زمین‌شناسی ایران، سال دوم، شماره چهارم، بهار ۱۳۸۵، صفحات ۶۵-۷۲

کاربرد منحنی‌های هیپسومتری بی‌بعد در تعیین مساحت‌های در حال فرسایش و رسوب‌گذاری حوضه خیرآباد استان کهکیلویه و بویراحمد

محمد نخعی(۱، *) و عزت ا... قنواتی(۲)

چکیده

خصوصیات فیزیکی حوضه‌ها از جمله ارتفاع و توپوگرافی؛ اثرات مستقیم و غیر مستقیم بسیار زیادی بر فرآیند فرسایش دارند. در این راستا به‌منظور تحلیل فرسایش و رسوب‌گذاری در حوضه خیرآباد، جداول و منحنی هیپسومتری بی بعد محاسبه و ترسیم شده‌اند. با توجه به این جداول و منحنی‌ها در زیر حوضه نازمکان گسترش دشت و ارتفاع متعادل است. زیر حوضه سیدآباد نیز حوضه‌ای جوان بوده و فرسایش شدیدی در آن حاکم است. همچنین استنباط می‌شود، کل حوضه در حال تعادل نسبی است.

واژه‌های کلیدی: منحنی هیپسومتری، فرسایش، حوضه خیرآباد

مقدمه

کلمه فرسایش[1]، به معنی سائیده شدن سطح زمین می‌باشد. ممکن است ذرات خاکی که طی این فرایند از بستر اصل خود جدا می‌شوند، به کمک یک یا چند عامل انتقال دهنده به مکانی دیگر حمل شوند. از بین رفتن خاک به وسیله فرسایش و مسایل مرتبط به آن در حوضه‌های رودخانه‌ای از مسایل بسیار مهم محیطی اخیر به شمار می‌رود. تشکیل خاک بسیار آرام و به طور متوسط با نرخ کمتر از چند میلیمتر در هر قرن صورت می‌گیرد ولی فرسایش خاک بسیار سریع عمل می‌نماید؛ به طوری که در یک طوفان سیلابی ممکن است چندین سانتیمتر خاک و یا بیشتر فرسایش یابد. این عدم تعادل بین میزان تشکیل خاک و نرخ‌های فرسایش آن سبب شده است تا خاک یک ماده حساس و گرانبها تلقی شود. علاوه بر فرسایش خاک؛ یکی دیگر از نتایج حاصل از آن رسوب گذاری است. رسوب‌گذاری هنگامی صورت می‌گیرد که مقدار مواد منتقل شده به وسیله جریان آب بیش از توان حمل آن باشد که در این صورت مازاد آن رسوب می‌نماید.

باید در نظر داشت که اساساً نمی‌توان عاملی مشخص و معین را به عنوان عامل اصلی فرسایش در یک منطقه معرفی نمود؛ بلکه شرایط فرسایشی موجود در منطقه را باید معلول تاثیرات متقابل مجموعه عوامل موثر در ایجاد فرسایش دانست. باید اذعان نمود که هر عامل، عامل دیگری را تقویت و یا آن را از فعالیت باز می‌دارد(رفاهی، ۱۳۷۵).

بخشی از ویژگی‌های فیزیکی حوضه‌ها از جمله ارتفاع و توپوگرافی، اثرات مستقیم و غیر مستقیم بسیار زیادی برفرایند فرسایش می‌گذارند. ارتفاع حوضه در آب و هوای منطقه و به همراه آن در تشکیل و توسعه خاک و نوع و تراکم پوشش گیاهی اثر دارد و به همین دلیل آگاهی از ویژگی‌های توپوگرافیک و ارتفاعی حوضه‌ها به ویژه نحوه توزیع سطح با ارتفاع و غیره در شناخت ساز و کارهای حوضه حائز اهمیت فراوان است(Woodward, 1997). معیار سازی[2] و تحلیل‌های بی بعد[3] از جمله تکنیک‌های مدل سازی مهمی هستند که کمتر مورد توجه قرار گرفته اند. با استفاده از این تکنیک‌ها می‌توان از طریق حذف متغیرهای بی‌تاثیر یا فرعی، تحلیل را ساده نمود(Iawerence, 1996).

روش مطالعه

یکی از مهمترین منابع قابل بررسی در مطالعه خصوصیات ارتفاعی حوضه‌های آبریز، نقشه‌های توپوگرافی است (سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۷۵). با استفاده ازنقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۵۰۰۰۰ : ۱ منطقه مورد مطالعه، ابتدا محدوده فیزیکی کل حوضه و همچنین هر یک از زیر حوضه‌ها که همان خطوط تقسیم

1. Erosion
2. Indexation
3. Dimensionless Analysis

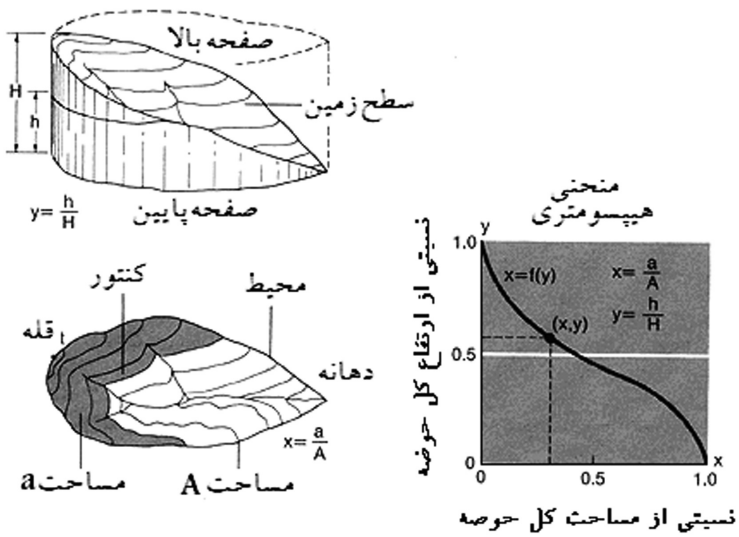
Archive of SID
www.SID.ir

آب می‌باشند؛ تعیین شده و سپس به‌وسیله پلانیمتر سطوح بین خطوط منحنی‌های میزان مختلف را اندازه‌گیری نموده و با استفاده از این سطوح جزیی؛ جدول و منحنی توزیع سطح با ارتفاع تهیه شده است.

این منحنی‌ها هم به صورت کلاسیک (غیر تخصصی) و هم به صورت بی بعد برای هر یک از زیرحوضه‌ها محاسبه و ترسیم شده‌اند. نوع کلاسیک که توزیع سطح را به ازاء ارتفاع بیان می‌کند؛ از نظر چگونگی مراحل فرسایش یا رسوب‌گذاری قابل تفسیر بوده ولی از جهت کمی مانند معادله‌های ریاضی قابل تطابق نیست. برای رفع این نقیصه، لانگ بین (Long Bin) تجزیه و تحلیل منحنی هیپسومتریک را به صورت جدید و بدون بعد، توسعه داده است(فریفته، ۱۳۷۰).

در منحنی‌های هیپسومتریک بی بعد نسبت مساحت‌های جزئی تراکمی به کل مساحت $x = \frac{a}{A}$ و اختلاف بلندی‌های جزیی تراکمی به کل اختلاف ارتفاع $y = \frac{h}{H}$ محاسبه شده است. حداکثر مقدار y برابر یک است، در نتیجه در منحنی های بی‌بعد مشاهداتی محور ارتفاع y و در منحنی های بی بعد تئوری لانگ بین y_c است. محور مساحت در هر دونوع منحنی(x) حداکثر مقدارخود را معادل ۱ خواهد داشت. شکل (۱) اجزاء منحنی هیپسومتری بی بعد را نشان می دهد.

این نمودار قابل طبقه‌بندی است ومعادله ریاضی آن معمولاً به شکل معادله ۱ بیان می شود(موحد دانش،۱۳۷۳) .



شکل ۱- منحنی هیپسومتری بی بعد

معادله ۱
$$y_c = \left(\frac{d-x}{x} \times \frac{a}{d-a}\right)^2$$

که در این رابطه y_c ارتفاع محاسبه شده از نظر تئوری، a فاصله انتخابی از مبدأ و $d = 1 + a$ است. این معادله به گونه‌ای نوشته شده است که در وضعیت حد، یعنی زمانی که $y_c = 1$ باشد، و زمانی که $x = d$ باشد $y_c = 0$ است. شکل نموداری این معادله از نظر فرسایش حوضه مراحل جوانی، بلوغ، تعادل و پیری یا رسوب گذاری را نشان می دهد (شکل ۲).

موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز رودخانه خیرآباد در جنوب غربی کشور واقع شده است و از نظر تقسیمات اداری بخش عمده‌ای از استان کهگیلویه و بویراحمد را در بر می‌گیرد. در تقسیم بندی طرح جامع آب کشور این حوضه به عنوان بخشی از ششمین حوضه از منطقه سوم مطالعاتی با کد (۶-۳)، کد استاندارد اطلس منابع آب ایران مشخص شده است (شکل ۳).

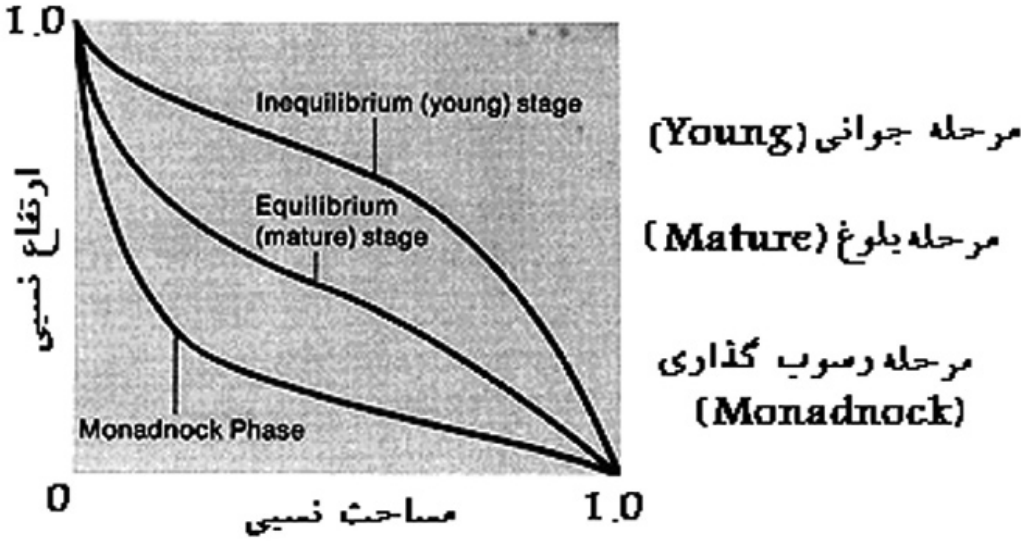
با توجه به خطوط تقسیم آب در حوضه خیرآباد، برای دو زیر حوضه مستقل سیدآباد و ناز مکان و همچنین کل حوضه یعنی خیرآباد، به طور جداگانه به شرح زیر جداول و منحنی‌های بی‌بعد هیپسومتری تهیه شده و مورد تفسیر واقع شده است.

زیر حوضه نازمکان

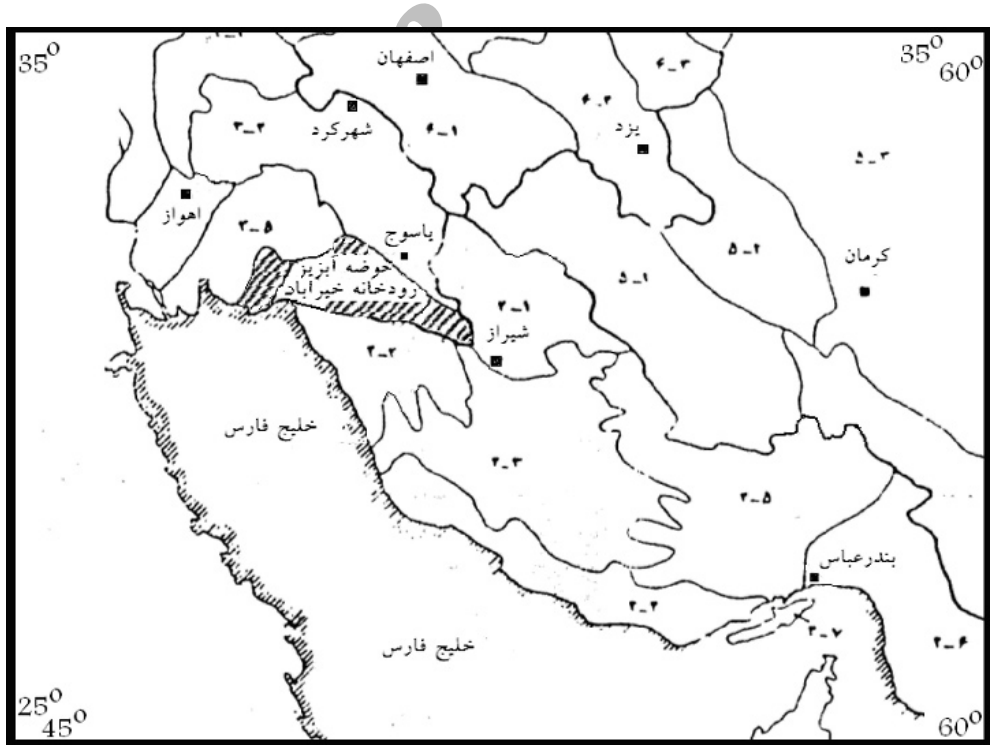
مساحت این زیر حوضه ۱۰۲۷ کیلومتر مربع و محیط آن ۱۴۵ کیلومتر است. کمترین و بیشترین ارتفاع در این زیر حوضه به ترتیب ۶۰۰ و ۳۲۰۰ متر و میانگین شیب آن ۲۹ درصد محاسبه شده است.

برای تحلیل فرسایش بر اساس روابط ریاضی در زیر حوضه ناز مکان مقادیر جدول ۱ محاسبه و منحنی هیپسومتری بی بعد آن در شکل ۴ ترسیم شده‌است.

www.SID.ir



شکل ۲- نمودار مراحل مختلف فرسایش یک حوضه (موحد دانش، ۱۳۷۳)

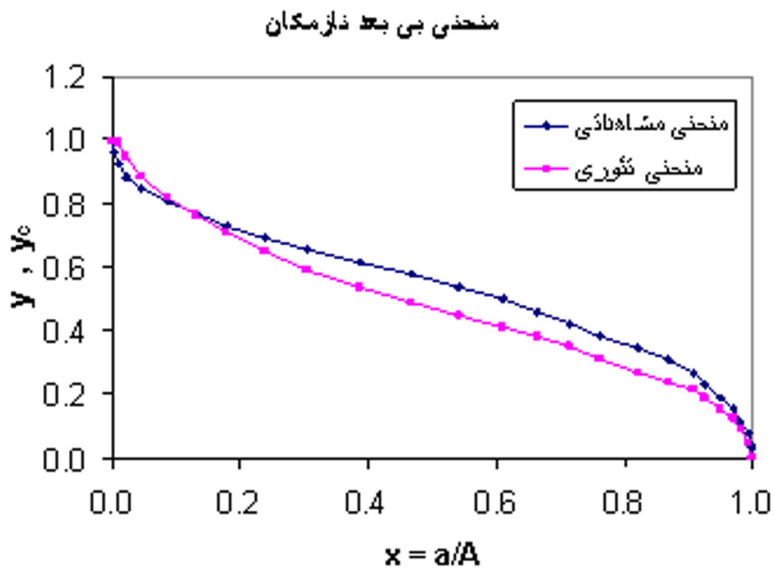


شکل ۳ - موقعیت جغرافیایی حوضه رودخانه خیر آباد

www.SID.ir

جدول ۱ – محاسبات مربوط به منحنی بی بعد زیر حوضه نازمکان

Elevation (m)	Area(a*b) (Sq.km)	x=a/A (--)	h (m)	y=h/H (--)	yc (--)
600	1027	1.000	0	0.000	0.000
700	1026	0.999	100	0.038	0.000
800	1020	0.993	200	0.077	0.045
900	1010	0.983	300	0.115	0.090
1000	995	0.969	400	0.154	0.125
1100	975	0.949	500	0.192	0.157
1200	951	0.926	600	0.231	0.189
1300	932	0.907	700	0.269	0.218
1400	894	0.870	800	0.308	0.238
1500	844	0.822	900	0.346	0.271
1600	784	0.763	1000	0.385	0.310
1700	733	0.714	1100	0.423	0.350
1800	681	0.663	1200	0.462	0.382
1900	627	0.611	1300	0.500	0.414
2000	557	0.542	1400	0.538	0.446
2100	479	0.466	1500	0.577	0.488
2200	396	0.386	1600	0.615	0.536
2300	312	0.304	1700	0.654	0.591
2400	246	0.240	1800	0.692	0.653
2500	184	0.179	1900	0.731	0.708
2600	136	0.132	2000	0.769	0.767
2700	89	0.087	2100	0.808	0.821
2800	47	0.046	2200	0.846	0.882
2900	21	0.020	2300	0.885	0.947
3000	9	0.009	2400	0.923	0.994
3100	4	0.004	2500	0.962	0.999
3200	0	0.000	2600	1.000	1.00



شکل ۴ – منحنی مشاهده‌ای و تئوریک هیپسومتریک بی بعد زیر حوضه نازمکان

Archive of SID

www.SID.ir

منحنی مشاهداتی و تئوریک آن نیز با معادله ۲ با ضریب همبستگی r=۰/۹۹ به دست امده است. این ضریب در سطح اطمینان ۰/۹۹ معنی‌دار است.

$$y_c = 1.037\left(\frac{0.2(1-x)}{0.2+x}\right)^{0.36}$$ معادله ۲

منحنی مشاهده‌ای در نمودار هیپسومتریک بی بعد زیر حوضه نازمکان نشان دهنده گسترش متعادل دشت و ارتفاع در این زیر حوضه می‌باشد. با توجه به منحنی هیپسومتریک بی بعد ناز مکان حدود ۳۰ درصد از مساحت بالا دست در حدود ۳۰۸ کیلومتر مربع، منطقه‌ای را شامل می‌شود که در آن منحنی تئوریک در بالای منحنی مشاهداتی قرار گرفته است. بنابراین ۳۰ درصد مساحت بالادست حوضه در معرض فرسایش قرار دارد. فاصله کم دو منحنی نشان دهنده کاهش شدت فرسایش و گرایش به تعادل است. در ۷۰ درصد بقیه مساحت این زیر حوضه موقعیت دو منحنی معکوس شده است، یعنی منحنی تئوریک در پایین منحنی مشاهده‌ای قرار گرفته است؛ لذا در این ناحیه امکان رسوب‌گذاری در بستر وجود دارد ولی اختلاف کم دو منحنی در این ناحیه بیانگر نزدیک شدن به حالت تعادل نسبی است.

زیر حوضه سیدآباد

این زیر حوضه نیز در غرب زیر حوضه نازمکان واقع شده و بخشی از حوضه خیزآباد می‌باشد. کمترین و بیشترین ارتفاع در این زیر حوضه به ترتیب ۶۰۰ و ۳۵۰۰ متر است و شیب متوسط آن به روش مربع‌بندی هورتون ۱۸/۷۶ درصد محاسبه گردیده است.

جهت تحلیل فرسایش بر اساس روابط ریاضی، جدول ۲ محاسبه و منحنی هیپسومتری بی بعد آن در شکل ۵ ترسیم شده است.

جدول ۲ – محاسبات مربوط به منحنی بی بعد زیر حوضه سید آباد

Elevation (m)	Area(a*b) (Sq.km)	x=a/A (--)	h (m)	y=h/H (--)	yc (--)
600	828	1.000	0	0.000	0.000
700	818	0.988	100	0.034	0.017
800	708	0.855	200	0.069	0.084
900	513	0.620	300	0.103	0.177
1000	455	0.550	400	0.138	0.208
1100	407	0.492	500	0.172	0.235
1200	372	0.449	600	0.207	0.257
1300	344	0.415	700	0.241	0.275
1400	316	0.382	800	0.276	0.295
1500	284	0.343	900	0.310	0.319
1600	249	0.301	1000	0.345	0.348
1700	210	0.254	1100	0.379	0.385
1800	165	0.199	1200	0.414	0.435
1900	129	0.156	1300	0.448	0.482
2000	106	0.128	1400	0.483	0.517
2100	89	0.107	1500	0.517	0.545
2200	76	0.092	1600	0.552	0.569
2300	63	0.076	1700	0.586	0.595
2400	48	0.058	1800	0.621	0.628
2500	39	0.047	1900	0.655	0.649
2600	32	0.039	2000	0.690	0.667
2700	26	0.031	2100	0.724	0.683
2800	22	0.027	2200	0.759	0.693
2900	17	0.021	2300	0.793	0.708
3000	13	0.016	2400	0.828	0.720
3100	9	0.011	2500	0.862	0.732
3200	5	0.006	2600	0.897	0.744
3300	3	0.004	2700	0.931	0.751
3400	1	0.001	2800	0.966	0.758
3500	0	0.000	2900	1.000	0.761

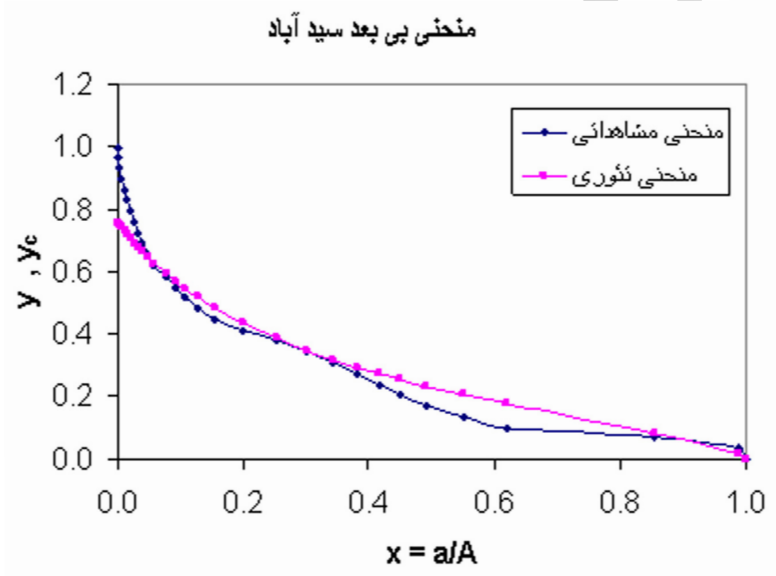
Archive of SID
www.SID.ir

منحنی مشـاهداتی و تئوریک با معادلـه‌ای به صورت معادله ۳ با ضریب همبسـتگی برابر r=۰/۹۶ به دسـت آمده است و این ضریب در سطح اطمینان ۰/۹۹ معنی‌دار است.

$$y_c = 0.761\left(\frac{0.2(1-x)}{0.2+x}\right)^{0.61} \qquad \text{معادله ۳}$$

بـا توجه بـه منحنی هیپسـومتری بی بعد سـیدآباد، حدود ۳ درصد از مسـاحت بالادسـت یعنی ۲۵ کیلومتر مربـع، منطقه‌ای را شـامل می‌شـود که در آن منحنی مشـاهداتی در بالای منحنی تئوریک قرار گرفته اسـت. لذا در این منطقه امکان رسوب‌گذاری وجود دارد. در فاصله بین ۳ درصد از بالادسـت تا ۱۰ درصد از پایین دست مسـاحت این حوضه یعنی حدود ۸۷ درصد (معادل ۷۲۰ کیلومتر مربع) از مسـاحت حوضه منحنی تئوریک در بالای منحنی مشـاهداتی قرار گرفته است و حکایت از فرسایش شدید تا متوسط در این محدوده دارد. همچنین در ۱۰ درصد از مساحت پایین دسـت حوضه یعنی حدود ۸ کیلومتر مربـع مجدداً منحنی مشـاهداتی در بالای منحنی تئوریک بوده و بیانگر رسوب‌گذاری در این منطقه است.

در مجمـوع بـا توجـه بـه این کـه در بخش عمـده حوضه (۸۷درصد مساحت) فرسـایش شدید تا متوسط حاکم است؛ لذا این زیرحوضه را می‌توان یک زیر حوضه جوان به حسـاب آورد که در حال رسیدن به تعادل نسبی می‌باشد.



شکل ۵ – منحنی مشاهداتی و تئوریک هیپسومتریک بی بعد زیر حوضه سید آباد

حوضه خیرآباد (کل حوضه)

مسـاحت حوضه خیرآبـاد ۲۰۶۵ کیلومتر مربـع و محیط آن ۲۶۵ کیلومتر اندازه‌گیری شـده اسـت. کمترین و بیشترین ارتفاع به ترتیب ۴۰۰ و ۳۵۰۰ متر و شـیب سـطح حوضه نیز ۲۲ درصد محاسبه گردیده است.

با توجه به منحنی مشاهده‌ای هیپسومتری بی بعد این حوضه (شـکل ۶) حـدود ۵۰ درصد از مسـاحت حوضـه ارتفاع بیش از ۱۴۰۰ متـر دارد. همچنین از این منحنی اسـتنباط می‌شـود که گسترش دشت در این حوضه متعادل است.

منحنی مشـاهده‌ای و تئوریک حوضه با معادله‌ای به صورت معادله ۴ با ضریب همبسـتگی برابر r=۰/۹۹ به دست آمده است. این ضریب در سطح اطمینان ۰/۹۹معنی‌دار است.

$$y_c = 0.8529\left(\frac{0.2(1-x)}{0.2+x}\right)^{0.49} \qquad \text{معادله ۴}$$

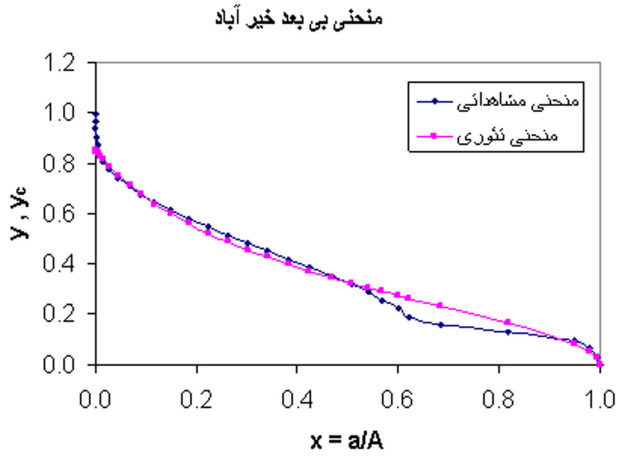
با توجه به نمودار هیپسـومتری بی بعد خیرآباد در ۱۵درصد مسـاحت منطقه بالادست، منحنی مشـاهده‌ای و تئوریک تقریباً بر همدیگر منطبق بوده و حالت تعادل نسـبتاً کامل برقرار اسـت. لذا در این منطقه مکانیسـم فرسـایش و رسـوب فعال نیستند.در فاصله ۱۵ درصد از بالا دسـت تا ۵۰ درصد از پایین دست یعنی ۳۵ درصد مسـاحت حوضه، منحنی مشـاهداتی در بالای منحنی تئوریک قرار گرفته اسـت. لذا در این منطقه امکان رسوب‌گذاری در بستر وجود دارد.

در فاصله ۵۰ درصد از بالا دسـت تا ۸ درصد از پایین دسـت مجدداً موقعیت دو منحنی معکوس شـده یعنی منحنی تئوریک بر

www.SID.ir

جدول ۳ – محاسبات مربوط به منحنی بی بعد زیر حوضه خیر آباد

Elevation (m)	Area(a*b) (Sq.km)	x=a/A (--)	h (m)	y=h/H (--)	yc (--)
400	2605	1.000	0	0.000	0.000
500	2591	0.995	100	0.032	0.027
600	2553	0.980	200	0.065	0.053
700	2474	0.950	300	0.097	0.084
800	2132	0.818	400	0.129	0.167
900	1778	0.683	500	0.161	0.235
1000	1621	0.622	600	0.194	0.265
1100	1564	0.600	700	0.226	0.276
1200	1477	0.567	800	0.258	0.293
1300	1408	0.540	900	0.290	0.307
1400	1319	0.506	1000	0.323	0.325
1500	1217	0.467	1100	0.355	0.347
1600	1104	0.424	1200	0.387	0.373
1700	998	0.383	1300	0.419	0.399
1800	885	0.340	1400	0.452	0.428
1900	787	0.302	1500	0.484	0.456
2000	686	0.263	1600	0.516	0.487
2100	586	0.225	1700	0.548	0.520
2200	486	0.187	1800	0.581	0.558
2300	386	0.148	1900	0.613	0.601
2400	303	0.116	2000	0.645	0.641
2500	231	0.089	2100	0.677	0.681
2600	175	0.067	2200	0.710	0.715
2700	120	0.046	2300	0.742	0.753
2800	73	0.028	2400	0.774	0.789
2900	40	0.015	2500	0.806	0.816
3000	23	0.009	2600	0.839	0.831
3100	13	0.005	2700	0.871	0.841
3200	5	0.002	2800	0.903	0.848
3300	3	0.001	2900	0.935	0.850
3400	1	0.000	3000	0.968	0.852



شکل ۶ – منحنی مشاهداتی و تئوریک هیپسومتریک بی بعد حوضه خیر آباد

Archive of SID
www.SID.ir

روی منحنی مشـاهده ای واقع شده است. لذا ۴۲ درصد مساحت این حوضه در معرض فرسـایش است. در بقیه ۸ درصد مساحت پاییـن دسـت؛ دو منحنی بر هم منطبق بوده و تعـادل کامل برقرار اسـت. با توجه به کم بودن فاصله دو منحنی در تمام نقاط می‌توان این حوضه را در ردیف حوضه‌های در حال تعادل نسبی قرار داد.

نتیجه‌گیری

اگرچه در ۷۰ درصد مساحت پایین دست زیر حوضه نازمکان منحنـی تئوریک در پایین منحنی مشـاهده ای قـرار گرفته و این وضعیت بیانگر رسـوب‌گذاری در منطقه اسـت، لیکن فاصله کم دومنحنی در تمام نقاط، نزدیک شـدن به حالت تعادل نسـبی را در این زیر حوضه نشـان می‌دهد. همچنین از منحنی مشاهده‌ای استنباط می‌شود که گسترش دشت و ارتفاع در آن متعادل است.

با توجه به این که ۸۷ درصد مساحت زیر حوضه سیدآباد در حال فرسایش شدید می‌باشد، لذا این زیرحوضه نسبت به حالت تعادل فاصله نسبتاً زیادی داشته و حوضه‌ای جوان است.

در حوضـه خیرآباد نیـز ۴۲ درصد مسـاحت کل در معرض فرسایش نسـبتاً شدید اسـت. بنابراین در بخش عمده‌ای از این حوضه حالت تعادل برقرار نیسـت؛ ولی با توجه به فاصله کم دو منحنی خصوصاً در مناطق بالادسـت می‌تـوان این حوضه را در ردیف حوضه‌های در حال تعادل نسبی قرار داد.

منابع

– رفاهی، ح.، ۱۳۷۵. فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران، ۵۵۱.

– سازمان برنامه و بودجه، دفتر تحقیقات و معیارهای فنی، ۱۳۷۵. دستورالعمل مطالعات فیزیوگرافی حوضه‌های آبریز. ۵۰.

– فریفته، ج.، ۱۳۷۰. تحلیل‌های کمی در ژئومورفولوژی. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۳۶.

– موحد دانش، ع.ا.، ۱۳۷۳. هیدرولوژی آب‌های سـطحی ایران. انتشارات سمت، ۳۷۸.

- Iawerence, D.S.I.,1996. Physically based modeling and the analysis of Landscape development, in the scientific nature of Geomorphology. In Rhoads B.l and Ethorn, C. (eds.) johwiley & sons ltd.

- Wood ward, J., 1997. Erosions and suspended sediment transfer in river catchments: Environmental controls. process and problems. Geography, 82 , 353-378 .

(۱، *). نویسنده مرتبط: گروه زمین شناسی، دانشگاه تربیت معلم

(۲). گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت معلم

Archive of SID

www.SID.ir