

تئوری و آموزش گام به گام واسنجی

و تحلیل عدم قطعیت مدل SWAT

۱۵۰۹۷۸۹

د'بف

دکتر محسن پوررضا ییلندی هیئت علمی دانشگاه بیرجند

دکتر علی اصغر بسالت پور عضو هیئت علمی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

مهندس زهرا زراعتکار دانشجوی دکتری مهندسی منابع آبر، دانشگاه بیرجند



NAGHOOS
PUBLICATION

سرشناسه
عنوان و نام بنیادآور

متخصص نشر

متخصص فناوری

شابک

وضعیت فهرست نویسی

یادداشت

موضوع

موضوع

موضوع

شماره افزود

شماره افزوده

رده بندی کلاسیک

رده بندی دیویی

شماره کتابشناسی ملی

پوررضا بیلندی، محسن، ۱۳۶۲ -

تئوری و آموزش گام به گام واسنجی و تحلیل عدم قطعیت مدل SWAT / تألیف محسن پوررضا بیلندی، علی اصغر بسالت پور، زهرا زراعتکار

تهران : ناخوس، ۱۳۹۶

۱۸۴ ص: مصور

978-964-377-997-9

قیما

کتابنامه: ص: ۱۷۹

Watershed management -- Computer simulation، شبیه سازی کامپیوتری،

عدم قطعیت اندازه گیری (آمار)، (Measurement uncertainty Statistics)

Watershed management -- Software، نرم افزار،

بسالت پور، علی اصغر، ۱۳۶۱ -

زراعتکار، زهرا، ۱۳۶۶ -

۱۳۹۶ پ ۹/۹/۹ TC۴۰۹

۶۲۷

۴۷۱۳۸۲



NAGHOOS
PUBLICATION

باز خرید Online به آدرس زیر مراجعه کنید:

www.naghoospress.ir

انتشارات ناقوس

چاپ اول

تئوری و آموزش گام به گام واسنجی و تحلیل عدم قطعیت

نام کتاب

مدل SWAT

S.M.S : ۳۰۰۰۴۵۲۳۲۳

انتشارات ناقوس

ناشر

«در توبت چاپ اول از دستگاه دیجیتال

استفاده شده است.»

کتاب برای ناشر محفوظ است. تکثیر
تألیف یا عین از این اثر به صورت
حقوقی یا چاپ مجدد، چاپ اقتست، پلی
کپی، فتوکپی و انواع دیگر چاپ ممنوع
است و پیگرد قانونی دارد.

محسن پوررضا بیلندی
علی اصغر بسالت پور - زهرا زراعتکار
۱۳۹۶ :
۵۰۰ جلد
نارنجستان
یاسمن تجملی محدث
زهرا عزیزی
۱۵۰۰۰۰ ریال
۹۷۸ - ۹۶۴ - ۳۷۷ - ۹۹۷ - ۹ :
978-964-377-997-9 :

مؤلفان

چاپ اول

تیراژ

چاپ و صحافی

ناظر چاپ

سرپرست صفحه آرا

قیمت همراه با CD

شابک

ISBN

مرکز پخش: انتشارات ناقوس

۱- خیابان انقلاب- خیابان ۱۲ فروردین- بین وحید نظری و روانمهر- بن بست حقیقت- پلاک ۴

تلفن و فاکس: ۶۶۴۷۸۹۵۸-۶۶۴۷۸۹۵۷

۲- کتابفروشی الباس: خیابان انقلاب، نبش ۱۲ فروردین تلفن: ۶۶۴۰۵۰۸۴

۳- کتابفروشی گلریزان: ضلع جنوب شرقی میدان انقلاب، پلاک ۱۱ تلفن: ۶۶۹۷۶۲۳۰

۱۵-۹۷۸۹

پیشگفتار

امروزه در بسیاری از نقاط دنیا به سبب نبود امکانات کافی و نیز کمبود اطلاعات و آمار در زمینه مباحث هیدرولوژی، فرسایش و رسوب، از فناوری‌ها و ابزارهای شبیه‌سازی همانند مدل‌ها استفاده می‌شود. نکته مورد اندیشه در این‌جا، بررسی عدم قطعیت مساله بهینه شده (مدل واسنجی شده) با کمک ویژگی‌های تصمیم (پارامترهای مدل) می‌باشد که در بسیاری موارد، به سبب آشنا نبودن کارشناسان، متخصصین و دانشجویان با این ابزارها و روش‌ها، از نگاه به دور مانده است. از دگرسوی، منابع فیزی بدون و مشخصی که کاربران بتوانند با مراجعه به آن‌ها، مفاهیم عدم قطعیت را به خوبی درک نموده و از آن‌ها در حوزه‌های مورد نظر خود به خوبی بهره‌مند شوند، بسیار اندک می‌باشند. براین بود منابع قابل دسترس و مناسب در این راستا، ما را بر آن داشت تا کتابی علمی - کاربردی با عنوان «نشتاری کاملاً ساده و قابل درک در اختیار پژوهشگران، دانشجویان، تصمیم‌سازان در عرصه‌های مدیریت حوضه‌های آبریز و علاقمندان قرار دهیم.

کتاب موجود، کوشش دارد تا علاوه بر معرفی مفاهیم و تئوری روش‌های بررسی عدم قطعیت پارامترهای مدل‌های شبیه‌سازی، کاربرد این روش را برای بهینه‌سازی و اعتبارسنجی نتایج مدل پرکاربرد (SWAT) Soil and Water Assessment Tool (قابل استفاده برای دانشجویان رشته‌های مهندسی علوم آب، مهندسی عمران (منابع آب)، علوم خاک، آبخیزداری، محیط زیست و مرتع‌داری) ارائه نماید. در واقع این نوشتار، مشتمل بر ۸ فصل گوناگون است که در دو فصل نخست آن، تئوری روش‌های بهینه‌سازی و اعتبارسنجی معرفی شده است. عمده مطالب این دو بخش مستخرج از کتاب‌ها و مقالاتی می‌باشد که طی سال‌های اخیر در مجلات معتبر دنیا به چاپ رسیده است، ضمن آنکه درصد قابل توجهی از آن‌ها نیز دست‌نوشته نویسندگان کتاب حاضر می‌باشد. در فصل‌های بعدی نیز، با توجه به کاربرد گسترده مدل SWAT و در عین حال پیچیدگی‌های مراحل واسنجی و تحلیل عدم قطعیت نتایج آن، چگونگی استفاده از ابزار

SWAT-CUP به صورت گام به گام و گرافیکی با بیان یک مثال از حوضه های آبریز کشور ارائه گردیده است.

لازم به ذکر است که کتاب حاضر در ادامه نگارش کتاب پیشین نویسنده دوم با عنوان "تئوری و آموزش گام به گام ساخت و اجرای مدل SWAT" (نوشته دکتر بسالت پور و مهندس حسین زاده) به رشته تحریر در آمده است تا خوانندگان محترم پس از مطالعه کتاب مذکور، بتوانند مراحل واسنجی، آنالیز حساسیت و تحلیل عدم قطعیت نتایج را با استفاده از این نوشتار به انجام رسانند.

در پایان ضمن سپاس گذاری از خوانندگان گرامی، صمیمانه خواستاریم که انتقادهای، پیشنهادها و نظریات سازنده خویش را به منظور ارتقاء کیفیت این نوشتار و رفع نقایص و کاستی های آن و نیز هر چه بهتر و کاربردی شدن این کتاب برای نگارندگان ارسال نمایند تا در ویرایش های بعدی مورد توجه و استفاده قرار گیرند. همچنین نویسندگان بر خود لازم می دانند تا به پاس الطاف دانشمند ارجمند جناب آقای دکتر کریم عباسپور استاد موسسه زیست محیطی EAWAG (توسعه دهنده ابزار SWAT-CUP) در کمپانی ویسل که امکان استفاده از تجارب ارزشمند خود را طی فرصت مطالعاتی دوره دکتری نویسنده گام اول و دوم این نوشتار عطا نمودند، صمیمانه ترین قدردانی ها را داشته باشند.

محسن پوررضا بیلندی - علی سعید بسالت پور - زهرا ذراعتکار

mohsen.pourrezazadeh@irjand.ac.ir

a.besalatpour@vru.ac.ir

rahab84.wre@gmail.com

فهرست مطالب

فصل نخست: مقدمه و کلیات

- ۱-۱: آشنایی با مفاهیم اولیه مدل سازی و تقسیم بندی مدل های هیدرولوژیکی ۱۴
- ۲-۱: تقسیم بندی مدل های بارش-رواناب ۱۳
- ۳-۱: تحلیل حساسیت ۱۶
- ۴-۱: واسنجی ۱۶
- ۵-۱: صحت سنجی ۱۶
- ۶-۱: تحلیل عدم قطعیت ۱۷

فصل دوم: ارزیابی الگوریتم های تحلیلی عدم قطعیت مورد استفاده در نرم افزار SWAT-CUP

- ۱-۲: مفهوم عدم قطعیت ۲۰
- ۲-۲: منابع عدم قطعیت و خطا ۲۰
- ۳-۲: طبقه بندی روش های تجزیه و تحلیل عدم اطمینان ۲۲
- ۴-۲: واسنجی و اصل همپایانی نتایج (Equifinality) ۲۵
- ۵-۲: روش های تخمین عدم قطعیت پارامتر ۲۶
- ۵-۲-۱: روش های مبتنی بر مونت کارلو (MC) ۲۷
- ۵-۲-۱-۱: نمونه گیری LHS ۲۷
- ۵-۲-۱-۲: روش تخمین عدم قطعیت بر اساس درستنمایی تعمیم یافته GLUE ۲۸
- ۵-۲-۳: روش SUFI2 ۳۲
- ۵-۲-۲: روش های مبتنی بر زنجیر مارکوف مونت کارلو (MCMC) ۳۶
- ۵-۲-۱-۲: مقدمه و کلیات زنجیر مارکوف ۳۶
- ۵-۲-۲: روش های نمونه گیری MCMC ۳۷

۳۸	 نمونه‌گیری متروپولیس	۱-۲-۲-۵-۲
۳۸	 (Gibbs Sampling) گیبس	۲-۲-۲-۵-۲
۳۸	 روش SCSEM-UA	۳-۲-۲-۵-۲
۴۳	 روش DREAM	۴-۲-۲-۵-۲
۵۰	 روش‌های عدم قطعیت مبتنی بر بهینه‌سازی فراکاوشی	۶-۲
۵۱	 الگوریتم SCE	۱-۶-۲
۵۲	 تکنیک استفاده از آماره مربع کای	۱-۱-۶-۲
۵۲	 تکنیک استفاده از روش بیزین	۲-۱-۶-۲
۵۳	 PSO	۲-۶-۲
۵۳	 تاریخچه پیدایش الگوریتم PSO	۱-۲-۶-۲
۵۴	 الگوریتم PSO استاندارد	۲-۲-۶-۲
۵۷	 الگوریتم PSO، اساسی مدل بهترین همسایگی	۳-۲-۶-۲
۵۷	 الگوریتم PSO، آنالیز همسایگی II	۴-۲-۶-۲
۵۹	 استفاده از آشفنگ، در الگوریتم PSO	۵-۲-۶-۲
۶۰	 عدم قطعیت مدل‌های داده محور	۷-۲
۶۲	 همگرایی در روش‌های MCMC	۸-۲
۶۳	 معیار شناسایی زنجیر پرت	۹-۲
۶۳	 توابع درست‌نمایی	۱۰-۲
۶۴	 برخی از توابع درست‌نمایی پر کاربرد مورد استفاده در تحقیقات	۱-۱۰-۲
۶۴	 مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)	۱-۱-۱۰-۲
۶۵	 مجذور میانگین مربعات خطا نرمال شده (NRMSE)	۲-۱-۱۰-۲
۶۵	 خطای مطلق میانگین (MAE)	۳-۱-۱۰-۲
۶۶	 تابع درست‌نمایی گوسین	۴-۱-۱۰-۲
۶۶	 تابع کارایی مدل	۵-۱-۱۰-۲
۶۷	 تابع معکوس خطای واریانس	۶-۱-۱۰-۲
۶۷	 تابع درست‌نمایی ناش-سانکلیف	۷-۱-۱۰-۲
۶۸	 تابع (CM)	۸-۱-۱۰-۲

۶۹	۲-۱۰-۱-۹- مجموع مربعات خطای نرمال شده (NSSE)
۶۹	۲-۱۰-۱-۱۰- معیار توافق (IoA)
۷۰	۲-۱۰-۱-۱۱- میانگین خطای تجمعی (MCE)
۷۰	۲-۱۰-۱-۱۲- خطای مطلق نرمال شده (NAE)
۷۰	۲-۱۰-۱-۱۳- توابع نمایی
۷۱	۲-۱۰-۱-۱۴- معیارهای درست‌نمایی فازی
۷۲	۲-۱۰-۱-۱۴- تابع درست‌نمایی دوزنقه‌ای
۷۳	۲-۱۰-۱-۱۴- توابع ترکیبی
۷۵	۲-۱۱-۱- معیارهای ارزیابی
۷۵	۲-۱۱-۱- معیار P_{CI}
۷۵	۲-۱۱-۲- معیار ARI_{CI}
۷۵	۲-۱۱-۳- معیار NUE_{CI}

فصل سوم: نصب و فعال‌سازی نرم‌افزار SWAT-CUP و معرفی ابزارهای آن

۷۸	۳-۱- سیستم مورد نیاز برای نصب نرم‌افزار SWAT-CUP
۷۸	۳-۲- نصب نرم‌افزار SWAT-CUP

فصل چهارم: چگونگی ایجاد یک پروژه جدید در نرم‌افزار SWAT-CUP

۸۴	۴-۱- معرفی پوشه TxtInOut
۹۹	۴-۲- ایجاد یک پروژه جدید در نرم‌افزار SWAT-CUP
۱۰۵	۴-۳- معرفی بخش‌های گویانگون نوار ابزار نرم‌افزار SWAT-CUP

فصل پنجم: آغاز کار با نرم‌افزار SWAT-CUP برای واسنجی، اعتبارسنجی و آنالیز عدم

قطعیت نتایج مدل SWAT

۱۱۰	۵-۱- تعریف پارامترهای مدل
۱۱۱	۵-۱-۱- Par_inf.txt

۱۱۴	 تغییر پارامتر برای یک منطقه خاص	۱-۱-۱-۵
۱۱۵	 SUFI2_swEdit.def	۲-۱-۵
۱۱۶	 File.Cio	۳-۱-۵
۱۱۸	 Absolute_SWAT_Values.txt	۴-۱-۵
۱۱۸	 Observation	۵-۱-۵
۱۲۱	 Extraction	۶-۱-۵
۱۲۳	 Objective Functions	۷-۱-۵
۱۲۳	 تابع ضرب	۱-۷-۱-۵
۱۲۳	 تابع جمع وزندار	۲-۷-۱-۵
۱۲۳	 ضریب همبستگی R^2	۳-۷-۱-۵
۱۲۴	 Chi	۴-۷-۱-۵
۱۲۴	 ضریب ساسا کلف	۵-۷-۱-۵
۱۲۵	 Br^2	۶-۷-۱-۵
۱۲۵	 SSQR	۷-۷-۱-۵
۱۲۷	 اجرای مدل بدون داده مشاهداتی	۸-۱-۵
۱۲۷	 معرفی فایل‌های مورد نیاز در دیگر روش‌های تحلیل عدم قطعیت نرم افزار SWAT-CUP	۲-۵
۱۲۷	 روش GLUE	۱-۲-۵
۱۳۰	 روش PSO	۲-۲-۵
۱۳۰	 اجرای مدل با داده مشاهداتی	۳-۵
۱۳۲	 واسنجی و صحت‌سنجی مدل	۴-۵
۱۳۲	 واسنجی	۱-۴-۵
۱۳۵	 صحت‌سنجی مدل	۲-۴-۵

فصل ششم: تجزیه و تحلیل خروجی‌ها

۱۳۸	 خروجی‌های مرتبط با واسنجی مدل	۱-۶
۱۳۸	 95ppu.plot	۱-۱-۶
۱۳۸	 Dotty Plots	۲-۱-۶

۱۳۹	Best_Par.txt -۳-۱-۶
۱۴۰	Best_Sim.txt -۴-۱-۶
۱۴۱	Goal.txt -۵-۱-۶
۱۴۱	New_Pars.txt -۶-۱-۶
۱۴۳	Summary_Stat.txt -۷-۱-۶
۱۴۳	۲-۶ خروجی‌های مرتبط با تحلیل حساسیت پارامترهای مدل
۱۴۳	۱-۲-۶ تحلیل حساسیت جامع (Global Sensitivity)
۱۴۵	۲-۲-۶ تحلیل حساسیت یک پارامتر در یک زمان (One-at-a-time)
۱۴۵	۳-۶ نحوه اضافه نمودن شماتیک منطقه مورد مطالعه (Map)
۱۴۶	۴-۶ نحوه قراردادن مقادیر اولیه‌ها، بهترین مقادیر بدست آمده از آخرین تکرار

فصل هفتم: بخش خطای معمول و سؤالات رایج در SWAT-CUP

۱۴۸	۱-۷ خطاهای معمول در SWAT-CUP
۱۴۸	۱-۱-۷ خطای تعریف پارامتر
۱۴۸	۲-۱-۷ خطای واسنجی داده‌ها
۱۴۹	۳-۱-۷ توقف ناگهانی SWAT CUP با ویندوز 8.1
۱۴۹	۴-۱-۷ خطای توقف SUFI2_run.bat
۱۵۰	۵-۱-۷ خطای شماره ۶۵
۱۵۱	۶-۱-۷ خطای شماره ۷۲
۱۵۱	۷-۱-۷ تعریف بازه برای پارامتر REVAPMN
۱۵۲	۸-۱-۷ نمایش ندادن گراف تحلیل حساسیت یک پارامتر در یک زمان
۱۵۲	۹-۱-۷ خطای خروجی واسنجی در صورت شامل نشدن دوره Warm-Up
۱۵۳	۱۰-۱-۷ پیام خطا با SUFI2 POST.bat
۱۵۳	۱۱-۱-۷ خطای پارامترهای تحلیل حساسیت
۱۵۳	۱۲-۱-۷ Fatal error 73 Floating divide by zero خطای
۱۵۴	۱۳-۱-۷ خطای مدیریتی
۱۵۵	۱۴-۱-۷ مشکل اجرای SWAT-CUP PSO_post.bat

۱۵۵	۷-۱-۱۵- خطا در اجرای SWAT edit
۱۵۶	۷-۱-۱۶- کافی نبودن داده برای تحلیل حساسیت جامع (Global Sensitivity)
۱۵۶	۷-۱-۱۷- خطای r_SOL_Z(1).sol overflow
۱۵۷	۷-۱-۱۸- ادامه اجرا پس از تکرار اول
۱۵۷	۷-۲- سوالات رایج در SWAT-CUP
۱۵۷	۷-۱-۲-۱ یا SWAT-CUP در linux اجرا می‌شود؟
۱۵۸	۷-۲-۲- مشاهده اوج بالا گراف 95PPU
۱۵۸	۷-۲-۳- چگونه p-factor را افزایش دهیم؟
۱۵۹	۷-۲-۴- آیا می‌توان داده‌های مشاهداتی را با داده‌های شبیه‌سازی مورد مقایسه قرار داد؟
۱۵۹	۷-۲-۵- غیر فعال بودن فایل Observed_rch.txt
۱۵۹	۷-۲-۶- چرا SWAT-CUP فایل new_par.txt را بعد از تکرار موفق ایجاد نمی‌کند؟
۱۶۰	۷-۲-۷- خطا در فایل نت
۱۶۰	۷-۲-۸- چگونه می‌توان بهترین نتایج شبیه‌سازی و پارامترهای تنظیم‌شده را در پروژه SWAT به روزرسانی نمود؟
۱۶۰	۷-۲-۹- چگونه ET واسنجی شده را در SWAT-CUP بررسی نماییم؟
۱۶۱	۷-۲-۱۰- مشکل بازکردن یا ساخت پروژه جدید
۱۶۱	۷-۲-۱۱- اجرای مدل با استفاده از داده‌های بارندگی بدون داده‌های مشاهداتی
۱۶۲	۷-۲-۱۲- مشکل با تخمین بهترین شبیه‌سازی
۱۶۲	۷-۲-۱۳- واسنجی مناسب با استفاده از تغییر پارامتر

فصل هشتم: آموزش گام به گام ساخت و اجرای یک پروژه در نرم افزار SWAT-CUP

۱۶۸	۸-۱- ساخت یک پروژه جدید در SWAT-CUP
۱۷۱	۸-۲- چگونگی فراخوانی داده‌های ورودی مورد نیاز برای ساخت و اجرای مدل
۱۷۷	منابع