

کلیدواژه‌ها: حجم رواناب، واحد هیدرولوژیک شهری، بیلان

آبی

مقدمه

بررسی‌ها و تحقیقات گسترده و دامنه دار بین‌المللی به این نتیجه رسیده است که برای مهار پیامدهای منفی شهرسازی و توسعه شهرها بر محیط‌زیست و منابع طبیعی از جمله منابع آب و خاک می‌باید اقدامات سازمان‌یافته‌ای در جهت احیای چرخه طبیعی آب شهر صورت پذیرد. تقلید از چرخه آب شهر و احیای شرایط طبیعی در عمل به مفهوم آن است که عوامل مولد یا مؤثر در تشدید حجم و اوج رواناب‌ها می‌باید مهار و کنترل شوند و از آلودگی محیط‌زیست به وسیله رواناب‌های شهری جلوگیری شود. رویکرد نوین یا مدرن به مدیریت آب‌های سطحی شهرها اساساً به روش‌ها و فنونی اطلاق می‌شود که در جهت احیای مصنوعی چرخه طبیعی آب در شهر عمل می‌کنند، یعنی می‌کوشند حجم و اوج آبدهی رواناب‌ها و میزان آلودگی در آب‌های جاری ناشی از بارندگی در سطح شهر به حد و میزانی تقلیل یابد که قبلاً پیش از توسعه اراضی شهر در اراضی بایر پیرامون شهر قدیم وجود داشت. برخی از ملل از آن هم فراتر رفته آنچه سهم شرایط طبیعی پیش از احداث و توسعه شهر بوده، معلوم و مشخص نموده و آن را به صورت یک سلسله از اهداف کمی معین طرح‌های مدیریت آب‌های سطحی که می‌باید بدان دست یابند، به صورت رسمی و قانونی اعلام نموده‌اند [۱ و ۴] رضایی و همکاران [۹]، در تحقیقی با هدف تعیین نقش مؤلفه‌های بیلان آب رنگین‌کمان در استحصال بارش در منطقه نه شهرداری مشهد، ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های کاربری اراضی، در محیط جی آی اس مساحت کاربری اراضی مناطق همگن را به دست آوردند و با استفاده از مؤلفه‌های بیلان آبی، حجم رواناب در سطوح همگن خیابان‌ها، ساختمان‌ها و فضای سبز در طول رویداد بارش و هم‌چنین حجم هر یک از مؤلفه‌های آب‌آبی، سبز، سفید و خاکستری را نیز برآورد کردند، نتایج نشان داد، جمع‌آوری هر یک از مؤلفه‌های مذکور به برآورد نیاز آبی در شرایط کم‌آبی کمک می‌کند. رودریگز و همکاران [۱۱]، طی تحقیقی جهت توسعه و کاربرد مدل توزیعی هیدرولوژیکی برای مناطق شهری (URBS-UHs) با اجرای مدل در دو زیرحوزه شهری که شامل واحدهای همگن مطالعاتی (جاده، ساختمان و مناطق طبیعی) در شهر نانت فرانسه می‌باشد و هم‌چنین با توجه به مجموعه‌ای از مدل‌سازی‌های مربوط به چرخه آب در

برآورد ضریب رواناب اصلاحی برای مناطق همگن هیدرولوژیکی منطقه ۹ شهرداری مشهد با استفاده از فرمول‌سازی بیلان آبی

فاطمه رضایی^۱، عبدالرضا بهره‌مند^۲، واحد بردی شیخ^۳، محمد تقی دستورانی^۴
و سید محمد تاج بخش^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۴/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۷

چکیده

به‌منظور برطرف نمودن خسارات سیل و مشکل آب‌گرفتگی و هم‌چنین اتخاذ روش‌های صحیح هدایت و استفاده از رواناب‌های شهری ابتدا لازم است تا روشی صحیح جهت بررسی چگونگی چرخه آب باران در یک حوزه شهری و هم‌چنین میزان رواناب تولید شده در آن در اثر یک بارش، اتخاذ شود، لازم به ذکر است که چرخه آب باران در مناطق شهری در این پژوهش با استفاده از فرمول بیلان آبی در منطقه نه شهرداری مشهد انجام شد. نتایج نشان داد، اولین موضوعی که در مدل‌های هیدرولوژیکی مطرح است تعیین دقیق مرز حوزه و زیرحوزه‌های منطقه مورد مطالعه می‌باشد و رواناب کل از مجموع رواناب‌های واحدهای مطالعاتی به دست می‌آید که در پژوهش حاضر مجموع حجم رواناب هر یک از واحدهای هیدرولوژیکی (ساختمان‌ها، فضای سبز، و خیابان‌ها) با استفاده از مساحت منطقه و گیرش بارش به دست آمد و در نهایت ضریب رواناب اصلاحی برای مناطق همگن هیدرولوژیکی برآورد گردید. نتایج برآورد شده، نشان داد که ضریب رواناب اصلاحی برای مناطق همگن ساختمان‌ها و منازل مسکونی ۸۰ درصد و برای مناطق همگن خیابان‌ها ۷۸ درصد و برای مناطق همگن پارک و فضای سبز با استفاده از روش بیلان هیدرولوژیکی چهار درصد به دست آمد.

۱- فارغ التحصیل دکترای علوم و مهندسی آبخیز دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گلستان.

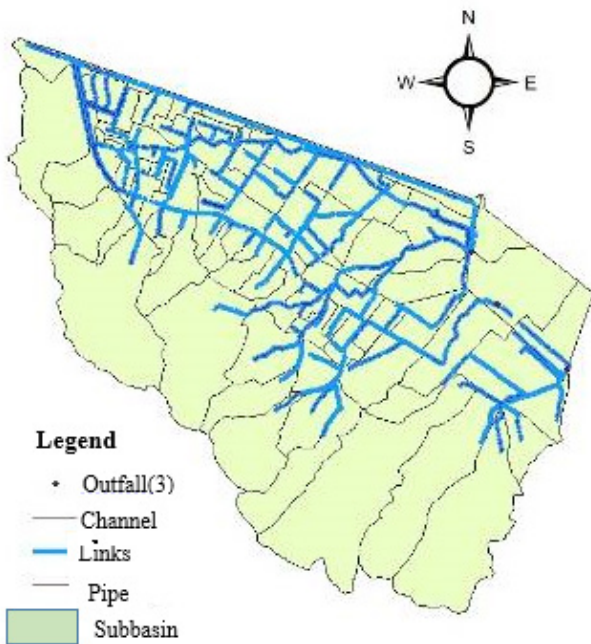
۲- نویسنده مسئول و دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گلستان، پست الکترونیک:

Abdolreza.bahremmand@yahoo.com

۳- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گلستان.

۴- استاد دانشگاه فردوسی مشهد، خراسان رضوی.

۵- دانشیار دانشگاه بیرجند، خراسان جنوبی.



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه

Fig1. Map of Study Area

مدل‌سازی بیلان آب در منطقه شهری

مطالعات بررسی شده، نشان می‌دهند که هیدرولوژی مناطق شهری ساده نیست، محیط‌های شهری از نظر استفاده از زمین، ویژگی‌های زیر خاک و عوامل دیگر بسیار ناهمگن می‌باشند، که بر تمام فرآیندهای هیدرولوژیکی اثر می‌گذارند. مطالعات منافع یک رویکرد مدل‌سازی جامع را تایید می‌کنند که تمامی فرآیندهای هیدرولوژیکی درون مناطق شهری را نشان دهند. در بحث مدل‌سازی بیلان آبی از دو روش مختلف و مرتبط به هم استفاده شد. ۱- مدل استفاده شده برای کل منطقه شهری که، در تحقیق حاضر برگرفته از پایان‌نامه حجتی مروست [۷]، می‌باشد، که ایشان نیز ایده اولیه این مدل را از مدل ارائه شده توسط رودریگز^۳ و همکاران [۱۱] گرفته است ۲- مدل استفاده شده برای تعیین بیلان آبی حوزه‌های بالادست منطقه شهری با استفاده از اندازه‌گیری نفوذ با دابل رینگ.

مراحل مدل‌سازی بیلان هیدرولوژی

به منظور مدل‌سازی بیلان هیدرولوژی هر کدام از واحدهای همگن، در ابتدا نیازمند اطلاعات ارتفاع بارش تجمعی یک رویداد و یا بارش روزانه بودیم به همین منظور از بارندگی تاریخ ۱۳۹۴/۰۱/۱۱ استفاده شد. در ادامه به منظور محاسبه میزان تبخیر روزانه از اطلاعات هواشناسی استفاده گردید به این صورت که با مراجعه به ایستگاه هواشناسی اطلاعات مربوط به تبخیر ماه فروردین دریافت، و پس از بررسی و تجزیه و تحلیل میزان تبخیر روزانه محاسبه شد. به منظور تعیین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک بدین صورت عمل شد، ابتدا نقشه‌های خاک منطقه مورد مطالعه از اداره کل منابع طبیعی استان

خاک محاسبه بیلان آبی در حوزه شهری، به این نتیجه رسیدند که قابلیت پهنه‌بندی سیلاب در حوزه‌های شهری همانند ظرفیت ذخیره خاک در نگه داشت آب مهم می‌باشد و از ارزیابی و اعتبارسنجی این مدل نتایج مثبتی را به دست آوردند و در نهایت ضریب رواناب اصلاحی برای مناطق همگن به دست آوردند. حجتی مروست و همکاران [۷]، بیلان آبی را در بخش‌هایی از منطقه یک شهرداری تهران (تجریش و الهیه) با استفاده از مدل SWMM و مجموعه‌ای از مدل‌سازی‌های مربوط به چرخه آب در خاک به دست آوردند و به نتیجه رسیدند ضمن کمبود داده‌های موجود، مدل‌سازی بیلان (مدل سازی‌های مربوط به چرخه آب در خاک) روش مناسبی می‌باشد. رودریگز و همکاران [۱۰]، طی پژوهشی به بررسی اثر تغییر سطوح نفوذناپذیر بر روی بیلان آب، میان سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۳، در حوزه کلین‌نت^۱ واقع در کشور بلژیک پرداختند. ایشان به منظور مدل‌سازی هیدرولوژیکی، تغییرات سطوح نفوذناپذیر را به وسیله روش‌های سنجش از دور برآورد کردند. نتایج نشان داد که میانگین سهم سطوح نفوذناپذیر سلول‌های شهری طی این دوره زمانی از ۲۵/۴ درصد به ۲۹/۲ درصد رسیده است که منجر به افزایش ۹/۵ درصدی رواناب شهری شده است. تامپسون^۲ و همکاران [۱۳]، از مدل مدیریت آب‌های سطحی برای پیش‌بینی منشاء جریان شهری و پاسخ هیدرولوژیکی به تغییر پوشش گیاهی استفاده کرد و نتیجه گرفت تغییرات آب و هوا و پوشش زمین، اثرات بارزی بر روی جریان هیدرولوژیکی شهری داشته است با مدیریت مناطق شهری می‌توان باعث کاهش اثرات منفی جریان‌های شهری شد. در این تحقیق سعی بر آن است تا علاوه بر محاسبه بیلان آبی در چرخه هیدرولوژی، اهمیت استحصال و بازچرخانی رواناب‌های سرگردان شهری در مواقع بارندگی و سیلاب مورد توجه بیشتر مدیران و برنامه‌ریزان بخش منابع آب و منابع طبیعی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

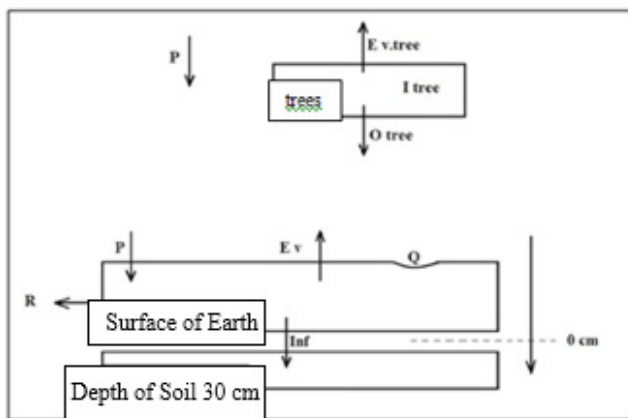
منطقه مورد مطالعه

شهر مشهد با آب و هوای معتدل و متمایل به سرد و خشک، در شمال شرق ایران واقع شده است و از سمت شمال، مشرق و مغرب به دشت توس و در جنوب به ارتفاعات بینالود منتهی می‌گردد، این شهر با جمعیتی بالغ بر ۲۴۱۰۸۰۰ نفر به ۱۳ منطقه شهرداری تقسیم شده که از بین آن‌ها مناطق ۷، ۸ و ۹ همجوار ارتفاعات جنوبی می‌باشند. یک‌چهارم مساحت منطقه‌ی نه واقع در جنوب غربی مشهد، در دامنه ارتفاعات قرار گرفته و از شیب نسبتاً تندی برخوردار است. در هنگام بارندگی، رواناب حاصل از بارش در این منطقه، از سطح حوزه‌های آبخیز بالادست به سمت شهر جاری شده و از طریق مسیل‌های طبیعی دفع می‌شود.

1. Kleine Nete

2. Tompson

3. Rodrigues



شکل ۳- فرایند مدل‌سازی و اجزای مدل (حجتی مروست، ۱۳۹۰)
 Fig 3. Modeling Process and Model Components
 (Hojjat Marvost, 2011)

مدل‌سازی فرایندهای بالای سطح زمین

درختان فقط در روستاها، باغ‌ها و مناطق طبیعی زیاد نیستند، بلکه در کنار خیابان‌ها و جاده‌های شهری و پارک‌ها و فضاهای سبز شهری نیز وجود دارند، درختان بخشی از بارش را می‌گیرند و به طور غیرمستقیم به کاهش میزان سیلاب کمک می‌کنند و یک محل مناسب جهت بهبود مدیریت آب باران شهری هستند. جهت محاسبات مربوط به گیرش گیاهی و ساقاب از نتایج اسعدی استفاده خواهد شد. جهت محاسبه مقدار حجم بارش باریده شده بر تاج پوشش درختان حاشیه خیابان و درختان پارک‌ها و فضای سبز شهری به ترتیب از روابط (۱) و (۲) استفاده خواهد شد.

$$P_{tree.str} = A_{tree.str} \times 10^3 \quad (1)$$

$$P_{tree.nat} = A_{tree.nat} \times 10^3 \quad (2)$$

$$O_{tree.nat} = P_{tree.nat} \times S_f \quad (3)$$

$$O_{tree.str} = P_{tree.str} \times S_f \quad (4)$$

مقدار حجمی گیرش گیاهی تاج پوشش درختان حاشیه خیابان و درختان پارک‌ها و فضاهای سبز شهری به ترتیب از روابط (۵) و (۶) محاسبه می‌شود. مقدار حجمی ساقاب حاصل از درختان حاشیه خیابان و درختان پارک‌ها و فضاهای سبز شهری از روابط زیر به دست می‌آید.

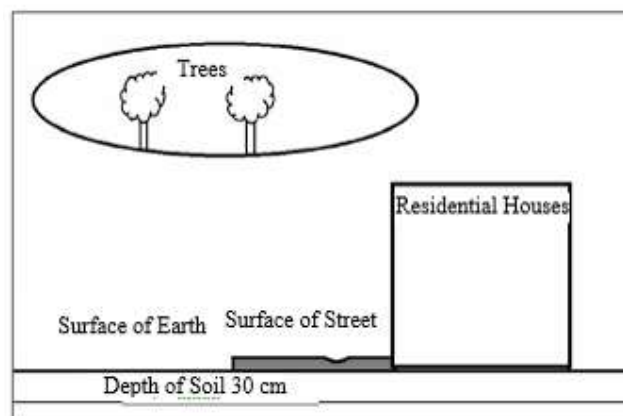
$$I_{tree.str} = P_{tree.str} \times I_f \quad (5)$$

$$I_{tree.nat} = P_{tree.nat} \times I_f \quad (6)$$

مقدار تبخیر حجمی برای هر نوع از کاربری‌های درختان خیابان، درختان پارک‌ها و فضاهای سبز شهری، پشت بام منازل و ساختمان‌ها، سطح خیابان‌ها و خاک‌های طبیعی از رابطه (۷) به دست می‌آید. و مقدار حجم آب ذخیره شده بر روی برگ‌های درختان حاشیه خیابان‌ها از رابطه (۸) به دست می‌آید.

خراسان رضوی و سازمان اطلاعات فن‌آوری شهرداری مشهد تهیه شد، سپس با استفاده از بازدیدهای میدانی، کاربری موجود، نقشه اولیه اصلاح گردید. در نهایت با توجه به بررسی‌های انجام شده سه نوع بافت، شنی لومی، لومی و رسی سیلتی برای منطقه مورد مطالعه مشخص شد و در ادامه با بهره‌گیری از کلاس بافت خاک و هدایت هیدرولیکی اشباع و انجام میانگین وزنی، متوسط هدایت هیدرولیکی برای منطقه مورد مطالعه محاسبه شد.

از آنجایی که مدل‌سازی بیلان منطقه شهری را می‌توان نوعی مدل توزیعی هیدرولوژیکی قلمداد کرد، مدل‌سازی فرآیند بارش-رواناب در این پژوهش به طور کلی در سه سطح افقی بر حسب کاربری اراضی اعم از منازل مسکونی با علامت اختصاصی hou، خیابان‌ها با علامت اختصاصی str و پارک‌ها و فضاهای سبز شهری با علامت اختصاصی nat و در دو مقطع عمودی اعم از فرایندهای بالای سطح زمین (شامل گیرش آب باران توسط درختان، ساقاب و تبخیر از سطح درختان) و فرایندهای سطح زمین (شامل رواناب سطحی، تبخیر از سطح زمین و نفوذ آب به درون خاک که به علت عدم وجود امکان تهیه اطلاعات لازم، شامل میزان نفوذ در لایه صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک می‌شود) انجام گرفت. شکل ۲ سطح افقی و مقاطع عمودی در نظر گرفته شده جهت مدل‌سازی را نشان می‌دهد.



شکل ۲- نمایش سطوح افقی و مقاطع عمودی به کار رفته در مدل‌سازی (حجتی مروست، ۱۳۹۰)

Fig 2. Display of horizontal surfaces and vertical sections used in modeling (Hojjat Marvost, 2011)

شکل (۲) فرایند مدل‌سازی را به صورت شماتیک به همراه اجزای مدل نشان می‌دهد. در این مدل تمامی مقادیر به صورت حجمی محاسبه می‌شوند و در نهایت حجم رواناب کل محاسبه می‌گردد.

نفوذ به روش وزنی برآورد گردید.

$$F = F_c + (F_0 - F_c) \times e^{-kt} \quad (16)$$

در این معادله F سرعت نفوذ به میلی‌متر در ساعت، F_c سرعت نفوذ نهایی به میلی‌متر در ساعت، F_0 حداکثر سرعت نفوذ اولیه، t زمان به دقیقه و K ضریب زاویه یا شیب خط می‌باشد.

نتایج

مدل‌سازی در مناطق شهری کار ساده‌ای نبوده و نیاز به امکانات و اطلاعات زیادی می‌باشد که باید متناسب با شرایط منطقه کالیبره شده باشد، از این رو در این تحقیق به دنبال مدلی بودیم که برای کشورمان استفاده شده باشد، مدل استفاده شده در تحقیق حاضر برگرفته از پایان نامه آقای حجتی مروست می‌باشد که برای بررسی رواناب شهری منطقه تهران به کار گرفته شده است، لازم به ذکر است ایشان نیز ایده اولیه این مدل را از مدل ارائه شده توسط [۱۱] گرفته است

جمع‌آوری و تهیه اطلاعات یکی از گام‌های ضروری و اساسی در انجام تحقیقات مربوط به هیدرولوژی می‌باشد. در همین راستا و در جهت تهیه اطلاعات مربوط به مساحت خیابان‌ها، مساحت پارک‌ها و فضاهای سبز شهری، مساحت منازل مسکونی و ساختمان‌ها، مساحت تاج پوشش درختان حاشیه خیابان‌ها و مساحت تاج پوشش درختان پارک‌ها و فضاهای سبز شهری، بدین صورت عمل شد که در وهله اول نقشه فضای سبز منطقه مورد مطالعه از شهرداری تهیه شد لازم به ذکر است که نقشه مذکور برای سال ۱۳۸۵ بود و از طریق بازدیدهای میدانی و استفاده از نرم‌افزار گوگل ارث 'بروز رسانی شد' (شکل ۵). نکته بسیار مهم و قابل توجه این بود که بخشی از منطقه که جزء اراضی کشاورزی و زمین‌های بایر کنار ساختمان‌ها که دارای پوشش‌های خودرو نیز بودن، در منطقه ۹ مشهد به علت اینکه دارای بافت جدید می‌باشد و جهت قرارگیری ساختمان‌ها و خیابان‌ها طوری است اگر نصف منطقه به عنوان معرف انتخاب شود انگار کل منطقه را در نظر گرفته‌ایم جزء محدوده فضای سبز به حساب آمد. در ادامه به منظور تهیه مساحت خیابان، تاج‌پوشش درختان و سطح منازل و ساختمان‌ها به این صورت اقدام گردید، با توجه به وسیع بودن منطقه و نبود نقشه‌های مجزا برای هر کدام از موارد بیان شده سطحی از منطقه (با استفاده از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی و گوگل ارث) به عنوان منطقه معرف انتخاب شد و در ادامه به کل منطقه مورد مطالعه تعمیم داده شد.

$$E_{v,i} = E \times A_i \times 10^3 \quad (7)$$

$i = \text{tree.nat}, \text{tree.str}, \text{hou. nat}, \text{str}$

$$S_{\text{tree.str}} = I_{\text{tree.str}} - E_{v,\text{tree.str}} \quad (8)$$

مقدار حجمی آب ذخیره شده بر روی برگ‌های درختان پارک‌ها و فضاهای سبز شهری از رابطه (۹) محاسبه خواهد شد.

$$S_{\text{tree.nat}} = I_{\text{tree.nat}} - E_{v,\text{tree.nat}} \quad (9)$$

$$S_{\text{tree.str}} = 0 \text{ آنگاه اگر } S_{\text{tree.str}} < 0$$

مدل‌سازی فرآیندهای سطح زمین: فرآیندهای سطح زمین شامل رواناب سطحی، تبخیر از سطح زمین و نفوذ آب به درون خاک می‌شود که در مورد آخر به علت عدم وجود امکانات تهیه اطلاعات لازم نظیر حفر پروفیل‌های عمیق در محل‌های نمونه‌برداری، به ناچار، میزان نفوذ در لایه صفر تا ۳۰ سانتیمتری خاک در نظر گرفته شد [۷]. محاسبه نفوذ حجمی برای خاک‌های طبیعی و مناطق نفوذپذیر از طریق رابطه (۱۰) صورت می‌گیرد.

$$I_n = I_n \times A_{\text{nat}} \times 10^3 \quad (10)$$

برای محاسبه مقدار I_n از رابطه (۱۱) استفاده می‌شود.

$$I_n = K_s \times \Delta t \times 10^3 \quad (11)$$

حجم رواناب سطحی حاصل از خیابان‌ها از رابطه (۱۲) به دست می‌آید. و رواناب سطحی حاصل از پارک‌ها و فضای سبز شهری از رابطه (۱۳) محاسبه می‌شود. اگر $R_{\text{nat}} = 0$ آنگاه $R_{\text{nat}} < 0$

$$R_{\text{str}} = [(P \times A_{\text{str}} \times 10^3) + Q_{\text{tree.str}} - (S_{\text{tree.str}} + Q + E_{v,\text{str}})] \times r_{\text{str}} \quad (13)$$

$$R_{\text{nat}} = [(P \times A_{\text{nat}} \times 10^3) + Q_{\text{tree.nat}} - (S_{\text{tree.nat}} + I_n + E_{v,\text{nat}})] \times r_{\text{nat}}$$

حجم رواناب حاصل از منازل مسکونی و ساختمان‌ها از رابطه (۱۴) قابل محاسبه است. و در نهایت فرمول بیلان آب جهت برآورد حجم رواناب کل منطقه شهری، از حاصل جمع رواناب سطحی ناشی از هر یک از انواع کاربری اراضی و از رابطه (۱۵) بدست می‌آید.

$$R_{\text{hou}} = [(P \times A_{\text{hou}} \times 10^3) - E_{v,\text{hou}}] \times r_{\text{hou}} \quad (14)$$

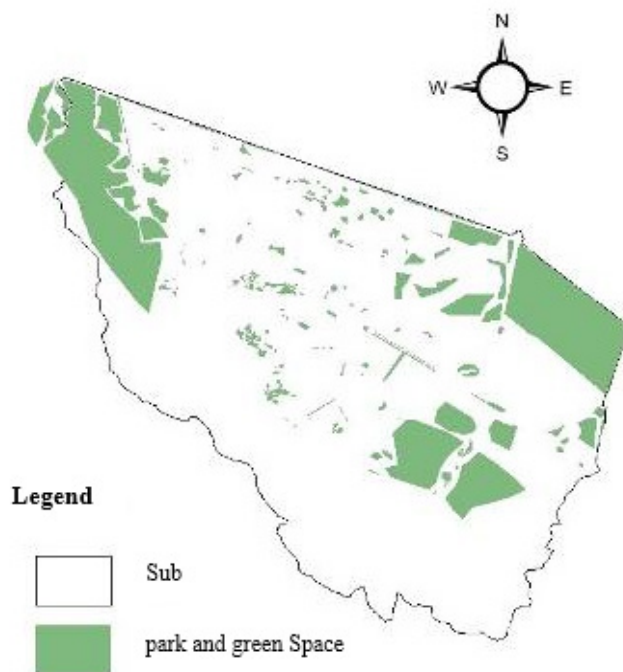
$$R_{\text{total}} = R_{\text{str}} + R_{\text{nat}} + R_{\text{hou}} \quad (15)$$

متغیرهای کلیه فرمول‌ها در جداول ۱ و ۲ تعریف شده‌اند. مدل‌سازی بیلان آب حوزه‌های بالادست منطقه شهری: برای این منظور، با استفاده از نقشه اجزای واحد اراضی، در منطقه مورد مطالعه دابل رینگ زده شد به این ترتیب که در هر جزء واحد اراضی یک نمونه دابل رینگ برداشت شد. و در نهایت جهت محاسبه مقدار متوسط نفوذ نمونه‌های برداشت شده از فرمول هورتون استفاده گردید. و سپس با توجه به مساحت حوزه‌های بالادست میانگین

پس از جمع‌آوری اطلاعات مربوط به مساحت هر کدام از کاربری‌های مورد نیاز، نیازمند اطلاعات ارتفاع بارش تجمعی یک رویداد و یا بارش روزانه بودیم به‌همین منظور از بارندگی تاریخ ۱۳۹۴/۰۱/۱۱ استفاده شد. در ادامه به‌منظور محاسبه میزان تبخیر روزانه از اطلاعات هواشناسی استفاده گردید به این صورت که با مراجعه به ایستگاه هواشناسی اطلاعات مربوط به تبخیر ماه فروردین دریافت، و پس از بررسی و تجزیه و تحلیل میزان تبخیر روزانه محاسبه شد. به به منظور تعیین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک بدین صورت عمل شد، ابتدا نقشه‌های خاک منطقه مورد مطالعه از اداره کل منابع طبیعی استان خراسان رضوی و سازمان اطلاعات فناوری شهرداری مشهد تهیه شد، سپس با استفاده از بازدهی‌های میدانی، کاربری موجود، نقشه اولیه اصلاح گردید. در نهایت با توجه به بررسی‌های انجام شده سه نوع بافت، شنی لومی، لومی و رسی سیلتی برای منطقه مورد مطالعه مشخص شد و در ادامه با بهره‌گیری از کلاس بافت خاک و هدایت هیدرولیکی اشباع و انجام میانگین وزنی، متوسط هدایت هیدرولیکی برای منطقه مورد مطالعه محاسبه شد. در نهایت پس از جمع‌آوری تمامی اطلاعات مورد نیاز مدل و انجام محاسبات نتایج آن بصورتی که در جدول (۳ و ۲) ارائه شده است، استخراج گردید.

مقدار حجم رواناب مناطق همگن هیدرولوژیک با توجه به نتایج جدول ۲ در شکل ۵، نشان داده شده است.

با توجه به جدول ۲ و شکل ۵ حجم رواناب مناطق همگن هیدرولوژیک ساختمان‌ها بیشتر از خیابان‌ها و بیشتر از پارک‌ها و



شکل ۴- پارک‌ها، فضای سبز و اراضی بایر منطقه مورد مطالعه
Fig 4. Parks and green spaces of the study area

شکل ۴ نقشه پارک‌ها، فضای سبز و اراضی بایر منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد و خصوصیات مورفولوژیکی و پارامترهای هیدرولوژیکی مدل در جدول (۱ و ۲) ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات مورفولوژیکی
Table 1. Morphological Characteristics

مقدار Amount	توضیحات Description	واحد The unit	علامت اختصاری Symbol
2.7	مساحت خیابان‌ها The area of the streets	Km ²	A _{str}
18.66	مساحت پارک‌ها و فضاهای سبز شهری و حوزه‌های بالادست The area of parks and the urban green spaces and the upstream areas	Km ²	A _{nat}
27.2	مساحت منازل مسکونی و ساختمان‌ها The area of residential houses and buildings	Km ²	A _{hou}
1.63	مساحت تاج پوشش درختان حاشیه خیابان‌ها The area of trees cover canopy on the Street side streets	Km ²	A _{tree.str}
8.54	مساحت تاج پوشش درختان پارک‌ها و فضاهای سبز شهری The area of trees cover canopy on the, parks and urban green spaces	Km ²	A _{tree.nat}
48.56	مساحت کل منطقه شهری و عبارت است از حاصل جمع مساحت سه نوع کاربری The area total sum of Urban district	Km ²	A _{Total}

جدول ۲- پارامترهای هیدرولوژیکی مدل

Table 2. Hydrological parameters of the Model

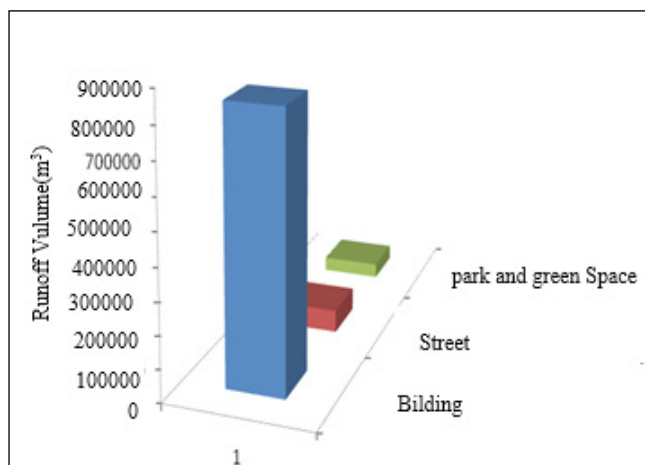
مقدار Amount	توضیحات Description	واحد The unit	علامت اختصاری Symbol
6.54	ارتفاع بارش تجمعی یک رویداد و یا بارش روزانه The cumulative rainfall height of an event or daily rainfall	mm	P
88998	حجم بارش رخ داده بر روی درختان حاشیه خیابان The volume of precipitation occurred on the street side trees	m ³	P _{tree.str}
466284	حجم بارش رخ داده بر روی درختان پارکها و فضاهای سبز شهری The volume of precipitation occurred on trees in parks and urban green spaces	m ³	P _{tree.nat}
711	حجم ساقاب حاصل از درختان حاشیه خیابان The stem flow Volume from the street side trees	m ³	O _{tree.str}
3730	حجم ساقاب حاصل از درختان پارکها و فضاهای سبز شهری The stem flow Volume from trees in parks and urban green spaces	m ³	O _{tree.nat}
8784	حجم گیرش گیاهی درختان حاشیه خیابان The Volume intercipation on the street side trees	m ³	I _{tree.str}
46022	حجم گیرش گیاهی درختان پارکها و فضاهای سبز شهری The Volume intercipation on trees in urban parks and green spaces	m ³	I _{tree.nat}
0.8	ساقاب درخت چنار The stem Flow of Chenar Tree	درصد percentage	S _f
87.9	گیرش گیاهی درخت چنار The Intercipation of Chenar Tree	درصد percentage	I _f
5.85	متوسط تبخیر روزانه The Average of daily evaporation	mm	E
9095	حجم تبخیر از درختان حاشیه خیابان The Evaporation volume from the street side trees	m ³	E _{v.tree.str}
47653	حجم تبخیر از درختان پارکها و فضاهای سبز شهری The Evaporation volume from trees in parks and urban green spaces	m ³	E _{v.tree.nat}
15795	حجم تبخیر از سطوح خیابان The Evaporation volume from street surfaces	m ³	E _{v.str}
109161	حجم تبخیر از سطوح پارکها و فضاهای سبز شهری The Evaporation volume from parks and urban green spaces surface	m ³	E _{v.nat}
159120	حجم تبخیر از سطوح پشت بامها The Evaporation volume from the roof surfaces	m ³	E _{v.hou}
0	مقدار حجمی آب ذخیره شده بر روی برگهای درختان حاشیه خیابان The Storage volume on the trees leaves in the street side trees	m ³	S _{tree.Str}
0	مقدار حجمی آب ذخیره شده بر روی برگهای درختان پارکها و فضاهای سبز شهری The Storage volume on the trees leaves in parks and urban green spaces	m ³	S _{tree.nat}
1.67	هدایت هیدرولیکی اشباع خاک Saturated hydraulic conductivity of soil	cm day	K _s
2.2	میزان نفوذ طی مدت بارش Infiltration rate during rainfall	mm	In
412386	میزان نفوذ حجمی طی مدت بارش The penetration volume during rainfall	m ³	Inf
4500	حجم ذخیره چالابی در سطح خیابان The storage volume in Street Surface	m ³	Q
115052	حجم رواناب ناشی از خیابانها با در نظر گرفتن ضریب رواناب ۰/۹ The Runoff Volume from Street with Runoff Coefficient 0.9	m ³	R _{str}
49800	حجم رواناب ناشی از پارکها و فضاهای سبز شهری ضریب رواناب ۰/۱ The Runoff volume from urban parks and green spaces with Runoff coefficient 0/1	m ³	R _{nat}
1193400	حجم رواناب ناشی از منازل مسکونی و ساختمانها با در نظر گرفتن ضریب رواناب ۰/۹ The Runoff volume from residential homes and buildings with a runoff coefficient 0.9.	m ³	R _{hou}
1499658	حجم رواناب کل رابطه بیلان هیدرولوژیک The Total runoff volume of the Hydrologic Water balance	m ³	R _{total}

فضاهای سبز می‌باشد.

بیان آب حوزه‌های بالادست منطقه ۹ شهرداری مشهد با استفاده از دابل‌رینگ

تعیین بیان آب حوزه‌های بالادست نیازمند این بود که مقدار متوسط نفوذ را در حوزه بالادست مشخص باشد، برای این منظور با استفاده از نقشه اجزای واحد اراضی شکل ۶، در منطقه مورد در هر جزء واحد اراضی یک نمونه دابل‌رینگ برداشت شد و تجزیه و تحلیل گردید.

شکل ۶، نقشه اجزای واحد اراضی منطقه مورد مطالعه بر اساس

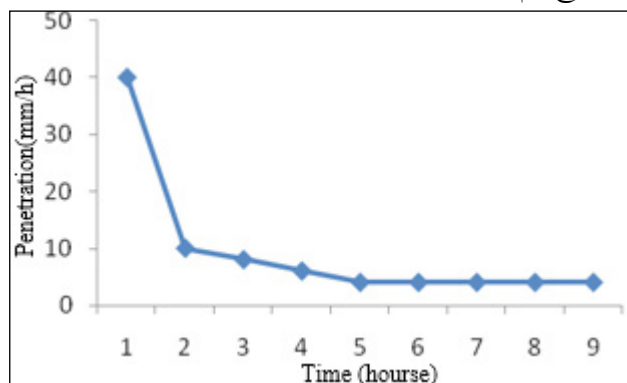


شکل ۵- حجم رواناب مناطق همگن

Fig 5. Runoff volume of homogeneous Regions

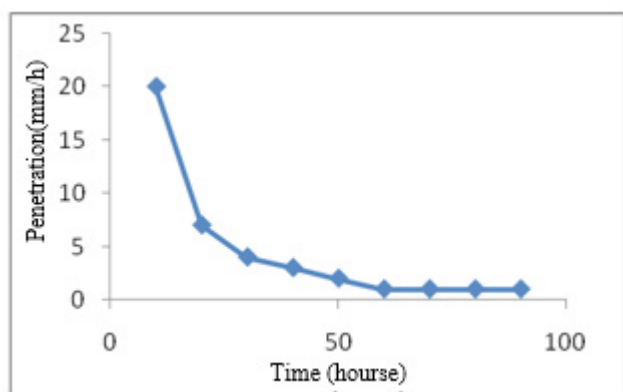
بافت خاک را همراه با کلاس ارزیابی آن نشان می‌دهد. و نمودار پارابولیک نفوذ به دست آمده برای هر جزء واحد اراضی، در اشکال ۷ تا ۱۰ نشان داده شده است.

با توجه به اشکال شماره ۷ تا ۱۰، در ابتدای بارندگی سرعت نفوذ بالاست چون نیروی موئینه و نیروی وزن با هم عمل می‌کنند، سپس به تدریج کم می‌شود تا به مقدار ثابتی برسد که در این حالت فقط



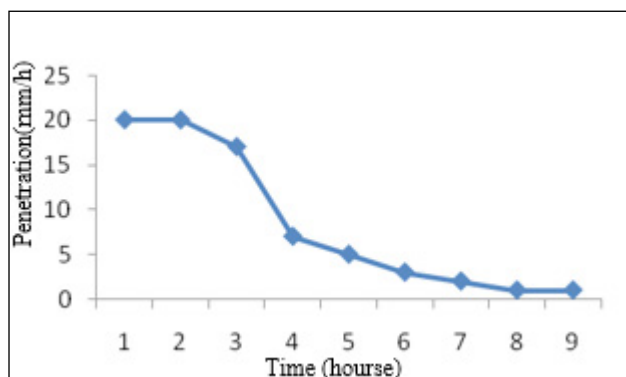
شکل ۷- نمودار پارابولیک نفوذ در اراضی شنی و قلوه سنگی

Fig7- penetration Parabolic Diagram in sandy and gravel lands



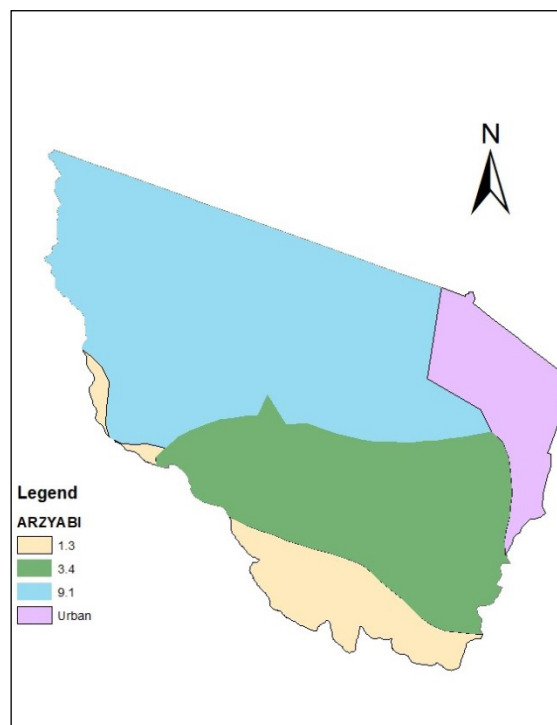
شکل ۸- نمودار پارابولیک نفوذ در اراضی لومی-رسی

Fig 8- penetration Parabolic Diagram in loamy clay soils



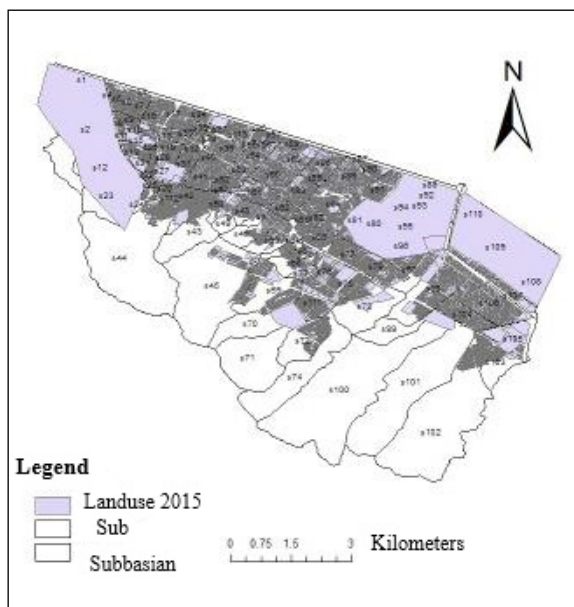
شکل ۹- نمودار پارابولیک نفوذ در اراضی رسی سخت

Fig 9 - penetration Parabolic Diagram in hard clay lands



شکل ۶- نقشه بافت و ارزیابی خاک منطقه ۹ شهرداری مشهد

Fig 6 .Texture map and soil evaluation of District 9 Mashhad City

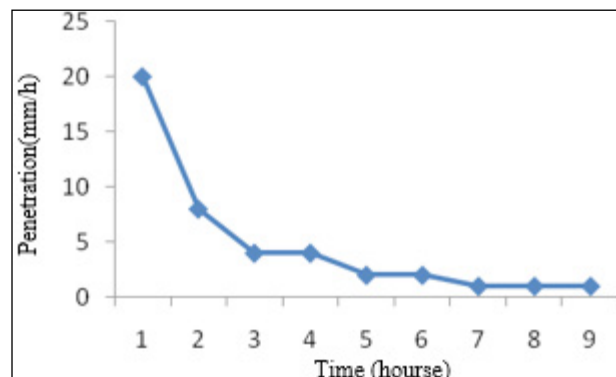


شکل ۱۱- نمایی از حوزه‌های بالادست منطقه

Fig 11. A view of the upstream Catchment of the Study area

یک چهارم مساحت کل منطقه نه را دارا می‌باشند در یک واقعه بارندگی میزان روانابی در حدود ۰/۲ منطقه نه را دارا می‌باشد که نشان دهنده میزان بالای نفوذ در این منطقه است. و این نتیجه را در بر دارد که در مناطق شهری با افزایش ساخت و ساز میزان رواناب افزایش می‌یابد.

در نهایت ضریب رواناب اصلاحی برای مناطق همگن به دست آمد که با توجه به ضریب رواناب جدول چاو برای دوره بازگشت واقعه بارندگی مدنظر (دوره بازگشت ۲ ساله) دارای صحت قابل قبول می‌باشد و نتایج در جدول ۵ ارائه شده است.



شکل ۱۰- نمودار پارابولیک نفوذ در اراضی رسی سیلتی
soils Fig 10. penetration Parabolic Diagram in silty clay

نیروی وزن اثر می‌کند و هم‌چنین سرعت نفوذ در مناطق با بافت شنی و قلوه سنگی تقریباً دو برابر سرعت نفوذ در مناطق با بافت خاک لومی-رسی، رسی و رسی سیلتی می‌باشد.

بعد از برآورد متوسط نفوذ طبق جدول ۵ بر اساس مساحت حوزه‌های آبخیز بالادست با توجه به شکل ۱۱ که بر اساس کاربری سال ۱۳۹۵ تقریباً برابر ۱۲ کیلومتر مربع می‌باشد، بیلان آبی به دست آمد.

همان‌طور که در شکل ۱۱ هم مشخص است، تعداد هشت حوزه با مساحت ۱۲ کیلومتر مربع در بالادست منطقه شهری قرار دارد. و هم‌چنین میزان متوسط نفوذ با استفاده از دابل رینگ ۲۴/۷۲ میلی‌متر در ساعت به دست آمده است.

با توجه به نتایج جدول ۴ حجم رواناب حوزه‌های بالادست در شکل ۱۲ نشان داده شده است.

با توجه به جدول در حوزه‌های بالادست که مساحتی در حدود

جدول ۳- اندازه‌گیری نفوذ با استفاده از فرمول هورتون در هر جزء کاربری و محاسبه متوسط نفوذ به روش میانگین وزنی بر حسب هکتار

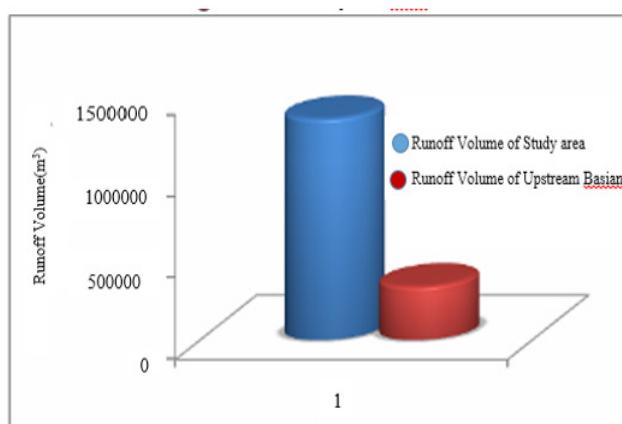
Table 3. Infiltration measurements using the Horton formula in each component of Landuse and calculating the penetration average by the weighted average in hectare

نمونه Sample	نفوذ (میلی‌متر در ساعت) Penetration (mm/hr)	مساحت (کیلومتر مربع) Area (km ²)	بافت خاک Soil texture	ارزیابی Evaluation	نفوذ حجمی Volumetric influence
نمونه یک Sample1	39.56	3	شنی-قلوه سنگی Sandy-Gravel	9.1	118.68
نمونه سه Sample3	19.78	4	رسی Clay	1.3	79.12
نمونه ۴ Sample4	19.78	5	لومی - رسی Loam-clay	3.4	98.9
نمونه ۲ Sample2	19.78	0.009	لوم - سیلتی Loam-Silty	2.2	0.178
نفوذ کل Total influence		12.009			296.87
			متوسط نفوذ به روش وزنی Weighted penetration average		24.72

جدول ۴- محاسبه بیلان آب حوزه‌های بالادست با استفاده از دابل رینگ

Table 4. Water balance Calculating of the upstream Basian using double-rings

منطقه نه	پارامترهای اندازه‌گیری شده " Measured parameters "
12.009	مساحت حوزه‌های آبخیز بالادست (Km ²) " (Km ²) The upstream Basian area
54.6	ارتفاع بارش تجمعی یک رویداد و یا بارش روزانه (mm) The Cumulative rainfall height of an event or daily rainfall
655691	حجم بارش رخ داده حوزه‌های بالادست (m ³). The Upstream basian Precipitation Volume
5.85	متوسط تبخیر روزانه (mm) " (mm) daily evaporation Average
70252	حجم تبخیر حوزه‌های بالادست " The evaporation Volume of upstream areas
24.72	میزان نفوذ (میلی متر) " Penetration Rate (mm)
296655	حجم نفوذ حوزه‌های بالادست " The infiltration Volume of upstream areas
268969	حجم رواناب کل (m ³) " (Total Runoff Volume)



شکل ۱۲- حجم رواناب حوزه‌های بالادست و منطقه مطالعاتی (مترمکعب)

Fig 12. Runoff volume of upstream Basian and Study areas (m³)

جدول ۵- محاسبه ضریب رواناب اصلاحی برای مناطق همگن

Table 5. Calculating of The Runoff coefficient for homogeneous regions

ضریب رواناب اصلاحی Correction runoff coefficient	مناطق همگن Homogeneous regions
0.8	ساختمان‌ها و منازل مسکونی " Bilding "
0.78	خیابان‌ها " Street "
0.048	پارک و فضای سبز با استفاده از روش بیلان هیدرولوژیکی Park and green space to use Methode Hydrologicac water balance
0.38	حوزه‌های بالادست، Upstream Basian

رواناب حوزه‌های بالادست که یک چهارم مساحت منطقه نه را شامل می‌شود، حدود ۳۸ درصد رواناب کل منطقه نه را شامل می‌شود که نشان می‌دهد در بالادست منطقه علی‌رغم شیب زیاد، میزان نفوذ بالا است. همچنین اندازه‌گیری‌های صورت گرفته با دابل رینگ نشان داد

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده برای بیلان آبی مناطق همگن نشان داد که میزان رواناب در سطوح همگن ساختمان‌ها بیشتر از خیابان‌ها و بیشتر از پارک‌ها و فضاهای نفوذپذیر می‌باشد. همچنین میزان

7. Hojjati Marvast, A. 2012. A water balance model for evaluation of urban run-off in a part of Tehran. Thesis submitted for the degree of M.Sc. Yazd University Department of Natural Resources Management and Desert Knowledge. pp61. (In Persian).

8. Nairizi, S., Davtalab, Gh. and Zaree, M. 2015. Green Water Impacts on Forage Production in Iran

9. Rezayi, F., Bahremand, A., Shaikh, V.B., Dasturani, M.T. and Tajbakhsh, M. 2018. The Role of Rainbow water Components in precipitation, 6th National Conference on Rainwater Surface Systems, Isfahan, Islamic Azad University of Khomeini city. (In Persian).

10. Rodriguez, F., Andrieu, H. and Creutin, J.D. 2003. Surface runoff in urban catchments: morphological identification of unit hydrographs from urban data banks. *Journal of Hydrology* 283 (1-4), 146-168.

11. Rodriguez, F., Andrieu, H., Morena, F. 2008. A Distributed hydrological model for urbanized areas - Model development and application to case studies. *Journal of Hydrology*. 351, 268-287.

12. Seth, I., Soonthornnonda, P. and Christensen, E.R. 2006. Use of GIS in Urban Storm-Water Modeling, *Journal of Environmental Engineering*. 1550-1552.

13. Thompson, J. R., Kolka, R. K. and Franz Stewart, K. J. 2013. Using the Storm Water Management Model to predict urban headwater stream hydrological response to climate and land cover change. *Hydrology and Earth System Sciences. Journal of European Geosciences union*.

14. Motovilov, Y.G., Gottschalk, L., Engeland, K. and Rodhe, A. 1999. Validation of a distributed hydrological model against spatial observations. *Agricultural and Forest Meteorology* 98-99 (1999), 257-277.

که میزان نفوذ در اراضی با بافت شنی و قلوه سنگی دوبرابر میزان نفوذ در اراضی با بافت لومی-رسی، رس-سیلتی و رسی می‌باشد و همچنین ضریب رواناب اصلاحی برای مناطق همگن هیدرولوژیک برآورد گردید که نتایج برآورد شده، نشان داد که ضریب رواناب اصلاحی برای مناطق همگن ساختمان‌ها و منازل مسکونی ۸۰ درصد و برای مناطق همگن خیابان‌ها ۷۸ درصد و برای مناطق همگن پارک و فضای سبز با استفاده از روش بیلان هیدرولوژیک چهار درصد به دست آمد. که با توجه به ضریب رواناب جدول چاو برای دوره بازگشت‌های مختلف دارای دقت قابل قبول می‌باشد.

منابع

1. Ali Bakhshi, Sh., Fazavail, R. and TabarAhmadi, M. 2006. Flood management in urban catchments using a computer simulation. (Case study: District 22 of Tehran). The second conference on water resources management. (In Persian).

2. Ashori, M., Arhami, M. and Mohamadpour, A. 2009. Study of urban development effects on the flood zone increasing and its dangers. (Case study: a part of the Catchment area of the Darabad river north of Tehran). National Conference Fifth on Watershed Management and Engineering Sciences of Iran. (In Persian).

3. Berthier, E., Andrieu, H. and Creutin, J.D. 2004. The Role of soil in the generation of urban runoff: Development and evaluation of a 2D model. *Journal of Hydrology* 299 (3-4), 252-266.

4. British Columbia Ministry of Water, Land & Air protection. 2002: Stormwater planning Guidebook for British Columbia. BC MWLAP, Vancouver, Canada.

5. Choi, K.S., Ball, J.E. 2002. Parameter estimation for urban runoff modelling. *Urban Water* 4:31-41. (In Persian).

6. Dongquan, Z., Jining, C., Haozheng, W., Qingyuan, T., Shangbing, C. and Zheng, S. 2009. GIS-based urban rainfall-runoff modeling using an automatic catchment discretization approach: a case study in Macau. *Environ Earth Sci*, 59:465-472.

Estimation of Correction Runoff Coefficient for Hydrological Homogeneous Areas District 9 of Mashhad Municipality Using Water Balance Formulation

F. Rezayi¹, A. Bahremand², V. Shaikh³, M. Dasturani⁴ and M. Tajbakhsh⁵

Received: 22-06-2019

Accepted: 06-02-2020

Abstract

Therefore, in order to solve the flood damage and flooding problems, as well as adopting appropriate guidance methods to use of urban runoff and implementation of the correct water principles in urban watershed management, first, it is necessary to adopt appropriate methods to study the rain water cycle and the production runoff volum of precipitation events in urban areas. It should be noted that the rain water cycle in urban areas in this research was investigated using the water balance formula in district 9 of Mashhad city. Results showed that the delineation of watershed border is the first important issue in the hydrologic modeling of urban catchments which plays an important role in determining the total runoff volume generated from hydrologic homogeneous units. The results showed that runoff volume of buildings Homogeneous units is more than streets and more than green spaces. The runoff volume values of hydrological water balance methods both were estimated to be almost identical. Finally, the correction runoff coefficient was estimated for hydrologic homogeneous areas. results showed that the correction runoff coefficient for the residential buildings homogeneous areas was estimated 80 of percent. And for street homogeneous areas was estimated 78 of percent and for homogeneous areas of the park and green space using the hydrological balance method Obtained 0.048 of percent.

Keywords: *The runoff of volume, Urban hydrologic units, Water balance*

-
1. Graduate of Watershed Science and Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Golestan Province
 2. Corresponding Author and Associate Professor, Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University of Golestan Province, Email : Abdolreza.bahremand@yahoo.com
 3. Associate Professor, Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University of Golestan Province
 4. Professor, Mashhad Ferdosi University, Khorasan Razavi Province,
 5. Associate Professor, Birgand University of South Khorasan Province