

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مدل WetSpa

(دستورالعمل و کاربرد)

تأليف:

فلوريموند دسمت و يانگبو ليو

ترجمه و تدوين:

دکتر آتنا کبير

دکتر عبدالرضا بهره‌مند

مهندس مريم آذين مهر

سرشناسه	: آتنا کبیر - عبد الرضا بهرهمند - مریم آذین مهر
عنوان و پدید آور	: مدل WetSpa (دستورالعمل و کاربرد) - کبیر، آتنا، مؤلف، ۱۳۵۹ - بهرهمند، عبدالرضا، مؤلف، ۱۳۵۱ - آذین مهر، مریم، مؤلف، ۱۳۶۲
مشخصات نشر	: ارسطو . مشهد
تعداد صفحات	: ۱۸۹ صفحه
موضوع	: آبخیزداری - مدیریت و سیستم‌ها - مطالعات زمین شناختی
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
شابک	: ۰ - ۶ - ۹۰۷۰۳ - ۹۶۴ - ۹۷۸
رده‌بندی دیویی	: ۳۸۵ / ص ۳۴
رده‌بندی کنگره	: ۵۶۸۷۵۶
کتابخانه ملی ایران	: ۳۲۴

نام کتاب	: مدل WetSpa (دستورالعمل و کاربرد)
مؤلفان	: آتنا کبیر - عبد الرضا بهرهمند - مریم آذین مهر
ناشر	: ارسطو (با همکاری سامانه اطلاع رسانی چاپ و نشر ایران)
تیراژ	: ۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ	: اول - ۱۳۹۲
چاپ	: مدیران
قیمت	: ۸۵۰۰ تومان
شابک	: ۰ - ۶ - ۹۰۷۰۳ - ۹۶۴ - ۹۷۸
تلفن مرکز پخش	: ۰۵۱۱ - ۵۰۹۶۱۴۶ - ۵۰۹۶۱۴۵

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
چکیده.....	ک
فصل اول : شرح مدل WetSpa.....	۱
۱ - ۱ - مقدمه.....	۳
۲ - ۱ - تاریخچه مدل.....	۳
۱ - ۲ - ۱ - WetSpa.....	۳
۲ - ۲ - ۱ - WetSpas.....	۴
۳ - ۲ - ۱ - مدل WetSpa.....	۶
۳ - ۱ - ساختار مدل.....	۷
۱ - ۳ - ۱ - اهداف مدل WetSpa.....	۷
۲ - ۳ - ۱ - ساختمان مدل.....	۷
۳ - ۳ - ۱ - فرضیات مدل.....	۹
۴ - ۳ - ۱ - محدودیت‌های مدل.....	۱۰
۴ - ۱ - آماده‌سازی داده‌ها.....	۱۲
۱ - ۴ - ۱ - اطلاعات رقومی.....	۱۳
۲ - ۴ - ۱ - آمار هیدرولوژیکی - هواشناسی.....	۱۵
فصل دوم : فرمولاسیون مدل WetSpa.....	۱۵
۱ - ۲ - مقدمه.....	۲۱
۲ - ۲ - بارش.....	۲۱
۳ - ۲ - ذخیره برگابی.....	۲۲
۴ - ۲ - ذوب برف.....	۲۵
۵ - ۲ - بارش مازاد و نفوذپذیری.....	۲۷
۶ - ۲ - ذخیره چالابی و جریان سطحی.....	۲۹
۱ - ۶ - ۲ - فرموله کردن ذخیره چالابی.....	۳۰
۲ - ۶ - ۲ - تعادل جرمی ذخیره چالابی.....	۳۱
۳ - ۶ - ۲ - فرموله کردن جریان سطحی.....	۳۲
۷ - ۲ - تعادل آب در زون ریشه.....	۳۳
۸ - ۲ - تبخیر و تعرق از خاک.....	۳۴
۱ - ۸ - ۲ - تبخیر و تعرق پتانسیل (PET).....	۳۴
۲ - ۸ - ۲ - تبخیر و تعرق واقعی.....	۳۷
۹ - ۲ - نفوذ عمقی و جریان زیرسطحی.....	۳۹
۱۰ - ۲ - ذخیره آب زیرزمینی و آب پایه.....	۴۲
۱۱ - ۲ - روندیابی جریان آبراهه و جریان سطحی.....	۴۴
۱ - ۱۱ - ۲ - پاسخ جریان در سطح سلول.....	۴۴
۱۰ - ۲ - ذخیره آب زیرزمینی و آب پایه.....	۴۲
۱۱ - ۲ - روندیابی جریان آبراهه و جریان سطحی.....	۴۴

۴۴	۲ - ۱۱ - ۱ - پاسخ جریان در سطح سلول.....
۴۶	۲ - ۱۱ - ۲ - پاسخ جریان در یک سطح از مسیر آن.....
۴۸	۲ - ۱۱ - ۳ - پاسخ جریان در کل حوزه.....
۴۹	۲ - ۱۲ - انتگرالسیون زیر حوزه‌ها.....
۵۰	۲ - ۱۳ - بیان آبی حوزه.....
۴۷	فصل سوم : تعیین پارامترها و ارزیابی مدل WetSpa.....
۵۵	۳ - ۱ - پارامترهای پیش فرض.....
۵۵	۳ - ۱ - ۱ - پارامترهای پیش فرض مشخص کننده کلاس‌های بافت خاک.....
۵۶	۳ - ۱ - ۲ - پارامترهای پیش فرض تعیین کننده کلاس‌های کاربری اراضی.....
۵۹	۳ - ۱ - ۳ - ضریب رواناب پتانسیل.....
۶۵	۳ - ۱ - ۴ - ظرفیت ذخیره چالابی.....
۶۸	۳ - ۲ - پارامترهای کلی یا گلوبال.....
۷۷	فصل چهارم : اجرای مدل WetSpa.....
۷۹	۴ - ۱ - نحوه نصب برنامه.....
۸۰	۴ - ۲ - شرح برنامه.....
۸۰	۴ - ۲ - ۱ - کدهای Avenue و عملکرد آنها.....
۸۱	۴ - ۲ - ۲ - جداول پیش فرض.....
۸۲	۴ - ۲ - ۳ - برنامه‌های فورترن و عملکرد آنها.....
۸۲	۴ - ۳ - فرآیند آماده‌سازی مقدمات از طریق GIS.....
۸۳	۴ - ۳ - ۱ - آماده‌سازی نقشه‌های شبکه‌ای سطح (منوی Surface).....
۸۸	۴ - ۳ - ۲ - آماده‌سازی نقشه‌های شبکه‌ای مربوط به خاک.....
۸۹	۴ - ۳ - ۳ - آماده‌سازی نقشه‌های شبکه‌ای مربوط به کلاس‌های کاربری زمین.....
۹۰	۴ - ۳ - ۴ - ضریب رواناب پتانسیل و ظرفیت ذخیره چالابی.....
۹۰	۴ - ۳ - ۵ - پارامترهای روندیابی جریان.....
۹۱	۴ - ۳ - ۶ - پلیگون تیسن.....
۹۳	۴ - ۳ - ۷ - سیستم نقشه‌های زهکشی در مورد عوارض زمینی پیچیده.....
۹۴	۴ - ۴ - ایجاد فایل‌های ورودی.....
۹۴	۴ - ۴ - ۱ - فایل ورودی سری‌های زمانی.....
۱۰۰	۴ - ۵ - واسنجی و اعتبارسنجی مدل.....
۱۰۰	۴ - ۵ - ۱ - فرایندهای واسنجی و اعتبارسنجی.....
۱۰۴	۴ - ۵ - ۲ - تطبیق پارامترها.....
۱۰۵	۴ - ۵ - ۳ - حساسیت پارامترها.....
۱۰۷	۴ - ۶ - خروجی مدل.....
۱۰۷	۴ - ۶ - ۱ - خروجی میانی.....

۱۱۳.....	۴ - ۶ - ۳ - پردازش نهایی خروجی‌های مدل.....
۱۱۷.....	فصل پنجم: مطالعه موردی (حوزه آبخیز گرگانرود).....
۱۱۹.....	۵ - ۱ - ویژگی‌های جغرافیایی حوزه آبخیز گرگانرود.....
۱۱۹.....	۵ - ۲ - ۱ - نتایج حاصل از آماده‌سازی نقشه‌های مقدماتی از طریق GIS.....
۱۲۲.....	۵ - ۲ - ۱ - ۱ - تهیه نقشه‌های پارامترهای مکانی مربوط به توپوگرافی.....
۱۳۳.....	۵ - ۲ - ۱ - ۳ - تهیه نقشه پارامترهای مکانی مربوط به کاربری.....
۱۳۷.....	۵ - ۲ - ۱ - ۴ - تهیه لایه‌های ضریب رواناب پتانسیل و ظرفیت ذخیره چالایی.....
۱۳۸.....	۵ - ۲ - ۱ - ۵ - تهیه لایه‌های مرتبط با پارامترهای روندیابی جریان.....
۱۴۰.....	۵ - ۲ - ۱ - ۶ - تهیه لایه‌های مربوط به پلیگون‌های تیسن.....
۱۴۲.....	۵ - ۲ - ۲ - انتخاب دوره آماری و اجرای مدل.....
۱۴۳.....	۵ - ۲ - ۲ - ۱ - واسنجی مدل.....
۱۴۵.....	۵ - ۲ - ۲ - ۲ - نتایج حاصل تعیین مقادیر شاخص‌های کارایی مدل در دوره واسنجی و اعتبارسنجی.....
۱۴۶.....	۵ - ۲ - ۲ - ۳ - نتایج حاصل از بیان آبی محاسبه شده توسط مدل طی دوره واسنجی و اعتبارسنجی.....
۱۴۹.....	۵ - ۳ - بحث و نتیجه‌گیری.....
۱۵۳.....	۵ - ۴ - پیشنهادها.....
۱۵۷.....	واژه نامه انگلیسی به فارسی.....
۱۶۵.....	منابع.....

شکل ۱-۱	۱- ساختار مدل WetSpa	۴
شکل ۱-۲	۲- شماتیکی از تعادل آب در یک شبکه سلولی فرضی در مدل WetSpa	۵
شکل ۱-۳	۳- ساختار مدل WetSpa در مقیاس سلول	۹
شکل ۱-۲	۱- تغییرات سالانه ظرفیت ذخیره برگابی در گراس	۲۵
شکل ۲-۲	۲- روابط بین ضریب بارش مازاد و محتوای رطوبتی خاک	۲۹
شکل ۲-۳	۳- نمایش ذخیره چالابی به عنوان تابعی از بارش مازاد	۳۰
شکل ۲-۴	۴- نمایش گرافیکی بارش مازاد و جریان سطحی	۳۲
شکل ۲-۵	۵- نمایش گرافیکی تعادل آب در خاک	۳۳
شکل ۲-۶	۶- تبخیر پتانسیل روزانه شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای در یوکل در سال ۱۹۹۷	۳۶
شکل ۲-۷	۷- تبخیر پتانسیل ساعتی شبیه‌سازی شده با $EP_d = 3 m$	۳۶
شکل ۲-۸	۸- نمایش گرافیکی تبخیر و تعرق خاک	۳۸
شکل ۲-۹	۹- هدایت هیدرولیکی مؤثر به صورت تابعی از محتوای رطوبتی خاک	۴۰
شکل ۲-۱۰	۱۰- تابع پاسخ مسیر جریان برای t_i و σ_i^2 های متفاوت	۴۷
شکل ۳-۱	۱- ضریب رواناب پتانسیل در مقابل شیب برای کاربری جنگل و انواع مختلف خاک	۶۲
شکل ۳-۲	۲- ظرفیت ذخیره چالابی در مقابل شیب برای گراس با انواع مختلف خاک	۶۷
شکل ۴-۱	۱- طرح شماتیکی از پوشه‌های مدل	۷۹
شکل ۴-۲	۲- صفحه نمایش کوچک شده منوی Surface	۸۴
شکل ۴-۳	۳- صفحه نمایش کوچک شده منوی پارامتر	۸۸
شکل ۵-۱	۱- محدوده حوزه آبخیز گرگانرود همراه با موقعیت ایستگاه‌های مورد استفاده	۱۲۰
شکل ۵-۲	۲- نقشه توپوگرافی حوزه آبخیز گرگانرود	۱۲۱
شکل ۵-۳	۳- نقشه کاربری موجود حوزه آبخیز گرگانرود	۱۲۱
شکل ۵-۴	۴- نقشه بافت خاک در حوزه آبخیز گرگانرود	۱۲۲
شکل ۵-۶	۶- نقشه Mask حوزه آبخیز گرگانرود	۱۲۳
شکل ۵-۷	۷- تعیین جهت جریان خروجی به سلول‌های همسایه در حوزه آبخیز گرگانرود	۱۲۳
شکل ۵-۸	۸- نقشه تجمع جریان در حوزه آبخیز گرگانرود	۱۲۴
شکل ۵-۹	۹- نقشه طول جریان در حوزه آبخیز گرگانرود	۱۲۴
شکل ۵-۱۰	۱۰- نقشه شبکه آبراهه در حوزه آبخیز گرگانرود	۱۲۵
شکل ۵-۱۱	۱۱- Stream link در حوزه آبخیز گرگانرود	۱۲۵
شکل ۵-۱۲	۱۲- رتبه‌بندی آبراهه به روش استراهلر در حوزه آبخیز گرگانرود	۱۲۶
شکل ۵-۱۳	۱۳- نقشه شیب در حوزه آبخیز گرگانرود	۱۲۶
شکل ۵-۱۴	۱۴- مناطق با شیب کمتر از ۰/۱ درصد در حوزه آبخیز گرگانرود	۱۲۷

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۵ - ۱۵ - توزیع شعاع هیدرولیکی برای دوره بازگشت ۱۰ ساله در حوزه آبخیز گرگانرود.....	۱۲۷
شکل ۵ - ۱۶ - تعیین زیر حوزه‌ها بر مبنای stream link در حوزه آبخیز گرگانرود.....	۱۲۸
شکل ۵ - ۱۷ - هدایت هیدرولیکی خاک (میلی متر بر ساعت) در حوزه آبخیز گرگانرود.....	۱۲۸
شکل ۵ - ۱۸ - پروزیتته خاک (متر مکعب بر متر مکعب) در حوزه آبخیز گرگانرود.....	۱۲۹
شکل ۵ - ۱۹ - ظرفیت مزرعه خاک (متر مکعب بر متر مکعب) در حوزه آبخیز گرگانرود.....	۱۲۹
شکل ۵ - ۲۰ - رطوبت باقیمانده خاک (متر مکعب بر متر مکعب) در حوزه آبخیز گرگانرود.....	۱۳۰
شکل ۵ - ۲۱ - شاخص توزیع اندازه ذرات خاک در حوزه آبخیز گرگانرود.....	۱۳۰
شکل ۵ - ۲۲ - نقطه پژمردگی خاک (متر مکعب بر متر مکعب) در حوزه آبخیز گرگانرود.....	۱۳۱
شکل ۵ - ۲۳ - توزیع رطوبت اولیه خاک در حوزه آبخیز گرگانرود.....	۱۳۱
شکل ۵ - ۲۴ - حداکثر میزان اشباع در حوزه آبخیز گرگانرود.....	۱۳۲
شکل ۵ - ۲۵ - میانگین حسابی کاپیلاریته در حوزه آبخیز گرگانرود.....	۱۳۲
شکل ۵ - ۲۶ - میانگین هندسی کاپیلاریته در حوزه آبخیز گرگانرود.....	۱۳۳
شکل ۵ - ۲۷ - عمق ریشه (میلی متر) در حوزه آبخیز گرگانرود.....	۱۳۳
شکل ۵ - ۲۸ - درصد پوشش گیاهی در حوزه آبخیز گرگانرود.....	۱۳۴
شکل ۵ - ۲۹ - حداکثر ظرفیت ذخیره برگابی در حوزه آبخیز گرگانرود.....	۱۳۴
شکل ۵ - ۳۰ - حداقل ظرفیت ذخیره برگابی در حوزه آبخیز گرگانرود.....	۱۳۵
شکل ۵ - ۳۱ - مقادیر ضریب زبری مانینگ در حوزه آبخیز گرگانرود.....	۱۳۵
شکل ۵ - ۳۲ - حداکثر شاخص سطح برگ در حوزه آبخیز گرگانرود.....	۱۳۶
شکل ۵ - ۳۳ - حداقل شاخص سطح برگ در حوزه آبخیز گرگانرود.....	۱۳۶
شکل ۵ - ۳۴ - ضریب رواناب پتانسیل در حوزه آبخیز گرگانرود.....	۱۳۷
شکل ۵ - ۳۵ - ظرفیت ذخیره چالابی در حوزه آبخیز گرگانرود.....	۱۳۷
شکل ۵ - ۳۶ - سرعت جریان در حوزه آبخیز گرگانرود.....	۱۳۸
شکل ۵ - ۳۷ - متوسط زمان پیمایش جریان بر حسب ساعت تا خروجی حوزه.....	۱۳۸
شکل ۵ - ۳۸ - انحراف معیار زمان جریان تا خروجی حوزه بر حسب ساعت در حوزه آبخیز گرگانرود.....	۱۳۹
شکل ۵ - ۳۹ - زمان جریان از هر سلول تا آبراهه اصلی بر حسب ساعت.....	۱۳۹
شکل ۵ - ۴۰ - انحراف معیار زمان جریان از سلول‌ها تا رودخانه اصلی بر حسب ساعت.....	۱۴۰
شکل ۵ - ۴۱ - پلیگون‌های تیسن بارندگی همراه با موقعیت ایستگاه‌های بارانسنجی.....	۱۴۱
شکل ۵ - ۴۲ - پلیگون‌های تیسن تبخیر و تعرق همراه با موقعیت ایستگاه‌های تبخیرسنجی.....	۱۴۱
شکل ۵ - ۴۴ - مقایسه گرافیکی هیدروگراف روزانه مشاهده شده و شبیه‌سازی شده برای دوره واسنجی.....	۱۴۵
شکل ۵ - ۴۵ - مقایسه گرافیکی هیدروگراف روزانه مشاهده شده و شبیه‌سازی شده برای دوره اعتبارسنجی.....	۱۴۵
شکل ۵ - ۴۷ - مقایسه دبی‌های کلاسه رنک (مرتب شده) مشاهده‌ای و محاسبه‌ای روزانه.....	۱۴۹

فهرست جداول

جدول ۳ - ۱	پارامترهای پیش فرض توصیف کننده کلاس‌های بافت خاک	۵۶
جدول ۳ - ۲	پارامترهای پیش فرض توصیف کننده کلاس‌های کاربری	۵۸
جدول ۳ - ۳	ضریب رواناب پتانسیل برای انواع مختلف کاربری، بافت خاک و شیب	۶۱
جدول ۳ - ۴	ثابت شیب S0 برای تعیین ضریب رواناب پتانسیل	۶۲
جدول ۳ - ۵	درصدهای غیر قابل نفوذ در رابطه با کلاس‌های کاربری انتخابی	۶۳
جدول ۳ - ۶	ظرفیت ذخیره چالابی برای انواع مختلف کاربری، بافت خاک و شیب	۶۶
جدول ۴ - ۱	نمونه‌ای از فایل سری بارندگی p.txt	۹۵
جدول ۴ - ۲	نمونه‌ای از فایل ورودی سری تبخیر و تعرق پتانسیل، pet.txt	۹۵
جدول ۴ - ۳	نمونه‌ای از فایل ورودی سری درجه حرارت t.txt	۹۶
جدول ۴ - ۴	نمونه‌ای از فایل ورودی سری دبی q.txt	۹۶
جدول ۴ - ۵	نمونه‌ای از پارامترهای کلی (گلوبال) مدل	۹۸
جدول ۴ - ۶	نمونه‌ای از اطلاعات خروجی‌های مکانی	۹۸
جدول ۴ - ۷	حساسیت پارامترها برای واسنجی مدل	۱۰۶
جدول ۴ - ۸	نمونه‌ای از فایل خروجی mean.txt	۱۰۸
جدول ۴ - ۹	بخش‌هایی از فایل خروجی uh_cell_h.txt	۱۰۹
جدول ۴ - ۱۰	نمونه خروجی فایل q-tot.txt	۱۱۰
جدول ۴ - ۱۱	نمونه خروجی فایل q_sub.txt	۱۱۱
جدول ۴ - ۱۲	نمونه‌ای از فایل balance.txt	۱۱۲
جدول ۴ - ۱۳	بخشی از فایل خروجی runoff.asc	۱۱۲
جدول ۴ - ۱۴	نتایج ارزیابی مدل evaluation.txt	۱۱۵
جدول ۵ - ۱	پارامترها، مقادیر اولیه و محدوده تغییرات آنها که برای واسنجی به مدل PEST وارد شده‌اند	۱۴۴
جدول ۵ - ۲	مقادیر پارامترهای ورودی به مدل پس از واسنجی (تهیه شده توسط PEST)	۱۴۴
جدول ۵ - ۳	مقادیر شاخص‌های کارایی مدل در دوره واسنجی و اعتبارسنجی	۱۴۶
جدول ۵ - ۴	بیان آبی محاسبه شده توسط مدل طی شبیه‌سازی سال‌های ۶۲-۶۸	۱۴۷
جدول ۵ - ۵	بیان آبی محاسبه شده توسط مدل طی شبیه‌سازی سال‌های ۶۹-۷۴	۱۴۷

چکیده

WetSpa یک مدل هیدرولوژیکی - توزیعی بر پایه GIS می‌باشد که در مقیاس حوزه عمل کرده و برای پیش‌بینی سیلاب و مدیریت حوزه آبخیز توسعه یافته است. مدل فیزیکی بوده و قادر است فرایندهای هیدرولوژیکی بارش، ذوب برف، ذخیره برگابی، ذخیره چالابی، رواناب سطحی، نفوذپذیری، تبخیر و تعرق، نفوذ عمقی، جریان زیر سطحی، جریان آب زیرزمینی و... را به‌طور پیوسته در زمان و مکان شبیه‌سازی نموده و تعادل آب و انرژی را در هر سلول رستری برقرار نماید. مدل از لایه‌های توپوگرافی، کاربری زمین، بافت خاک و همچنین آمار هواشناسی روزانه برای پیش‌بینی هیدروگراف‌های سیل و توزیع مکانی پارامترهای هیدرولوژیکی حوزه استفاده می‌نماید. مدل برای محاسبه رواناب از روش استدلالی اصلاح شده و برای تخمین رواناب ناشی از ذوب برف از روش ضریب روز - درجه استفاده می‌نماید که بر پایه آمار درجه حرارت است. جریان زیر سطحی بر مبنای قانون داریسی و معادلات موج سینماتیکی به‌صورت تابعی از هدایت هیدرولیکی مؤثر و درجه شیب هیدرولیکی محاسبه می‌گردد. در حالی که جریان آب زیرزمینی با استفاده از روش مخزن خطی و در مقیاس زیر حوزه‌های کوچک در رابطه با ذخیره آب زیرزمینی و ضریب افت آب زیرزمینی تعیین می‌گردد. رواناب در طول مسیر خود با استفاده از روش معادلات موج پخشی روندیابی می‌گردد که وابسته به شیب، سرعت و خصوصیات مسیر جریان بوده و قادر است دبی جریان را در هر نقطه‌ای از پایین دست که جریان به‌هم می‌پیوندد، پیش‌بینی نماید. مدل برای بررسی توزیعی - مکانی خصوصیات ژئوفیزیکی و هیدرولوژیکی حوزه آبخیز محسوب شده و بنابراین برای مطالعه تأثیر تغییر کاربری بر رفتار هیدرولوژیکی حوزه رودخانه مناسب می‌باشد.

کلمات کلیدی: مدل‌سازی حوزه آبخیز، WetSpa، سیستم اطلاعات جغرافیایی، رواناب، پیش‌بینی سیلاب.

فصل اول

شرح مدل WetSpa

۱-۱- مقدمه

با گسترش GIS و تکنولوژی سنجش از دور، امکان دسترسی گسترده و مدیریت بر پارامترها و متغیرهای هیدرولوژیکی توزیعی - مکانی میسر گشته است. اهمیت تلفیق GIS با مدل‌های توزیعی در رابطه با مطالعه تأثیر فعالیت‌های بشری بر رفتار هیدرولوژیکی حوزه رودخانه همواره با گسترش سریعی همراه بوده است. به‌طور کلی هدف نهایی مدل‌های هیدرولوژیکی این است که بتوانند تأثیر فیزیکی عوامل توپوگرافی، خاک و کاربری اراضی بر تولید رواناب را در خود جای داده و همچنین تعادل آب و انرژی را در برداشته باشند. ساختار مدل‌های هیدرولوژیکی توزیعی به‌گونه‌ای طراحی شده است که در آنها خصوصیات حوزه از قبیل توپوگرافی، نوع خاک، کاربری اراضی، تراکم شبکه آبراهه، درجه اشباع خاک و خصوصیات بارش در نظر گرفته شده است. مزیت این مدل‌ها این است که داده‌های مورد نیاز آنها در قالب GIS قابل استفاده می‌باشند. در این گزارش مدلی که با خصوصیات فوق شرح داده می‌شود WetSpa نام دارد.

۱-۲- تاریخچه مدل

WetSpa Extention یا همان نسخه جدید WetSpa بر مبنای مدل قبلی WetSpa توسعه پیدا کرده و به موازات نسخه دیگر آن که WetSpa نام دارد ارائه گشته است. در زیر خلاصه‌ای از این دو مدل آورده شده است.

۱-۲-۱- WetSpa

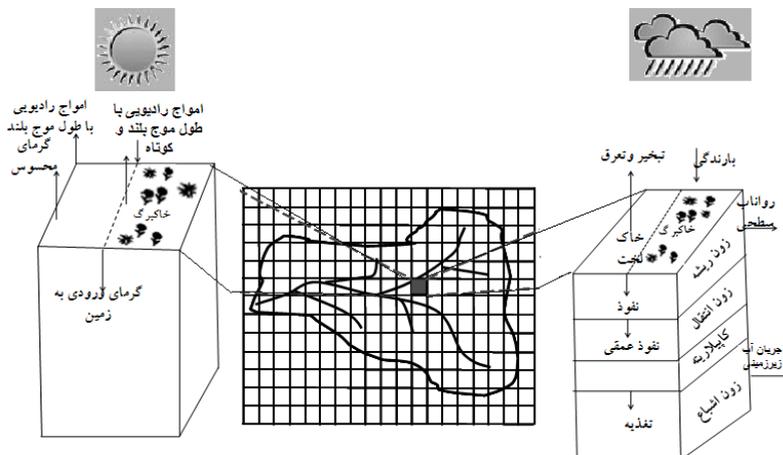
مدل هیدرولوژیکی^۱ WetSpa، یک مدل فیزیکی - توزیعی برای پیش‌بینی انتقال آب و انرژی بین خاک، گیاهان و اتمسفر می‌باشد که در مقیاس ناحیه‌ای یا حوزه‌ای بوده و بر گام زمانی استوار می‌باشد. این مدل در دانشگاه بروکسل بلژیک توسعه یافته است (ونگ و همکاران^۲، ۱۹۹۶ و باتلان و همکاران^۳، ۱۹۹۶). در این مدل سیستم هیدرولوژیکی حوزه به‌صورت چهار لایه اتمسفر، تاج پوشش، زون ریشه و زون انتقال در راستای عمودی از بالا به پایین در نظر گرفته می‌شود. برای غلبه بر ناهمگونی‌های موجود، حوزه به تعدادی سلول‌های شبکه‌ای تقسیم‌بندی می‌گردد. علاوه بر آن هر سلول خود شامل خاک لخت و خاک دارای پوشش است که دارای تعادل آب و انرژی می‌باشند. در شکل ۱-۱ فرایندهای هیدرولوژیکی مدل WetSpa

1- Water and Energy Transfer between Soil, Plants and Atmosphere

2- Wang et al.

3- Batelaan et al.

به صورت شماتیک نشان داده شده است. حرکت آب در خاک به صورت جریان عمودی تک بعدی ساده در نظر گرفته شده است که شامل نفوذپذیری سطحی، نفوذ عمقی، صعود کاپیلارته در زون غیر اشباع و تغذیه آب زیرزمینی می باشد. مدل به منظور شبیه سازی رواناب هورتونی و به دنبال آن تولید رواناب سطحی طراحی شده است.



شکل ۱-۱ - ساختار مدل WetSpa

به منظور ارائه نمایش دقیق تری از تقابل موجود بین رواناب سطحی و ذخیره آب زیرزمینی، از یک مدل آب زیرزمینی (WetSpa) استفاده شده است که در آن تعادل آب زیرزمینی در زون اشباع با استفاده از معادله جریان افقی دو بعدی دوپویت فورچینر^۱ تعیین می گردد. تحت شرایط مرزی مناسب، موقعیت سطح ایستابی با استفاده از روش تفاوت محدود^۲ برای هر شبکه سلولی و در هر گام زمانی محاسبه می گردد. این مدل برای کاربرد در مطالعات علمی با گام زمانی دقیقه طراحی شده است که به دلیل محدودیت آمار ممکن است باعث ایجاد مشکلاتی در کاربرد عملی آن شود.

۱-۲-۲ - WetSpa^۳

مدل ساده شده WetSpa بر پایه مدل WetSpa بوده و توسط باتلان و دسمت^۴ در سال ۲۰۰۱ توسعه یافته است. از این مدل می توان برای تعیین الگوی مکانی تغذیه آب زیرزمینی در

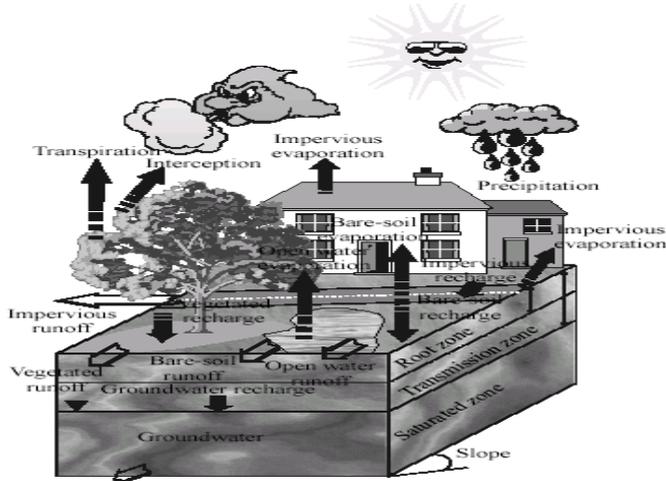
1- Dupuit-Forchheiner

2- Finite difference

3- Water and Energy Transfer between Soil, Plants and Atmosphere under quasi-Steady State conditions

4- Batelaan & De Smedt

دراز مدت استفاده نمود که خود هم به‌عنوان ورودی مدل‌های جریان آب زیرزمینی منطقه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد و هم برای بررسی سیستم‌های جریان آب زیرزمینی منطقه‌ای به‌کار می‌رود. WetSpa مخفف انتقال آب و انرژی بین خاک، گیاهان و اتمسفر در شرایط نسبتاً پایدار می‌باشد. این مدل بر مبنای GIS بوده و یک مدل هیدرولوژیکی توزیعی - مکانی است که برای محاسبه توزیع سالانه و فصلی تبخیر و تعرق، رواناب سطحی و تغذیه آب زیرزمینی به‌کار می‌رود. توسط این مدل تغییرات مکانی تغذیه آب زیرزمینی که ناشی از کاربری اراضی، بافت خاک، شیب و... می‌باشد، محاسبه می‌گردد. شکل ۱ - ۲ به‌طور شماتیک تعادل آب در یک شبکه سلولی فرضی در مدل WetSpa را نشان می‌دهد که توسط باتلان و دسمت در سال ۲۰۰۱ ارائه شده است. در این مدل، برای تعیین تعادل کل آب در هر سلول، تعادل آب به‌طور جداگانه برای بخش‌های دارای پوشش، خاک لخت، سطح آب آزاد و قسمت‌های غیر قابل نفوذ شبکه سلولی محاسبه می‌گردد. این موضوع باعث می‌گردد غیر یکنواختی کاربری اراضی با توجه به تفکیک آن در شبکه سلولی، در نظر گرفته شده و در محاسبات وارد شود. فرایندهای موجود در هر بخش از شبکه سلولی با ترتیب زمانی صورت می‌گیرند. به این معنی که بعد از واقعه بارش، فرایندها یکی پس از دیگری به‌وقوع می‌پیوندند. وجود چنین نظامی، پیش‌نیاز تعیین کمیت فرایندهای مختلف در مقیاس زمانی است.



شکل ۱ - ۲ - شماتیکی از تعادل آب در یک شبکه سلولی فرضی در مدل WetSpa