



فصلنامه زمین ساخت

زمستان ۱۳۹۹، سال چهارم، شماره ۱۶

10.22077/JT.2021.3730.1089

ارزیابی فعالیت‌های زمین‌ساخت فعال در شهر جدید پردیس بر اساس شاخص‌های ریخت زمین‌ساختی

حسن علیزاده^۱، محمد خلیج^۲

۱- استادیار دانشگاه پیام نور، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی، تهران، صندوق پستی ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵

۲- دانشیار دانشگاه پیام نور، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی، تهران، صندوق پستی ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۲۹

چکیده

تاکنون در گستره شهر پردیس ارتباط بین زمین‌ساخت فعال و ژئومورفولوژی مورد مطالعه قرار نگرفته است؛ بررسی شاخص‌های ریخت زمین‌ساختی به منظور شناسایی تأثیر زمین‌ساخت فعال بر منطقه ضروری به نظر می‌رسد. به منظور بررسی زمین‌ساخت فعال در گستره مورد مطالعه، از شاخص‌های ریخت‌سنجی حوضه آبریز از قبیل شاخص انتگرال و منحنی‌های فراسنجی، شاخص عدم تقارن حوضه آبریز، شاخص عدم تقارن توپوگرافی عرضی، شاخص شیب آبراهه، شاخص پیچ و خم جبهه کوهستان و نسبت کشیدگی استفاده شده است. به منظور ایجاد ارتباط بین عناصر ساختاری از قبیل خطواره‌ها، گسل‌ها و شاخص‌های ریخت‌سنجی، اقدام به انجام مطالعات سنجش از دور از قبیل استخراج اتوماتیک خطواره‌ها و شکستگی‌ها و تهیه نقشه چگالی خطواره‌ها شده است. بررسی خطر گسیختگی سطحی در شهر پردیس نشان می‌دهد که بستر این شهر میزبان گسل‌های مهمی می‌باشد که در مطالعات اولیه این شهر، شرایط زمین‌شناسی و مطالعات ساختگاهی مورد توجه قرار نگرفته است. با توجه به نتایج حاصل از بررسی زمین‌ساخت فعال نسبی در منطقه مورد مطالعه، می‌توان نتیجه گرفت که بیشتر مساحت کل منطقه مورد مطالعه در رده فعالیت زمین‌ساختی بالا قرار گرفته است که به دلیل عملکرد گسل‌های واقع در منطقه است. مقایسه نقشه چگالی خطواره‌ها با شاخص‌های ریخت‌سنجی حاکی از آن است که مناطق با چگالی بالا بر جبهه‌های فعال منطبق است و نقشه چگالی خطواره‌ها، تائیدی بر فعالیت زمین‌ساختی بالا در این مناطق است.

واژگان کلیدی: ریخت زمین‌ساخت، سنجش از دور، زمین‌ساخت فعال، مغناطیس‌سنجی، پردیس.

^۱. نویسنده مسئول: حسن علیزاده: h_alizadehs@pnu.ac.ir تلفن همراه: ۰۹۱۲۳۱۲۳۱۴۰

^۲. نویسنده همکار: محمد خلیج: m_khalaj@pnu.ac.ir تلفن همراه: ۰۹۱۲۲۷۲۵۶۹۸



Assessment of active tectonic activities in the new Pardis city based on morpho-tectonics indexes

H. Alizadeh¹, M. Khalaj²

Assistant Professor Payame Noor University (PNU), Faculty of Science, Department of Geology, Iran, Tehran, P.O.BOX 19395-3697*

Associate Professor Payame Noor University (PNU), Faculty of Science, Department of Geology, Iran, Tehran, P.O.BOX 19395-3697*

Abstract

Considering that the relationship between active tectonics and geomorphology has not been studied in the study area so far; It seems necessary to study the tectonic morphological characteristics in order to identify the impact of active tectonics on the area. In order to study the active tectonics in the study area, the morphometric indices of the catchment such as integral index and meta-measurement curves, catchment asymmetry index, transverse topographic asymmetry index, waterway slope index, mountain front maze index and The elongation ratio is used. In order to establish the relationship between structural elements such as lines, faults and morphometric indices, remote sensing studies such as automatic extraction of lines and fractures and density map of lines have been performed. The study of the risk of surface rupture in Pardis shows that the bed of this city hosts important faults that in the initial studies of this city, geological conditions and construction studies have not been considered. According to the results of the study of relatively active tectonics in the study area, it can be concluded that most of the total area under study is in the category of high tectonic activity due to the performance of faults in the area. Comparison of the density map of the ridges with morphometric indices indicates that the high density areas correspond to the active fronts and the density map of the ridges is a confirmation of the high tectonic activity in these areas.

Keywords: morpho-tectonics, remote sensing, active tectonics, magnetometry, pardis.

³. Corresponding author: Hasan Alizadeh:

h_alizadehs@pnu.ac.ir

⁴. Collaborating author: Mohammad Khalaj:

m_khalaj@pnu.ac.ir



۱- مقدمه

شاخص‌های ریخت‌سنجی در مطالعه فعالیت‌های نو زمین-ساختی توسط Bull and McFadden (1977) آغاز و به وسیله محققین دیگری همچون Rockwell et al (1984) و Wells et al (1988) مورد استفاده قرار گرفته است.

با توجه به مطالعات و بررسی‌های انجام شده، منطقه مورد مطالعه تا به حال بر اساس شاخص‌های ریخت‌سنجی مورد مطالعه قرار نگرفته است. برای پیش‌بینی شرایط و تغییرات در آینده این تحقیق الزامی است. هدف کلی این تحقیق بررسی اثر زمین‌ساخت فعال در شکل‌گیری ریخت‌سنجی منطقه با تحلیل‌های کمی مبتنی بر DEM است.

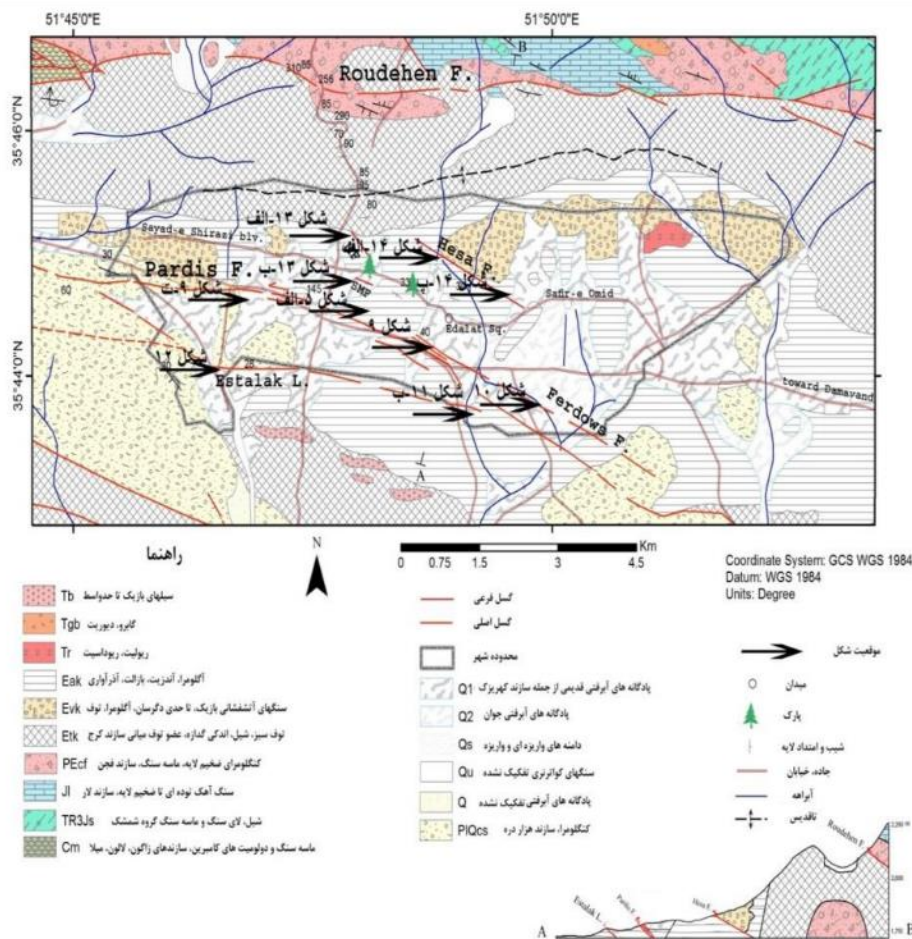
۲- موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

شهر پردیس دارای طول جغرافیایی $35^{\circ}44'22''N$ و عرض جغرافیایی $51^{\circ}46'40''E$ است که در دامنه‌های البرز مرکزی قرار گرفته است. ساختمان زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه منطبق بر ویژگی‌های زون البرز مرکزی جنوبی است. وجود سیستم‌های گسلی متعدد و راندگی، رخنمون سنگ‌های قدیمی تر و برهم خوردن نظم چین‌شده‌های زمین‌شناسی از مشخصات زمین‌شناسی این منطقه است، به گونه‌ای که در مجاورت رسوبات آتشفشانی ائوسن (توف‌های سبز سازند کرج)، گابروهای تریاس، سنگ‌های شیلی و زغالی سازند شمشک مربوط به دوره تریاس بالایی و ژوراسیک به چشم می‌خورد (شکل ۱). در مجموع ریخت‌شناسی منطقه متأثر از مقاومت سازندها در برابر عوامل فرسایش و از طرفی تحت تاثیر زمین‌ساخت درونی شکل گرفته‌اند، به طوری که کوه‌ها و قله‌های مرتفع در شمال منطقه مورد مطالعه، اکثراً متشکل از دولومیت‌های سخت آهکی و یا توده‌های نفوذی و آذرین هستند. ریخت‌شناسی منطقه متشکل از چین‌ها و گسل‌های شرقی غربی است، به طوری که در امتداد راندگی‌ها و گسل‌ها، جنس و ماهیت رسوبات تغییر یافته و به تبع آن شکل منطقه نیز چهره مخصوص به خود گرفته است. به لحاظ زمین‌ساختی مهم‌ترین ساختمان گسلی موجود در منطقه گسل مشا- فشم

پوسته ایران زمین طی رخدادهای زمین‌شناسی دوره‌های ترشیری و کواترنری تحت تأثیر تحولات وسیعی قرار گرفته است، به گونه‌ای که بسیاری از سیمای‌های کنونی طی رخدادهای جوان زمین‌ساختی شکل گرفته‌اند (Fossen, 2016). مورفوتکتونیک یا ریخت‌زمین‌ساخت، دانش مطالعه اشکال و سیمای‌های ایجاد شده بر روی زمین است که بر اثر مکانیسم‌های زمین‌ساختی ایجاد شده‌اند و از آن به معنای کاربرد اصول ریخت‌سنجی در تحلیل مسائل زمین‌ساختی تعبیر می‌شود (Burbank and Anderson, 2012; Grohmann, 2004; Rangzan et al., 2003). ریخت‌سنجی معرف رابطه بین زمین‌ساخت و عوارض سطحی می‌باشد و دانستن ارتباط حوادث زمین‌ساختی از طریق بررسی اشکال و ناهمواری‌های سطح زمین تعبیر می‌شود (Morisawa and Hack, 1985). شکل جبهه‌های کوهستان ایجاد شده به وسیله گسل‌ها و نیز افزای‌های گسلی می‌تواند برای تعیین فعالیت نسبی زمین‌ساختی موثر باشند. برای انجام این گونه مطالعات می‌توان از ریخت‌زمین‌ساخت استفاده کرد (سلیمانی، ۱۳۷۸). برخی از شاخص‌های ریخت‌سنجی، ابزارهای مقدماتی و پایه برای تشخیص نواحی دچار دگرشکلی زمین‌ساختی می‌باشند. شاخص‌های ریخت‌سنجی در بررسی‌های زمین‌ساختی مفید هستند، زیرا می‌تواند برای ارزیابی سریع مناطق وسیع به کار گرفته شوند و داده‌های ضروری آن اغلب به سرعت از نقشه‌های رقومی و تصاویر ماهواره‌ای به دست می‌آیند (Keller and Pinter, 1996; Joshi et al., 2013; Keller and De Vecchio, 2013). ریخت‌زمین‌ساخت با روابط موجود بین اشکال زمین-ساختی یعنی جنبش‌های زمین‌شناختی کنونی و جاری یا جنبش‌های زمین‌شناختی نئوژن سروکار دارد (Ollier, 1985). فرآیندهای زمین‌ساخت فعال می‌تواند بر شکل و عملکرد رودها تاثیر بگذارد (Holbrook and Schumm, 1999; Schumm et al., 2002). بررسی الگوی زهکشی، میزان حفر و انحراف رودها، اطلاعات مهمی در مورد گسترش و تکامل ساختاری منطقه فراهم می‌آورد (Keller et al., 2002; Menéndez et al, 2008). استفاده از

استلک و گسل شمال تهران می‌باشند. با بررسی داده‌های لرزه‌ای از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۲۰، پنج مورد زلزله در منطقه مورد مطالعه رخ داده است. در منطقه مورد مطالعه همه زلزله‌ها سطحی و در عمق ۹ تا ۱۸ کیلومتری رخ داده است و بزرگای آن‌ها از ۱/۸ تا ۳/۴ متغیر است (احتشامی معین آبادی، ۱۳۹۵).

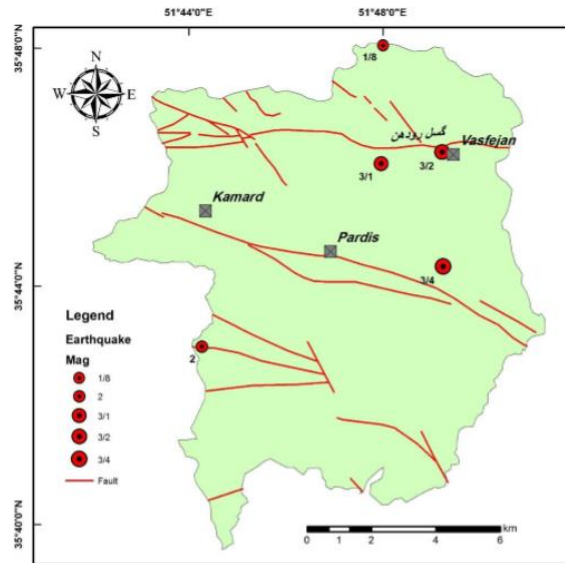
است که لرزه خیزترین ساختمان گسلی و فعال منطقه به شمار می‌رود و رخدادهای چندین زمین لرزه تاریخی و اخیر به فعالیت این گسل مربوط است. از جمله گسل‌های مهم منطقه گسل رودهن، گسل پردیس، گسل فردوس، گسل هسا، گسل‌های پارک مشاهیر و جنوب پارک مشاهیر، خطواره



شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی شهر جدید پردیس

این گسل‌ها از نوع راندگی با مولفه راستالغز راستگرد است (شکل ۲). از طرفی دیگر با توجه به مقایسه زمان و بزرگای رخ داد زلزله در این منطقه مشاهده می‌شود که زلزله‌های جدیدتر بزرگای بیشتری داشته که می‌توان در نتیجه عملکرد زمین‌ساخت فعال در منطقه دانست.

با توجه به نقشه پراکندگی زلزله‌ها و موقعیت گسل‌ها در منطقه، مشاهده می‌شود که زلزله‌های رخ داده منطبق بر گسل‌های رودهن، پردیس و فردوس می‌باشد. زلزله‌های رخ داده با بزرگای ۳/۴ در شهر پردیس و در ارتباط با فعالیت گسل اصلی پردیس بوده است، قابل ذکر است سازوکار همه

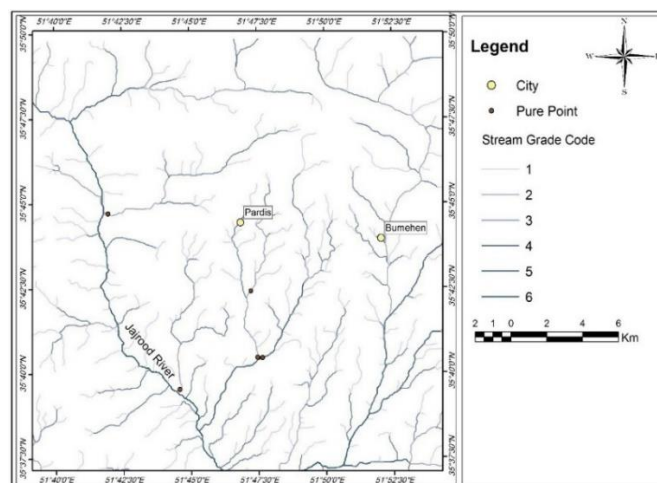


شکل ۲. نقشه لرزه خیزی منطقه با توجه به موقعیت گسل ها بر اساس نقشه پراکندگی زلزله ها و موقعیت گسل ها

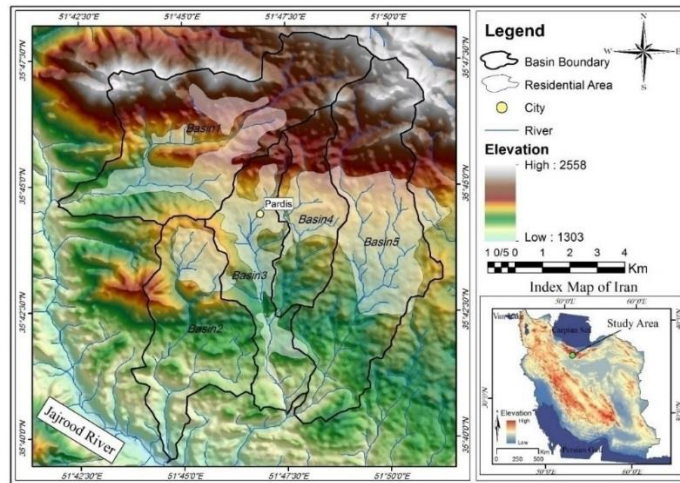
زمین ساختی در محدوده شهرک جدید پردیس، اقدام به اندازه گیری برخی از شاخص های ریخت سنجی از قبیل شاخص انتگرال و منحنی های فراسنجی، شاخص عدم تقارن حوضه آبریز، شاخص عدم تقارن توپوگرافی عرضی، شاخص شیب آبراهه، شاخص پیچ و خم جبهه کوهستان و نسبت کشیدگی شده است. در مرحله بعد، با استفاده از نقشه های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور)، واحدهای زمین شناسی و ساختارهای اصلی منطقه که شامل گسل ها و چین های منطقه می باشند، تعیین شدند و برای هر شاخص نقشه پهنه بندی محدوده مورد مطالعه رسم شد.

۳- مواد و روش تحقیق

در این مطالعه، به منظور بررسی زمین ساخت فعال در گستره مورد مطالعه از شاخص های ریخت سنجی حوضه آبریز استفاده شده است. با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) می توان ویژگی ها و شاخص های رودخانه را به طور دقیق استخراج و به تحلیل حوضه های زهکشی پرداخت (Moore et al., 1991; Mathuis, 2006). ابتدا با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) ۳۰ متر در محیط GIS، زیر حوضه ها و آبراهه های گستره مورد مطالعه استخراج شد. بر این اساس، گستره مورد مطالعه به ۵ زیر حوضه تقسیم (شکل- های ۳ و ۴). در این مطالعه به منظور بررسی عملکرد فعالیت



شکل ۳. شبکه آبراهه ها در منطقه مورد مطالعه و نقاط خروج آبراهه (مصب رودخانه) به همراه موقعیت شهرک جدید پردیس



شکل ۴. حوضه‌های آبریز در محدوده مورد مطالعه و موقعیت آن‌ها نسبت به شهرک جدید پردیس

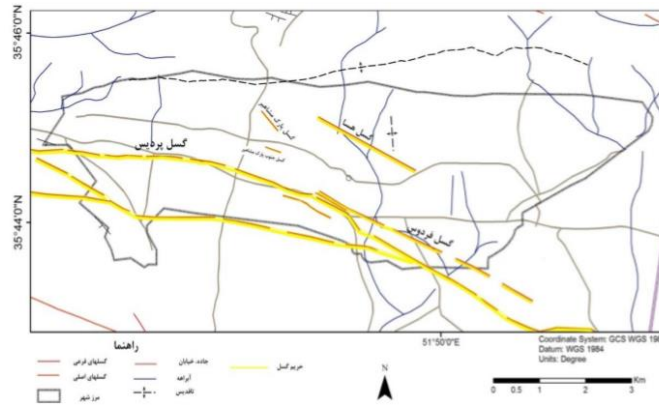
۴- گسل‌های محدوده مورد مطالعه

این شرایط نشان می‌دهد که در مطالعات اولیه این شهر شرایط زمین‌شناسی و مطالعات ساختگاهی مد نظر قرار نگرفته است، زیرا شناسایی گسل‌های مذکور اغلب در پیمایش‌های معمول ساختاری امکان‌پذیر بوده است. وجود دامنه‌های پرشیب و بستر ناهمگونی از سنگ‌های دگرسان، هوازده و درزه و ترک‌دار ائوسن که در برخی مناطق به عنوان ساختگاه سازه‌های مسکونی و تجاری مورد استفاده قرار گرفته‌اند شرایط را برای خطرات دیگری مانند زمین‌لغزش و فرونشست زمین فراهم کرده است که آثار آن در برخی ساختمان‌ها و همچنین پارک مشاهیر به صورت ترک‌های قائم مشاهده شده است.

بررسی خطر گسیختگی سطحی در شهر پردیس نشان می‌دهد بستر این شهر میزبان گسل‌های مهمی مانند گسل‌های پردیس، هسا و فردوس است که نهشته‌های کواترنری را قطع کرده و متاسفانه حریم آن‌ها رعایت نشده است. همچنین گسل‌های با جنبایی ناآشکار مانند گسل پارک مشاهیر نیز فاقد حریم هستند. جدول زیر مقدار حریم محاسبه شده برای گسل‌های مهم را براساس جابجایی فرضی در حین گسیختگی بر اساس روابط Singh et al, 2014 را نشان می‌دهد (جدول ۱ و شکل ۵).

جدول ۱. گسل‌های شهر پردیس و حریم آن‌ها (اقتباس از: Singh et al, 2014)

نام گسل	طول (کیلومتر)	شیب (درجه)	جابجایی در هر رویداد (متر)	حریم فرادواره (متر)	حریم فرادواره (متر)
پردیس	۳۰	۳۵	۰/۷۴	۵	۴۰
فردوس	۵	۵۰	۰/۱۵	۱	۲۱
هسا	۳	۳۰	۰/۰۹	۱ >	۲۸
پارک مشاهیر	۰/۷	۴۵	ناچیز	۱ >	۱۰
جنوب پارک مشاهیر	۰/۵	۳۰	ناچیز	۱ >	۱۰



شکل ۵. نقشه حریم گسل های مهم محدوده شهر پردیس بر اساس اطلاعات جدول ۱

۵- شاخص های ریخت سنجی

۵-۱- شاخص انتگرال و منحنی های فراسنجی

(Hi)

زمین ساختی است، در صورتی که مقادیر پائین آن مربوط به نواحی قدیمی است که دچار فرسایش شده و کمتر تحت تأثیر زمین ساخت فعال قرار گرفته اند (El Hamdouni et al., 2008).

شاخص انتگرال و منحنی های فراسنجی توصیف کننده توزیع نسبی ارتفاع در یک منطقه به ویژه حوضه آبریز است (Strahler, 1952). این شاخص با استفاده از مساحت سطح زیرین منحنی فراسنجی مشخص می شود و بیانگر حجم فرسایش نیافته حوضه است. این شاخص با استفاده از رابطه (۱) زیر محاسبه می شود (Mayer, 1990; Keller and Pinter, 2002):

رابطه (۱)

$$Hi = (H Mean - H Min) / (H Max - H Min)$$

در این رابطه $H Mean$ ارتفاع میانگین حوضه، $H Min$ حداقل ارتفاع حوضه و $H Max$ حداکثر ارتفاع حوضه است. مقادیر بالای این شاخص مربوط به نواحی فعال و جوان

با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی با دقت ۳۰ متر، ارتفاع میانگین، کمینه و بیشینه برای هر حوضه در گستره مورد مطالعه تعیین شدند و شاخص فراسنجی برای این حوضه محاسبه شد.

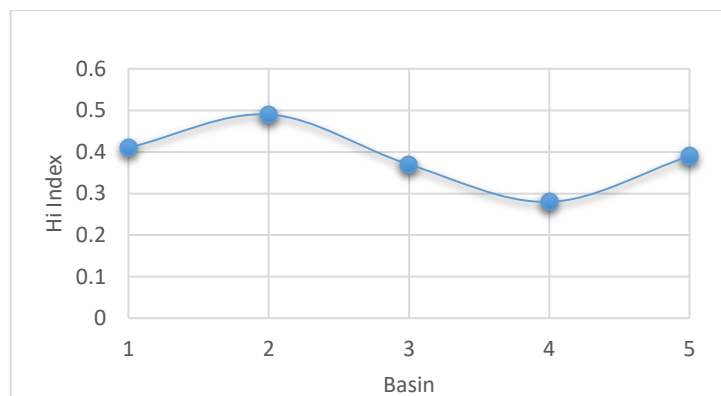
بررسی ها نشان می دهد که تقریباً اکثر حوضه ها در مرحله متوسط از بلوغ خود قرار دارند. مقدار عددی انتگرال و منحنی های فراسنجی نشان از اختلاف بلوغ و پستی بلندی در نواحی مختلف منطقه مورد مطالعه دارد، اما این اختلاف چندان زیاد نیست. در این میان حوضه ۲ بیشترین مقدار و حوضه ۴ کمترین مقدار شاخص انتگرال و منحنی های فراسنجی را نشان می دهند که به ترتیب معادل ۰/۴۹ و ۰/۲۸ می باشد (جدول ۲).

جدول ۲. مقدار عددی شاخص انتگرال و منحنی‌های فراسنجی و پارامترهای اندازه‌گیری شده برای حوضه‌های منطقه مورد مطالعه

حوضه	H Min (m)	H Max (m)	H Mean (m)	Hi
۱	۱۴۶۷	۲۵۵۸	۱۹۱۷/۱۸	۰/۴۱
۲	۱۳۱۰	۱۹۴۷	۱۶۲۲/۲۴	۰/۴۹
۳	۱۴۴۲	۲۰۹۸	۱۶۸۹/۷۸	۰/۳۷
۴	۱۵۹۴	۲۳۵۴	۱۸۱۰/۶۶	۰/۲۸
۵	۱۴۵۲	۲۵۳۷	۱۸۸۱/۱۴	۰/۳۹

نشان می‌دهد که تقریباً از غرب منطقه و حوضه ۲، به سمت شرق منطقه و حوضه ۵، ابتدا یک کاهش در مقدار Hi دیده می‌شود و از حوضه ۴ به بعد شاهد افزایش در مقدار این شاخص هستیم.

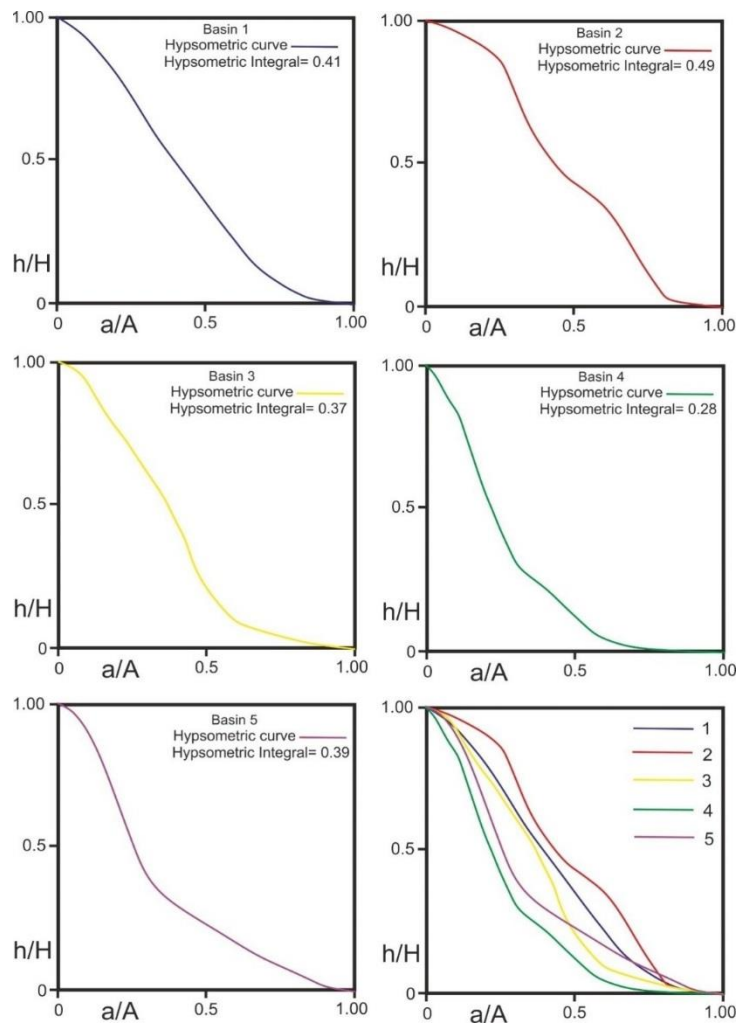
مقدار عددی شاخص انتگرال و منحنی‌های فراسنجی در شکل ۶ نیز در حوضه‌های مختلف بر روی یک نمودار رسم شده است تا به راحتی قابل مقایسه با دیگر حوضه‌ها باشد. با توجه به ترتیب قرارگیری حوضه‌ها در کنار هم، این نمودار



شکل ۶. نمودار مقدار عددی شاخص انتگرال و منحنی‌های فراسنجی در حوضه‌های مختلف در اطراف شهرک جدید پردیس

ترسیم شده است و در انتها برای مقایسه میزان فعالیت حوضه‌ها، بر روی یک نمودار رسم شده است (شکل ۷).

برای محاسبه و ترسیم نمودارهای شاخص انتگرال و منحنی‌های فراسنجی نیز از نرم‌افزار Saga GIS استفاده شده است. این نمودارها نیز برای حوضه‌های منطقه مورد مطالعه



شکل ۷. نمودارهای شاخص انتگرال و منحنی‌های فراسنجی مربوط به حوضه‌های منطقه مورد مطالعه در اطراف شهرک جدید پردیس

۵-۲- شاخص نسبت کشیدگی

در این رابطه، Bl طول حوضه آبریز است، که از دهانه حوضه آبریز تا بالاترین قسمت حوضه اندازه‌گیری می‌شود و Bw عرض حوضه می‌باشد. مقادیر بالای این شاخص نشان‌دهنده حوضه‌های کشیده و به عبارت دیگر فعالیت زمین‌ساختی زیاد و مقادیر کم آن نشانگر حوضه‌های دایره‌ای شکل و فعالیت زمین‌ساختی کم منطقه است.

شاخص نسبت کشیدگی برای حوضه‌های منطقه مورد مطالعه اندازه‌گیری شده است و نتایج آن به صورت نقشه پهنه‌بندی نمایش داده شده است. حوضه ۳ با مقدار نسبت کشیدگی معادل $4/73$ دارای بیشترین مقدار کشیدگی است (جدول ۳).

در این مطالعه شاخص نسبت کشیدگی با استفاده از روابط Bull and McFadden 1977 اندازه‌گیری شده است. در این رابطه، نسبت کشیدگی حوضه را می‌توان متناسب با نرخ طولیل‌شدگی حوضه دانست، که از رابطه (۲) قابل محاسبه است:

$$Bs = Bl / Bw$$

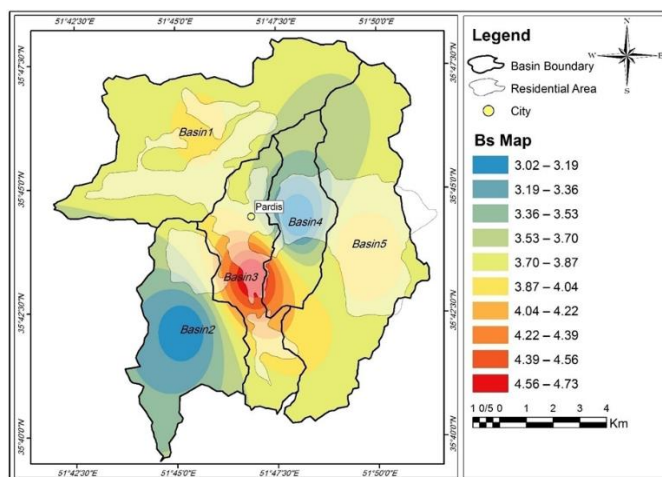
رابطه (۲)

جدول ۳. مقدار عددی شاخص نسبت کشیدگی به همراه پارامترهای اندازه‌گیری شده برای حوضه‌های منطقه مورد مطالعه

حوضه	BI (km)	Bw (km)	Bs
۱	۱۲/۶۰	۳/۲۲	۳/۹
۲	۹/۰۲	۲/۹۴	۳/۰۶
۳	۱۰/۲۴	۲/۱۶	۴/۷۳
۴	۸/۰۲	۲/۶۵	۳/۰۲
۵	۱۳/۶۴	۳/۴۱	۳/۹۹

مقدار این شاخص در تمامی حوضه‌ها بیش از ۱ است، لذا مناطق آبی رنگ، تنها نسبت به حوضه‌های دیگر در همین محدوده مقدار کشیدگی کمتری را نشان می‌دهند، ولی در مجموع و نسبت به یک حوضه پایدار، دارای کشیدگی بالا و در نتیجه فعالیت بالا می‌باشند.

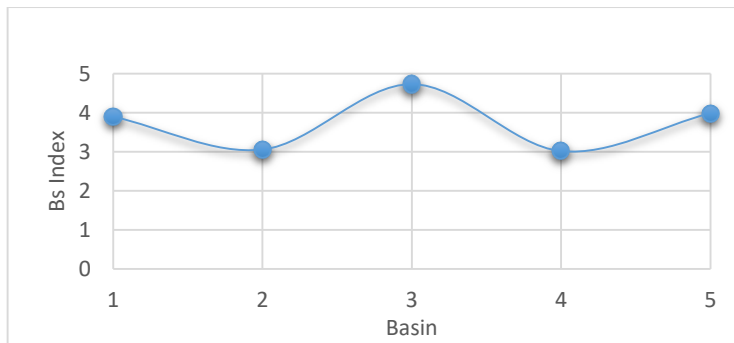
بر اساس نقشه زیر (شکل ۸)، حوضه‌های آبریز مبنای هر پهنه قرار گرفته است. همانطور که در بخش روش‌ها آمده با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) ۳۰ متر در محیط GIS، زیر حوضه‌ها و آبراهه‌های گستره مورد مطالعه استخراج شد. حوضه ۳ دارای بیشترین مقدار کشیدگی می‌باشد که شهرک جدید پردیس در این حوضه واقع شده است و نمایانگر فعالیت زمین‌ساختی زیاد است. از آن جا که



شکل ۸. نقشه پهنه‌بندی شاخص نسبت کشیدگی مربوط به حوضه‌های منطقه مورد مطالعه در اطراف شهرک جدید پردیس

کشیدگی بالایی می‌باشند. حوضه ۳ دارای بیشترین مقدار نسبت کشیدگی نسبت به سایر حوضه‌های گستره مطالعاتی است.

مقدار عددی شاخص نسبت کشیدگی در حوضه‌های مختلف بر روی یک نمودار رسم شده است تا به راحتی قابل مقایسه با دیگر حوضه‌ها باشد (شکل ۹). بر اساس این نمودار تمام حوضه‌ها دارای مقادیر بیش از ۱ هستند و دارای



شکل ۹. نمودار مقدار عددی شاخص نسبت کشیدگی در حوضه‌های مختلف در اطراف شهرک جدید پردیس

براساس این شاخص، بیشترین مقدار کج‌شدگی مربوط به حوضه ۴ است که در سمت شرقی شهرک پردیس قرار دارد. مقدار این شاخص در این حوضه ۷۱ ارزیابی شده است. بررسی این شاخص حاکی از بالاآمدگی در سمت راست حوضه است. حوضه ۳ که در سمت غربی شهرک پردیس قرار دارد و مقدار آن معادل ۴۱ ارزیابی شده است که حاکی از بالاآمدگی در سمت چپ حوضه است. از آن جا که شهرک جدید پردیس در بین حوضه ۴ و ۳ واقع شده است، لذا بررسی‌ها نشان می‌دهد که محل این شهرک، نسبت به مناطق اطراف، یک منطقه پست‌تر می‌باشد و در یک گودی واقع شده است. ارزیابی‌های صورت گرفته بر روی حوضه ۱ که در قسمت شمالی و تقریباً در شمال غربی این شهرک قرار دارد، نیز بر این امر دلالت دارد، ولی مقدار برافرازش در سمت چپ این حوضه مقدار کمتری را نسبت به حوضه‌های ۳ و ۴ نشان می‌دهد (جدول ۴).

برای این که بتوان این شاخص را به صورت نقشه پهنه‌بندی شده نشان داد، ابتدا مقدار شاخص AF برای حوضه‌ها محاسبه و سپس مقدار اختلاف آن‌ها از یک حوضه پایدار (AF=50) به دست آمده است، نقشه پهنه‌بندی بر اساس این اختلاف تهیه شده است تا نشان دهنده تفاوت‌های این شاخص در حوضه‌های مختلف باشد و بتوان آن‌ها را با یکدیگر مقایسه کرد. براین اساس مناطق آبی نشان‌دهنده حوضه‌هایی با فعالیت زمین‌ساختی نسبتاً پایین و مناطق قرمز نشان از فعالیت بالای حوضه‌ها دارند (شکل ۱۰).

۵-۳- شاخص عدم تقارن آبراهه‌ها در حوضه

آبریز

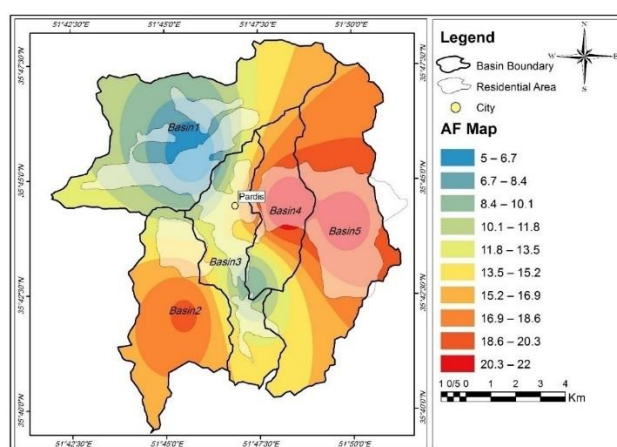
شکل هندسی شبکه رودها را می‌توان از نظر کیفی و کمی با روش‌های متعددی توصیف کرد. در مناطقی که شبکه زهکشی به دلیل تغییر شکل‌های زمین‌ساختی توسعه پیدا می‌کند، شبکه زهکشی اغلب دارای شکل هندسی و الگوی متمایزی می‌باشد. این شاخص بیشتر برای نمایان کردن برافرازش در سمت راست یا چپ حوضه‌ها استفاده می‌شود. عامل عدم تقارن، برای توصیف و درک ارتباط کج‌شدگی زمین‌ساختی در نواحی با مقیاس حوضه زهکشی و بزرگ‌تر ارتباط داده شده است. عامل عدم تقارن از رابطه زیر محاسبه می‌شود (Hare and Gardner, 1985; Keller and Pinter, 2002):

$$Af = 100 (Ar/At) \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این رابطه Ar مساحت قسمت راست حوضه در جهت پایین دست رود نسبت به رود اصلی و At مساحت کل حوضه زهکشی است. برخی از عوامل ساختاری مانند جهت تورق یا لایه‌بندی در سنگ، ممکن است در افزایش میزان این شاخص نقش مهمی داشته باشند. جهت تورق و لایه‌بندی باعث مهاجرت ترجیحی دره در جهت پایین شیب می‌شود و یک حوضه نامتقارن ایجاد می‌کند که باید تاثیر آن را از زمین‌ساخت مجزا دانست (El Hamdouni et al., 2008). در روش (Af) به منظور ارزیابی زمین‌ساخت فعال نسبی، مقادیر Af به صورت $|Af - 50|$ بیان شده که قدر مطلق تفاضل بین مقدار خشتی ۵۰ و مقدار مشاهده شده است (El Hamdouni et al., 2008).

جدول ۴. مقدار عددی شاخص AF به همراه پارامترهای اندازه‌گیری شده برای حوضه‌های منطقه مورد مطالعه

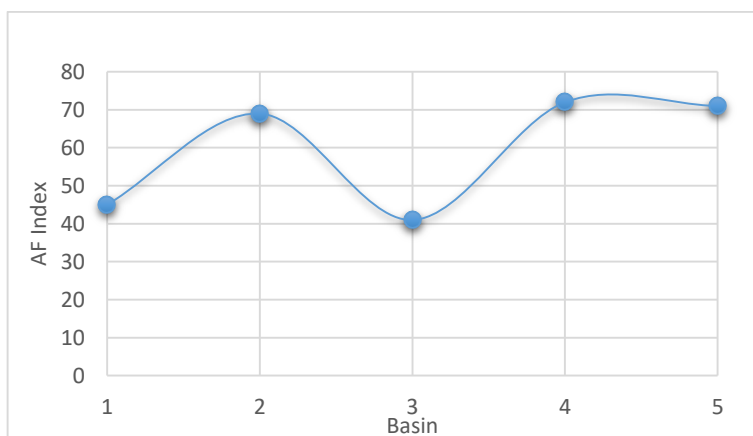
حوضه	At (Km2)	Ar (Km2)	AF	AF-50	Uplift
۱	۳۸/۶۴	۱۷/۴۳	۴۵	۵	Left
۲	۲۲/۳۳	۱۵/۳۸	۶۹	۱۹	Right
۳	۱۷/۶	۷/۲۷	۴۱	۹	Left
۴	۱۳/۳۵	۹/۵۸	۷۲	۲۲	Right
۵	۳۸/۲۱	۲۷/۱۶	۷۱	۲۱	Right



شکل ۱۰. نقشه پهنه‌بندی شاخص عدم تقارن آبراهه‌ها در حوضه آبریز مربوط به حوضه‌های منطقه مورد مطالعه در اطراف شهرک جدید پردیس

نمودار رسم شده است. اعداد بیش از ۵۰ نشان‌دهنده برافراز در سمت راست حوضه و اعداد کمتر از ۵۰ نشان‌دهنده برافراز در سمت چپ حوضه است (شکل ۱۱).

برای نشان دادن رابطه بین این شاخص و مقدار برافراز در طرفین حوضه‌ها و همچنین درک بهتر و مقایسه بهتر این شاخص در حوضه‌های مختلف، این شاخص نیز بر روی یک



شکل ۱۱. نمودار مقدار عددی شاخص AF در حوضه‌های مختلف در اطراف شهرک جدید پردیس



2002, Silva, Goy et al. 2003, Pérez-Peña, Azor et al. (2010). پیچ و خم جبهه کوهستان به صورت رابطه زیر

تعریف می شود:

رابطه (۳)

$$Smf = Lmf / Ls$$

در این رابطه Lmf طول جبهه کوهستان و Ls طول خطی است که ابتدا و انتهای جبهه کوهستان را به هم وصل می کند (جدول ۵).

۵-۴- شاخص پیچ و خم جبهه کوهستان

فعالیت های گسل های راندگی سبب برافرازش و تشکیل پرتگاه های گسلی می شود و جبهه کوهستان^۱ به صورت مستقیم شکل می گیرد در مقابل فرسایش و فعالیت شبکه زهکشی و رودخانه سبب افزایش پیچ و خم می شود در واقع Smf بیانگر نسبت بین این دو عامل است. یکی از شاخصه های مناطق فعال زمین ساختی، برافرازش سریع در امتداد گسل ها است. در این مناطق هرچه فعالیت زمین ساختی بیشتر باشد، مقدار این ضریب کمتر خواهد بود. لازم به ذکر است که با گذشت زمان در اثر عملکرد فرسایش این نرخ بیشتر می شود (Bull and McFadden 1977, Keller and Pinter)

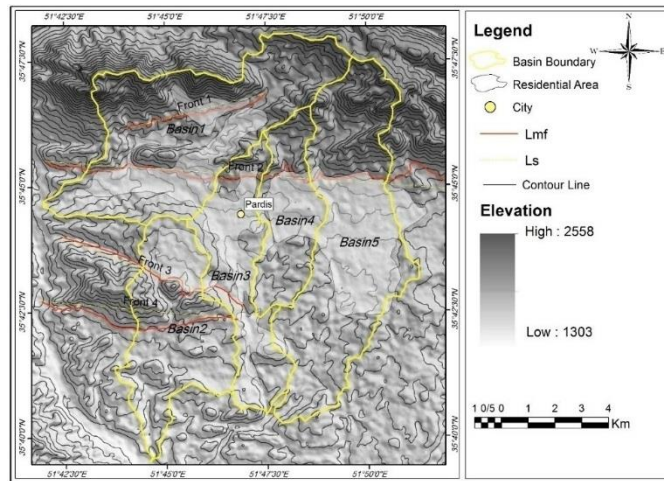
جدول ۵. مقدار عددی شاخص Smf به همراه پارامترهای اندازه گیری شده برای جبهه های منطقه مورد مطالعه

جبهه کوهستان	Lmf (km)	Ls (km)	Smf
جبهه ۱	۵/۷۶۷	۵/۴۲	۱/۰۴
جبهه ۲	۲۰/۱	۱۶/۲۸	۱/۲۳
جبهه ۳	۸/۳۶	۷/۳۱	۱/۱۴
جبهه ۴	۸/۰۸	۷/۳۸	۱/۰۹

نیز مناطق مسکونی و شهری بر جبهه کوهستان منطبق بوده که این موضوع می تواند در صورت لرزه زای بودن گسل های پیشانی کوهستان، بسیار خطر آفرین باشد (شکل ۱۲).

بخش اعظم ساخت و سازهای مربوط به شهرک جدید پردیس در بین جبهه های شماره ۲ و ۳ واقع شده است که از فعالیت زمین ساختی بالا برخوردارند. حتی در برخی مکان ها

¹ Mountain-front sinuosity (Smf)



شکل ۱۲. نقشه شاخص پیشانی کوهستان و موقعیت آن‌ها نسبت به حوضه‌های منطقه مورد مطالعه در اطراف شهرک جدید پردیس

۵-۵- شاخص گرادیان طولی رود (SL)

است و L طول کل کانال می‌باشد. طول کانال از نقطه مشخص شده و جایی که شاخص شروع به ارزیابی شده تا مرتفع‌ترین نقطه کانال خواهد بود. شاخص SL با قدرت رود ارتباط دارد. شاخص گرادیان طولی رود نشان‌دهنده تغییرات ریخت‌شناسی در امتداد یک رود است. به‌طور معمول این تغییرات تحت تأثیر سه عامل فعالیت زمین‌ساختی که می‌تواند باعث ایجاد بالاآمدگی شود، تفاوت سنگ‌شناسی و فراوانی زیاد تغییرات سطح اساس دریا طی دوره کوتاه‌تر هستند (Font et al., 2010).

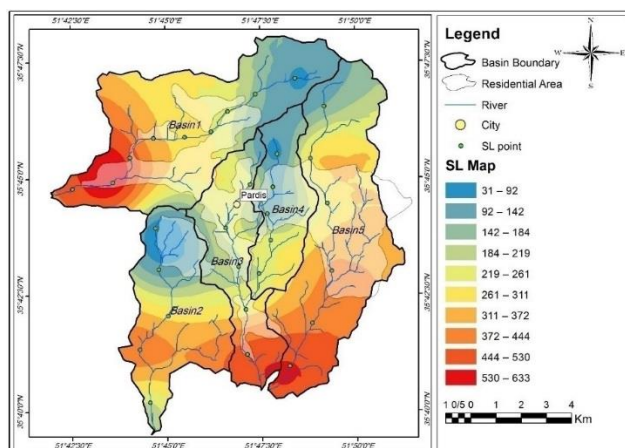
شاخص طول- شیب برای ارزیابی زمین‌ساخت فعال نسبی ابزار مفیدی است (Keller & Pinter, 2002). هنگامی که رودخانه‌ها و آبراهه‌ها در نواحی با نرخ بالاآمدگی زیاد جریان دارند، مقدار SL افزایش می‌یابد، در حالی که وقتی جریان رودخانه به موازات ساختارهایی مانند دره‌های حاصل از گسل راستالغز صورت گیرد، میزان SL کاهش می‌یابد (Keller & Pinter, 2002). این شاخص توسط (1973) Hack با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

رابطه (۴)

$$SL = (\Delta H / \Delta L) L$$

مقدار شاخص شیب آبراهه بر روی آبراهه‌های اصلی، برای هر ۵ حوضه محاسبه شده و نقشه پهنه‌بندی این شاخص برای منطقه مورد مطالعه تهیه شده است. براساس این شاخص بخش جنوبی حوضه ۵، حوضه ۲ و نیمه جنوبی حوضه ۱ نسبت به سایر مناطق مقدار SL بالاتری را نشان می‌دهند. (شکل ۱۳).

در این رابطه، SL گرادیان طولی رود، ΔH اختلاف ارتفاع در یک مقطع خاص از رودخانه، ΔL فاصله افقی همان محل، $\Delta H / \Delta L$ شیب کانال یا گرادیان مسیر مشخص شده



شکل ۱۳. نقشه پهنه‌بندی شاخص شیب آبراهه در حوضه‌های منطقه مورد مطالعه در اطراف شهرک جدید پردیس

میانی تا مرز حوضه می‌باشد. برای یک حوضه کاملاً متقارن Da با افزایش عدم تقارن، T افزایش یافته و به مقدار ۱ نزدیک می‌شود. با فرض این که شیب سنگ بستر دارای تاثیراندکی در مهاجرت کانال‌های رودخانه است، سمت مهاجرت ناحیه‌ای رودخانه، معرف کج‌شدگی زمین در آن جهت است.

۵-۶- شاخص تقارن توپوگرافی عرضی

شاخصی که برای ارزیابی عدم تقارن حوضه به کار می‌رود، عامل تقارن توپوگرافی عرضی^۱ است که از رابطه زیر محاسبه می‌شود (Keller and Pinter 2002).

رابطه (۵)

$$T = Da / Dd$$

در این رابطه Da فاصله از خط میانی حوضه زهکشی تا خط میانی کمر بند متاندر فعال است و Dd مسافت از خط

(جدول ۶).

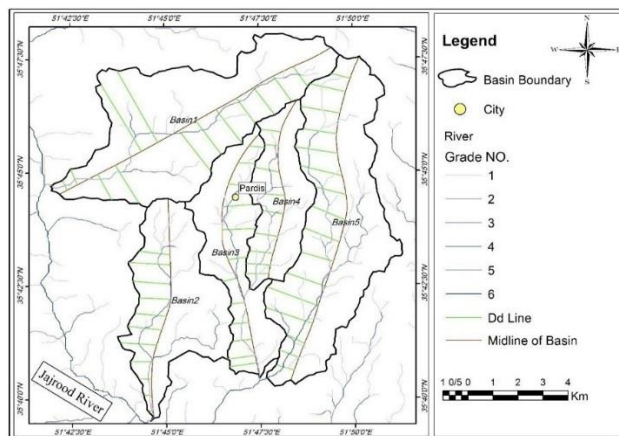
جدول ۶. مقدار میانگین شاخص تقارن توپوگرافی عرضی برای حوضه‌های منطقه مورد مطالعه

حوضه	T Mean
۱	۰/۲
۲	۰/۲۴
۳	۰/۳۱
۴	۰/۴۷
۵	۰/۴۳

^۱ Transverse) Topographic Symmetry Factor

است. در قسمت جنوبی حوضه برافرازش باعث فاصله گرفتن رودخانه اصلی از خط میانه حوضه و حرکت به سمت حاشیه و مرز حوضه آبریز شده است. برافرازش در حوضه ۵ نیز تماما در قسمت سمت راست حوضه بوده و باعث فاصله گرفتن رودخانه اصلی از خط میانه حوضه و حرکت به سمت چپ شده است (شکل ۱۴).

این شاخص نشان می‌دهد که در حوضه ۴ برافرازش در سمت راست حوضه بوده و در حوضه ۳ برافرازش در سمت چپ حوضه است، که موجب شده شهرک پردیس در یک گودی و منطقه پست قرار بگیرد. این شاخص نشان می‌دهد که در حوضه ۱، مقدار برافرازش در تمام طول حوضه در یک سمت حوضه نمی‌باشد، به گونه‌ای که در نیمه شمالی آن، رودخانه اصلی تقریباً در امتداد خط میانه حوضه بوده و بر آن منطبق



شکل ۱۴. وضعیت آبراهه‌های اصلی هر حوضه نسبت به خط میانی در حوضه‌های منطقه مورد مطالعه در اطراف شهرک جدید پردیس

گستره مورد مطالعه استخراج شدند. برای استخراج خطواره‌ها به روش اتوماتیک، از تصویر ماهواره‌ای ASTER استفاده شد و در محیط نرم‌افزار Arc GIS نقشه چگالی خطواره ترسیم شده است. برای تحلیل جهت‌گیری شکستگی‌ها و خطواره‌ها و همچنین گسل‌های منطقه مورد مطالعه، از نرم‌افزار Rockwork 2016 استفاده شده است. جدول ۷ پارامترهای آستانه‌ای مورد استفاده برای فیلترگذاری و استخراج خطواره‌ها را نشان می‌دهد.

۶- مطالعات سنجش از دور

در این مطالعه به منظور ایجاد ارتباط بین عناصر ساختاری از قبیل خطواره‌ها و گسل‌ها و شاخص‌های ریخت زمین-ساختی، اقدام به انجام مطالعات سنجش از دور، از قبیل استخراج اتوماتیک خطواره‌ها، شکستگی‌ها و تهیه نقشه چگالی خطواره‌ها شده است. برای این منظور با استفاده از فیلترگذاری و انتخاب پارامترهای آستانه‌ای مناسب و با استفاده از نرم‌افزار PCI Geomatica 2013، خطواره‌های

جدول ۷. پارامترهای آستانه‌ای ورودی در نرم‌افزار PCI Geomatica جهت استخراج خطواره‌ها

RADI	GTHR	LTHR	FTHR	ATHR	DTHR
۱۰	۵۰	۱۰	۳	۳۰	۱۰



¹DTHR: حداقل فاصله بین نقاط انتهایی دو بردار است، که با واحد پیکسل مشخص می‌شود. بازه این پارامتر می‌تواند بین صفر تا ۸۱۹۲ باشد.

۶-۱- بررسی جهت گیری خطواره‌ها و گسل‌های گستره مورد مطالعه

بررسی جهت گیری خطواره‌های گستره مورد مطالعه نشان می‌دهد که می‌توان خطواره‌های منطقه را به دو دسته غالب، تقسیم بندی کرد. دسته اول خطواره‌هایی هستند که بین آزیموت‌های 045° N و 090° N قرار دارند که از فراوانی قابل توجهی برخوردارند. دسته دوم خطواره‌هایی هستند که بین آزیموت‌های 270° N و 300° N قرار دارند و از فراوانی کمتری نسبت به دسته اول برخوردارند (شکل ۱۵).

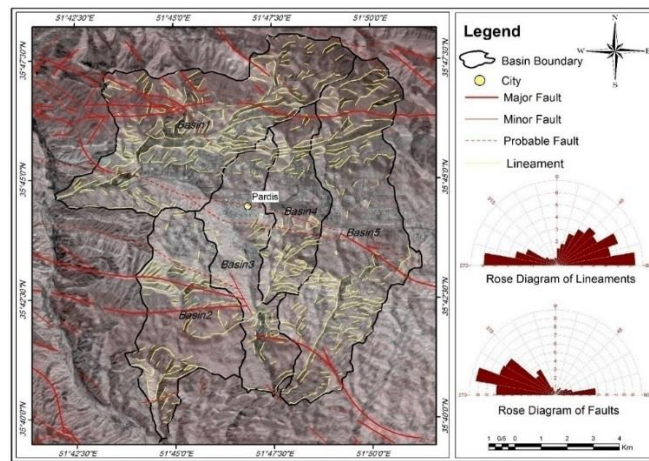
²RADI: شعاع خطواره‌ها را نسبت به هم، با واحد پیکسل، مشخص می‌کند. بازه این پارامتر می‌تواند بین ۰ تا ۸۱۹۲ باشد.

³GTHR: حداقل شیب برای هر پیکسل لبه برای به دست آوردن تصویر باینری است. بازه این پارامتر می‌تواند بین صفر تا ۲۵۵ باشد.

⁴LTHR: حداقل طول خطواره‌ها در هر پیکسل است. بازه این پارامتر می‌تواند بین صفر تا ۸۱۹۲ باشد.

⁵THR: حداکثر خطای مجاز در اتصالات یک چندخطی، با واحد پیکسل است. هرچه مقدار این پارامتر کمتر باشد، نتایج بهتری به دست خواهد آمد. بازه این پارامتر می‌تواند بین صفر تا ۸۱۹۲ باشد.

⁶ATHR: حداکثر زاویه بین اجزای یک چند خطی است که با واحد درجه مشخص می‌شود. بازه این پارامتر می‌تواند بین صفر تا ۹۰ باشد.



شکل ۱۵. خطواره‌های استخراج شده از تصویر ماهواره‌ای ASTER در حوضه‌های منطقه مورد مطالعه در اطراف شهرک جدید پردیس

⁵ . Angular difference threshold
⁶ . Linking distance threshold

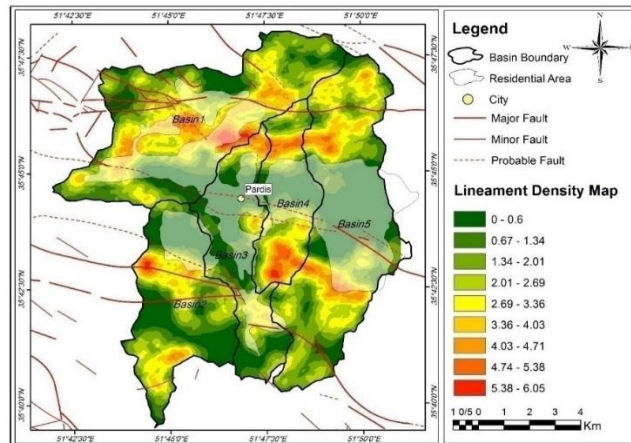
¹ . Filter radius
² . Edge Gradient threshold
³ . Curve Length threshold
⁴ . Line fitting error threshold



۲-۶- بررسی چگالی خطواره‌های گستره مورد مطالعه

پراکنندگی خطواره‌ها نشان می‌دهد بیشتر مناطقی که به عنوان چگالی بالا در این نقشه مشخص شده‌اند، بر گسل‌های منطقه منطبق هستند. همچنین به نظر می‌رسد که در اغلب حوضه‌ها مناطقی با چگالی بالا وجود دارد. مقایسه این نقشه و نقشه

شاخص پیچ و خم جبهه کوهستان نشان می‌دهد که تمامی جبهه‌هایی که در آن‌ها شاخص Smf اندازه‌گیری شده است بر مناطق با چگالی بالا منطبق بوده که حاکی از فعالیت زمین‌ساختی بالا در این مناطق می‌باشند. در برخی از مناطق از جمله جبهه ۱ در حوضه ۱، شاهد منطبق بودن مناطق مسکونی بر محل فعالیت زمین‌ساختی بالا هستیم (شکل ۱۶).



شکل ۱۶. نقشه چگالی خطواره‌های استخراج شده به همراه موقعیت حوضه‌های منطقه مورد مطالعه در اطراف شهرک جدید پردیس

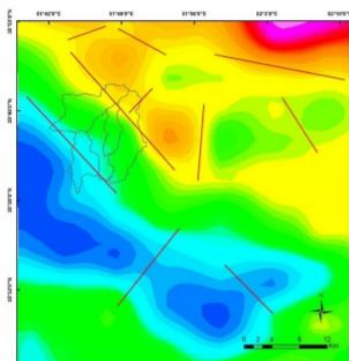
۶-۳- مغناطیس‌سنجی

یکی از سریع‌ترین مطالعات برای شناسایی ساختارهای پنهان، ژئوفیزیک هوایی است که عمدتاً با عنوان مغناطیس‌سنجی هوایی شناخته می‌شود. شناسایی گسل‌های پی‌سنگی و جابجایی ساختارها از طریق بررسی جابجایی ظاهری واحدهای مغناطیسی مشابه، قطع ناگهانی واحدهای مغناطیسی و قرارگیری واحدهای مغناطیسی قوی در کنار واحدهای مغناطیسی ضعیف مشخص می‌شود (Gun, 1997). با توجه به نقشه شدت مغناطیس‌سنجی منطقه، که توسط مولفین ترسیم شده است، شدت میدان مغناطیسی از بخش جنوب غربی به سمت شمال شرقی افزایش می‌یابد. کمترین مقدار معادل در بخش جنوب غربی منطقه و بیشترین شدت معادل ۳۹۸۵۷ در شمال شرق منطقه است (شکل ۱۷ الف). در این پژوهش فیلتر برگردان به قطب با استفاده از زاویه میل و انحراف مغناطیسی صورت گرفته است، مقدار این زوایا در

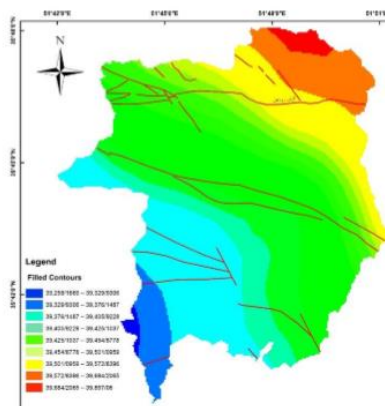
منطقه رامسر به ترتیب ۶۰ و ۲/۹ درجه و مقدار میانگین IGRF برابر ۵۱۰۴۱ نانوتسلا است. پس از اعمال فیلتر برگردان به قطب، برای حذف اثرات ناحیه‌ای با طول موج بلند و تداخل بین ناهنجاری‌های مجاور، از فیلتر مشتق قائم استفاده شد. مشتق قائم در واقع یک فیلتر بالاگذر است زیرا بسامدهای بالا را نسبت به بسامدهای پایین افزایش می‌دهد؛ نتیجه اثر ناهنجاری‌های بزرگ که دارای طول موج بلند و بسامد پایین هستند و مربوط به منابع ژرف و منطقه‌ای هستند، بر روی ناهنجاری‌های کوچک از بین رفته و ناهنجاری‌های کوچک و محلی به خوبی نمایان می‌شوند (Silva, 2003) and Neawsuparp et al., 2005.

شدت مغناطیس کلی از منطقه و اطراف آن آنومالی‌های ساختاری مشاهده می‌شود که با خطوط قرمز بر روی نقشه مشخص شده است. در نقشه شدت مغناطیس کلی از منطقه و اطراف آن آنومالی‌های ساختاری مشاهده می‌شود که با

تغییرات شدید و ناگهانی مشاهده نمی‌شود. در روند موازی هم در منطقه مرز دو شدت مغناطیسی متفاوت قابل مشاهده است. افزایش شدت مغناطیس از جنوب به سمت شمال غربی، به علت نزدیک بودن مناطق شمالی به دماوند و افزایش توده‌های نفوذی در این منطقه است.



ب



الف

شکل ۱۷. نقشه شدت میدان مغناطیس هوایی منطقه مورد مطالعه. نقشه مشتق اول قائم مناطق قرمز بیانگر شدت بالای میدان مغناطیسی و مناطق آبی نشان دهنده شدت پائین آن است. انجام شده است.

گسل رودهن در فاصله سه کیلومتری شمال محدوده شهر، گسل شمال تهران و گسل مشا می‌توانند عوامل ایجاد زمین لرزه‌های مخرب در این شهر باشند. گسل پردیس با طول بیش از ۳۰ کیلومتر و عملکرد آشکار که سبب راندگی نهشته‌های کهریزک شده است و همچنین برش چپگرد آبراهه‌ها، گسلی اریب‌لغز به شمار می‌آید که همخوان با جنبش کواترنری گسل‌های مهم منطقه از جمله گسل شمال تهران، در نوزمین ساخت فعال منطقه نقش ایفا می‌کند.

شاخص انتگرال نشان می‌دهد که محل ساخت و سازهای مربوط به شهرک جدید پردیس در مرحله متوسط از بلوغ و فعالیت زمین ساختی قرار دارند. براساس نمودارهای شاخص انتگرال و منحنی‌های فراسنجی، حوضه ۲ دارای بیشترین مقدار پستی بلندی و فعالیت بیشتر است که حاکی از جوان

خطوط قرمز بر روی نقشه مشخص شده است. این خطوط مرز بین واحدهای مغناطیسی با شدت‌های متفاوت می‌باشد که محل گسل‌های پی سنگی احتمالی است (شکل ۱۷ ب). به طور کلی تغییرات شدت مغناطیسی در منطقه مورد مطالعه از شمال شرقی تا جنوب غربی کاهش تدریجی داشته و

۸- نتیجه گیری

نتایج حاصل از بررسی پنج شاخص ریخت زمین ساختی در منطقه پردیس به شرح جدول زیر است:

شماره حوضه	Hi	Bs	Af	Sms	Sl	T
۱	۰/۴۱	۳/۹	۴۵	۱/۰۴	۳۲۱	۰/۲
۲	۰/۴۹	۳/۰۶	۶۹	۱/۲۳	۳۸۶	۰/۲۴
۳	۰/۳۷	۴/۷۳	۴۱	۱/۱۴	۴۳۲	۰/۳۱
۴	۰/۲۸	۳/۰۲	۷۲	۱/۰۹	۴۱۹	۰/۴۷
۵	۰/۳۹	۳/۹۹	۷۱	۱/۱۲	۴۱۲	۰/۴۳

بررسی خطر گسیختگی سطحی در شهر پردیس نشان می‌دهد بستر این شهر میزبان گسل‌های مهمی می‌باشد ولی در مطالعات اولیه این شهر، شرایط زمین‌شناسی و مطالعات ساختگاهی مد نظر قرار نگرفته است. این شهر با خطر گسیختگی سطحی ناشی از گسل‌های فعال پردیس، هسا، فردوس و همچنین برخی گسل‌های با جنبایی پنهان قرار دارد.



بالا قرار گرفته است که به دلیل عملکرد گسل‌های واقع در منطقه است.

بررسی جهت‌گیری خطواره‌های گستره مورد مطالعه نشان می‌دهد که دو دسته غالب شکستگی در منطقه وجود دارد. دسته اول را خطواره‌های بین آزیموت 0° N045 و 0° N090 تشکیل می‌دهند، که از فراوانی قابل توجهی برخوردارند. دسته دوم نیز خطواره‌هایی هستند که بین آزیموت‌های 0° N270 و 0° N300 قرار دارند و از فراوانی کمتری نسبت به دسته اول برخوردارند. این در صورتی است که روند و جهت‌گیری کلی گسل‌های موجود در منطقه تنها یک روند شمال غربی - جنوب شرقی را دنبال می‌کند.

نقشه چگالی خطواره‌های استخراج شده نشان می‌دهد که خطواره‌ها در مناطق کوهستانی، فراوان‌تر از مناطق شهری می‌باشند. پراکندگی خطواره‌ها نشان می‌دهد که بیشتر مناطقی که به عنوان چگالی بالا در این نقشه مشخص شده‌اند، بر گسل‌های منطقه منطبق هستند. مقایسه نقشه چگالی خطواره‌ها با شاخص‌های ریخت‌سنجی حاکی از آن است که مناطق با چگالی بالا بر جبهه‌های فعال منطبق است و نقشه چگالی خطواره‌ها، تاییدی بر فعالیت زمین‌ساختی بالا در این مناطق است.

بر اساس مطالعات صورت گرفته پیشنهاد می‌شود که از گسترش شهری و ساخت و سازهای جدید به سمت مناطق فعال و به سمت جبهه‌های کوهستان جلوگیری شود.

منابع

احتشامی معین‌آبادی، م.، (۱۳۹۴). خطر گسیختگی سطحی در محدوده شهر پردیس، استان تهران: لزوم رعایت حریم گسل در توسعه شهری. زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته. شماره ۱۹. صفحات ۶۲-۴۸.

سلیمانی، ش.، (۱۳۷۸). رهنمودهایی در شناسایی حرکات تکنونیک‌کی فعال و جوان با نگرشی بر مقدمات دیرینه لرزه-شناسی، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله. شماره ۸. صفحات ۱۵۶-۱۴۸.

بودن حوضه است و حوضه ۴ نیز دارای کمترین مقدار فعالیت می‌باشد

نتایج اندازه‌گیری شاخص نسبت کشیدگی نشان می‌دهد که تمام حوضه‌های گستره مورد مطالعه دارای مقادیر بالاتر از ۱ هستند که نمایانگر کشیدگی و فعالیت بالا در تمامی حوضه‌ها است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تمامی حوضه‌های گستره مورد مطالعه و به ویژه حوضه ۳ که شهرک پردیس در آن واقع است، دارای کشیدگی نسبتاً زیاد و در نتیجه فعالیت زمین‌ساختی نسبتاً بالا می‌باشند.

بر اساس شاخص عدم تقارن آبراه‌ها حوضه‌های ۴ و ۵ که در سمت شرقی شهرک پردیس قرار دارند، دارای بیشترین مقدار فعالیت زمین‌ساختی بوده و همچنین حوضه ۲ که در سمت غربی و جنوب غربی شهرک واقع است دارای فعالیت زمین‌ساختی بالا است

اندازه‌گیری شاخص پیشانی کوهستان در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که تمام جبهه‌های کوهستانی منطقه از فعالیت بالایی برخوردار می‌باشند، زیرا در تمام جبهه‌ها مقدار این شاخص حدود ۱ اندازه‌گیری شده است که حاکی از فعال بودن گسل‌های موجود در پیشانی کوهستان است

اندازه‌گیری شاخص گرادیان طولی رودخانه در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که حوضه ۳ نیز که جایگاه شهرک پردیس می‌باشد، دارای مقدار SL نسبتاً بالا بوده و معرف فعالیت زمین‌ساختی نسبتاً بالا است

بر اساس شاخص تقارن توپوگرافی عرضی حوضه‌های ۴ و ۵ دارای بیشترین مقدار فعالیت زمین‌ساختی و حوضه‌های ۱ و ۲ نیز دارای فعالیت زمین‌ساختی پایین می‌باشند. حوضه ۳ که جایگاه شهرک جدید پردیس است دارای فعالیت متوسط است.

با توجه به نتایج حاصل از بررسی زمین‌ساخت فعال نسبی در منطقه مورد مطالعه، می‌توان نتیجه گرفت که بیشتر مساحت کل منطقه مورد مطالعه در رده فعالیت زمین‌ساختی



Response of Rivers to Tectonic Deformation: a Brief Review and Critique of a Tool For Recognizing Subtle Epeirogenic Deformation In Modern And Ancient Settings. *Tectonophysics*, 305, Pp. 287- 306.

Joshi, P.N., Maurya, D.M. and Chamyal, L.S., 2013, Morphotectonic segmentation and spatial variability of neotectonic activity along the Narmada–Son Fault, Western India: Remote sensing and GIS analysis. *Geomorphology*. 180, Pp. 292-306.

Keller, E. A., Pinter, N., 1996, Active tectonics, Prentice Hall Upper Seddle River, NJ, USA, Pp. 564.

Keller, E. and Pinter, N., 2002, Earthquakes, uplift, and landscape, New. Jersey, Pp. 34-42.

Keller, E.A. and Pinter, N., 2002, Active Tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape (2ndEd.), Prentice Hall, New Jersey, Pp. 118-124.

Keller, E.A. and DeVecchio, D. E., 2013, Tectonic Geomorphology of Active Folding and Development of Transverse Drainages. In: John F. Shroder (ed.) *Treatise on Geomorphology*, 5, Pp. 129-147.

Keller, E.A., Zepeda, R.L., Rockwell, T.K., Ku, T.L. and Dinklage, W.S., 1998, Active tectonics at Wheeler Ridge, southern San Joaquin Valley, California. *Geological Society of America Bulletin*, 110, Pp. 298–310.

Mathuis, B.H.P., 2006, Digital elevation model based hydro-processing, *Geocarto International center*, 21, Pp. 21- 26.

References

Bull, W.B. and McFadden, L.D., 1977, Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California, In: Doehring, D.O. (Ed.), *Geomorphology in Arid Regions*, Proceedings of the Eighth Annual Geomorphology Symposium, State University of NewYork, Binghamton, Pp. 115- 138.

Burbank, D.W. and Anderson, R.S., 2012, *Tectonic Geomorphology*. Blackwell Science, Oxford, Pp. 438.

El Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacón, J. and Keller, E.A., 2008, Assessment of relative active tectonics, southwest border of Sierra Nevada (southern Spain), *Geomorphology*. 96, pp. 150–173.

Font, M., Amorese, D. and Lagarde, J.L., 2010, DEM and GIS analysis of the stream gradient index to evaluate effects of tectonics: The Normandy intraplate area (NW France), 109, Pp. 172- 180.

Fossen, H., 2016, *Structural Geology*. Cambridge University Press, Pp. 481.

Grohmann, C.H., 2004, Morphometric analysis in geographic information systems: applications of free software GRASS and R. *Computers and Geosciences*, 30, Pp. 1055-1067.

Hare, P. W .and Gardner, T., 1985, Geomorphic indicators of vertical neotectonism along converging plate margins, Nicoya Peninsula, Costa Rica. Allen and Unwin, Boston: Pp.75-104.

Holbrook, J. and Schumm, S.A., 1999, *Geomorphic and Sedimentary*

- Rockwell, T. K., D. L. Johnson, E. A. Keller, and R. G. Dembroff., 1984, A late Pleistocene-Holocene soil chronosquence in the Ventura Basin Southern California. *Geomorphology and Soils*, edited by KS Richards, RR Arnett, and S. Ellis, Pp. 309-327.
- Schumm, S.A., Dumont, J.F. and Holbrook, J.M., 2002, Active tectonics and alluvial rivers. Cambridge University Press, Cambridge.
- Silva, P. G., J. Goy, C. Zazo and Bardaji, T., 2003, Fault-generated mountain fronts in southeast Spain: geomorphologic assessment of tectonic and seismic activity. *Geomorphology*, Pp.203-225
- Singh, P., Gupta, A. and Singh, M., 2014, Hydrological inferences from watershed analysis for water resource management using remote sensing and GIS techniques, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, Pp. 1- 11.
- Strahler, A.N., 1952, Hypsometric (area–altitude) analysis of erosional topography, *Geological Society of America Bulletin*, No. 63, Pp. 1117–1142.
- Walker, R.T., 2006, A remote sensing study of active folding and faulting in southern Kerman province, S.E. Iran, *Journal of Structural Geology*, 28, Pp, 654-66.
- Wells, S.G., Bullard, T.F., Menges, C.M., Drake, P.G., Karas, P.A., Kelson, K.I., Ritter, J.B., and Wesling, J.R., 1988, Regional variations in tectonic geomorphology along a segmented convergent plate boundary, Pacific Coast of Costa Rica. *Geomorphology*, 1, Pp. 239–265.
- Mayer, L., 1990, *Introduction to Quantitative Geomorphology*. Prentice Hall, Englewood, Cliffs, NJ.
- Menéndez, I., P. G. Silva, M. Martín-Betancor, F. J. Pérez-Torrado, H. Guillou and Scaillet, S., 2008, Fluvial dissection, isostatic uplift, and geomorphological evolution of volcanic islands (Gran Canaria, Canary Islands, Spain). *Geomorphology* Pp.189-203.
- Moore, I.D., Grayson, R.B. and Ladson, A.R., 1991, Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological and biological applications, *Hydrological Process*, 5, Pp. 3- 30.
- Morisawa, M., Hack, J.T., 1985, *Tectonic Geomorphology*, Boston: Allen and Unwin, Pp. 390.
- Ollier, C.D., 1985, Morphotectonic of continental margins with great escarpment, In tectonic geomorphology, Morisawa, M., and Hack, j., 1, Pp. 3-12.
- Pérez-Peña, J. V., A. Azor, J. M. Azañón and Keller, E. A., 2010, Active tectonics in the Sierra Nevada (Betic Cordillera, SE Spain): insights from geomorphic indexes and drainage pattern analysis. *Geomorphology* Pp.74-87.
- Rangzan, K.S., Pirasteh. and Ali, S.A., 2003, Use of digital elevation model for study of drainage morphometry and identification stability and saturation zones in relations to landslide assessments in parts of the Shahbazan area, SW Iran. *Cartography*, 32. Pp, 71-76.

