

## برآورد فرسایش و تولید رسوب در شرایط خشکسالی حوضه آبخیز دریاچه ارومیه با

### استفاده از مدل تجربی EPM

رضا سکوتی<sup>۱\*</sup>، ابراهیم بروشکه<sup>۲</sup>، علی جعفری اردکانی<sup>۳</sup>، جواد طاهری<sup>۴</sup>، محمد جلالی<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup> و <sup>۲</sup> و <sup>۴</sup> و <sup>۵</sup> اعضای هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان (rezasokouti@gmail.com)

<sup>۳</sup> عضو هیئت علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

#### چکیده

برای اجرای برنامه های حفاظت خاک و تعیین روش های مبارزه با فرسایش و کاهش رسوب لازم است حجم کل رسوب تولیدی سالانه در حوزه آبخیز ارزیابی و برآورد گردد. یکی از مدل های تجربی مورد استفاده برای برآورد فرسایش و تولید رسوب در ایران، مدل EPM می باشد. مدل EPM به دلیل استفاده از عواملی مانند ضریب فرسایش، ضریب استفاده از زمین، ضریب حساسیت خاک به فرسایش و شیب متوسط، برای محاسبه برآورد رسوب در سطح کشور مناسب به نظر می رسد. از آن جایی که این مدل در خارج از ایران طراحی گردیده، لازم است که کارایی آن در دیگر نقاط مورد بررسی قرار گیرد. بنابراین هدف اصلی از اجرای این طرح، برآورد فرسایش و رسوب در حوضه آبخیز دریاچه ارومیه با استفاده از مدل EPM می باشد. نتایج نشان داد در زیر حوضه های رتبه ۴، بیشترین ضریب شدت فرسایش، به علت بالا بودن مقادیر ضرایب استفاده از زمین و حساسیت سنگ و خاک است. در بعضی از زیر حوضه ها علیرغم بالا بودن حساسیت سنگ و خاک به علت پایین بودن ضریب استفاده از زمین (Xa) کمترین میزان شدت فرسایش را دارا می باشد. بیشترین میزان فرسایش ویژه در زیر حوضه های رتبه ۴ مورد مطالعه، ۸۸۸/۷۱ متر مکعب در کیلومتر مربع در سال رسوب تولید می کنند. فاکتور شیب متوسط نیز در بالا بودن فرسایش ویژه موثر است. در برخی از زیر حوضه ها هم پایین بودن ضریب تحویل رسوب موجب شده که رسوب دهی ویژه کمتری داشته باشد.

**واژه های کلیدی:** رسوب، فرسایش، مدل تجربی EPM، دریاچه ارومیه.

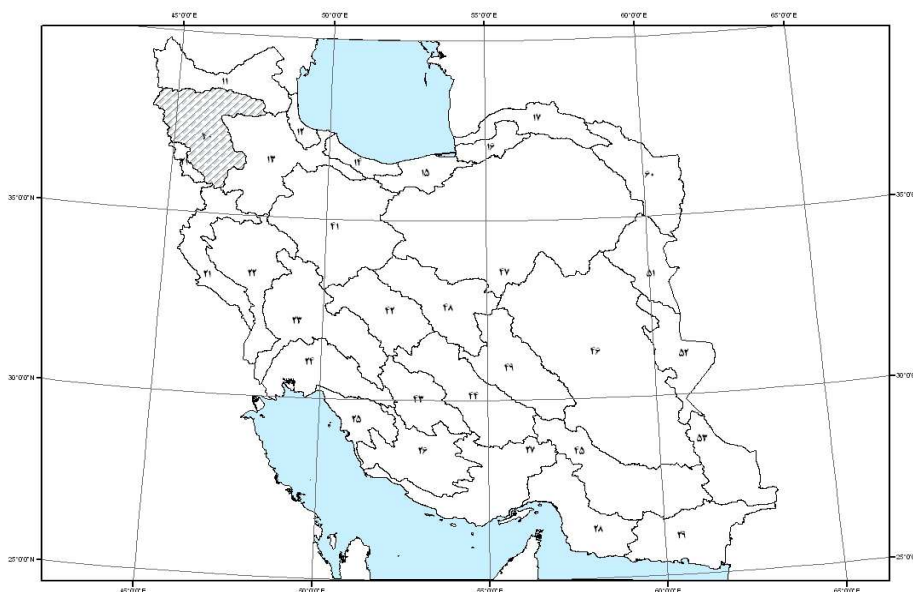
## مقدمه

برای اجرای برنامه های حفاظت خاک و تعیین روش های مبارزه با فرسایش و کاهش رسوب لازم است حجم کل رسوب تولیدی سالانه در حوزه آبخیز ارزیابی و برآورد گردد. ولی عدم وجود یا کمبود داده ها در زمینه فرسایش خاک و تولید رسوب در بسیاری از حوزه های آبخیز کشور، کاربرد روش های تجربی مناسب برای برآورد فرسایش خاک و رسوب زایی را الزامی می نماید (بروشکه و همکاران، ۱۳۸۳). یکی از مدل های تجربی مورد استفاده برای برآورد فرسایش و تولید رسوب در ایران، مدل EPM می باشد. استفاده از مدل EPM به دلیل استفاده از پارامترهای کمتر و در دسترس، برای محاسبه برآورد رسوب مناسب به نظر می رسد (کریمی راد، ۱۳۸۳). مدل EPM نتیجه ۴۰ سال تحقیق و اندازه گیری فرسایش و رسوب در کشور یوگسلاوی است که توسط (Gavrilovic ۱۹۸۸) ارائه گردیده است. Beyer Portner (۱۹۹۸) مدل EPM را در پنج حوضه آلپ سوئیس با مساحت های ۳۶ تا ۲۱۰ کیلومتر مربع به کار برد و مشاهده نمود که بین مقادیر برآورد شده رسوب با مدل EPM و مقادیر اندازه گیری شده همبستگی بالایی ( $R^2=0.86$ ) وجود دارد. Globevink و همکاران (۲۰۰۳) مدل EPM را در دو زیر حوضه مدیترانه ای در اسلوونی و کرواسی به کار بردند و در حوضه رود دراگونجا اسلوونی (با مساحت ۸۶ کیلومتر مربع) در سال های ۱۹۷۱ و ۱۹۹۱ میزان رسوب را از طریق برآورد با این مدل بدست آوردند. در تحقیق Emmanouloudis و همکاران (۲۰۰۳) مدل EPM برای تشخیص فرسایش کل بدون در نظر گرفتن نسبت تحویل رسوب در یک حوضه بزرگ یونان (۷۰۰۰ کیلومتر مربع) استفاده و نتیجه گرفته اند که میزان تخریب سالیانه برآورد شده برای حوضه زیاد است. پارسایی و همکاران (۱۳۸۳) در تحقیقی در سه حوضه آبخیز پل چشمه، گرمابدشت و قوری چای رامیان در استان گلستان مشاهده نموده اند که رسوب برآورد شده با استفاده از مدل EPM تنها در حوضه ی پل چشمه با مقادیر اندازه گیری شده در ایستگاه هیدرومتری همخوانی دارد. زنجانی (۱۳۷۵) در مطالعه ای تحت عنوان بررسی و مقایسه برآورد تولید رسوب با استفاده از دو مدل EPM و MPSIAC در حوزه آبخیز سفیدرود دریافت نتایج روش MPSIAC نسبت به روش EPM مشابهت نزدیک تری با رسوب اندازه گیری شده توسط ایستگاه هیدرومتری دارد. راستگو و همکاران (۱۳۸۵) در مطالعه ای تحت عنوان برآورد فرسایش و رسوب حوزه آبخیز تنگ کنشت در شمال شهر کرمانشاه با مدل تجربی EPM به کمک GIS نشان دادند که کلاس فرسایشی در گروه شدید قرار می گیرد. محمدیان شوئیلی و سرور (۱۳۸۶) در مطالعه ای در حوزه آبخیز گوهرود گیلان نشان دادند مقادیر حاصل از مدل EPM با مقادیر رسوب واقعی حوزه آبخیز مورد مطالعه بسیار نزدیک و این مدل به عنوان مدل مناسب شناخته شد. در تحقیق مرادی و همکاران (۱۳۹۰) به این نتیجه رسیدند که در گستره مورد مطالعه، مدل EPM با شرایط میدانی همخوانی زیادی دارند و میزان فرسایش ویژه ۱۰۹۳ ( $M3/km2.y$ ) برآورد شد. با بررسی منابع فوق می توان چنین نتیجه گیری کرد که درحوضه آبخیز دریاچه ارومیه مطالعات کم و یا بصورت محلی در مورد فرسایش انجام شده است لذا این تحقیق با هدف بررسی و برآورد مقادیر فرسایش و تولید رسوب در حوضه آبخیز دریاچه ارومیه در شرایط خشکسالی برآورد گردد.

## مواد و روش ها

حوزه های آبخیز دریاچه ارومیه در شمال غرب کشور و بین مختصات جغرافیایی  $44^{\circ}$ ،  $12'$  تا  $47^{\circ}$ ،  $55'$  طول شرقی و  $35^{\circ}$ ،  $3'$  تا  $38^{\circ}$  عرض شمالی واقع شده است. مساحت حوضه ۵۱۹۶۴۱۸ هکتار است. در حوضه دریاچه ارومیه تعداد ۳۲ رودخانه بزرگ و کوچک وجود دارند. این حوضه کوهستانی و دشتی بوده و حدود ۳۵ درصد آن را عرصه های دشتی تشکیل می دهد. بیشترین نوع کاربری در این حوضه به ترتیب مربوط به اراضی مختلط دیم، آیش و مرتع متوسط با ۱۸/۹۸ درصد، مراتع

متوسط با ۱۱/۷۶ درصد و آب و دریاچه ها با ۸/۵۷ درصد می باشد. نقشه (۱-۳) موقعیت حوزه مذکور در نقشه ایران را نشان می دهد



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز دریاچه ارومیه در کشور

در این تحقیق، حوزه‌های رتبه ۴ حوزه آبخیز دریاچه ارومیه بر اساس نقشه های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰/۰۰۰ به تعداد ۲۵ زیرحوضه تفکیک و مورد بررسی قرار گرفت. در روش EPM<sup>۱</sup>: شدت فرسایش با استفاده از چهار فاکتور ضریب فرسایش (Ψ)، ضریب استفاده از زمین (Xa)، ضریب حساسیت خاک به فرسایش (Y) و شیب متوسط (I) تعیین گردید. پس از مشخص شدن چهار معیار فوق از رابطه (۱) ، ضریب شدت فرسایش (Z) محاسبه شد.

$$Z = Y * Xa * (\Psi + I^{1/2}) \quad \text{رابطه (۱)}$$

براساس رابطه (۲) میزان فرسایش ویژه برآورد شد.

$$W_{SP} = T * H * Z^{3/2} * \pi \quad \text{رابطه (۲)}$$

$W_{SP}$  = مقدار فرسایش برحسب متر مکعب در کیلومتر مربع در سال

H = ارتفاع متوسط بارندگی سالانه بر حسب میلیمتر

T = ضریب درجه حرارت که از رابطه  $T = (t/10 + 1)^{1/2}$  بدست می آید که در آن t متوسط درجه حرارت سالانه می باشد

Z = ضریب شدت فرسایش  $\pi$  = عدد پی

<sup>1</sup> Erosion Potential Method

برای تبدیل فرسایش ویژه به رسوب از رابطه (۳) استفاده شد.

$$Ru = 4(P*d)^{1/2} / L + 10$$

رابطه (۳)

$Ru$  = ضریب رسوب دهی و  $P$  = طول محیط حوزه به کیلومتر

$D$  = اختلاف ارتفاع به کیلومتر که حاصل تفاضل ارتفاع متوسط از ارتفاع نقطه خروجی می باشد

$L$  = طول آبخیز به کیلومتر

در نهایت رسوب کل از رابطه (۴) بدست آمد.

$$Csp = WSP * Ru$$

رابطه (۴)

$Csp$  = دبی رسوب ویژه برحسب متر مکعب در کیلومتر مربع در سال

## نتایج

### ضریب شدت فرسایش ( $Z$ )

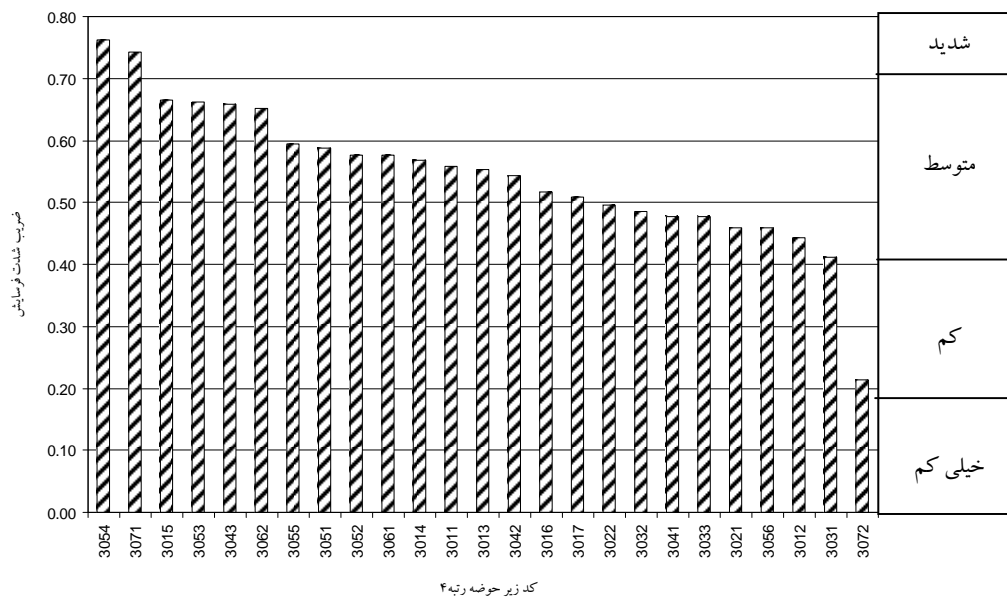
بر اساس جدول ۱ و شکل ۱، در زیر حوضه‌های رتبه ۴، بیشترین ضریب شدت فرسایش، به علت بالا بودن مقادیر ضرایب استفاده از زمین و حساسیت سنگ و خاک به ترتیب مربوط به زیر حوضه‌های هریس‌چای، درود و شهرچای می‌باشد. زیر حوضه شندآباد علیرغم بالا بودن حساسیت سنگ و خاک به علت پایین بودن ضریب استفاده از زمین ( $Xa$ ) کمترین میزان شدت فرسایش را دارا می باشد.

### فرسایش ویژه ( $Wsp$ )

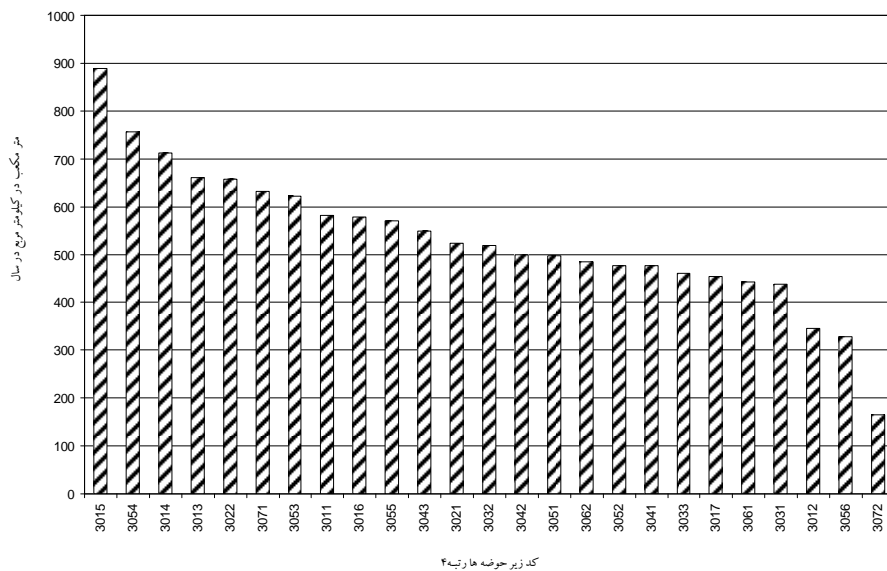
بر اساس جدول ۱ و شکل ۲ بیشترین میزان فرسایش ویژه در زیر حوضه‌های رتبه ۴، مربوط به زیر حوضه‌های شهرچای و هریس‌چای است که به ترتیب  $۸۸۸/۷۱$  و  $۷۵۵/۳۱$  متر مکعب در کیلومتر مربع در سال رسوب تولید می‌کنند.

### رسوب دهی ویژه ( $Gsp$ )

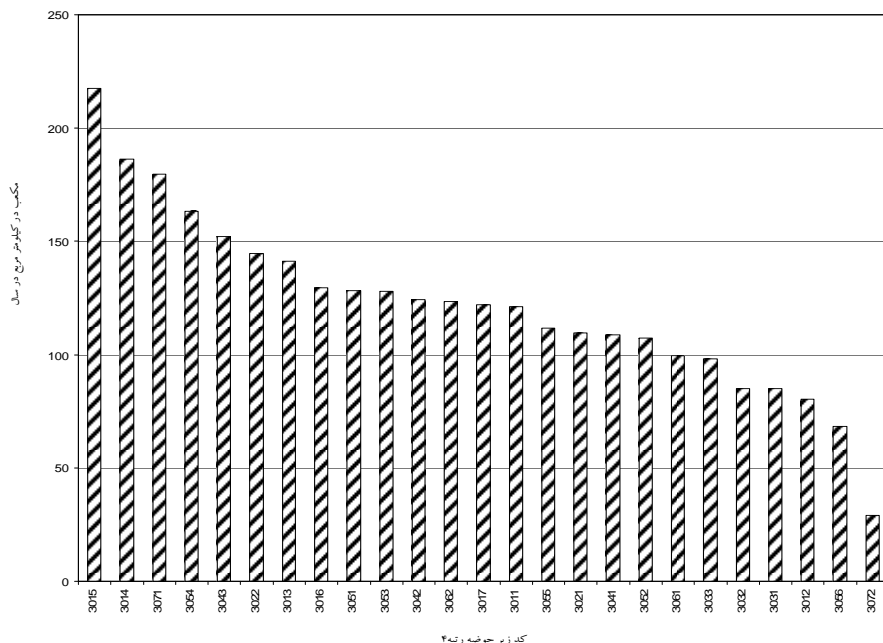
مطابق جدول ۱ و شکل ۳ در زیر حوضه‌های رتبه ۴، زیر حوضه‌های شهرچای و روضه‌چای نسبت به سایر زیر حوضه‌ها، از رسوب‌دهی ویژه بیشتری برخوردار می‌باشد.



شکل ۲- تغییرات ضریب شدت فرسایش زیر حوضه های رتبه ۴ حوزه آبخیز دریاچه ارومیه



شکل ۳- تغییرات فرسایش ویژه در زیر حوضه های رتبه ۴ حوزه آبخیز دریاچه ارومیه



شکل ۴- تغییرات رسوب‌دهی ویژه در زیر حوضه های رتبه ۴ حوزه آبخیز دریاچه ارومیه

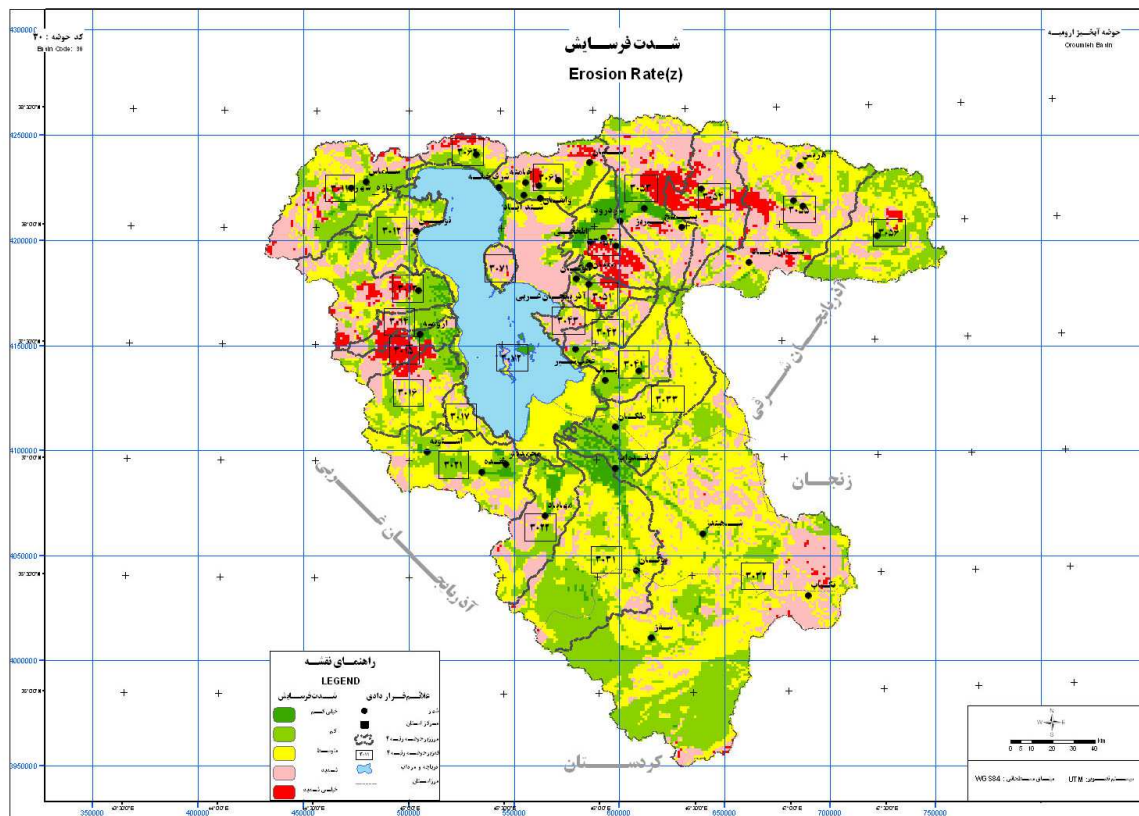
در جدول ۱ نتایج محاسبات برآورد مقادیر فرسایش و تولید رسوب برای تعدادی از زیرحوضه‌های دریاچه ارومیه ارائه شده است. در نهایت با تلفیق داده های بدست آمده نقشه شدت فرسایش در حوزه آبخیز دریاچه ارومیه تهیه شد (شکل ۴). براساس نتایج مندرج در جدول ۱ ملاحظه می‌شود ضریب شدت فرسایش در محدوده حوضه آبخیز دریاچه ارومیه برابر ۰/۴۸ است که محاسبات بعدی به میانگین فرسایش ۴۸۵/۹ و تولید رسوب ۶۴/۶۷ مترمکعب در کیلومتر مربع در سال منتهی می‌شود.

### نتیجه گیری

در زیر حوضه های رتبه ۴، بیشترین ضریب شدت فرسایش، به علت بالا بودن مقادیر ضرایب استفاده از زمین و حساسیت سنگ و خاک به ترتیب مربوط به زیر حوضه های هریس‌چای، شندآباد و شهرچای است. زیر حوضه بناب‌چای علیرغم بالا بودن حساسیت سنگ و خاک به علت پایین بودن ضریب استفاده از زمین (Xa) کمترین میزان شدت فرسایش را دارا می‌باشد. بیشترین میزان فرسایش ویژه در زیر حوضه های رتبه ۴، مربوط به زیر حوضه های شهرچای و هریس‌چای است که به ترتیب ۸۸۸/۷۱ و ۷۵۵/۳۱ متر مکعب در کیلومتر مربع در سال رسوب تولید می‌کنند. فاکتور شیب متوسط در این دو حوضه موجب تولید بیشتر فرسایش ویژه شده است. زیر حوضه های شهرچای و روضه چای نسبت به سایر زیر حوضه ها، از رسوب دهی ویژه بیشتری برخوردار می‌باشد. پایین بودن ضریب نحویل رسوب در زیر حوضه هریس‌چای موجب شده که از نظر ترتیب برخلاف فرسایش ویژه، بعد از زیر حوضه روضه چای قرار گیرد.

جدول ۱- مقادیر فرسایش و رسوب در زیر حوضه های رتبه ۴ حوزه آبخیز دریاچه ارومیه

کد زیر حوضه	ضریب فرسایش مشاهده ای (Ψ)	ضریب استفاده از زمین (Xa)	ضریب حساسیت سنگ و خاک (Y)	ضریب شیب (%) (I)	ضریب شدت فرسایش (Z)	فرسایش ویژه (Wsp) (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> .yr)	ضریب تحویل رسوب (SDR)	رسوب دهی ویژه (Gsp) (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> .yr)
زولا	۰/۶۱	۰/۵۷	۰/۹۸	۰/۳۸	۰/۵۶	۵۸۱/۵۸	۲۰/۸۱	۱۲۱/۰۸
نوشین چای	۰/۶۳	۰/۵۷	۰/۷۹	۰/۳۹	۰/۴۴	۳۴۵/۷۷	۲۳/۲۲	۸۰/۲۸
نازلو	۰/۶۰	۰/۵۵	۱/۰۴	۰/۳۷	۰/۵۵	۶۵۹/۹۸	۲۱/۴۱	۱۴۱/۳۰
زولا	۰/۵۵	۰/۵۱	۱/۲۴	۰/۳۰	۰/۵۷	۷۱۱/۶۶	۲۶/۱۶	۱۸۶/۱۷
شهرچای	۰/۵۹	۰/۵۳	۱/۱۷	۰/۴۰	۰/۶۶	۸۸۸/۷۱	۲۴/۴۸	۲۱۷/۵۵
باراندوز	۰/۵۶	۰/۵۳	۱/۰۲	۰/۳۹	۰/۵۲	۵۷۸/۵۹	۲۲/۳۵	۱۲۹/۳۱
گذار	۰/۶۱	۰/۵۷	۰/۹۰	۰/۴۰	۰/۵۱	۴۵۴/۳۱	۲۶/۸۷	۱۲۲/۰۷
کل	۰/۵۴	۰/۵	۱/۰۶	۱۴/۰۲	۰/۴۸	۴۸۵/۹	۱۳/۳۱	۶۴/۶۷



شکل ۵- نقشه شدت فرسایش در حوزه آبخیز دریاچه ارومیه

## منابع

- بروشکه، ا.، ر. سکوتی اسکویی، م. عرب خداری و م. حبیبی. ۱۳۸۳. برآورد رسوبدهی سرشاخه‌ها با استفاده از اندازه‌گیری رسوب در سدهای کوچک: مطالعه موردی سرشاخه‌های منتخب آذربایجان غربی. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری. ۷۳ صفحه.
- پارسایی، ل.، ج. قدوسی، ح. عیسایی، ح. اعتراف، م. خواجه و س. فیض‌نیا. ۱۳۸۳. بررسی کارایی مدل‌های تجربی EPM و MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب آبخیزهای استان گلستان. مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان گلستان. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری. ۸۷ صفحه.
- راستگو س، ب قهرمان، ح ثنائی‌نژاد، ک داوری، س. ر. خداشناس. ۱۳۸۵. برآورد فرسایش و رسوب حوضه آبخیز تنگ‌کنشت با مدل‌های تجربی MPSIAC و EPM به کمک GIS، نشریه علوم آب و خاک جلد ۱۰، شماره ۱- ص ۹۱-۱۰۴.
- زنجان‌ی جم، م. ۱۳۷۵. بررسی مدل EPM در برآورد فرسایش حوضه سفیدرود. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران.
- کریمی راد، س ۱۳۸۳، بررسی و ارزیابی مدل EPM در برآورد میزان فرسایش و رسوب حوضه های مهران رود و آبشور آذربایجان شرقی، اولین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، دانشگاه کرمان. صص ۲۵۴-۲۶۳.
- مرادی، م؛ د غنچه پور و پ رضایی، ۱۳۹۰، کاربرد GIS در برآورد فرسایش و رسوب با مدل های EPM و MPSIAC مطالعه موردی: سرشاخه سد شمیل، پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک کشور، کرمان، انجمن مهندسی آبیاری و آب ایران، هاشمی، ع و عرب خداری، م، ۱۳۸۵، مدل برآورد فرسایش و رسوبدهی EPM پشتیبان تکمیل طرحهای مدیریت منابع آب، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، لهنم ۱۳۸۵، اصفهان، ۷ ص.
- Emmanouloudis, D. A., O. P. Christou and E. Filippidis. 2003. Quantitative estimation of degradation in the Aliakmon river basin using GIS. In: De Boer, D., W. Froehlich, T. Mizuyama & A. Pietroniro (Eds.). Erosion prediction in Ungauged Basin: Integrating methods and Techniques. IAHS Publication. 279: 234-240.
- Gavrilovic, Z. 1988. The use of an empirical method (erosion potential method) for calculating sediment production and transportation in unstudied or torrential streams. Proceeding of international conference on River Regime. May 1988. Published by John Wiley and sons. Paper.12. p.411-422.
- Globevink, L., D. Holjevic, G. Petkovesk and J. Rubinic. 2003. Applicability of the Gavrilovic method in erosion calculation using spatial data manipulation techniques. In: De. Boer, D., Froehlich, W., Mizuyama, T., Pietroniro, A.(Eds.), Erosion prediction in Ungauged Basin: Integrating methods and Techniques. IAHS Publication, 279: 224- 233.





## Estimation of Erosion and Sediment in the Lake Basin drought conditions using an experimental model of EPM

**Reza Sokouti, E. Brooshkeh, A. J. Ardakani, J. Taheri, M. Jalali**

Soil Conservation and Watershed Management Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Urmia, Iran

### Abstract

For soil conservation, determining erosion control methods and reduce sediment deposition, it is required to assess total volume of annual sediment yield in the watershed. One of the experimental models used to estimate erosion and sediment yield in Iran is EPM model. Since this model has been designed on the outside of Iran, it is necessary to examine its efficacy in other regions. The main aim of this study is to estimate the erosion and sediment yield in the of Urmia Lake watershed using EPM model. The results showed that in the rank 4sub-basins, the high erosion rate is due to the high values of earth, rock and soil sensitivity coefficients. In some sub-basins despite of rock and soil high sensitivity, erosion rate is low due to low coefficient of land use (xa). The highest erosion rate is  $888.71\text{m}^3/\text{km}^2/\text{y}$ . The average slope is particularly effective on the high erosion rate. In some sub-basins, the low rates of sediment delivery ratio were caused by the less deposition.

Keywords: sediment, erosion, EPM, Urmia Lake.