

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

محمد نخعی^(۱) و عزت‌الله 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 به منظور تحلیل فرسایش و رسوب‌گذاری در حوضه خیرآباد، جداول و منحنی هیپسومتری بی‌بعد 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^۱، 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 رسوب‌گذاری 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 تأثیرات 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).

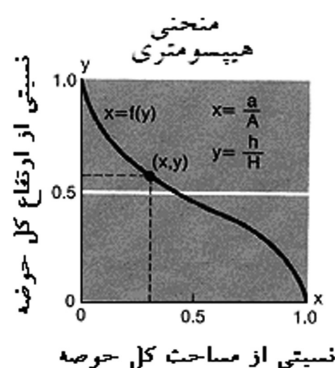
بخشی از ویژگی‌های فیزیکی حوضه‌ها از جمله ارتفاع و توپوگرافی، اثرات مستقیم و غیر مستقیم بسیار زیادی بر فرسایش می‌گذارند. از ارتفاع حوضه در آب و هوای منطقه و به همراه آن در تشکیل و توسعه خاک و نوع و تراکم پوشش گیاهی اثر دارد و به همین دلیل آگاهی از ویژگی‌های توپوگرافیک و ارتفاعی حوضه‌ها به ویژه نحوه توزیع سطح با ارتفاع و غیره در شناخت ساز و کارهای حوضه حائز اهمیت فراوان است (Woodward, 1997). معیار سازی^۲ و تحلیل‌های بی‌بعد^۳ از جمله تکنیک‌های مدل سازی مهمی هستند که کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. با استفاده از این تکنیک‌ها می‌توان از طریق حذف متغیرهای بی‌تأثیر یا فرعی، تحلیل را ساده نمود (Lawrence, 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 از نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۵۰۰۰۰:۱ منطقه مورد مطالعه، ابتدا محدوده فیزیکی کل حوضه و همچنین هر یک از زیر حوضه‌ها که همان خطوط تقسیم

توسعه داده است (فریفته، ۱۳۷۰).

در منحنی های هیپسومتری بی بعد نسبت مساحت های جزئی تراکمی به کل مساحت $x = \frac{a}{A}$ و اختلاف بلندی های جزئی تراکمی به کل اختلاف ارتفاع $y = \frac{h}{H}$ محاسبه شده است. حداکثر مقدار y برابر یک است، در نتیجه در منحنی های بی بعد مشاهداتی محور ارتفاع y و در منحنی های بی بعد تئوری لانگ بین y_c است. محور مساحت در هر دو نوع منحنی (x) حداکثر مقدار خود را معادل ۱ خواهد داشت. شکل (۱) اجزاء منحنی هیپسومتری بی بعد را نشان می دهد. این نمودار قابل طبقه بندی است و معادله ریاضی آن معمولاً به شکل معادله ۱ بیان می شود (موحد دانش، ۱۳۷۳).



شکل ۱- منحنی هیپسومتری بی بعد

از منطقه سوم مطالعاتی با کد (۳-۶)، 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 منحنی های بی بعد هیپسومتری تهیه شده و مورد تفسیر واقع شده است.

زیر حوضه ناز مکان

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 شده است.

آب می باشند؛ تعیین شده و سپس به وسیله پلانیمتر سطوح بین خطوط منحنی های میزان مختلف را اندازه گیری نموده و با استفاده از این سطوح جزئی؛ جدول و منحنی توزیع سطح با ارتفاع تهیه شده است.

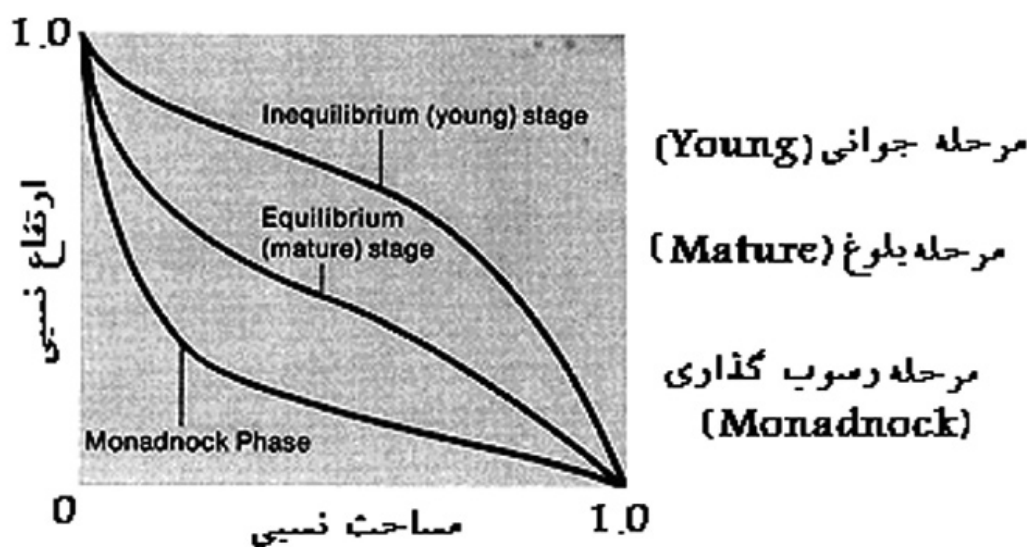
این منحنی ها هم به صورت کلاسیک (غیر تخصصی) و هم به صورت بی بعد برای هر یک از زیرحوضه ها محاسبه و ترسیم شده اند. نوع کلاسیک که توزیع سطح را به ازاء ارتفاع بیان می کند؛ از نظر چگونگی مراحل فرسایش یا رسوب گذاری قابل تفسیر بوده ولی از جهت کمی مانند معادله های ریاضی قابل تطابق نیست. برای رفع این نقیصه، لانگ بین (Long Bin) تجزیه و تحلیل منحنی هیپسومتری را به صورت جدید و بدون بعد،

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

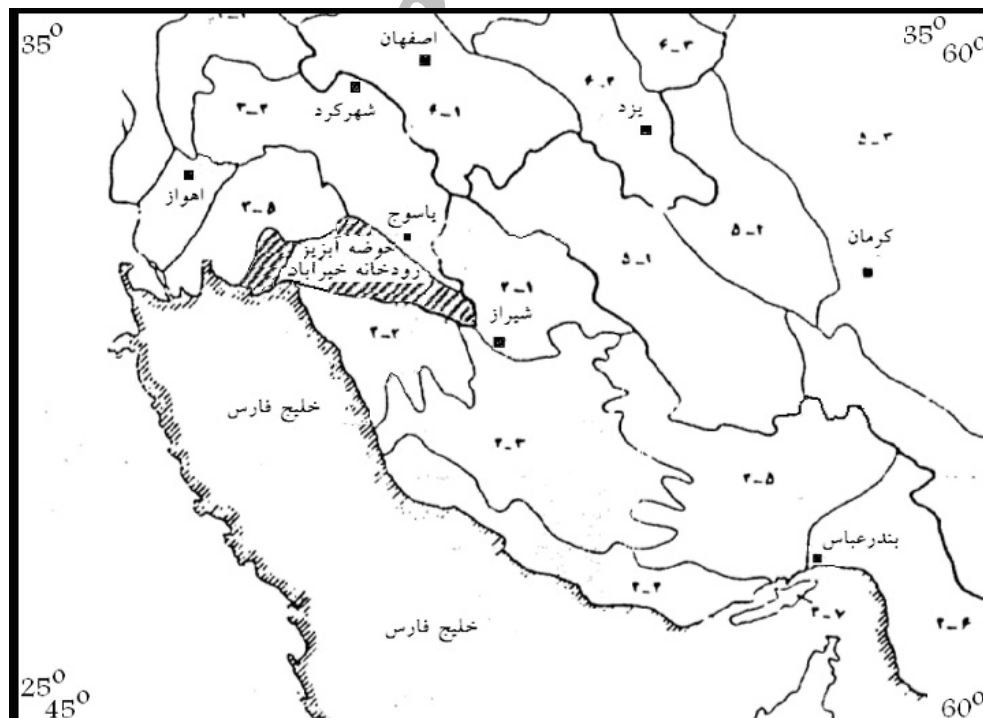
که در این رابطه y_c ارتفاع محاسبه شده از نظر تئوری، a فاصله انتخابی از مبدأ و $d = 1 + a$ است. این معادله به گونه ای نوشته شده است که در وضعیت حد، یعنی زمانی که $y_c = 1$ باشد، و زمانی که $x = d$ باشد $y_c = 0$ است. شکل نموداری این معادله از نظر فرسایش حوضه مراحل جوانی، بلوغ، تعادل و پیری یا رسوب گذاری 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 عمده ای از استان کهگیلویه و بویراحمد را در بر می گیرد. در تقسیم بندی طرح جامع آب کشور این حوضه به عنوان بخشی از ششمین حوضه



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

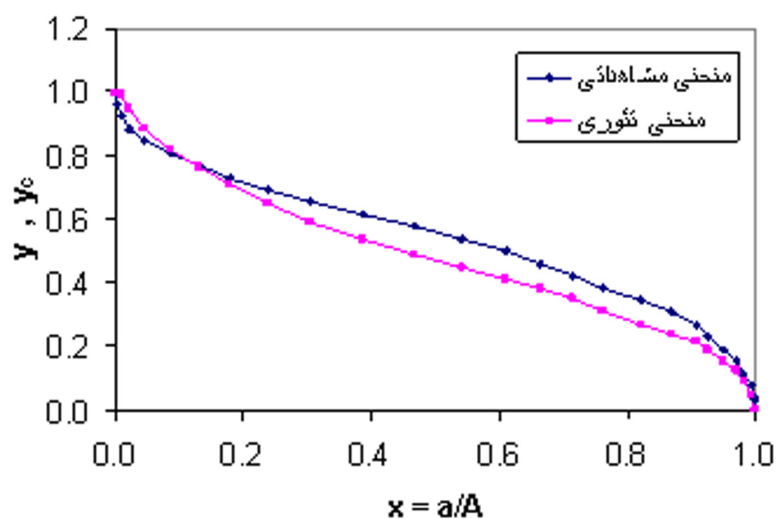


شکل ۳- موقعیت جغرافیایی حوضه رودخانه خیر آباد

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

Elevation (m)	Area(a*b) (Sq.km)	$x=a/A$ (--)	h (m)	$y=h/H$ (--)	y_c (--)
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

منحنی بی بعد نازمکان



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

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.

منحنی مشاهده‌ای و تئوریک آن نیز با معادله ۲ با ضریب همبستگی $r=0.99$ به دست آمده است. این ضریب در سطح اطمینان ۰/۹۹ معنی‌دار است.

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

منحنی مشاهده‌ای در نمودار هیپسومتری بی بعد زیر حوضه نازمکان نشان دهنده گسترش متعادل دشت و ارتفاع در این زیر حوضه می‌باشد. با توجه به منحنی هیپسومتری بی بعد نازمکان حدود ۳۰ درصد از مساحت بالا دست در حدود ۳۰۸ کیلومتر مربع، منطقه‌ای را شامل می‌شود که در آن منحنی تئوریک در بالای منحنی مشاهده‌ای قرار گرفته است. بنابراین ۳۰ درصد مساحت بالا دست حوضه در معرض فرسایش قرار دارد. فاصله

جدول ۲- محاسبات مربوط به منحنی بی بعد زیر حوضه سیدآباد

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

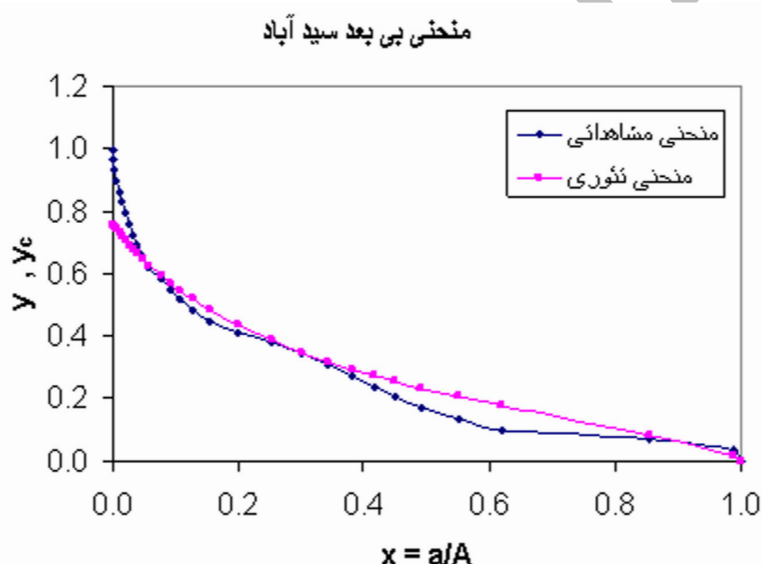
پایین دست مساحت این حوضه یعنی حدود ۸۷ درصد (معادل ۷۲۰ کیلومتر مربع) از مساحت حوضه منحنی تئوریک در بالای منحنی مشاهداتی قرار گرفته است و حکایت از فرسایش شدید تا متوسط در این محدوده دارد. همچنین در ۱۰ درصد از مساحت پایین دست حوضه یعنی حدود ۸ کیلومتر مربع مجدداً منحنی مشاهداتی در بالای منحنی تئوریک بوده و بیانگر رسوبگذاری در این منطقه است.

در مجموع با توجه به این که در بخش عمده حوضه (۸۷ درصد مساحت) فرسایش شدید تا متوسط حاکم است؛ لذا این زیرحوضه را می توان یک زیر حوضه جوان به حساب آورد که در حال رسیدن به تعادل نسبی می باشد.

منحنی مشاهداتی و تئوریک با معادله ای به صورت معادله ۳ با ضریب همبستگی برابر $r=0.96$ به دست آمده است و این ضریب در سطح اطمینان ۰/۹۹ معنی دار است.

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

با توجه به منحنی هیپسومتری بی بعد سیدآباد، حدود ۳ درصد از مساحت بالادست یعنی ۲۵ کیلومتر مربع، منطقه ای را شامل می شود که در آن منحنی مشاهداتی در بالای منحنی تئوریک قرار گرفته است. لذا در این منطقه امکان رسوبگذاری وجود دارد. در فاصله بین ۳ درصد از بالادست تا ۱۰ درصد از



شکل ۵ - منحنی مشاهداتی و تئوریک هیپسومتری بی بعد زیر حوضه سید آباد

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

با توجه به نمودار هیپسومتری بی بعد خیرآباد در ۱۵ درصد مساحت منطقه بالادست، منحنی مشاهده ای و تئوریک تقریباً بر همدیگر منطبق بوده و حالت تعادل نسبتاً کامل برقرار است. لذا در این منطقه مکانیسم فرسایش و رسوب فعال نیستند. در فاصله ۱۵ درصد از بالا دست تا ۵۰ درصد از پایین دست یعنی ۳۵ درصد مساحت حوضه، منحنی مشاهداتی در بالای منحنی تئوریک قرار گرفته است. لذا در این منطقه امکان رسوبگذاری در بستر وجود دارد.

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

حوضه خیرآباد (کل حوضه)

مساحت حوضه خیرآباد ۲۰۶۵ کیلومتر مربع و محیط آن ۲۶۵ کیلومتر اندازه گیری شده است. کمترین و بیشترین ارتفاع به ترتیب ۴۰۰ و ۳۵۰ متر و شیب سطح حوضه نیز ۲۲ درصد محاسبه گردیده است.

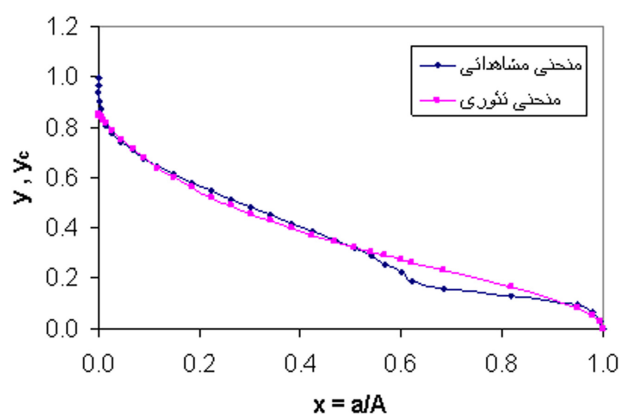
با توجه به منحنی مشاهده ای هیپسومتری بی بعد این حوضه (شکل ۶) حدود ۵۰ درصد از مساحت حوضه ارتفاع بیش از ۱۴۰۰ متر دارد. همچنین از این منحنی استنباط می شود که گسترش دشت در این حوضه متعادل است.

منحنی مشاهده ای و تئوریک حوضه با معادله ای به صورت معادله ۴ با ضریب همبستگی برابر $r=0.99$ به دست آمده است. این ضریب در سطح اطمینان ۰/۹۹ معنی دار است.

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

Elevation (m)	Area(a*b) (Sq.km)	$x=a/A$ (--)	h (m)	$y=h/H$ (--)	y_c (--)
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

منحنی بی بعد خیر آباد



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

منحنی خصوصاً در مناطق بالادست می‌توان 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 سطحی ایران. انتشارات سمت، ۳۷۸.
- Lawrence, 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 & sons Ltd.
- Woodward, J., 1997. Erosions and suspended sediment transfer in river catchments: Environmental controls. process and problems. Geography, 82, 353-378.

روی منحنی مشاهده ای واقع شده است. لذا ۴۲ درصد مساحت این حوضه در معرض فرسایش است. در بقیه ۸ درصد مساحت پایین دست؛ دو منحنی بر هم منطبق بوده و تعادل کامل برقرار است. 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 منحنی تئوریک در پایین منحنی مشاهده ای قرار گرفته و این وضعیت بیانگر رسوبگذاری در منطقه است، لیکن فاصله کم دو منحنی در تمام نقاط، نزدیک شدن به حالت تعادل نسبی را در این زیر حوضه نشان می‌دهد. همچنین از منحنی مشاهده ای 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 زیر حوضه نسبت به حالت تعادل فاصله نسبتاً زیادی داشته و حوضه‌ای جوان است. در حوضه خیرآباد نیز ۴۲ درصد مساحت کل در معرض فرسایش نسبتاً شدید است. بنابراین در بخش عمده‌ای از این حوضه حالت تعادل برقرار نیست؛ ولی با توجه به فاصله کم دو

- (۱). نویسنده مرتبط: گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تربیت معلم
- (۲). گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت معلم