مناطق در حال فرسایش و رسوبگذاری حوزه آبخیز لادیز

محمد رضا نورا[1]* ، رضا موسوی حرمی[2]

۱- دانشجوی دوره دکتری گروه زمین شناسی، دانشکده ی علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

noura706@yahoo.com ،

۲- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد harami2004@yahoo.com

*عهده دار مکاتبات

چکیده

با محاسبه عواملی نظیر سطح، شکل، شیب، شبکه زهکشی و محاسبه و ترسیم منحنی های هیپسومتری و هیپسومتری بی بعد تحلیل فرسایش و رسوبگذاری در حوزه آبخیز لادیز انجام گرفته است. خصوصیات فیزیوگرافی حوزه های فرعی که در محیط سیستم اطلاعات جغرافیائی (GIS) بدست آمده است نشاندهنده حالت تعادل بین وسعت مناطق کوهستانی و دشت در زیرحوزه سعدآباد است. زیرحوزه میانرود و سیاه جنگل حوزه هایی جوان بوده و ارتفاعات آنها شدیدا در معرض فرسایش قرار دارد. مقایسه وسعت، شکل، شیب و منحنی های هیپسومتریک زیرحوزه ها نشان می دهد وسعت و شدت فرسایش در زیر حوزه میانرود نسبت به سایر زیر حوزه ها بیشتر است. به طور کلی حوزه آبخیز لادیز حوزه ای جوان و فعال محسوب می شود که بیش از ۲/۳ سطح آن را مناطق کوهستانی که در معرض فرسایش است در بر می گیرد و حالت تعادل در آن برقرار نیست.

واژه های کلیدی: فیزیوگرافی حوزه – منحنی هیپسومتری – سیستم اطلاعات جغرافیائی- مناطق کوهستانی.

Erosion and sedimentation area Ladiz Watershed

M. R. Noura[1] , R. Moussavi Harami[2]

1) Ph.D Student, Department of Geology, Faculty of Basic Science, Science & Research Branch, Islamic Azad University(IAU), I. R. Iran
2) Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, I. R. Iran

Abstract
Calculating factors such as area, shape, slop, drainage network and calculating and drawing hypsometric diagram were analyzed erosion and sedimentation in Ladiz watershed. Calculating data physiographical subwatershed in Geographical Information System expansion of plain and height mountain of Saadabad subwatershed is balance state. Mianrud and Siahjangal subwatershed are young. Their height mountain are extremely exposed to erosion, but comparing area broad, shape, slop and hypsometric curve shows that broad and intensity of erosion in Mianrud subwatershed is more than the other ones. Overall Ladiz watershed is a young and active one which more than 2/3 of it`s height mountain are exposed to erosion and there is no balance in it.

Keywords: Watershed Physiographical, Hypsometric Curve, Geographical Information System, Mountain Area.

۱- مقدّمه

رودخانه ها از چشم اندازهای زیبای سیستم زهکشی سطح زمین و بخش بسیار مهم و پویای محیط اطراف ما می باشند. مطالعه رفتار و ماهیت آنها و به تبع مطالعه حوزه های آبخیز از جهات متعددی از قبیل کنترل سیلاب، فرسایش و رسوب گذاری قابل توجه است (Brierley & Fryirs 2008).

مسئله فرسایش در حوزه های آبخیز ایران، که همواره در معرض هدر رفتن آبهای سطحی و تولید هرز آبها قرار دارد از موضوعات بسیار مهم اقتصادی، اجتماعی و عمرانی کشور ما محسوب می شود. آثار و علایم فرسایش در اکثر حوزه های آبخیز کشور دیده می شود و سالانه بیش از یک میلیارد تن از خاک پر ارزش تحت تاثیر فرسایش، حمل و در دریاچه ها، دریاها و یا داخل مخازن سدها رسوب می کند (ضیائی ۱۳۸۰).

فرسایش آبی شامل فرسایش در حوزه آبخیز و فرسایش در مسیر رودخانه است. عامل ایجاد کننده فرسایش و کنده شدن ذرات جامد از سطح حوزه، قطرات باران و جریان ناشی از آن بوده در حالی که در فرسایش مسیر، رودخانه عامل ایجاد کننده فرسایش و حمل رسوب جریان سیلابها است (Gavers et al. 2007).

در مناطق خشک و نیمه خشک که سطح حوزه آبخیز عموماً فاقد پوشش گیاهی است رگبارها و بارندگیهای شدید از یک سو فرسایش حوزه آبخیز را تهدید می کند و از سوی دیگرسیلابهای مهیب و رسوبات سیلابی خسارت فراوانی در پی دارد (Bridge & Demicco 2008).

نظر به اهمیت و اثرات فرسایش ورسوبگذاری به ویژه بروز سیلابهای خطرناک و پر شدن سریع سدها، پژوهشگران در سراسر جهان از دیرباز در پی این بوده اند تا با استفاده از روشهای مختلف بتوانند مناطق تحت فرسایش و رسوب گذاری را شناسایی و شدت آنرا مورد محاسبه قرار دهند (De Vente & Poesen 2005). تفاوت قابل توجه در روابط و مدلهای مختلف پیشنهادی به منظور شرح و پیش بینی فرسایش و تولید رسوب در اهداف، زمان و مقیاس مکانی است. مدلهایی با مبنای داده های فیزیکی،مدلهای تجربی و مدلهای مفهومی از آن جمله اند (De Vente & Poesen 2005). شناخت نوع فرسایش، علت و مکانیسم به وجود آمدن آن کمک بزرگی به مهار فرسایش و مبارزه با آن می نماید (Grauso et al. 2007).

فیزیوگرافی حوزه که در حقیقت مطالعه خصوصیات فیزیکی و شکل شناسی حوزه آبخیز است نه فقط به طور مستقیم بر روی رژیم هیدرولوژیک و میزان تولید آبی سالیانه، حجم سیلابها، شدت

فرسایش خاک و میزان رسوب تولیدی اثر می گذارد بلکه بطور غیر مستقیم نیز بر آب و هوا، پوشش گیاهی و به میزان زیادی رژیم آبی حوزه آبخیز را تحت کنترل خود قرار می دهد (علیزاده ۱۳۸٦).

در بررسی فیزیوگرافی حوزه آبخیز عواملی نظیر سطح، شکل، شیب، شبکه زهکشی، ارتفاع، توپوگرافی و توزیع سطح با ارتفاع مورد شناسایی و مطالعه قرار می گیرند (Pelletier 2008). تاکنون مطالعات زیادی در زمینه اثر کمی خصوصیات فیزیوگرافی بر روی فرسایش و رسوبزایی در حوزه های آبخیز صورت گرفته و روشهای متعددی در چگونگی بررسی هر یک از این عوامل ارائه شده است و لیکن سیستم اطلاعات جغرافیائی (GIS, Geographical Information System) می تواند برای تحلیل دینامیکی فرسایش در حوزه های آبخیز کوهستانی به کار رود (Haffmann & Sander 2007) و در بدست آوردن مؤلفه های شیب و توزیع فضایی سطح نسبت به ارتفاع مورد استفاده قرار گیرد (Curtis et al. 2005). معیار سازی و تحلیل های بی بعد از جمله تکنیک های مدل سازی مهمی هستند که کمتر مورد توجه قرار گرفته اند. با استفاده از این تکنیک ها می توان از طریق حذف متغیرهای بی تأثیر یا فرعی تحلیل را ساده نمود (Lawerence 1996). در این مطالعه سعی شده است تا با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیائی و فیزیوگرافی حوزه و همچنین ترسیم منحنی های توزیع سطح با ارتفاع و مقایسه این منحنی ها با منحنی های بی بعد هیپسومتریک مناطق تحت فرسایش و رسوبگذاری در حوزه آبخیز کوهستانی لادیز شناسایی شوند.

۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز رودخانه لادیز در جنوب شرق کشور بین طول های جغرافیایی ٤٥' ٦٠° تا ٣٠' ٦١° شرقی و عرضهای جغرافیایی ٣٥' ٢٨° تا ٢٩° شمالی واقع شده است (تصویر ۱). از نظر تقسیمات استانی، ناحیه ای از بخش میرجاوه در جنوب شهرستان زاهدان در استان سیستان و بلوچستان محسوب می شود (مرکز آمار ایران ۱۳۸۵). در تقسیم بندی طرح جامع آب کشور این حوزه به عنوان بخشی از حوزه آبخیز ماشکیل به شماره ۵۳۰۵ مشخص شده است (سازمان آب منطقه ای سیستان و بلوچستان ۱۳۸۵). حوزه آبخیز لادیز از نظر اقلیمی ناحیه ای خشک محسوب می گردد. مسیلهای اصلی آن فصلی بوده و بارش در این حوزه به صورت رگبارهای شدید می باشد که منجر به سیلابهای ناگهانی و مخرب می گردد.

با توجه به خطوط تقسیم آب در حوزه لادیز برای این حوزه سه زیرحوزه مستقل به نامهای سعدآباد، میانرود و سیاه جنگل شناسائی (تصویر۱) که برای هر یک از این زیرحوزه ها و همچنین کل حوزه آبخیز، تحلیل فرسایش و رسوبگذاری انجام شده است.

۳- روش مطالعه

اکثر خصوصیات فیزیوگرافی یک حوزه با استفاده از نقشه های توپوگرافی تعیین می شوند (علیزاده ۱۳۸٦). با استفاده از نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور ۱۳۷۰)، ابتدا محدوده فیزیکی کل حوزه آبخیز لادیز، که همان خطوط تقسیم آب می باشند، تعیین و سپس بر حسب نیاز، زیر حوزه های مختلف مشخص و محیط و مساحت هر یک از آنها محاسبه گردید. با ترسیم نقشه شبکه آبراهه ها، فرم شبکه زهکشی حوزه بدست آمده و با اندازه گیری طول آبراهه ها اندیس تراکم زهکشی (Drainage density) (D_d) (Pelletier 2008) محاسبه گردید. شیب حوزه که از عوامل مهم در مطالعات حوزه آبخیز است و به صورت نسبت ارتفاع به فاصله بیان می شود از معادله زیر بدست آمده است (ضیائی ۱۳۸۰).

$$s = \frac{\Delta h \,.\, L}{A} \qquad \text{(معادله ۱)}$$

(L = طول مجموع منحنی های تراز واقع در محدوده حوزه آبخیز، A= مساحت آبخیز و Δh= اختلاف ارتفاع بین دو منحنی تراز)

اندیس شیب (Index slope) به روش Roche (Pelletier 2008) (معادله۲) محاسبه شده است.

$$I_s = L^{1/2} \sum_{i=1}^{n} {}_1\sqrt{a_i} \,.\, d_i \qquad \text{(معادله ۲)}$$

(a_i= مساحت جزیی واقع بین دو خط تراز مجاور، d_i = اختلاف ارتفاع دو خط تراز مجاور و L= طول مستطیل معادل)

ارتفاع متوسط حوزه و زیر حوزه های آبخیز از روش میانگین وزنی بدست آمد (علیزاده ۱۳۸٦).

جهت بررسی وضعیت ناهمواری حوزه آبخیز از منحنی های هیپسومتریک (Hypsometric) (نمودار توزیع سطح بر حسب ارتفاع) و آلتی متریک (Altimetric) (نمودار فراوانی سطح بر حسب ارتفاع) استفاده شده است.

برای این منظور سطح واقع بین دو خط تراز متوالی اندازه گیری و سپس جدول توزیع سطح نسبت به ارتفاع تنظیم و منحنی های مربوطه ترسیم و ارتفاع میانه از منحنی های هیپسومتریک بدست آمد. منحنی های هیپسومتریک از نظر چگونگی مراحل فرسایش یا رسوب گذاری قابل تجزیه و تحلیل بوده ولی از نظر کمی نمیتوان برای آن معادله ریاضی معرفی نمود (فریفته ۱۳۷۰).

استرالر (Strahler 1952) تجزیه و تحلیل فرسایش حوزه های آبخیز را با استفاده از منحنی های هیپسومتریک به صورت جدید و بدون بُعد را ارائه و مورد استفاده قرار داده است.

متغیرهای بدون بعدی که بر اساس آنها تجزیه و تحلیل هیپسومتریک انجام می شود در معادله ۳ نشان داده شده اند (نخعی و قنواتی ۱۳۸۵). در یک حوزه آبخیز که بین خط تقسیم آب و سطح اساس افق منطبق بر دهانه خروجی حوزه محدود است، ارتفاع نسبی (y) برابر با نسبت ارتفاع یک منحنی میزان مشخص (h) به کل ارتفاع حوزه (ناهمواری) (H) است.

مساحت نسبی حوزه (x) از نسبت سطح مقطع افقی آن قسمت از مساحت حوزه در بالای منحنی میزان مشخص (a) به مساحت کل حوزه (A) بدست می آید.

منحنی هیپسومتریک به صورت درصد براساس تابع پیوسته (معادله۳) در رابطه با ارتفاع نسبی (y) به مساحت ناحیه (x) ترسیم می گردد (فریفته ۱۳۷۰).

$$y_c = \left(\frac{d-x}{x} \cdot \frac{a}{d-a} \right)^2$$

(معادله ۳)

در این رابطه y_c =ارتفاع محاسبه شده از نظر تئوری، a =فاصله انتخابی از مبدا و d=1+a است.

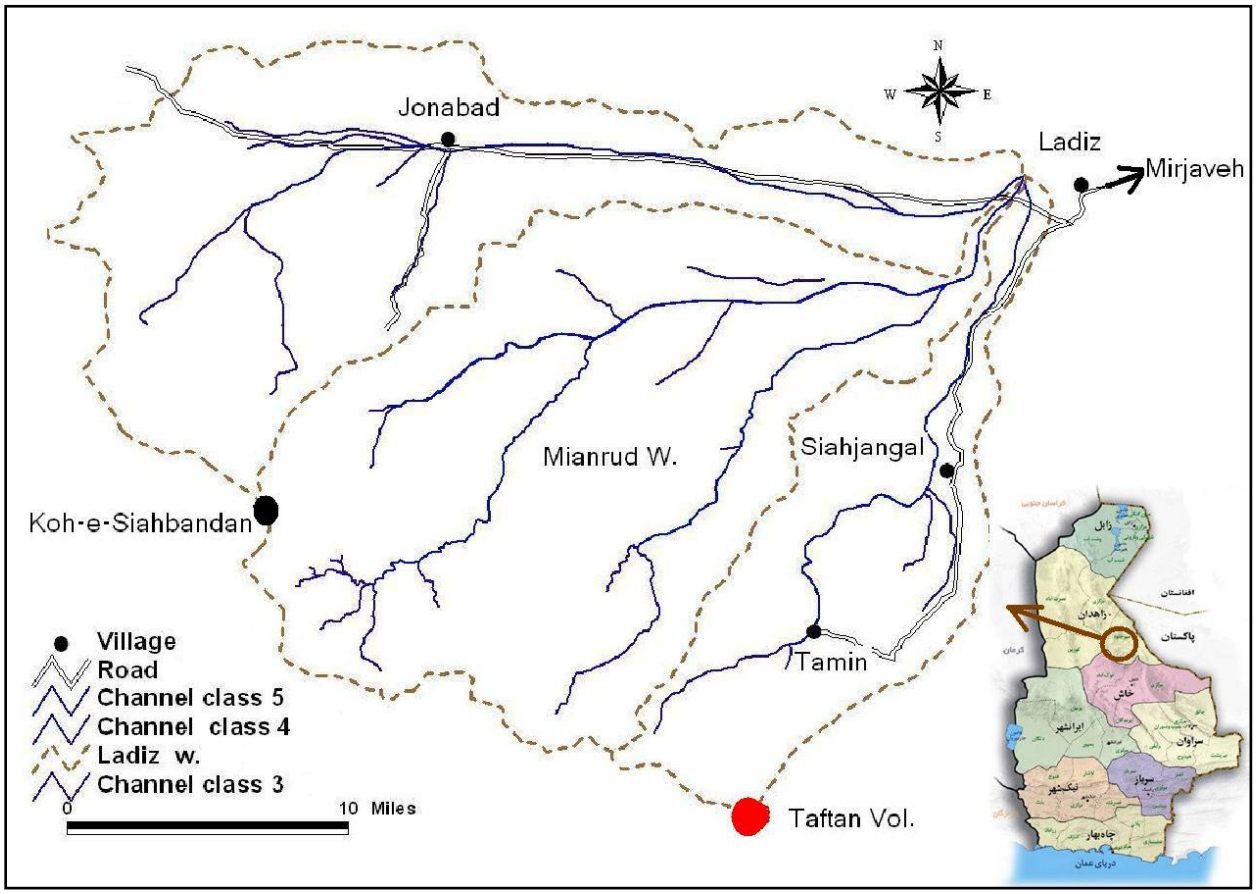
این معادله به گونه ای طراحی شده است که در وضعیت حد، $y_c=1$ باشد و زمانی که x=d باشد، $y_c=0$ بدست می آید.

شکل نموداری این معادله از نظر فرسایش حوزه مراحل جوانی، بلوغ، تعادل و پیری یا رسوبگذاری را نشان می دهد. به همین منظور جهت مقایسه برای هر یک از زیر حوزه ها و حوزه آبخیز لادیز منحنی های بدون بعد محاسبه و ترسیم شده اند (تصویر ۲).

سیستم اطلاعات جغرافیائی در بررسی روند، الگو و مدل سازی و فراهم نمودن اطلاعاتی که به نحوی با زمین و نقشه و یا به طور کلی برای اطلاعات جغرافیائی مکان دار و تحلیل های فضائی به کار برده می شود. اصولا قدرت سیستم اطلاعات جغرافیائی در جمع آوری و تجزیه و تحلیل توام مقادیر زیادی از داده های مکانی است که به صورت تلفیق و همپوشانی لایه های اطلاعاتی جهت تهیه واحدهای همگن مورد استفاده قرار می گیرند (Gustavsson et al. 2006). این موضوع در شناسائی و تحلیل مناطق تحت فرسایش و رسوبگذاری حوزه های آبخیز که عوامل مختلفی در

آن نقش دارند بسیار مورد توجه است. در محیط نرم افزاری سیستم اطلاعات جغرافیائی می توان حجم زیادی از اطلاعات را در زمان کوتاه به روز کرد که این مسئله از دیدگاه فرسایش بسیار حائز اهمیت است، چرا که در هر لحظه از زمان حوزه آبخیز در حال تغییر و تحول است (Haffmann & Sander 2007).

مجموعه اطلاعات فیزیوگرافی حوزه آبریز لادیز در این تجزیه و تحلیل از منابع مختلف شامل: ۱- اطلاعات توزیع سطح نسبت به ارتفاع ۲- اطلاعات مربوط به شیب و ارتفاع که از مدل ارتفاع دیجیتالی نتیجه می شود ۳- اطلاعات توزیع قلل در سطح حوزه و٤- اطلاعات شبکه توزیع آبراهه در سطح حوزه آبخیز لادیز، در محیط سیستم اطلاعات جغرافیائی ترسیم و مورد محاسبه قرار گرفته اند.



تصویر۱: موقعیت جغرافیائی آتشفشان تفتان، حوزه آبخیز لادیز و زیرحوزه های آن در استان سیستان و بلوچستان

جدول ۱: **اطلاعات و اندیسهای مهم که در تعیین شکل و تفسیر حوزه لادیز و زیرحوزه های آن در محیط نرم افزاری سیستم اطلاعات جغرافیائی محاسبه شده است.**

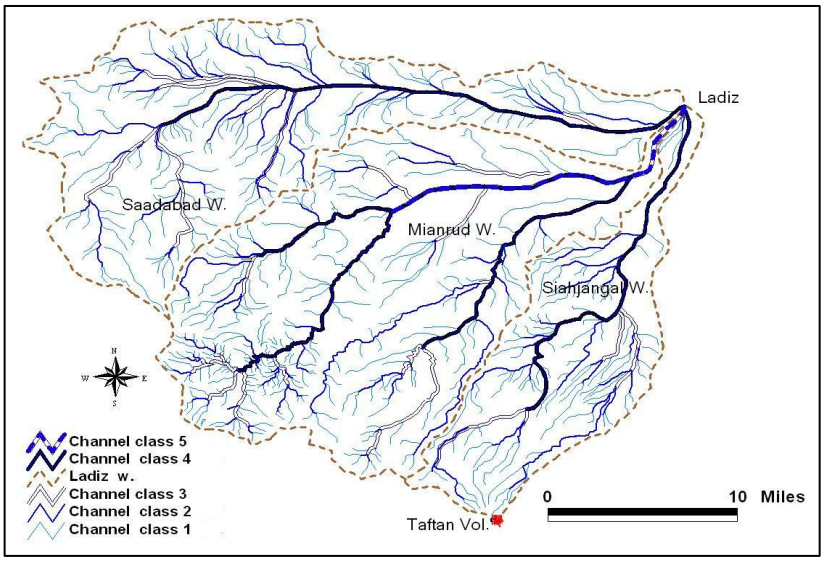
حوزه	مساحت حوزه km^2	محیط حوزه km	طول آبراهه اصلی km	کمترین ارتفاع m	بیشترین ارتفاع m	ارتفاع متوسط m	اندیس تراکم زهکشی ---	شیب متوسط وزنی %	اندیس شیب ---	ضریب فشردگی ---	ضریب شکل ---	نسبت دایره ای بودن ---	نسبت طویل بودن ---	طول مستطیل معادل km	عرض مستطیل معادل km
زیر حوزه سعد آباد	٦١١/٠٥	١٥٧/٧	٦٦/١٨	١١٠٠	٢٨٠٠	١٨٤٨	١/٠٧	١٢/٨٢	٣/١٨	١/٨	٠/١٢	٠/٣١	٠/٤	٨٢٧٠	٨/٦٢
زیر حوزه میانرود	٧٣١/٢٤	١٤٢/٨	٥٧/٧٦	١٢٠٠	٣١٢٦	١٩٥٧	١/٠٦	٢٤/٨٢	٤/٢٧	١/٤٩	٠/٢٠	٠/٤٥	٠/٥١	٥٩/٧٠	١٢/٢٥
زیر حوزه سیاه جنگل	٣١٩/٢	١٠٤/٨	٥٤/٦٣	١١٠٠	٣٩٤٣	١٩٠٧	١/٢٠	١٨/٠٨	٣/٧٦	١/٦٩	٠/١٠	٠/٣٦	٠/٣٦	٤٥/٦٥	٦/٩٩
حوزه لادیز	١٦٦١/٥	١٨٦/٤	٥٧/٧٦	١١٠٠	٣٩٤٣	١٨٠٥	١/٠٩	١٦/٠٧	٦/٣٤	١/٢٩	٠/٣٤	٠/٦٠	٠/٦٦	٧٠/٢٤	٢٣/٦٥

۴- نتایج

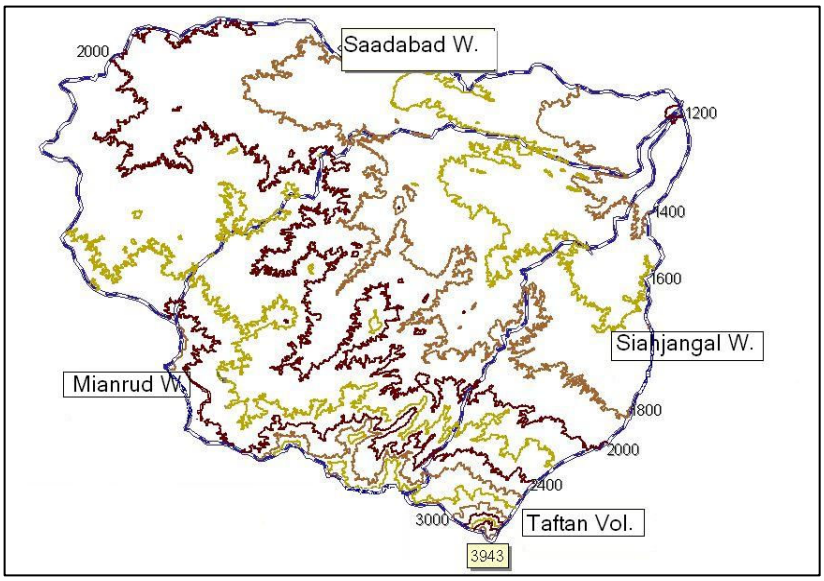
جهت شناسایی و تحلیل مناطق تحت فرسایش و رسوبگذاری در حوزه آبخیز لادیز و زیرحوزه های آن مقادیر جدول ۱ بر اساس اطلاعات فیزیوگرافی حوزه در محیط نرم افزاری سیستم اطلاعات جغرافیائی .ARC GIS,V.9.1 (ESRI 2006) و جدول ۲ الی ۵ براساس روابط ریاضی مورد محاسبه قرار گرفت. منحنی های هیپسومتریک مشاهده ای وبی بعد ومعادله و نمودار مربوط به هر یک از زیرحوزه ها با ضریب اطمینان ۹۵ درصد بدست آمد (تصویر ۲).

بررسی اشکال و ارقام به دست آمده نشان می دهد :

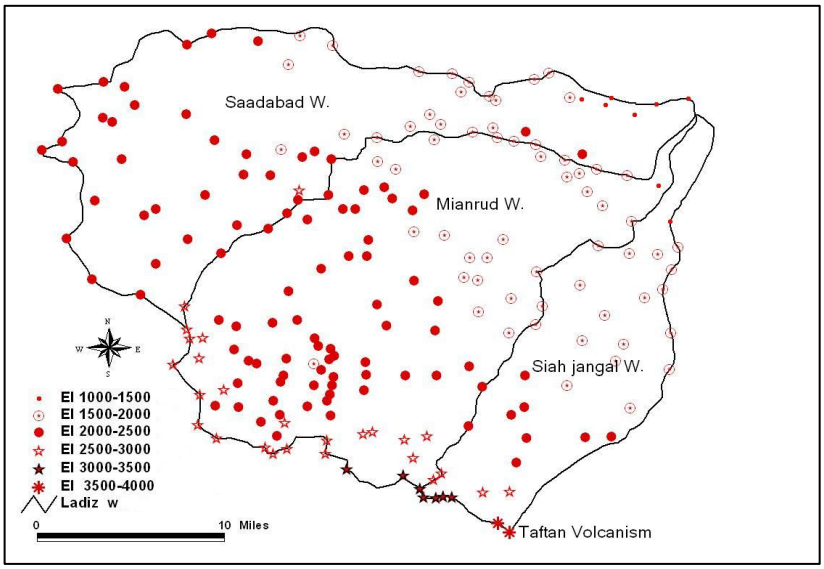
- زیرحوزه میانرود با مساحت ۷۳۱/۲٤ کیلومتر مربع (جدول ۱) نسبت به سایر زیر حوزه‌ها دارای وسعت بیشتری است (تصویر ۱).
- زیرحوزه میانرود با اندیس شیب (Is) ٤/۲۷ و شیب متوسط وزنی ۲٤/۸۲ درصد و ارتفاع متوسط ۱۹۵۷ متر از سطح دریا (جدول ۱) نشان دهنده زیرحوزه ای نا هموار با شیب زیاد و از نظر فرسایش فعال و زیرحوزه سعدآباد با اندیس شیب (Is) ۳/۱۸ و شیب متوسط وزنی ۱۲/۸۲ درصد و ارتفاع متوسط ۱۸٤۸ متر از سطح دریا زیرحوزه ای هموار با کمترین شیب، بطوریکه در این زیر حوزه گسترش دشت و ارتفاع به حالت تعادل است (جدول ۱)(تصویر ۳).
- زیرحوزه سعد آباد با ضریب فشردگی ۱/۸، نسبت دایره ای بودن ۰/۳۱، نسبت طویل بودن ۰/۰٤، طول مستطیل معادل ۷۰/۸۲ کیلومتر و عرض مستطیل معادل ۸/٦۲ کیلومتر نشان دهنده حالت کشیدگی حوزه و زیر حوزه میانرود با ضریب فشردگی ۱/٤۹، نسبت دایره ای بودن ۰/٤۱، نسبت طویل بودن ۰/۵۱، طول مستطیل معادل۵۹/۷۰ کیلومتر و عرض مستطیل معادل ۱۲/۲۵ کیلومتر پهن بودن شکل این زیرحوزه را نشان می دهد.
- توجه به اندیس تراکم زهکشی (تصویر ۲) نشان می دهد که زیرحوزه سیاه جنگل با اندیس ۱/۲ کیلومتر بر کیلومتر مربع بیشترین تخلیه رواناب و زیر حوزه میانرود با اندیس ۱/۰٦ کیلومتر بر کیلومتر مربع کمترین تخلیه رواناب انجام می گیرد.
- بررسی نقشه آرایش قلل در درون محدوده حوزه آبریز لادیز (تصویر ٤) که بین ۱۵۰۰ تا ۳۵۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارند نشان می دهد که بیشترین توزیع ناهمواری با ۵۵ درصد در زیرحوزه میانرود و کمترین آن با ۱۷ درصد در زیرحوزه سیاه جنگل قرار دارد.



تصویر۲: شبکه زهکشی و رتبه بندی کانال های رودخانه های حوزه آبخیز لادیز و زیر حوزه های آن



تصویر۳ :نقشه هیپسومتریک حوزه آبخیز لادیز



تصویر٤ : پراکندگی و آرایش قلل در سطح حوزه آبخیز لادیز و زیر حوزه های آن

5- بحث

مطالعه و بررسی منحنی های مشاهده ای و بی بعد با تلفیقی ازاطلاعات میدانی و فیزیوگرافی حوزه می تواند در شناسایی و تجزیه وتحلیل حوزه های آبخیز از نظر فرسایش و رسوبگذاری حائز اهمیت باشد.

زیرحوزه سعد آباد با روندی شرقی- غربی سراسر منطقه شمالی حوزه آبخیز لادیز را شامل می شود (تصویر ۱) و از نظر زمین شناسی از سازندهای فلیشی کرتاسه- ائوسن که شدیداً تحت تاثیر فرآیندهای تکتونیکی قرار گرفته اند تشکیل شده است (شهرابی ۱۳۷٤). مقایسه وضعیت دو منحنی مشاهده ای و بی بعد (تصویر ۵) نشاندهنده حالت فرسایش شدید در ۳۵ درصد از مساحت بالا دست (۲۱٤ کیلومترمربع) حوزه است که از شیل و ماسه سنگهایی که در اثر تکتونیک شدیداً خرد شده وتحت فرسایش شدید قرار گرفته اند تشکیل شده است. در فاصله۳۵ درصد تا ۸۲ درصد بالا دست (۲۹۳ کیلومترمربع)، زیرحوزه حالت رسوبگذاری و نزدیک بودن به حالت تعادل و گسترش دشتهای آبرفتی در بستر محدوده میانی را نشان می دهد. در ۱۰۰ کیلومتر مربع پایین دست زیرحوزه سعد آباد به دلیل گسترش سنگهای نوع فلیش وکم شدن عرض حوزه، فرسایش ضعیفی دیده می شود (تصویر ۲).

زیرحوزه میانرود در جنوب زیرحوزه سعد آباد با روندی شمال شرقی – جنوب غربی قرار گرفته است (تصویر ۲). از نظر زمین شناسی سازندهای فلیشی کرتاسه–ائوسن، رخنمون هایی از آمیزه رنگین و سنگهای آتشفشانی تفتان با سن کواترنری در این زیرحوزه گسترش دارند. در شمال غرب زیرحوزه، سنگهای آتشفشانی شامل روانه های آندزیتی همراه با داسیت و لایه های آگلومرا تشکیل قللی را می دهد که دارای بامهای تخت و هموار بوده و به صورت پوششی بر روی سازندهای فلیشی و آمیزه رنگین قرار گرفته اند (شهرابی ۱۳۷٤).

توجه به نمودار هیپسومتری بی بعد ومقایسه آن با نمودار مشاهده ای نشان می دهد (تصویر ۵) که در یک درصد بالا دست زیرحوزه (۷/۳ کیلومتر مربع) رسوبگذاری و در ۵۱ درصد پایین دست (۳۷۲ کیلومترمربع) فرسایش شدیدی در حوزه حکمفرماست. در بالادست زیرحوزه میانرود ناحیه ای که به صورت رسوبگذاری در منحنی ها نشان داده شده است در واقع جوانترین سازند زمین شناسی و حاصل نخستین مرحله فوران کوه آتشفشان تفتان در کواترنری است که به صورت دگر شیب یر روی سازندهای فلیش و آمیزه رنگین کرتاسه– ائوسن قرار گرفته اند. در فاصله ۵۲ تا ۹۹ درصد پایین دست (۳٤۰ کیلومترمربع) حالت رسوبگذاری و نزدیک بودن به حالت تعادل است (تصویر ۵).

در پایین دست زیرحوزه میانرود به دلیل کم شدن عرض زیرحوزه و وجود کوههای مرتفع با شیب تند در دو طرف کانال خروجی در معرض فرسایش قرار دارد (تصویر ۳).

زیرحوزه سیاه جنگل جنوبی ترین بخش حوزه لادیز است که با روندی جنوب شرقی – شمال غربی مسیل آن از ارتفاعات کوه آتشفشان تفتان آغاز شده و در نزدیکی روستای لادیز به دو مسیل میانرود و سعدآباد می پیوندد (تصویر ۲). مقایسه منحنی های تئوریک و مشاهده ای در نمودار هیپسومتری بی بعد نشان می دهد (تصویر ۵) که در۲ درصد بالادست (٦/٥ کیلومترمربع) حالت رسوبگذاری در ارتفاعات در حال انجام است. این ناحیه منطبق با دهانه فعلی آتشفشان تفتان و از روانه های آندزیتی بیشتر از نوع آندزیت پورفیریک وداسیت، تشکیل شده است. این واحد لیتولوژیکی بر روی سنگهای قدیمتر به صورت دگر شیب قرار گرفته است و جوانترین مرحله از فوران آتشفشان در کواترنری است (شهرابی ١٣٧٤). در ۲ تا ۷۵ درصد بالا دست زیرحوزه (٢٣٤ کیلومترمربع) فرسایش شدیدی وجود دارد و در پایین دست زیرحوزه با کم شدن شیب و گسترش سازندهای فلیشی حالت رسوبگذاری و رسیدن به حالت تعادل را نشان می دهد.

ناحیه خروجی زیرحوزه فرسایش کمی وجود دارد و می تواند با کم عرض شدن و وجود ارتفاعات در ناحیه خروجی زیر حوزه مرتبط باشد. به طور کلی این زیرحوزه را می توان یک زیرحوزه جوان و فعال محسوب نمود که حالت تعادل نسبی در آن برقرار نیست (تصویر ۳).

به طور کلی حوزه آبخیز لادیز از نظر فرسایش به عنوان یک حوزه جوان و فعال محسوب شده که در آن،بیش از ۲/۳ سطح حوزه را ارتفاعات که در حال فرسایش شدید تا متوسط می باشند و ۱/۳ سطح حوزه را نیز دشتهای آبرفتی که حاصل رسوبگذاری مناطق فرسایش یافته است تشکیل می دهد.

فعالیت کوه آتشفشان تفتان و روانه های بازالتی آندزیتی و داسیتی است که به صورت دگرشیب بر روی سازندهای قدیمیترفلیش، ماسه سنگ و شیل که شدیداً گسل خورده و در مناطقی تحت دگرگونی ضعیف قرار گرفته و دارای شیستوزیته می باشد. این عوامل در گسترش مناطق تحت فرسایش در بالا دست حوزه بسیار موثر هستند.

٦- نتیجه گیری

بررسی و مقایسه منحنی های مشاهده ای و تئوریک در نمودار هیپسومتریک سعدآباد و همچنین توجه به نمایه های فیزیوگرافی حوزه نشاندهنده حالت تعادل نسبی دشت و کوهستان و گسترش مناطق رسوبگذاری در این زیرحوزه است.

نمایه مساحت، شیب متوسط و اندیس شیب و همچنین وسعت نواحی مرتفع و کوهستانی در زیرحوزه میانرود، فرسایش شدید را نشان می دهد. لذا این زیرحوزه نسبت به وضعیت تعادل فاصله نسبتاًزیادی داشته و حوزه ای جوان و فعال محسوب می شود.

۷۵ درصد مساحت زیرحوزه سیاه جنگل در حال فرسایش شدید می باشد و توجه به نمایه شیب متوسط، اندیس شیب و ارتفاع متوسط نشاندهنده یک زیرحوزه فعال و ناهموار است که در آن نواحی مرتفع وسعت زیادی دارند.

به طور کلی حوزه آبخیز لادیز که از سه مسیل اصلی سعدآباد، میانرود و سیاه جنگل تشکیل شده و ارتفاعات کوه تفتان در آن واقع شده است، از نظر فرسایش حوزه ای فعال و جوان محسوب می شود که حالت تعادل در آن برقرار نیست. در بیش از ۷۰ درصد سطح آن ناهمواریها گسترش داشته که شدیداً در معرض فرسایش می باشد.

سپاسگزاری

این تحقیق با همکاری و مساعدت شرکت سهامی آب منطقه ای استان سیستان و بلوچستان به انجام رسیده است که بدینوسیله تشکر و سپاسگزاری می گردد.

مراجع

سازمان آب منطقه ای سیستان و بلوچستان، معاونت پژوهش و مطالعات پایه منابع آب.، ۱۳۸۵،" گزارش توجیهی تمدید ممنوعیت دشت لادیز"، گزارش ۱٤۸، ۳۹ص.

سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور.، ۱۳۷۰،" نقشه های توپوگرافی جون آباد، اسکل آباد، تمین پایین، سیاه جنگل، سنگان و لادیز (۱/۵۰۰۰۰)" ، K753/۸۲٤۷، چاپ دوم.

شهرابی، م.، ۱۳۷٤،" نقشه زمین شناسی چهارگوش خاش، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ "، سازمان زمین شناسی کشور.

ضیائی، ح.، ۱۳۸۰،"اصول مهندسی آبخیزداری"، انتشارات دانشگاه امام رضا(ع)، آستان قدس رضوی، ٥٤۲ص.

علیزاده، ا.، ۱۳۸٦،"اصول هیدرولوژی کاربردی"، انتشارات دانشگاه امام رضا(ع)، آستان قدس رضوی، چاپ شانزدهم، ۷۳۵ص.

فریفته، ج.، ۱۳۷۰،"تحلیلهای کمی در ژئومورفولوژی"، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۳٦ص.

مرکز آمار ایران.، ۱۳۸۵،" تقسیمات کشوری"، ۲۵۳ص.

نخعی، م.، قنواتی، ع.، ۱۳۸۵،"کاربرد منحنی های هیپسومتری بی بعد در تعیین مساحتهای در حال فرسایش و رسوبگذاری حوزه خیر آباد استان کهکیلویه و بویراحمد"، زمین شناسی ایران، سال دوم، شماره ٤، ٦٥-۷۲.

Bridge, J., & Demicco, R., 2008, “Earth Surface Processes and Sediment Deposite”, Cambridge University press, 815pp.

Brierley, G. I. & Fryirs, K, I., 2006, “Geomorphology and River Management”, Blackwell Publication, 387pp.

Curtis, J. A., Flint, L., Alpers, C., & Yarnell, S., 2005, “Conceptual model of sediment process in the upper Yuba River watershed, Sierra Nevada” , Geomorphology, Vol. 68: 149-166.

De Vente, J. & Poesen, J., 2005, ” Predicting soil erosion and sediment yield at the basin scale: scale issues and semi-quantitative model” , Earth Science Review”, Vol. 75: 95-125.

ESRI., 2006, “Arc GIS Desktop 9.1. Environmental Systems Research Institute”, Press Redlands, California, USA, 227pp.

Gavers, G., Gimenez, & R., Van Oosst, K., 2007, “Rill erosion: Exploring the relationship between experiments, modeling and field observation”, Earth Science Reviews, Vol. 84: 87-102.

Grauso, S., Fatloruso, G., Crocettl, C., & Montanaral, A., 2007, ”A spatially distributed analysis of erosion susceptibility and sediment yield a river basin by means of geomorphic parameters and regression relationships”, Hydrol. Earth syst. Sci. Discuss., Vol. 4: 627-654.

Gustavsson, M., Kolstrup, E., & Seijmonsbergen, A.C., 2006, “A new symbol-and-GIS based detailed geomorphological mapping system:

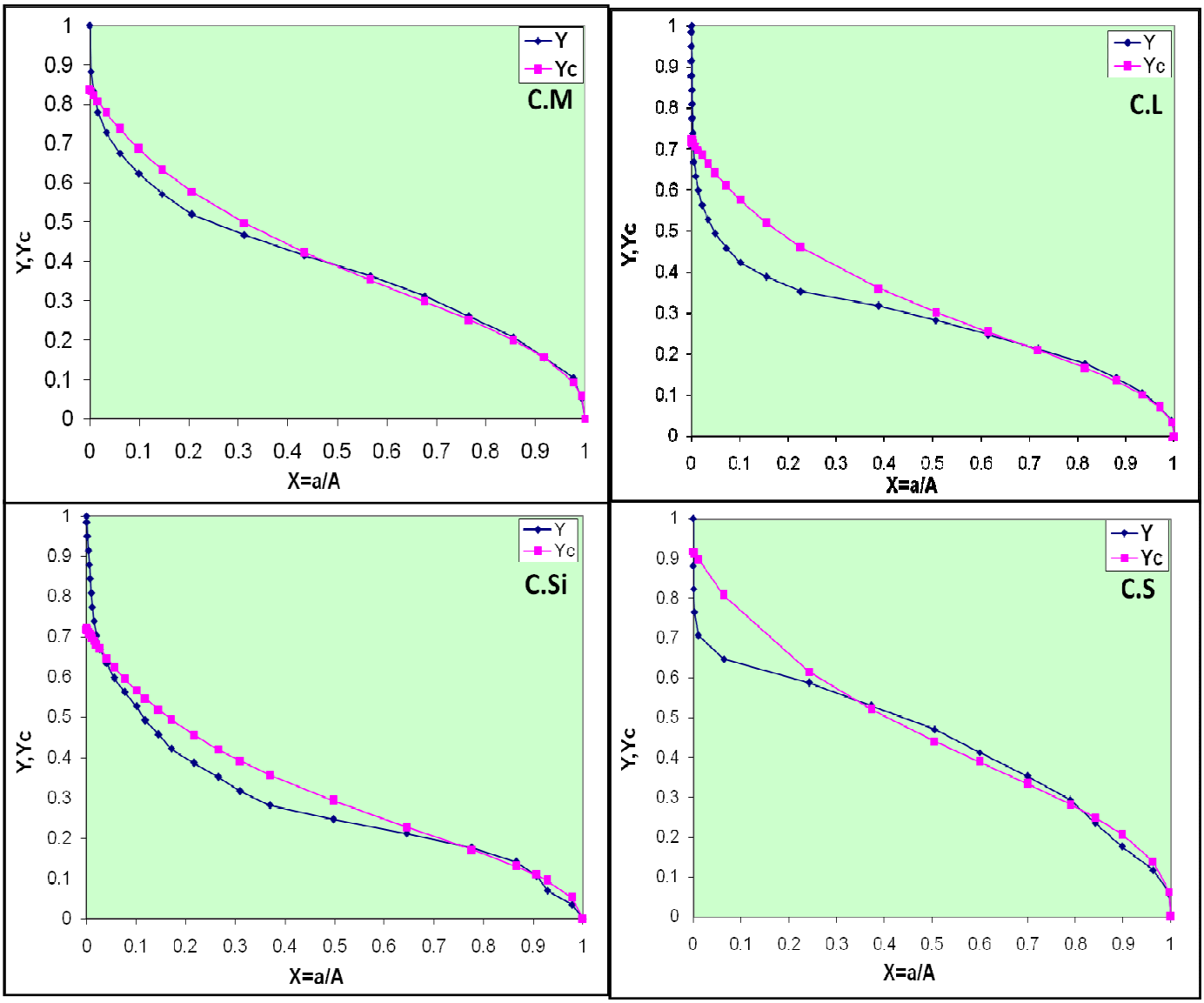
Renewal to a scientific discipline for understanding landscape development" , Geomorphology, Vol. 77: 90-111.

Haffmann, J., & Sander, P., 2007, "Remote sensing and GIS in Hydrogeology", Hydrogeology Journal, Vol. 15: 1-3.

Lawerence, D.S.I., 1996, "Physically based modeling and the analysis of landscape development in The Scientific Nature Of Geomorphology" , in Rhoads B.I and Ethorn, C. (eds), John Wiley and Sons ltd., 237pp.

Pelletier, J. D., 2008, "Quantitative Modeling of Earth Surface Processes", Cambridge University Press, 295pp.

Strahler, A.N., 1952, "Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography", Bull. Geol. Soc. America., Vol. 63: 1117-1142.



تصویر ۵: نمودار منحنی های مشاهداتی و تئوریک هیپسومتریک بی بعد حوزه آبریز لادیز و زیر حوزه های آن (C.S–حوزه سعدآباد، C.M–حوزه میانرود، C.Si–حوزه سیاهجنگل، C.L–حوزه لادیز، Y–منحنی مشاهداتی، Yc–منحنی تئوریک بی بعد، X–مساحت نسبی حوزه)

جدول۲: محاسبات مربوط به منحنی بی بعد حوزه آبخیز سعدآباد

Elevation (m)	Area (a×b)(sq.km)	X=a/A (--)	H (m)	Y=h/H (--)	Yc (--)
1100	611.05	1	0	0	0
1200	608.33	0.995	100	0.059	0.062
1300	588.59	0.963	200	0.118	0.138
1400	548.35	0.897	300	0.176	0.207
1500	514.03	0.841	400	0.235	0.249
1600	482.03	0.789	500	0.294	0.282
1700	427.48	0.699	600	0.353	0.334
1800	366.47	0.599	700	0.412	0.388
1900	308.82	0.505	800	0.471	0.441
2000	228.1	0.373	900	0.529	0.52
2100	148.01	0.242	1000	0.588	0.615
2200	39.06	0.064	1100	0.647	0.807
2300	6.51	0.011	1200	0.706	0.897
2400	1.53	0.002	1300	0.765	0.913
2500	0.21	0.0003	1400	0.823	0.916
2600	0.005	0.000008	1500	0.882	0.918
2800	0	0	1700	1	0.919

$$r=99.05 \quad Y_c=0.918(0.2(1-X)/X+0.2)^{0.374}$$

جدول۳: محاسبات مربوط به منحنی بی بعد حوزه آبخیز میانرود

Elevation (m)	Area (a×b)(sq.km)	X=a/A (--)	H (m)	Y=h/H (--)	Yc (--)
1200	731.24	1	0	0	0
1300	726.06	0.993	100	0.052	0.057
1400	714.33	0.977	200	0.104	0.092
1500	670.96	0.918	300	0.156	0.156
1600	624.86	0.855	400	0.208	0.201
1700	560.23	0.766	500	0.26	0.252
1800	494.1	0.676	600	0.312	0.298
1900	413.61	0.566	700	0.363	0.353
2000	317.41	0.434	800	0.415	0.423
2100	227.89	0.312	900	0.467	0.497
2200	151.06	0.206	1000	0.519	0.577
2300	107.25	0.146	1100	0.571	0.633
2400	72.48	0.099	1200	0.623	0.685
2500	44.18	0.06	1300	0.675	0.737
2600	24.33	0.033	1400	0.727	0.778
2700	11.79	0.016	1500	0.779	0.808
2800	5.85	0.008	1600	0.831	0.823
2900	1.7	0.002	1700	0.883	0.834
3126	0	0	1926	1	0.838

$$r=99.39 \quad Y_c=0.838(0.2(1-X)/X+0.2)^{0.397}$$

جدول٤: محاسبات مربوط به منحنی بی بعد حوزه آبخیز سیاه جنگل

Elevation (m)	Area (a×b)(sq.km)	X=a/A (--)	H (m)	Y=h/H (--)	Yc (--)
1100	319.2	1	0	0	0
1200	312.38	0.979	100	0.035	0.053
1300	296.23	0.928	200	0.07	0.095
1400	289.38	0.907	300	0.106	0.108
1500	276.12	0.865	400	0.141	0.13
1600	247.83	0.776	500	0.176	0.171
1700	205.92	0.645	600	0.211	0.227
1800	158.71	0.497	700	0.246	0.292
1900	117.95	0.369	800	0.281	0.357
2000	98.93	0.31	900	0.316	0.392
2100	84.85	0.266	1000	0.352	0.421
2200	68.13	0.217	1100	0.387	0.456
2300	54.37	0.17	1200	0.422	0.495
2400	46.3	0.145	1300	0.457	0.519
2500	37.68	0.118	1400	0.492	0.547
2600	32.09	0.101	1500	0.528	0.566
2700	24.47	0.077	1600	0.563	0.596
2800	17.93	0.056	1700	0.598	0.624
2900	13.14	0.041	1800	0.633	0.647
3000	8.69	0.027	1900	0.668	0.669
3100	6.52	0.02	2000	0.703	0.682
3200	4.77	0.014	2100	0.739	0.691
3300	3.72	0.012	2200	0.774	0.697
3400	2.99	0.009	21300	0.809	0.701
3500	2.41	0.007	2400	0.844	0.705
3600	1.86	0.006	2500	0.879	0.708
3700	1.29	0.004	2600	0.914	0.711
3800	0.54	0.001	2700	0.95	0.716
3900	0.9	0.0003	2800	0.985	0.719
3943	0	0	2843	1	0.719

$$r=0.84 \quad Y_c=0.719(0/2(1-X)/0.2+X)^{0.465}$$

جدول۵: محاسبات مربوط به منحنی بی بعد حوزه آبخیز لادیز

Elevation (m)	Area (a×b)(sq.km)	X=a/A (--)	H (m)	Y=h/H (--)	Yc (--)
1100	1661.49	1	0	0	0
1200	1651.95	0.994	100	0.035	0.053
1300	1610.88	0.969	200	0.07	0.095
1400	1552.06	0.934	300	0.106	0.108
1500	1461.38	0.879	400	0.141	0.13
1600	1354.72	0.815	500	0.176	0.171
1700	1193.63	0.718	600	0.211	0.227
1800	1019.28	0.613	700	0.246	0.292
1900	840.38	0.506	800	0.281	0.357
2000	644.44	0.388	900	0.316	0.392
2100	460.75	0.277	1000	0.352	0.421
2200	259.25	0.156	1100	0.387	0.456
2300	168.13	0.101	1200	0.422	0.495
2400	120.31	0.072	1300	0.457	0.519
2500	82.69	0.049	1400	0.492	0.547
2600	56.43	0.034	1500	0.528	0.566
2700	36.26	0.022	1600	0.563	0.596
2800	23.78	0.014	1700	0.592	0.624
2900	14.84	0.0089	1800	0.633	0.647
3000	8.69	0.0052	1900	0.668	0.669
3100	6.52	0.0039	2000	0.703	0.682
3200	4.77	0.0029	2100	0.739	0.691
3300	3.72	0.0022	2200	0.774	0.697
3400	2.99	0.0018	2300	0.809	0.701
3500	2.41	0.0014	2400	0.844	0.705
3600	1.86	0.0011	2500	0.879	0.708
3700	1.29	0.0007	2600	0.914	0.711
3800	0.54	0.0003	2700	0.95	0.715
3900	0.09	0.00006	2800	0.985	0.718
3943	0	0	2843	1	0.719

$r=96.2 \quad Y_c=0.723(0.2(1-X)/0.2+X)^{0.445}$