اصلاح مدل‌های توزیع اندازه ذرات در رسوبات بندهای رسوب گیر

هانیه ببرنژاد زیارت[۱۲۹] ، علیاصغر ذوالفقاری [۲]، محمدرضا یزدانی [۲]، علی اصغر هاشمی [۳]، محمدکیا کیانیان [۴]
۱-دانشجوی کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی دانشگاه سمنان، ۲- استادیاران گروه بیابان‌زدایی دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان،۳- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان،۴- مربی گروه بیابان‌زدایی دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان

چکیده
برای توصیف دقیق توزیع اندازه ذرات خاک و رسوبات از مدل‌های توزیع اندازه ذرات استفاده می‌شود. افزایش یا کاهش تعداد پارامتر مدل‌ها بر توصیف توزیع اندازه ذرات تاثیر می‌گذارد. هدف از این مطالعه اصلاح پارامترهای ۵ مدل نرمال، تانژانت هایپربولیک، ONL، ویبول و گمپرتز می‌باشد. برای این منظور ۲۸ نمونه رسوب از پشت بندهای رسوبگیر جمع آوری و توزیع اندازه ذرات نمونه ها به روش هیدرومتری تعیین گردید. ۵ مدل توزیع اندازه ذرات بر داده‌های رسوبات برازش داده شدند. نتایج نشان داد دو پارامتر A, B مدل ویبول ضریب همبستگی بالا (r = ۹/۰) در نمونه‌های رسوب دارند. اصلاح این مدل براساس تابعی از، تنها دو پارامتر A, B برازش یکسانی (R۲=۹۹/۰) با معادله ویبول سه پارامتری داشت. نتایج مشابهی برای مدل ONL و تانژانت هایپربولیک بدست آمد. همچنین مدل چهار پارامتری گمپرتز در حالت اصلاح شده براساس تابعی با سه پارامتر برازش بهتر (R۲=۹۵/۰) و میزان ریشه میانگین مربعات خطا کمتری (RMSE =۰۵۷/۰) نسبت به مدل چهار پارامتری خود داشت.

واژه‌های کلیدی: اصلاح پارامتر، مدل‌های توزیع اندازه ذرات، بندهای رسوب‌گیر

مقدمه
بندهای رسوب‌گیر در مناطق مختلف دنیا و به خصوص در مناطق نیمه خشک که انجام عملیات بیولوژیکی کنترل فرسایش خاک به دلیل محدودیت‌های ناشی از آب قابل استفاده گیاهان به سختی امکانپذیر است، مورد استفاده قرار می‌گیرند Romero Diaz et al, (۲۰۱۲). از کارکردهای این بندها می‌توان به کاهش شیب موثرکانال در طول زمان اشاره کرد که این امر سبب افزایش ذخیره رطوبتی در رسوبات انباشته شده در پشت این بندها شده و با طی زمان امکان استقرارپوشش گیاهی و آغاز عملیات بیولوژیکی مبارزه با فرسایش را فراهم میآورد .(Bombino et al, ۲۰۱۲) با توجه به نقش بندهای رسوب‌گیر در به دام انداختن ذرات رسوب ، مطالعه رسوبات موجود در پشت این بندها از نظر ویژگی‌های توزیع اندازه ذرات دارای اهمیت به سزایی است، چرا که از یک طرف ذخیره رطوبتی در پشت این بندها تابعی از ویژگی‌های مرتب با توزیع اندازه ذرات رسوبات بوده و از سوی دیگر مطالعات متعدد در زمینه فرسایش خاک بیانگر این نکته است که اندازه های مختلف ذرات رسوب دارای ویژگی‌های شیمیایی متفاوتی بوده و از نظر آثار مربوط به آلایندگی و نیز تلفات عناصر غذایی بسیار متفاوت عمل می‌نمایند Romero-Diaz et al, (۲۰۱۲).

یکی از راه‌های توصیف توزیع اندازه رسوبات استفاده از پارامترها مدل‌ها توزیع اندازه ذرات خاك است. هریک از مدل‌های توصیف توزیع اندازه ذرات دو , سه و یا چند پارامتری هستند. مطالعات زیادی برای بررسی قابلیت مدل‌ها با توجه به تعداد پارامترهای مدل انجام گرفته است و ارتباط پارامترها با بسیاری از خصوصیات فیزیکی خاک بررسی شده است.

نتایج بیات و همکاران (۱۳۹۲) نشان دادند استفاده از پارامتر های فرکتالی[۱۳۰] توزیع اندازه ذرات خاك موجب بهبود تخمین رطوبت نگردید استفاده از پارامترهای فرکتالی توزیع اندازه خاك دانه‌های ریز موجب بهبود معنی‌دار تخمین رطوبت در مکش‌های مختلف گردید.

Hwang et.,al (۲۰۰۲) برازش نه مدل توزیع اندازه ذرات را روی خاکهای کشور کره مورد بررسی قرار داد. نتایج آنها نشان داد که مدل چهار پارامتری فردلاند [۱۳۱]و همکاران بهترین برازش را بر دادههای تجربی PSD داشتند. مدلهای لگاریتمی، نمایی و لگاریتمی -نمای برازشهای مشابه ولی ضعیفی داشتند. مدل ون‌گنوختن نیز درخاکهای دارای رس زیاد برازش ضعیفی داشت. بنابراین نباید از آن خاکهای دارای رس بیشتر از ۵۰ درصد برای توصیف PSD استفاده کرد.

۱۲۹
۱۳۰ ۱-Fractal
۱۳۱ - Fredlund

نتایج بدست آمده توسط ذوالفقاری و همکاران (۱۳۹۳) نشان داد براساس آماره (R^2)[۱۳۲] مدل چهار پارامتری فردلاند بهترین برازش را در خاکهای مطالعه شده دارد و بعد از آن مدلهای ORL[۱۳۳] و ONL [۱۳۴] به ترتیب بهترین برازش را نشان دادند. متوسط R^2 مدل چهارپارامتری گمپرتز[۱۳۵] به نسبت مدلهایی با تعداد پارامتر کمتر، از قبیل مدل ORLو ONL ، کوچکتر بود. به نظر میرسد با ریز شدن بافت خاک توزیع جرم- اندازه درات خاک به الگوی لاگ- نرمال نزدیک میشود و برعکس در خاکهای درشت بافت این الگو به توزیع نرمال نزدیکتر است.

بر پایه بررسی منابع انجام شده بیشتر تحقیقات ، اهمیت تعداد پارامتر های مدل و ارتباط پارامترها با خصوصیات خاک مورد بررسی قرارگرفته است. تعداد پارامتر بیشتر مدل ها اگرچه ممکن است در برخی از موارد سبب بهبود دقت مدل ها شود اما برقراری ارتباط بین پارامترهای مدل ها و برخی از خصوصیات فیزیکی خاک در مدل هایی که تعداد پارامتر آنها بیشتر است مشکل تر می باشد. این در صورتی است که مطالعات اندکی درارتباط با اصلاح تعداد پارامترهای مدل‌های PSD انجام شده است. لذا هدف از مطالعه حاضر اصلاح و بررسی ارتباط پارامترهای برخی از مدل‌های توزیع اندازه ذرات، رسوبات موجود در بندهای رسوبگیر می‌باشد.

مواد و روش ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در منطقه فولاد محله درطول "۱۴ ′۳۲ ۵۳،و عرض جغرافیایی "۱۷ ′۵۷ ۳۵،که در قسمت شمالی شهرستان سمنان قرار دارد، انجام شد. میانگین دمای سالانه ۹ درجه سانتیگراد و بارندگی منطقه مورد مطالعه ۲۷۰ میلیمتر میباشد که این منطقه براساس طبقه بندی دومارتن دارای اقلیم خشک و سرد میباشد.

توزیع اندازه ذرات رسوبات

توزیع اندازه ذرات ۲۸ نمونه رسوب به روش Gee and Bauder (۱۹۸۶) تعیین شدند. به این منظور رسوبات هوا خشك نرم شده، از غربال دو میلیمتری عبور داده شدند. سپس ۵۰ گرم از هر یك از این نمونهها با محلول پراکنش (هگزامتافسفات سدیم ۵%) تیمار شدند .برای به دست آوردن اجزای دانههای سیلت و رس از روش هیدرومتری بهرهگیری شد. و قرائتهای هیدرومتر در زمانهای ۴۰ ثانیه، ۱، ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ دقیقه و ۱، ۲، ۴، ۶، ۸، ۲۴ ساعت انجام شد. دادههای جرم در قرائتهای هیدرومتر به صورت درصد تجمعی جرم ذرات کوچکتر از یك اندازه معین به دست آمدند .پس از انجام قرائتهای هیدرومتر برای جداسازی دانههای شن از رس و سیلت آنچه درون سیلندر بود روی الك ۵۳ میکرون ریخته شد. نمونههای باقیمانده بر روی الك، پس از خشك شدن، روی سری غربالهای ۱۸/۱، ۶/۰، ۲۵/۰، ۷۵/۰ میلی متر قرار گرفتند تا جرم این ذرات در هر یك از بخشهای اندازهای مذکور به طور جداگانه به دست آید. سپس مدل‌های معرفی شده در جدول (۱) بر داده‌های توزیع اندازه رسوبات برازش داده شدند و پارامترهای هریک از مدل‌ها اولیه (جدول ۱) و مدل‌های اصلاح شده (جدول ۲) در نرم افزار متلب بدست آمدند. پس از تعیین پارامترهای مدل‌ها ارتباط بین پارامترهای هر مدل تعیین شد، سپس معادلات رگرسیونی بین پارامترهایی از مدل‌ها که دارای ارتباط قوتری بودند برقرار شد. در نهایت در معادله مدل ها به جای یکی از پارامترها معادله رگرسیونی که توصیف کننده آن پارامتر بود، استفاده شد. این عامل سبب شد که تعداد پارامتر مدل‌های مورد مطالعه کاهش یابد. مدل‌های اصلاح شده توزیع اندازه ذرات رسوبات که دارای پارامتر کمتری بودند بر توزیع اندازه ذرات رسوبات برازش داده شد و مقادیر RMSE و ضریب تبیین آنها با مدل‌هایی با تعداد پارامتر بیشتر مقایسه شد.

جدول ۱ - مدل های توزیع اندازه ذرات رسوبات مورد استفاده در این مطالعه

نام مدل	رابطه (مدل های اولیه)	پارامترها
نرمال	$F(d) = (1 + \mathrm{erf}[\frac{d-\mu}{\sigma\sqrt{2}}]/2$	μ, σ
تانژانت هایپربولیک	$\frac{p}{100} = (0.5)[1 + \tanh\left(\frac{d-A}{c}\right)]$	A, c

[۱۳۲] - Coefficient of Determination
[۱۳۳]- Offset-renormalized log-normal model
[۱۳۴]- Offset-non renormalized log-normal model
[۱۳۵] - Gompertz

ONL	$F(d) = 1 + \text{erf}[\frac{\log(d) - N}{\sigma\sqrt{2}}])/2) + c$	σ, μ, c
ویبول	F(d)=A-exp(-(x/B)^a)	A, B, a
گمپرتز	$F(d) = a + \gamma exp\{-\exp[-c[d-\mu]\}$	, , c,

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که پارامترهای مدل‌های نرمال، تانژانت هایپربولیک، پارامترهای (C,) مدل ONL، پارامترهای (A, B) مدل ویبـول و پارامترهای (,) مدل گمپرتز ضریب همبستگی بالایی را با یکدیگر دارند و می‌توان ارتباط بین ایـن پارامترهـا را بـا اسـتفاده از روابـط ریاضی توصیف کرد. مقادیر عددی ضرایب همبستگی و معادلات رگرسیونی حاکم بیـن ایـن پارامترهـا در جـدول ۲ نشـان داده شـده است. در این مطالعه با استفاده از روابط رگرسیونی جـدول (۲) هـر یـک از مـدل هـای توزیـع انـدازه رسـوبات بـا تعـداد پـارامتر کمـتر بازنویسی شدند جدول (۲).

جدول ۲- ضریب همبستگی و معادله خط مدل های اصلاح شده توزیع اندازه ذرات رسوبات

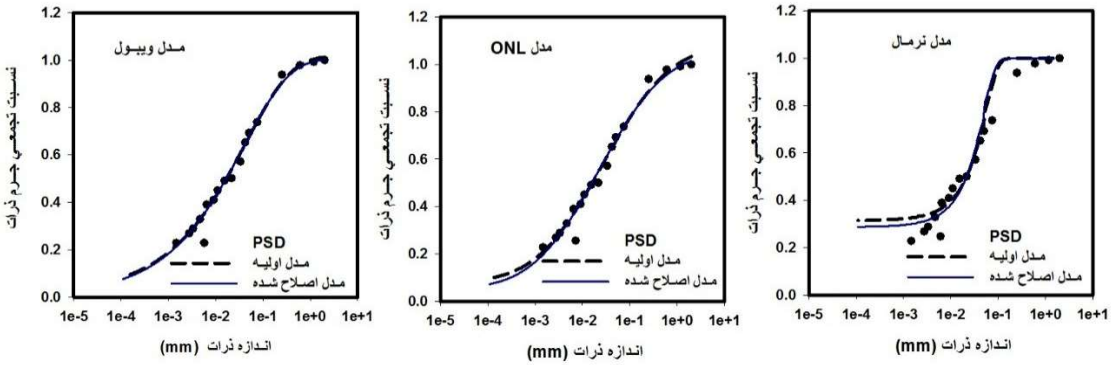
نام مدل	پارامترها	ضریب همبستگی(r)	معادله خط (مدل های اصلاح شده)
نرمال	μ, σ	۹/۰	σ= ۱.۰۹۰۹μ+۰.۰۱۷۷
تانژانت هایپربولیک	a,c	۹/۰	c= ۱.۳۸۷۷a+۰.۰۱۹۲
ONL	σ, μ, c	C, μ = ۹/۰	mu= ۲۰.۹۱C- ۴.۹۳۴۲
ویبول	A, B, a	A, B= ۸/۰	B= ۰.۰۳۴۶A^۲۵.۶۴۵
گمپرتز	α, , c,	, = -۰/۹	= -۰.۵۷۰۲ + ۰.۵۵۶۲

نتایج نشان داد که مدل ویبول با تعداد ۳ پارامتر بهترین مدل در توصیف توزیع انـدازه ذرات رسـوبات مـی باشـد. و پـس از آن مـدل ONL بیشترین دقت را در توصیف توزیع اندازه ذرات رسوبات دارد. نتایج حاصـل از بـرازش مـدل ها ی اصـلاح شـده بـر توزیـع انـدازه رسوبات نشان داد که متوسط R^2 در سه مدل تانژانت هایپربولیک، ONL و ویبول نغییری نداشت. همچنین نـتیجه بـرازش بـرای مـدل نرمال یک درصد تغییر R^2 را نشان داد. و مدل گمپرتز دو درصد بهبود برازش را نشان داد جدول (۳).

جدول ۳- متوسط R^2 و RMSE مدل های برازشی بر معادله های (۱) و (۲)

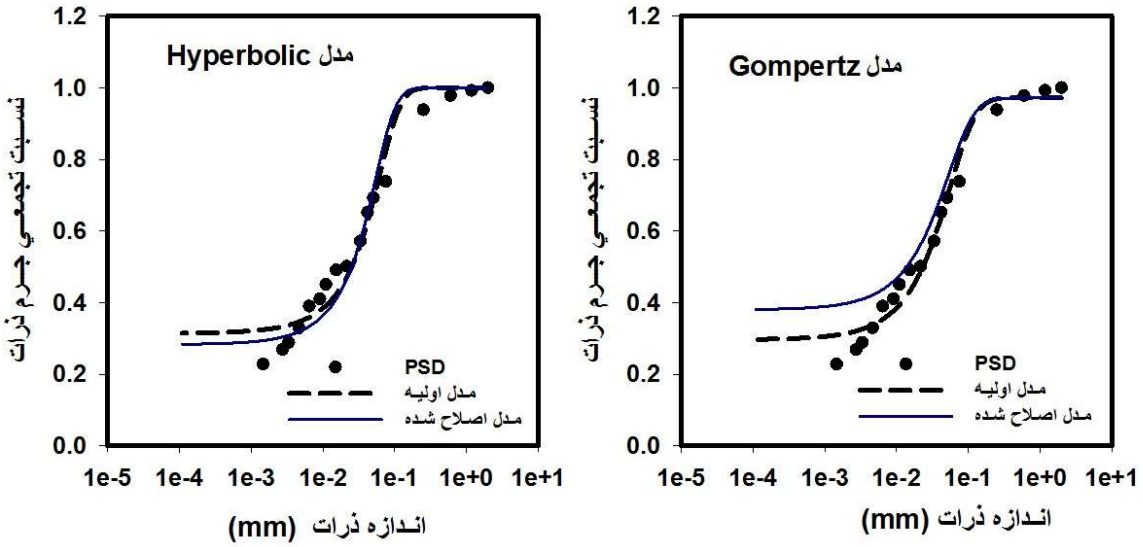
نام مدل	متوسط R^2 در مدل‌های اولیه	متوسط R^2 در مدل های اصلاح شده	متوسط RMSEدر مدل‌های اولیه	متوسط RMSE در مدل‌های اصلاح شده
نرمال	۹۴/۰	۹۳/۰	۰۶۲/۰	۰۷۰/۰
تانژانت هاپربولیک	۹۴/۰	۹۴/۰	۰۶۱/۰	۰۶۳/۰
ONL	۹۸/۰	۹۸/۰	۰۵۷/۰	۰۲۶/۰
ویبول	۹۹/۰	۹۹/۰	۰۲۳/۰	۰۲۵/۰
گمپرتز	۹۳/۰	۹۵/۰	۰۶۰/۰	۰۵۷/۰

نتایج برازش مدل های اولیه و اصلاح شده بر توزیع اندازه ذرات رسوبات در بندهای رسوبگیر نشان داد که مدل اولیـه ویبـول (سـه پارامتری) و مدل اصلاح شده آن (دو پارامتر) برازش کاملا یکسان و بالایی بر توزیع اندازه ذرات رسوبات داشت. نتایج بدست آمـده از مدل ONL نشان داد متوسط R۲ برای هردو مدل اولیه و اصلاح شده یکسـان، و مقـدار ریشـه میـانگین مربعـات خطـا (RMSE) در مـدل اولیه برابر با ۰۵۷/۰ و درمدل اصلاح شده میزان خطا برای برازش بر توزیع اندازه ذرات به ۰۲۶/۰ کاهش پیدا کرده است. این نتیجه نشان داد مدل ONL اصلاح شده برازش بهتری بر داده‌های رسوبات دارد. همچنین مدل نرمال اصلاح شده متوسط R۲ کمـتر و RMSE بیشتری را نسبت به مدل اولیه خود نشان داد. (شکل ۱)



شکل ۱- برازش مدل‌های اولیه و اصلاح شده بر توزیع اندازه ذرات رسوبات در بندهای رسوبگیر

نتایج نشان داد مدل اصلاح شده هایپربولیک در برازش خود (R^2= ۹۴/۰) با داشتن یک پارامتر نیز نتایج یکسانی را با مدل دوپارامتری خود برای بیان توزیع اندازه رسوبات داشت. به طوری‌که تغییر میزان ریشه میانگین مربعات خطا کم و قابل چشم پوشی بود. مدل چهار پارامتری گمپرتز درحالت اصلاح شده (داشتن سه پارامتر)، نسبت مدل اولیه (چهار پارامتر) خود برازش بهتری داشت. و میزان R^2 از ۹۳/۰ به ۹۵/۰ افزایش پیدا کرد. همچنین این مدل ریشه میانگین مربعات خطا کمتری برای توصیف توزیع اندازه ذرات در حالت اصلاح شده داشت (شکل ۲).



شکل۲- برازش مدل‌های اولیه و اصلاح شده بر توزیع اندازه ذرات رسوبات در بندهای رسوب‌گیر

نتیجه گیری کلی

با توجه به اینکه تعداد پارامترهای هر مدل برای تخمین ویژگی های رسوبات و خاک‌ها مهم است. داشتن پارامتر کمتر و برازش بهتر برای توصیف توزیع ذرات مهم و قابل توجه است. با توجه به همبستگی بالای بین پارامترهای و تغییر نکردن قابلیت برازش پس از کم شدن پارامتر هر مدل معرفی شده، می‌توان اظهار کرد اصلاح تعداد پارامترها و یا کم شدن آنها برای مدل‌های ویبول، ONL، نرمال، تانژانت هایپربولیک و گمپرتز امکان پذیر می‌باشد.

منابع

ذوالفقاری، ع.ا، تیرگرسلطانی، م.ت، یزدانی، م.ر و سلیمانی، ا. ۱۳۹۳. ارزیابی کارایی مدل ها در توصیف نحوه توزیع اندازه ذرات خاک، تحقیقات آب وخاک ایران، ۴۵(۲). ۲۰۹-۱۹۹.

Bombino. G., V. Tamburino and S.M. Zimbone. ۲۰۰۶. Assessment of the effects of check-dams on riparian vegetation in the Mediterranean environment: A methodological approach and example application. Ecological Engineering, ۲۷(۲): ۱۳۴-۱۴۴.

Gee, G.W and J.W. Bauder. ۱۹۸۶. Particle-size Analysis. In A. Klute (ed): Methods of soil analysis, Part ۱, Physical and Mineralogical Methods. Madison, Wis., ۳۹۳-۳۹۴.

Hwang, S. I., Kwang, P. L., Dong, S. L., and Powers,S. E. (۲۰۰۲). Models for estimating soil particlesize distributions. Soil Science Society of America Journal, ۶۶. ۱۱۴۳-۱۱۵.

Romero-Diaz. A., P. Marin-Sanleandro and R. Ortiz-Silla. ۲۰۱۲. Loss of soil fertility estimate from sediment trapped in check dams. South-eastern Spain. Catena, ۹۹: ۴۲-۵۳.

Abstract

Particle size distribution models are used for providing a detailed description of soil and sediment particle size distribution. Increase or decrease in the number of model's parameters affects the description of soil and sediment particle size distribution. The purpose of this study is to modify the parameters of Normal, Hyperbolic Tangent, ONL, Weibull, and Gompertz models. For this purpose, ۲۸ sediment samples from behind check dams trapped are collected and Hydrometric model has been used to determine their particle size destitution. All five particle size distribution models were fitted on sediment data. The results showed a high correlation coefficient in the sediment samples (r=۰.۹) for two parameters A and B in Weibull model. Modification of this model based on a function of only two parameters A and B, had a similar fit (R۲=۰.۹۵) with three-parameter Weibull model. The similar results were obtained for ONL and Hyperbolic Tangent models. Also, the modified four-parameter Gompertz model based on a function with three parameters had a better fit (R۲=۰.۹۵) and a similar Root Mean Square Error (RMSE=۰.۰۵۷) comparing to original four-parameter model.