازد (جعفری اقدم، ۱۳۸۹، ۱۰۲). سیستم مورفوژنتیک عبارت است از اثر متقابل فرآیندها و شکل‌های زمین که به طور مجزا یا مشترک عمل کرده و مجموعه‌ای از واحدهای شکلی زمین را ایجاد می‌کند (Chorley et al, 1971, 15). در واقع یک سیستم مورفوژنتیک عبارت از مجموعه عواملی است که شکل‌بندی سطح زمین و تغییرات آن را به عهده دارد (رجائی، ۱۳۷۳، ۷۴). این عوامل آشکارا با سنگ‌شناسی، توپوگرافی، اقلیم و پوشش گیاهی در ارتباط‌اند، اما عوامل اقلیمی در تثبیت چهره اصلی این ترکیبات پیچیده نقش قاطعی به عهده‌دارند (محمودی،۱۳۸۳، ۱۵). در حال حاضر اقلیم مهم‌ترین عامل تغییر اشکال سطحی و به دنبال آن ایجاد شکل یا شکل‌های جدید است (مقیمی، ۱۳۸۷، ۱).

یکی از مهم‌ترین منابع در مورد ژئومورفولوژی اقلیمی، یافته‌ها و مدل‌های مربوط به لوئیس پلتیر است که زمین‌شناسان و ژئومورفولوژیست ها و دیگر علوم مرتبط، از آن برای شناسایی و تفسیر اشکال سطح زمین استفاده می‌کنند (Petersen, 2003,5 Flower &). پلتیر با استفاده از منابع موجود به ویژه با الهام از نظرات دانشمندانی چون آ .پنک، ج. بودل، ک. ترول نه سیستم مورفوژنتیک، مستند بر کنترل ژئومورفیک دما و بارش محیط (به طور کمی) روی فرآیندهای شکل زایی ارائه کرد. این اوّلین مدل کمی تجربی برای پهنه بندی مورفوژنتیک بود (جداری عیوضی، ۱۳۸۵، ۱۷).

در زمینه پهنه بندی مورفوژنتیک می‌توان به کار افرادی چون دیویس[۱]، پنک[۲]، بودل[۳]، ترول[۴] و پلتیر[۵] اشاره کرد، در این زمینه دیویس به سه نوع فرآیند شکل زایی وابسته به اقلیم اعتقاد داشته است که آب‌های جاری در مناطق مرطوب، یخ در مناطق یخچالی و باد در مناطق خشک عامل تغییر شکل ناهمواری‌ها است. پنک در سال ۱۹۰۹ سه اصطلاح خشک، مرطوب و برفی را برای سه منطقه مورفوژنتیکی که از لحاظ اقلیم، هیدرولوژی و ژئومورفولوژی از یکدیگر متمایز هستند به کاربرد و تأکید داشت که این مناطق در دوره‌های سرد و گرم پلئوستوسن متناوباً جابه‌جا شده‌اند. بودل در سال ۱۹۸۴سیستم ژئومورفولوژی اقلیمی را مطرح کرد و در همین سال کارل ترول در ارتباط با رابطه اقلیم و پراکندگی فرآیندها و عوامل ژئومورفیک هفت منطقه ژئومورفوژنتیک را ارائه نمود. در سال ۱۹۵۰ پلتیر نه سیستم مورفوژنتیک مستند بر کنترل ژئومورفیک دما و بارش روی فرآیندهای شکل زایی ارائه کرد (جداری عیوضی، ۱۳۸۵، ۱۷). آورده و ساربوان برخی از پارامترهای مورفوکلیماتیکی را در منطقه کارپاسین رومانی بر اساس مدل‌های پلتیر مورد بررسی قرار دادند (Urdea & Sarbovan, 1995). فولر و پترسون مدل‌های هفت‌گانه اقلیمی، هوازدگی و فرسایش پلتیر را با استفاده از نرم‌افزار Arc gis در کشور آمریکا به کاربردند و این کشور را از لحاظ مناطق مختلف هوازده و فرسایش طبقه بندی کردند (Flower & Petersen, 2003). سرور و مجتهدی در بخشی از پژوهش خود، طی بررسی شواهد فرآیندهای شکل زایی یخچال‌های کواترنری در البرز غربی، بر اساس مشاهدات میدانی حدود گسترش قلمرو فعالیت

---

[1] - W. Davis
[2] - A. Penck
[3] -J. Budel
[4] -C. Troll
[5] -L. Peltier

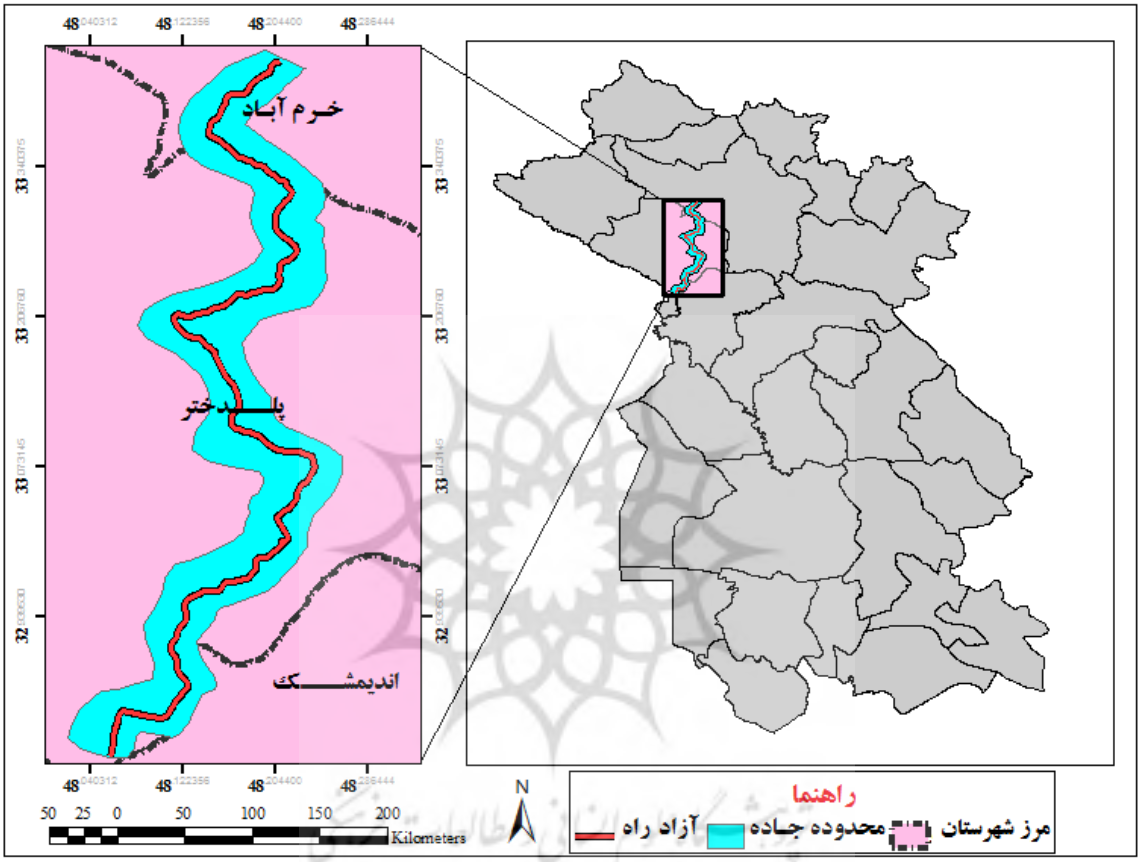
آبی) پلوویال و هوازدگی مکانیکی را در ارتفاع ۲۰۰۰ تا ۴۱۰۰ متری و مرز گسترش فعالیت شیمیائی و بیو شیمیائی در دامنه‌های شمالی کوه سیالان را در ارتفاع پایین‌تر از ۲۰۰۰ مشخص کردند (سرور و مجتهدی، ۱۳۸۹، ۶۹). رامشت و همکاران ضمن پهنه بندی ژئومورفولوژیکی اقلیمی ایران با استفاده از GIS، تأثیر سیستم‌های شکل زای اقلیمی را روی حرکات توده‌ای بررسی کردند (انتظاری و همکاران، ۱۳۹۰، ۱۵۵). اوّلین و شاخص‌ترین کوشش در شناسایی مناطق مورفوژنتیک و مورفودینامیک ایران متعلق به هانس بوبک است. نامبرده با توجه به عامل ارتفاع، پنج منطقه مورفوکلیماتیک و تحت تأثیر آن پنج منطقه مورفودینامیک برای ایران در نظر گرفته است (یمانی، ۱۳۸۶، ۲۰۷). جداری عیوضی در سال ۱۳۸۵ با بهره‌گیری از مدل پلتیر به منظور مرزبندی نواحی مورفودینامیک و مورفوکلیماتیک در دامنه‌های شمالی و جنوبی البرز، مرز مناطق یخچالی، سولی‌فلکسیون، پلوویال، پدیمانتاسیون و بادی را با استفاده از خطوط هم بارش، هم دما و هم ارتفاع تعیین کرد. زمانی ضمن ترسیم نقشه حدود مناطق مورفودینامیک دامنه‌های شمالی و جنوبی البرز مرکزی، سهم هر یک از پهنه‌های مورفوژنتیک و فرآیندهای غالب بر آن را با استفاده از مدل پلتیر مشخص کرد. یمانی و همکاران ضمن تعیین مرز قلمروهای یخچالی، مجاور یخچالی (سولی‌فلکسیون)، معتدل، نیمه‌خشک حوضه جاجرود با استفاده از مدل‌های اقلیمی از جمله پلتیر در زمان حال و آخرین دوره یخچالی وورم، پراکندگی هر یک از فرآیندهای شکل زایی را در قالب همین مدل با مقایسه زمان حال و گذشته بررسی کرد (یمانی و همکاران، ۱۳۹۰، ۸۱). مقصودی و همکاران اقدام به پهنه بندی مناطق مورفوژنتیکی و رژیم‌های هوازدگی، با استفاده از مدل پلتیر در منطقه شمال غرب ایران کردند. آن‌ها با کمک دو متغیر میانگین دما و بارش سالانه در محیطArc Gis ، منطقه را به پنج پهنه مورفوژنتیکی خشک، نیمه‌خشک معتدل، ساوان و اقیانوسی و پنج وضعیت هوازدگی از مکانیکی متوسط تا شیمیائی شدید تقسیم کردند (مقصودی و همکاران، ۱۳۸۹، ۳۵). لطفی با استفاده از مدل پلتیر، ضمن تعیین مرز قلمروهای مورفوکلیماتیک و مورفودینامیک حال حاضر و آخرین دوره یخچالی در منطقه کردستان، شدّت هر یک از فرآیندهای شکل زایی را مشخص کرده است (لطفی، ۱۳۹۱). محمودی (۱۳۶۷)، احمدی (۱۳۸۵)، اوغلی (۱۳۸۱)، طاحونی (۱۳۸۳)، ... نیز از جمله محققان دیگری هستند که به صورت پراکنده به مطالعه وقایع دوران چهارم و تأثیرات اقلیمی آن بر سیستم‌های شکل زایی پرداخته‌اند.

به طور خلاصه اهداف این پژوهش را می‌توان در دو محور کلی خلاصه نمود: یکی از دیدگاه کاربردی است که نتایج پهنه بندی می‌تواند با هدف شناخت منشأ ناپایداری و مدیریت بهینه مخاطرات طبیعی مسیر راه به لحاظ کنترل، نگهداری و پایدارسازی مورد استفاده مدیران و مسئولان راه داری قرار گیرد و هدف بنیادی پژوهش با موضوع ژئومورفولوژی اقلیمی، از دیدگاه شناخت پهنه‌های مورفوژنتیک، می‌تواند ناپایداری‌های مسیر و فرآیندهای شکل‌دهنده از نظر دینامیک بیرونی حال حاضر را در ارتباط با آخرین دوره یخچالی بررسی کند.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

مسیر مورد مطالعه جاده دسترسی خرم‌آباد – اندیمشک بوده که به آزادراه خرم‌آباد – پل زال موسوم است. این آزادراه با طول ۱۰۴ کیلومتر در سال ۱۳۸۹ مورد بهره‌برداری قرار گرفت. آزادراه مورد مطالعه به دلیل اتصال مناطق مرکزی و غربی ایران به دشت خوزستان و سواحل خلیج‌فارس و ترابری انرژی و کالا بین دو بخش مهم اقتصادی از اهمیت بالایی برخوردار است. قسمت زیادی از طول مسیر، از رودخانه‌های غزال، چمشک، چولهول و به ویژه زال عبور می‌کند. غالباً جاده به صورت بغل بری (ترانشه) در دل کوه احداث شده و در محل تلاقی با دره‌ها، راه از روی خاکریزها یا پل‌های ساخته‌شده عبور می‌کند. این پروژه فرا ملّی که از ارتفاعات زاگرس چین‌خورده با امتداد تقریبی شمالی جنوبی می‌گذرد، شهرستان خرم‌آباد را به اندیمشک وصل می‌کند. نقطه شروع مسیر مورد مطالعه در ارتفاع حدود ۱۲۰۰ متر، نقاط میانی جاده، با ارتفاعی معادل ۲۳۱۵ متر واقع در کوه اثر و انتهای راه به ۶۰ کیلومتری نرسیده به شهرستان

اندیمشک با ارتفاع ۳۲۰ متر ختم می‌شود. با توجه به بالاترین نقطه ارتفاعی محدوده مورد مطالعه با ۲۷۰۰ متری و وجود اختلاف ارتفاع نسبتاً زیاد (۲۳۸۰)، منطقه در چند اقلیم متفاوت قرار گرفته است. به طوری که بر اساس طبقه بندی دومارتن در چهار طبقه اقلیمی مرطوب، نیمه مرطوب، مدیترانه‌ای و نیمه‌خشک جای گرفته است. ابتدای مسیر دارای عرض جغرافیائی ′۲۶ °۳۳ شمالی و طول جغرافیائی) ۱۲ °۴۸ شرقی است؛ و انتهای مسیر نیز از عرض جغرافیائی ′۴۸.۵ °۳۲شمالی و طول جغرافیائی) ۳.۵ °۴۸ شرقی می‌گذرد (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت منطقه در زاگرس میانی

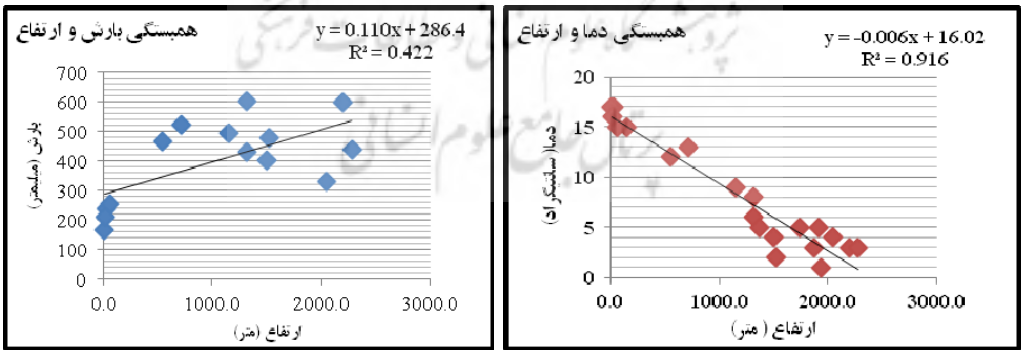
مواد و روش‌ها

در این پژوهش برای بررسی وضعیت فرآیندهای شکل زایی و تعیین مرز پهنه‌های مورفودینامیکی در بخشی از منطقه زاگرس میانی (آزادراه خرم‌آباد – پل زال) عناصر متوسط ماهانه دما و بارش دوره سرد استفاده شد. به دلیل نبود ایستگاه در نقاط مرتفع و عدم نمایش واقعیت بارش و دما در ارتفاعات بالای منطقه؛ ۲۰ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی دامنه‌های غرب زاگرس با توجه به سه شرط مجاورت با منطقه مورد مطالعه، عدم نیاز به بازسازی داده و طول دوره آماری بالای ۳۰ سال؛ ایستگاه‌های نمونه انتخاب گردید (جدول شماره ۱). از آنجا که بیشتر فرآیندهای شکل زائی همچون یخبندان، حرکات توده‌ای، هوازدگی و... در دوره سرد و مرطوب سال فعالیت بیشتری دارند، به بهره‌گیری از عناصر جوی دوره سرد و مرطوب متمرکز گردید. پس با توجه به ویژگی‌های دمایی و رطوبتی ایستگاه‌های مسیر آزادراه، شرایط اقلیمی ماه‌های بین اکتبر (آبان) تا می (اردیبهشت) تحلیل شدند.

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی محدوده مورد نظر

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیائی	عرض جغرافیائی	ارتفاع	نام ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیائی	عرض جغرافیائی	ارتفاع
اهواز	سینوپتیک	۴۸.۴۰	۳۱.۲۰	۲۲.۵	شازند	کلیماتولوژی	۴۹. ۲۵	۳۳. ۵۶	۱۹۱۸
آبادان	سینوپتیک	48.15	۳۰.۲۲	۶.۶	سنندج	سینوپتیک	۴۷. ۰۰	۳۵. ۲۰	۱۳۷۳
دزفول	سینوپتیک	۴۸. ۲۳	۳۲.۲۴	۱۴۳	سقز	سینوپتیک	۴۶. ۱۶	۳۶. ۱۵	۱۵۲۲
هفت تپه	کلیماتولوژی	۴۸. ۲۱	۳۲.۵۰	۶۳	بیجار	کلیماتولوژی	۴۷. ۳۷	۳۵. ۵۳	۱۹۴۰
حمیدیه	کلیماتولوژی	۴۸. ۲۶	۳۲.۲۹	۲۱	خرم‌آباد	سینوپتیک	۴۸. ۱۷	۳۳. ۲۶	۱۱۴۷
باغ ملک	کلیماتولوژی	۴۹. ۵۳	۳۱ .۳۱	۷۱۰	امام قیس	سینوپتیک	۵۱. ۲۱	۳۱. ۴۴	۲۱۹۵
کرمانشاه	سینوپتیک	۴۷. ۰۹	۳۴. ۲۱	۱۳۱۸	دوزک	سینوپتیک	۵۱. ۰۳	۳۲. ۰۴	۲۲۸۰
سرپل ذهاب	کلیماتولوژی	۴۵. ۵۲	۳۴. ۲۷	۵۵۰	شهرکرد	سینوپتیک	۵۰. ۵۱	۳۲. ۱۷	۲۰۴۸
کنگاور	کلیماتولوژی	۴۷. ۵۹	۳۴. ۳۰	۱۵۰۰	ایلام	کلیماتولوژی	۴۶. ۲۶	۳۳. ۳۸	۱۳۱۹
خنداب	کلیماتولوژی	۴۹. ۱۲	۳۴. ۲۴	۱۷۴۲	درگزین	کلیماتولوژی	۴۹. ۰۴	۳۵. ۲۱	۱۸۷۰

برای ایجاد رابطه همبستگی بین دما و بارش با ارتفاع، در دوره سرد از روش رگرسیون خطی استفاده شد و معنادار بودن رابطه بین متغیرها مورد تأیید قرار گرفت (شکل شماره ۲). این روابط ضمن تصریح به امکان بازسازی بارش و دما در ارتفاعات، معناداری بین کاهش دما با افزایش ارتفاع در سطح اطمینان ۹۹ درصد، همچنین رابطه معنادار مستقیم میان بارش و ارتفاع در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان دادند.

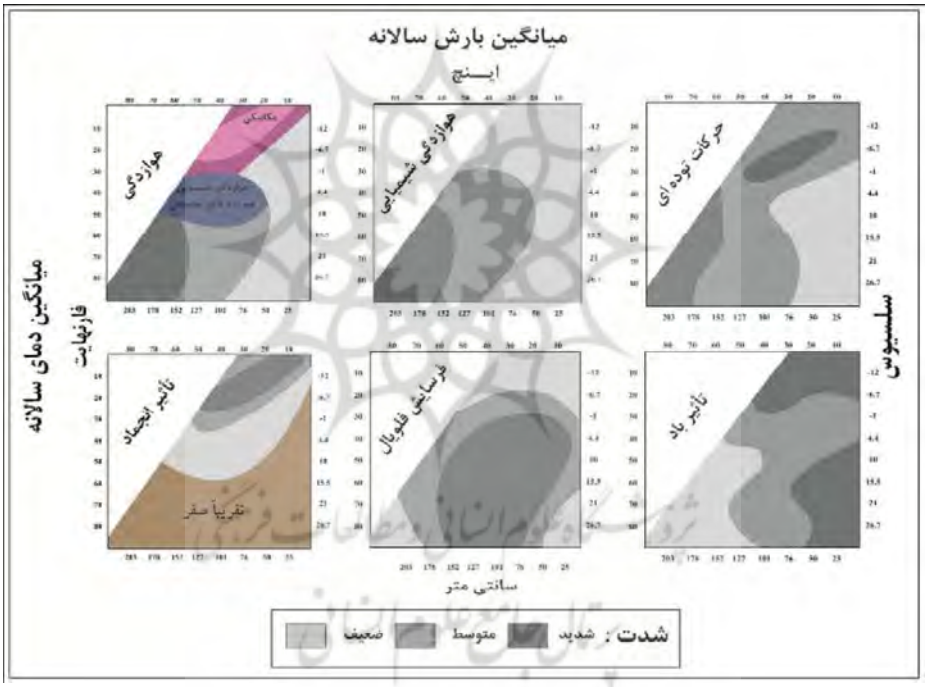


شکل ۲. گرادیان دما و بارش در محدوده مورد نظر با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی

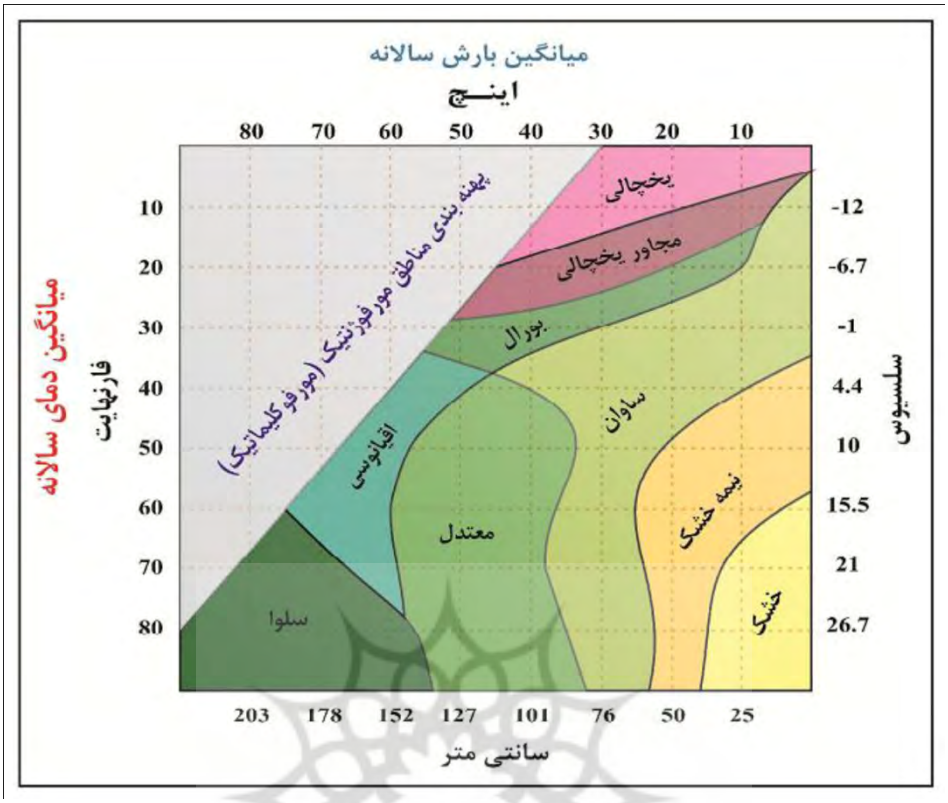
با استفاده از معادله رگرسیونی دما و بارش در ارتباط با عامل ارتفاع، نقشه بارش و دمای حال حاضر مدل‌سازی شد. برای پی بردن به شرایط دمایی در کواترنر پایانی با استفاده از نظریه هانس بوبک در مورد مقدار افت محیطی دما در آخرین دوره یخچالی به مقدار هفت درجه سانتی‌گراد، شرایط دمایی گذشته بازسازی شد؛ به طوری که نقشه دمای به دست آمده از رابطه رگرسیونی دما و ارتفاع برای زمان حال منهای عدد هفت شد و نقشه دمای مربوط به اواخر دوره یخچالی محاسبه شد. برای برآورد و مدل‌سازی بارش گذشته، مطابق مطالعه رامشت و همکاران (۱۳۹۰)؛ بعد از ترسیم نمودار رگرسیون خطی و محاسبه ضریب همبستگی بین دما و بارش زمان حال معادلهٔ خطی آن‌ها (y = -15.82x +

548.5) به دست آمد. با در اختیار داشتن نقشه دمای گذشته، و با به کار بردن رابطه خطی بین دما و بارش زمان حال، در دمای بازسازی‌شده برای آخرین دورهٔ یخچالی، مقدار بارش آخرین دوره یخچالی منطقه مورد مطالعه بازسازی گردید.

در ادامه برای شناسایی پهنه‌های مورفوکلیماتیک و مورفودینامیک منطبق با شرایط واقعی منطقه با استفاده از مدل پلتیر (شکل شماره ۳ و ۴)، دامنه‌های بارشی و دمایی هر کدام از طبقات مورفوژنتیک استخراج و حدود و گسترش آن‌ها در دوره حال حاضر و کواترنر پایانی به صورت نقشه ترسیم شد. سپس با توجه به گراف‌های شش‌گانه مدل پلتیر پراکندگی و وسعت هر یک از فرآیندهای شکل زایی در دو زمان گفته‌شده به دست آمد. لازم به توضیح است که در این پژوهش با هدف بررسی مدل‌های پلتیر در محدوده مورد مطالعه از آنجا که مدل‌ها برای مناطق اروپای شمالی تعریف شده‌اند و متناسب با شرایط اقلیمی و ژئومورفولوژیکی آن منطقه تنظیم‌شده؛ لذا جهت منطبق کردن و همسان‌سازی دامنه‌های بارشی این مدل با شرایط واقعی اقلیمی و ژئومورفولوژیکی منطقه کوهستانی لرستان از $\frac{1}{2}$ میانگین دامنه بارشی سالانه مدل پلتیر برای تبیین و بازسازی قلمروهای اقلیمی منطقه با تأکید بر دوره سرد سال بکار گرفته شد.



شکل ۳. نمودارهای شش‌گانه فرآیندهای شکل زایی پلتیر (به نقل از جداری عیوضی، ۱۳۸۵)



شکل ٤. مناطق مورفوژنتیک لوئیس پلتیر (به نقل از جداری عیوضی،۱۳۸۵)

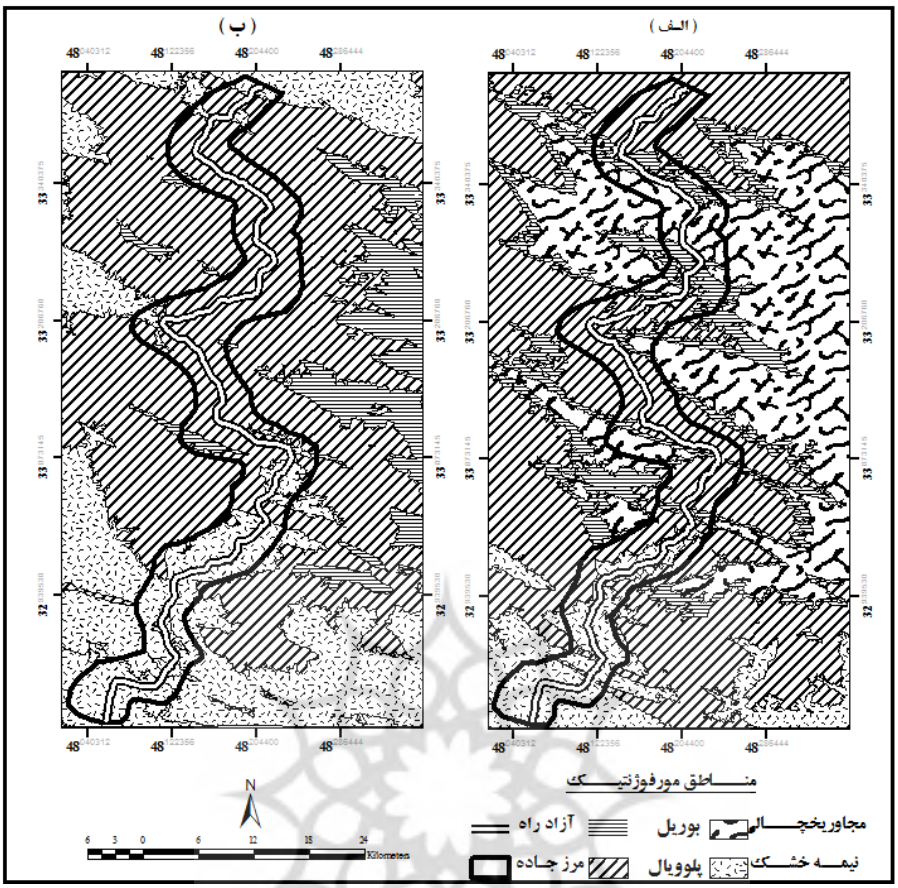
یافته‌های تحقیق

بررسی و مدل‌سازی دما و بارش حال حاضر و گذشته

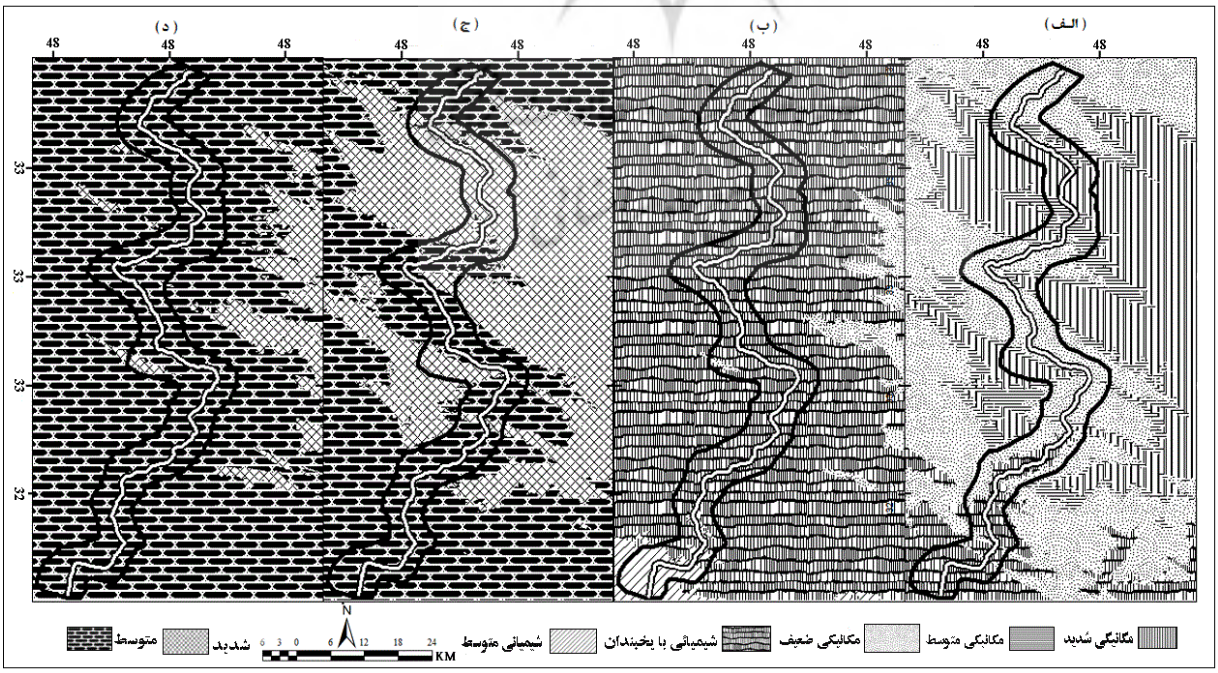
با توجه به اینکه در مدل‌های پلتیر، هم در مدل تعیین مناطق مورفوژنتیک (مورفوکلیماتیک) و هم در مدل‌های شش‌گانه فرآیندهای شکل زایی؛ دو متغیر میانگین دما و بارش همواره عضو ثابت این مدل‌ها است و از طرف دیگر با توجه به اینکه هیچ اطلاعاتی در مورد وضعیت دما و بارش دوره کواترنر در دسترس نیست، بدین ترتیب در گام نخست اقدام به مدل‌سازی دما و بارش حال و گذشته نموده و در ادامه به بررسی و اجرای مدل‌های پلتیر منطبق با شرایط جغرافیائی محدوده مطالعاتی پرداخته شده است. مطالعات پیشین نشان می‌دهد که طبیعت تغییرات اقلیمی طی آخرین دوره‌های یخچالی و بین یخچالی در مطالعه مناطق مورفوژنتیک شرق دریای مدیترانه، علاوه بر ناهمواری و ارتفاع، به طور خاص توزیع بارش، و تبخیر آب این مناطق وابسته بوده است (Matthew et al, 2007, 468). از آنجا که مستندات اصلی طبقه بندی و مدل‌سازی، شرایط دما و رطوبت محیط (میانگین دما و بارش دوره سرد سال) است؛ مطابقت تقریبی مناطق مورفوژنتیک با مناطق اقلیمی منطقه تأیید می‌شود.

در ابتدا با ایجاد معادله رگرسیونی دما و بارش با ارتفاع و در اختیار داشتن مدل رقومی ارتفاعی[1] منطقه شرایط بارش و دمای حال حاضر به دست آمد، سپس برای به دست آوردن دمای آخرین دوره یخچالی از روشی که هانس بوبک افت محیطی دما در کواترنر پایانی را محاسبه کرده استفاده شد؛ با به دست آوردن فرمول آن در محیط Arc gis نقشه رستری وضعیت دمای گذشته در منطقه به دست آمد (شکل ۵). همچنین با جایگزین کردن لایه رستری دمای گذشته به جای متغیر X در معادله رگرسیونی مربوط به بارش و دمای حال حاضر، بارش گذشته مدل‌سازی شد (شکل ۶).

[1] - Digital Elevation Model (Dem)



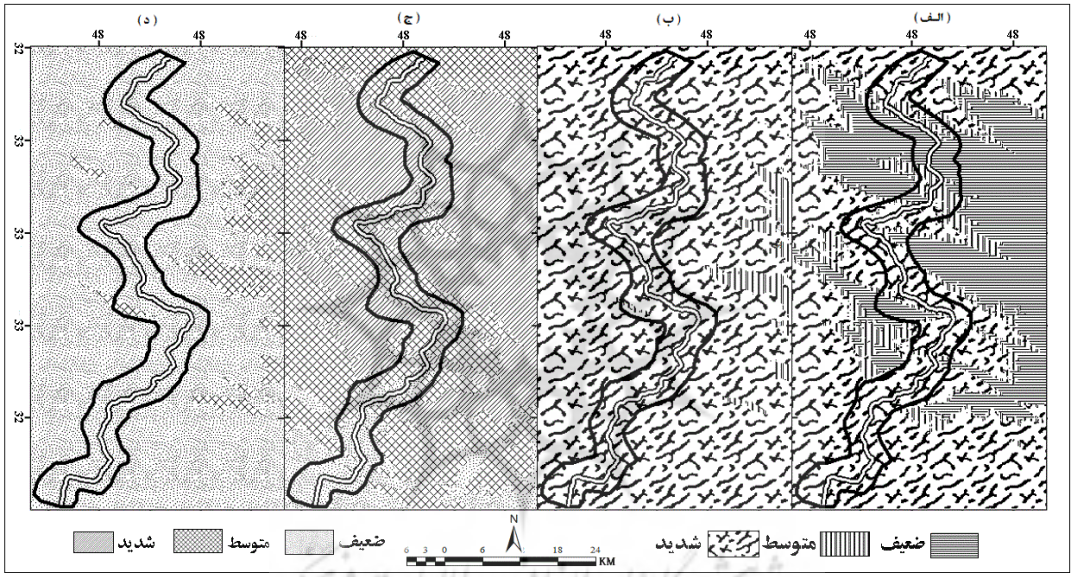
شکل ۵. مدل‌سازی شرایط دمائی کواترنر پایانی (الف) و حال حاضر (ب) در منطقه مسیر مطالعاتی



شکل ٦. مدل‌سازی شرایط بارشی کواترنر پایانی (الف) و حال حاضر (ب) در منطقه مسیر مطالعاتی

بررسی پهنه‌های مورفودینامیک به روش مدل پلتیر

پس از دست‌یابی به گرادیان دما و بارش با ارتفاع و انجام محاسبات تلفیق لایه‌ای مبتنی بر روش پلتیر در محیط GIS، نقشه پهنه بندی قلمروهای آب و هوایی در دوره‌های حاضر و آخرین دورهٔ یخچالی به دست آمد. بر اساس این، از لحاظ مناطق مورفودینامیک و مورفوکلیماتیک زمان حال و آخرین دوره یخچالی، منطقه به چهار قلمرو: مجاور یخچالی (سولی‌فلکسیون)، بوریل، معتدل (پلوویال) و نیمه‌خشک (پدیمانتاسیون) تقسیم می‌شود (شکل ۷). در این شکل مناطق مورفوژنتیک دوره حال حاضر با حرف «ب» و مناطق مورفوژنتیک آخرین دوره یخچالی با حرف «الف» مشخص شده است. مرز هر کدام با استفاده خطوط هم ارتفاع در جدول ۲ و ۳ مشخص شده است. همچنین غالب بودن هر یک از فرآیندهای شکل زایی در این دو دوره در قالب نقشه (شکل ۸، ۹، ۱۰) و جدول‌های ۴ و ۵ به دست آمده است. نتایج محاسبات و حدود گسترش هر یک از پهنه‌ها را می‌توان باهم مقایسه کرد (در کلیه تصاویر «الف و ج» وضعیت آخرین دوره یخچالی، «ب و د» وضعیت حال حاضر را نشان می‌دهد).



شکل ۷. نواحی مورفوژنتیک و مورفودینامیک حال حاضر و کواترنر پایانی بر اساس تقسیم‌بندی پلتیر

جدول ۲. مناطق مورفودینامیک و مورفوکلیماتیک محدوده مورد نظر در کواترنر پایانی

منطقه مورفودینامیک	مرز ارتفاعی (متر)	حد میانه ارتفاع	مساحت (کیلومترمربع)	مساحت (درصد)	منطقه مورفوژنتیک
سولی‌فلکسیون	۱۷۰۰ – ۲۷۰۰	۲۲۰۰	۷۰۳ / ۷۸	۲۷ / ۴۴	مجاور یخچالی
بوریل	۱۵۲۰ – ۱۷۰۰	۱۶۱۰	۳۰۶ / ۱۹	۱۱ / ۹۴	بوریل
پلوویال	۹۱۰ – ۱۵۲۰	۱۲۱۵	۱۲۵۵ / ۹۵	۴۸ / ۹۳	معتدل
پدیمانتاسیون	۳۰۰ – ۹۱۰	۶۰۵	۲۹۸ / ۱۲	۱۱ / ۶۲	نیمه‌خشک
جمع			۱۲۶۴ / ۰۵	۱۰۰	

جدول ۳. مناطق مورفودینامیک و مورفوکلیماتیک محدوده مورد نظر در حال حاضر

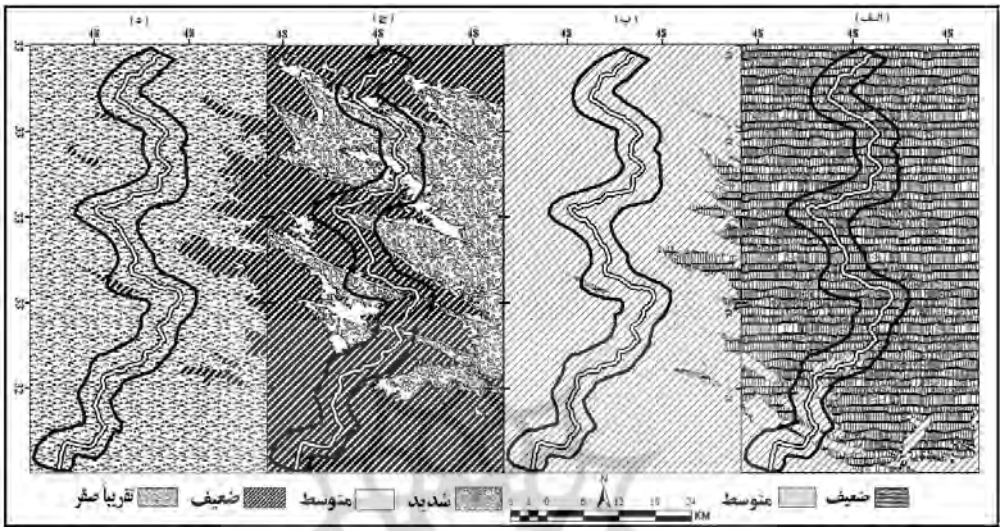
منطقه مورفودینامیک	مرز ارتفاعی (متر)	حد میانه ارتفاع	مساحت (کیلومترمربع)	مساحت (درصد)	منطقه مورفوژنتیک
سولی‌فلکسیون	۲۶۰۰ – ۲۷۰۰	۲۶۵۰	۱ / ۶۶	۰ / ۰۶۴	مجاور یخچالی
بوریل	۲۶۰۰ ۲۰۰۰	۲۳۰۰	۲۰۳ / ۱۸	۷ / ۹۲	بوریل
پلوویال	۱۲۵۰ – ۲۰۰۰	۱۶۲۵	۱۴۷۶ / ۳۳	۵۷ / ۵۷	معتدل
پدیمانتاسیون	۳۰۰ – ۱۲۵۰	۷۷۵	۸۸۲ / ۸۷	۳۴ / ۴۳	نیمه‌خشک
جمع			۱۲۶۴ / ۰۵	۱۰۰	

بررسی فرآیندهای شکل زائی حال حاضر و کواترنر پایانی در مسیر مطالعاتی

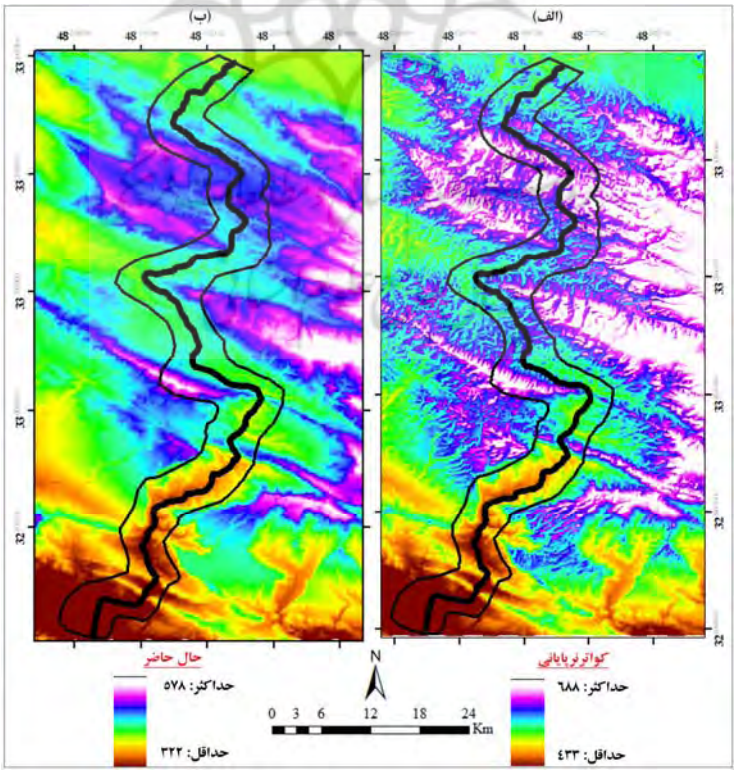
لوییس پلتیر (۱۹۵۰) بر اساس مقادیر دما و بارش، شش نمودار را برای فرآیندهای شکل زائی ارائه نموده است (شکل ۳) و در این نمودارها شدت شکل زائی هر فرآیند در سه طیف شدید، متوسط و ضعیف مشخص شده است. در این تحقیق نیز با بهره‌گیری از لایه رستری دما و بارش حال حاضر و کواترنر پایانی و همچنین نمودار شش‌گانه پلتیر، وضعیت فرآیندهای شکل زائی در مسیر مطالعاتی مدل‌سازی گردید.

هوازدگی مکانیکی در شرایط وجود دمای پایین غلبه دارد و ساختمان سنگ در قالب متلاشی شدن دانه‌ای، تورق، میکرو ژلی فراکسیون و ... تخریب می‌کند (زمانی، ۱۳۸۸، ۱۱۳). هوازدگی شیمیائی بیشتر در دماهای بالا غالب است، طوری که در نواحی گرم و مرطوب و دارای بارش زیاد به حداکثر رسیده و در مناطق گرم و خشک و یا سرد و خشک ناچیز است (محمودی، ۱۳۸۷، ۲۲). بررسی وضعیت فرآیند شکل زائی هوازدگی در حال حاضر و کواترنر پایانی در مسیر مطالعاتی نشان می‌دهد در حال حاضر هوازدگی توأم با یخبندان و در کواترنر پایانی هوازدگی مکانیکی ضعیف غالب است، این در حالی است که هوازدگی متوسط مکانیکی در حال حاضر و هوازدگی ضعیف مکانیکی کمترین قلمرو سیطره را به خود اختصاص داده‌اند. از مقایسه شرایط هوازدگی شیمیائی این نتیجه حاصل شد که در حال حاضر بیش‌ترین مساحت غلبه این فرآیند به صورت متوسط و کمترین آن به صورت ضعیف است، شرایط تسلط این فرآیند در کواترنر پایانی عکس حال حاضر می‌باشد. یخبندان همانند نمودار هوازدگی مکانیکی مناطقی را اشغال می‌کند که فاقد دماهای بالا بوده و زمینه را برای یخ بستن‌های پی در پی مهیا می‌کند. مطالعه وضعیت یخبندان حال حاضر و کواترنر پایانی حاکی از این است که قلمرو شکل زائی این فرآیند به صورت متوسط، کمترین مساحت را به خود اختصاص داده است، در حالی که بیش‌ترین مساحت شکل زائی این فرآیند در حال حاضر به صورت یخبندان تقریباً صفر و در گذشته به صورت یخبندان متوسط است. فرسایش پلوویال مقدار فرسایشی است که بارش بیش از حد در منطقه ای پدید می‌آید. شرط اول تحقق آن وجود آب و امکان جریان آب می‌باشد (جعفری اقدم، ۱۳۸۹، ۱۱۰). مقایسه وضعیت پلوویال (فرسایش آبی) حال حاضر و کواترنر پایانی در مسیر مطالعاتی تفاوت چندانی را نشان نمی‌دهد؛ چرا که در هر دو دوره کمترین مساحت غلبه فرآیند در محدوده متوسط و بیش‌ترین مساحت شکل زائی آن به صورت زیاد است. بررسی صورت گرفته از وضعیت شکل زائی قلمرو سیطره باد نشان می‌دهد که در هر دو زمان حال و گذشته محدوده زیاد کمترین مساحت و محدوده متوسط بیش‌ترین مساحت را به خود اختصاص داده است. محمودی (۱۳۸۷) حرکات توده‌ای را به تمام فرآیند هائی

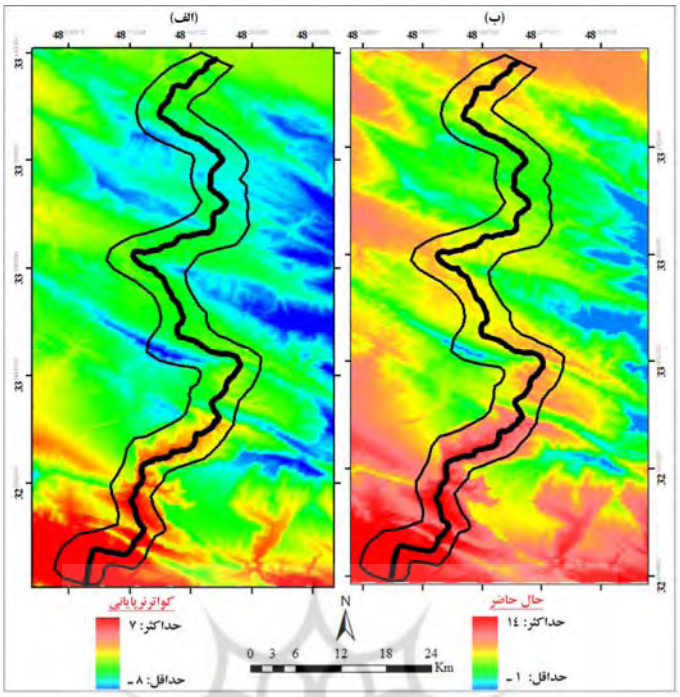
(شیب، بارش و آب زیاد) که حاصل دخالت آن‌ها سبب جابه جائی حجم کم و بیش بزرگی از رسوبات سطحی گردد، اطلاق می‌کند (لطفی، ۱۳۹۱، ۱۳۹). وضعیت حرکات توده‌ای مسیر مطالعاتی در حال حاضر بر اساس مدل پلتیر گویای این است که کمترین مساحت غلبه فرآیند حرکات توده‌ای در حال حاضر به صورت زیاد و بیش‌ترین مساحت به صورت حرکات توده‌ای ضعیف می‌باشد، این در حالیست که در کواترنر پایانی بیش‌ترین مساحت را محدوده حرکات توده‌ای متوسط و کمترین مساحت را محدوده ضعیف در برداشته است.



شکل ۸. تقسیم‌بندی وضعیت باد و هوازدگی مکانیکی بر اساس مدل پلتیر. باد حال حاضر (د) و کواترنر پایانی (ج) در سمت چپ، هوازدگی مکانیکی حال حاضر (ب) و کواترنر پایانی (الف) در سمت راست شکل نمایش داده شده است.



شکل ۹. تقسیم‌بندی وضعیت حرکت توده‌ای و فرسایش پلوویال بر اساس مدل پلتیر. حرکت توده‌ای حال حاضر (د) و کواترنر پایانی (ج) در سمت چپ، فرسایش پلوویال حال حاضر (ب) و کواترنر پایانی (الف) در سمت راست شکل نمایش داده شده است.



شکل ۱۰. تقسیم‌بندی وضعیت یخبندان و هوازدگی شیمیائی بر اساس مدل پلتیر. یخبندان حال حاضر (د) و کواترنر پایانی (ج) در سمت چپ، هوازدگی شیمیائی حال حاضر (ب) و کواترنر پایانی (الف) در سمت راست شکل نمایش داده شده است.

جدول ٤ . مساحت تحت پوشش فرآیندهای شش‌گانه شکل زایی حال حاضر (کیلومترمربع)

شدّت فرآیند	نوع فرآیند (حال حاضر)					
	هوازدگی	هوازدگی شیمیائی	یخبندان	پلوویال	تأثیر باد	حرکت توده‌ای
ضعیف (شیمیائی)	–	۹۰ / ۴۸	۲۰۳ / ۱۸	–	–	۲۳۵۹ / ۲۱
متوسط (شیمیائی)	۱۰۸ / ۲۵	۲۴۷۳ / ۵۷	۱ / ۶۶	۹۰ / ۴۸	۲۳۵۹/۲۱	۲۰۳ / ۱۸
زیاد (شیمیائی)	–	–	–	/ ۵۷ ۲۴۷۳	۲۰۴ / ۸۴	۱ / ۶۶
متوسط (توأم با یخبندان)	۲۳۶۵ / ۳۱	–	–	–	–	–
ضعیف (مکانیکی)	۸۸ / ۸۲	–	–	–	–	–
متوسط (مکانیکی)	۱ / ۶۶	–	–	–	–	–
تقریباً صفر	–	–	۲۳۵۹ / ۲۱	–	–	–

جدول ۵. مساحت تحت پوشش فرآیندهای شش‌گانه شکل زایی دوره کواترنر پایانی (کیلومترمربع)

شدّت فرآیند	نوع فرآیند (کواترنر پایانی)					
	هوازدگی	هوازدگی شیمیائی	یخبندان	پلوویال	تأثیر باد	حرکت توده‌ای
ضعیف (شیمیائی)	–	۲۲۶۵ / ۹۲	۱۵۵۴ / ۰۸	۷۰۳ / ۷۸	–	۲۹۸ / ۱۲
متوسط (شیمیائی)	–	۲۹۸ / ۱۲	۳۰۶ / ۱۹	۳۰۶ / ۱۹	۱۵۵۴/۰۸	۱۲۵۵ / ۹۵
زیاد (شیمیائی)	–	–	۷۰۳ / ۷۸	۱۵۵۴ / ۰۸	۱۰۰۹/۹۷	۱۰۰۹ / ۹۷
متوسط (توأم با یخبندان)	۲۹۸ / ۱۲	–	–	–	–	–
ضعیف (مکانیکی)	۱۲۵۵ / ۹۵	–	–	–	–	–
متوسط (مکانیکی)	۳۰۶ / ۱۹	–	–	–	–	–
شدید (مکانیکی)	۷۰۳ / ۷۸	–	–	–	–	–

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه موضوع این پژوهش شناسایی و تعیین حدود پهنه‌های مورفوژنتیک و مورفوکلیماتیک و سیستم‌های شکل زایی آزادراه خرم‌آباد – پل زال در طول کواترنری است؛ از مدل‌های لوئیس پلتیر استفاده شده است؛ جهت سازگاری این مدل با منطقه مورد نظر اقدام به اصلاح مدل با توجه به ویژگی‌های طبیعی و به خصوص اقلیمی منطقه گردید، بدین صورت که با مد نظر قرار دادن دو سوم از میانگین در طبقه بندی بارش سالانه، توانایی مدل در به دست آوردن مناطق مورفوژنتیکی و مورفوکلیماتیکی شاید نتیجه معقول و مناسب‌تری از واقعیت منطقه را نشان دهد. نتایج حاصل از مدل، چهار قلمرو مورفوژنتیکی سولی‌فلکسیون (مجاور یخچالی)، بوریل، پلوویال (معتدل) و پدیمانتاسیون (نیمه‌خشک) را برای دو دوره زمانی حال حاضر و آخرین دوره یخچالی پهنه بندی کرد. بر این بنیاد، حد پایین قلمرو مجاور یخچالی در حال حاضر در ارتفاع ۲۶۰۰ متری قرار دارد. ویژگی‌های مورفولوژیکی این منطقه، تأثیر باد از متوسط تا شدید و فعالیت آب‌های جاری ضعیف و حرکات شدید توده‌ای است. حد پایین طبقه در ارتفاع ۲۰۰۰ متری قرار دارد. در این ناحیه شاهد عمل یخبندان در حد متوسط، تأثیر متوسط تا ضعیف باد و فعالیت متوسط آب‌های جاری هستیم. سومین قلمرو، پلوویال نام دارد. حد پایین این قلمرو در ارتفاع ۱۲۵۰ متر است. ویژگی‌های مورفولوژیکی این منطقه عبارتند از: فعالیت حداکثر آب‌های جاری، حرکات توده‌ای متوسط، تأثیر کم یخبندان و بدون باد. حد پایین این قلمرو در ارتفاع ۳۰۰ متر است. ویژگی‌های مورفولوژیکی این منطقه عبارتند از: فعالیت شدید باد، تأثیر ناچیز آب‌های جاری و حرکات توده‌ای است. مناطق مورفوژنتیک و مورفودینامیک آخرین دوره یخچالی وورم در منطقه نیز با همین چهار پهنه اما با گسترش بیشتر پهنه مجاور یخچالی (سولی‌فلکسیون) و کاهش قلمرو نیمه‌خشک (پدیمانتاسیون) نسبت به عهد حاضر مشخص شد. بر این اساس، حد پایین قلمرو مجاور یخچالی در ارتفاع ۱۷۰۰ متر، قلمرو بوریل در ارتفاع ۱۵۲۰، قلمرو معتدل در ارتفاع ۹۱۰ متر و در نهایت حد پایین قلمرو نیمه‌خشک در پایین‌تر از ارتفاع ۳۰۰ متر قرار دارد. بررسی سیستم‌های شکل زایی در منطقه نشان‌دهنده غالب بودن هوازدگی شیمیائی متوسط و توأم با یخبندان در عصر حاضر و هوازدگی مکانیکی و شیمیائی ضعیف در کواترنر پایانی است. دامنه فعالیت حرکات توده‌ای در دوره حال حاضر ضعیف و در آخرین دوره یخچالی به صورت متوسط بوده است. سیطره فعالیت باد در هر دو زمان نامبرده به صورت متوسط است. فرسایش آب‌های جاری (پلوویال) در عهد حاضر و آخرین دوره یخچالی فعّال بوده ولی در عهد حاضر از شدّت بیشتری برخوردار است. در آخر، فعالیت شدید یخبندان در آخرین دوره یخچالی (وورم) به بیش‌ترین حد خود و طبقه تقریباً صفر در دوره حاضر بیش‌ترین سهم را به خود اختصاص داده است.

References

- *Ahmadi, H. and Feyznia, S., 2006,* ***Formations of the quaternary period****, second edition, Tehran of University publication, Tehran.*
- *Bobek, H., 1934,* ***Reise in Nordwest Persien 1934 Travel in northwest Persia 1934****, Zeitschrift der Gesellschaft fur Erdkunde zu Berlin, Vol. 9/10, pp. 359-369.*
- *Bremer, H., 2004,* ***Morphogenetic region, encyclopedia of geomorphology****, New York.*
- *Chorley, Richard J; Carson, Michael A., 1971,* ***Introduction to Fluvial Geomorphology****, New York, Rutledge.*
- *Dalaloghli, A., 2002,* ***Research about effective morphogenez systems in the northern Sabalan hillshades and and the formation of cumulative plain of Meshkinshahr****, Ph.D Thesis, University of Tabriz.*
- *Entezari, M., Ramesht, M. H., Seyf, A., Shirani, K., Shahzeydi, S., 2011,* ***The impacts of the morphoclimatic systems on Iran's landslide****, Journal of Geography and Development. No. 24. pp. 155 – 172.)*

- *Fowler, R; Peterson, J., 2003,* ***A Spatial Representation of Louis Peltier Weathering, Erosion and Climatic Graphs Using Geographic Information Systems (GIS)****, GEO 5419, Advanced GIS II. Spring.*
- *Jafari Aghdam, M., 2011,* ***Surveying changes in morphoclimatic and morphodynamic boundry of quaternary in Jajrood basin****, M s Thesis, University of Tehran.*
- *Jedarieyvazi, J., 2010,* ***Geomorphology of Iran****, Payam e noor publications, Tehran.*
- *Jedarieyvazi, J., 2006,* ***The performance of the Peltier model in classifying the glacier zones****, Research project, Research Council of Tehran university.*
- *Lotfi, M., 2012,* ***The studing glacial impacts on late quaternary in the northern Zagros (focusing on Kurdistan)****, M s Thesis, University of Esfahan.*
- *Maqsudi, M., Khoshakhlagh, F., Hanafi, A., Rosta, I., 2010,* ***Zoning of Weathering Processes based on Peltier models in the North West of Iran****, Journal of Physical Geography Researchs, No.74, pp 35 – 46.*
- *Matthew, D., Jones, A. B. C., Neil Roberts, B., Melanie, J& Leng, A. C, 2007,* ***Quantifying climatic change through the last glacial – interglacial transition based on lake isotope palaeohydrology from central Turkey****, Quaternary Research, No. 67. pp. 463-473.*
- *Moghimi, E., 2008,* ***The climatic geomorphology in cold and glacial zones****, Tehran of University publication, Tehran.*
- *Mahmudi, F., 1988,* ***The evolution of Iran's landforms in the quaternary,*** *Journal of the geographical researches, No. 23. pp. 5 – 43.*
- *Mahmudi, F., 2005,* ***Climatic geomorphology****, Third edition, Payam e noor publication, Tehran.*
- *Mahmudi, F., 2009,* ***Dynamic geomorphology****, Third edition, Payam e noor publication, Tehran.*
- *Nematolahi, F., 2003.* ***The studying geomorphic features of the Namdan plain****, M s Thesis, Azad University of Najaf Abad.*
- *Peltier, L. C., 1950,* ***The geographic cycle in periglacial regions as it is related to climatic geomorphology****, Annals of the Association of American, Geographers, No. 40, pp. 214-236.*
- *Rajae, A., 1994,* ***Applied Geomorphology in planning and regional development****, Ghomes publication, Tehran.*
- *Ramesht, M. H., Lajevardi, M., Lashkari, H., Mahmodi e mohamadabadi, T., 2012,* ***Tracing the effects of glaciers (Tygrani Basin MAHAN)****, Geograghy and environment planning, No. 2(42). pp.59 – 78.*
- *Soror, J.and Farid Mojtahedi, N., 2010,* ***The evidences of quaternary glacial geomorphology in the Western Alborz: Northern hillshade of the mount Sabalan****, Journal of Geography and Development, No. 18.pp.69 – 92.*
- *Tahouni, P., 2004,* ***The role of outer dynamic processes in morphogenez Talesh's mountain****, Journal of the geographical researchs, No. 50. pp. 49 – 73.*
- *Urdea, P., Sarbovan, C., 1995,* ***Some Considerations Concerning Morphoclimatic Conditions of The Romanian Carpathians****, Acta Climatologica, Universitatis Szegediensis, Tom, pp. 28 – 29.*
- *Yamani, M., Jedarieyvazi, J., Gourabi, A., 2007,* ***The geomorphological evidences of glacial boundaries at the Karkas hill shade****, Journal of Agricultural Science, No. 50, pp. 207 – 228*
- *Yamani, M., Shamsipour, A., Jafariaghdam, M., Bagheri e seyedshokri, S., 2011,* ***Abounding the morphoclimatic and morphogenetic quaternary zones in Jajroud basin****, Journal of Agricultural Science, No.3, pp. 83 – 111*
- *Zamani, H., 2009,* ***The evidences and the boundary of the development of quaternary glaciers in central Alborz****, Ph.D Thesis, University of Tehran.*