علوم و مهندسی آبیاری
جلد ۴۰، شماره‌ی۲، تابستان ۹۶، ص. ۱۱۷-۱۰۳

Irrigation Sciences and Engineering
Vol.40, No. 2, Summer 2017, p. 103-117

تحلیل فرایند بارش- رواناب به منظور طراحی مخازن جمع آوری آب های سطحی برای توسعه فضای سبز شهری(مطالعه موردی: شهر تبریز)

پریسا صلواتی[1*]، احمد فاخری فرد[2]، اسماعیل اسدی[3] و سهیل اسدی[4]

۱*- نویسنده مسئول، دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته مهندسی منابع آب دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز salavatip@yahoo.com
۲- استاد رشته مهندسی منابع آب دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.
۳- استادیار رشته مهندسی منابع آب دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.
۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته GIS دانشگاه علوم و تحقیقات تهران.

تاریخ دریافت: ۹۳/۳/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۱۰

چکیده

روش های استحصال آب باران از جمله روش های مدیریتی به منظور مقابله و سازگاری با شرایط کم آبی است. مبنای این روش ها، اختصاص سطوحی از زمین به منظور جمع آوری نزولات، ذخیره سازی و استفاده مجدد از آن ها برای اهداف طراحی در زمان مورد نیاز می باشد. ضرورت اصلی از اجرای این طرح، این است که در هر بارش نسبتاً شدیدی، شاهد هستیم که گرفتگی معابر و اختلال در خدمات شهری و خسارت به خانه ها اتفاق می افتد که لازم است کلان شهری مثل تبریز به سیستمی مجهز باشد که خسارت های ناشی از هرگونه سیلاب را به حداقل برساند و همچنین بتواند از این آب های جاری، حداکثر بهره را ببرد. در پژوهش حاضر، به منظور افزایش دقت در استفاده از روش های برآورد رواناب، ارتباط با رودخانه میانی شهر و کاهش هزینه های انتقال، منطقه مورد مطالعه به چهار زیر حوضه تقسیم گردید. رواناب حاصل از سطوح، با روش سازمان حفاظت خاک آمریکا[1] محاسبه گردید. حجم مخازن طراحی با روش تحلیل فراوانی به ازای فصول مختلف و با دوره بازگشت های مختلف تعیین گردید. مقایسه نیاز آبی ماهانه فضای سبز شهر تبریز با بارش، نشان می داد که مخازن طراحی شده قادرند حدود ۴۸ درصد از نیاز فضای سبز را تأمین کنند و باقی این نیاز می تواند از طریق آب های زیر زمینی و آب های ورودی به شهر تأمین شود.

کلید واژه‌ها: استحصال آب باران، تحلیل فراوانی، رواناب شهری، مخازن جمع آوری.

Rain-runoff Frequency Analysis for Designing Reservoirs in order to Collect Surface Water for the Development of Urban Green Space (Case Study: city of Tabriz)

P. Salavati[1*], A. Fakheri fard[2], A. Asadi[3] and S.Asadi[4]

1*- Corresponding Author, Graduated from the Water Resources Engineering Department of the Faculty of Agriculture, Tabriz University
2- Professor of Water Resources Engineering, Faculty of Agriculture, Tabriz University.
3- Assistant Professor of Water Resources Engineering, Faculty of Agriculture, Tabriz University.
4- Graduated from GIS University of Science and Research.

Received:7 June 2014 Accepted: 29 February 2016

Abstract

Rain water harvesting methods is the include of management methods in order to encounter and compatibility with the conditions of the lack of water. Base of these methods, is allocating surfaces of the earth in order to collecting, storing and reusing rain water for designing goals at the times needed. The necessity of the implementation of the plan is that We're seeing that in any

1- SCS (soil conservation service)

relatively intense rainfall occurs, The Eclipse occurs on roads and utilities and the damage to the House, that is required to a big city like Tabriz to have a macro system to reduce any damages caused by the floods and also be able to take maximum advantage of this current of water. In present research, In order to increase accuracy in using the methods of estimating runoff, facilitate the access and reduce the cost of transferring, the study area was divided to 4 sub drainage basin. Runoff derived of the four zones was computed with the SCS method. The volume of the reservoirs were designed with the use of the method of runoff frequency analysis for different seasons and with different return periods. Comparing green landscape monthly water requirement with rain water of Tabriz, clears that reservoirs are able to provide about 48 percent of the need for green landscape and the rest of the need, can be provided through the underground water and the incoming water supply to the city.

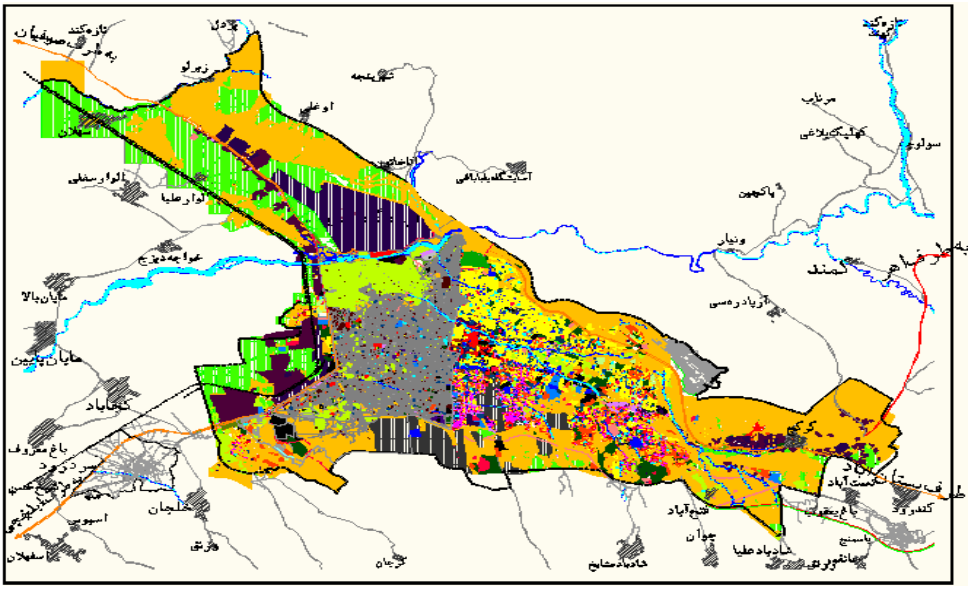
Keywords: Rain water harvesting, Frequency analysis, Urban runoff, Collecting reservoirs.

مقدمه

همگام با رشد جمعیت و شهرنشینی و محدودیت منابع آب، جستجو برای راه های نوین برای باز تولید آب ادامه دارد در امتداد این روند وارد کردن حجم بزرگی از آب به مناطق شهری برای استفاده های مختلف و خارج کردن حجم بزرگ تری به عنوان رواناب شهری همواره مورد سؤال بوده است. اگر رواناب شهری به جای در نظر گرفته شدن به عنوان فاضلاب، به عنوان یک منبع آب در نظر گرفته شود می تواند منشأ فواید بسیاری گردد (موسوی نژاد، ۱۳۹۰). این مسئله حجم مورد نیاز برای آب آبیاری را که یک محصول وارداتی به مناطق شهری است، به طور قابل توجهی کاهش خواهد داد. از آنجا که بارندگی حتی به مقدار کم تقریباً در همه جا اتفاق می افتد، قبل از اینکه به شکل تبخیر و سیلاب از دسترس خارج شود و یا در مسیر جریان خود دچار آلودگی گردد، به کمک روش های ذخیره باران، می تواند جمع آوری، هدایت، ذخیره و مورد استفاده قرار گیرد. با این روش می توان صرف نظر از وجود سایر منابع آبی یا دوری و نزدیکی به این منابع، آب مورد نیاز برای مصارف شرب،کشاورزی و صنعت را در نزدیکی همان مجموعه تأمین نمود و از طرف دیگر با مطالعه سیلاب های شهری و جمع آوری آن از خسارات احتمالی جلوگیری خواهد شد(بی نام، ۱۳۷۱).

اهمیت موضوع استحصال آب باران سبب شده است که در بسیاری از کشورها از جمله ژاپن و فرانسه، تأسیساتی مدرن در این زمینه به وجود آید. نمسینوویز[1](۱۹۹۹)، مدیریت و استفاده بهینه از رواناب شهری به عنوان آب آبیاری را در سوئد بررسی کرد. او از روش‌های مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی[2] برای استفاده از رواناب به عنوان آب آبیاری در داخل شهرها و نیز تغذیه آبخوان های حوضه شهرها استفاده کرد. ویلاریال و دیکسون[3] (۲۰۰۴)، مدیریت سیستم جمع آوری آب باران در یک منطقه مسکونی در نورکوپینگ[4] سوئد را بررسی کردند. آن ها حسگرهایی در سیستم جمع آوری آب آن منطقه نصب کردند و بر اساس مدل های کامپیوتری، حجم مناسب یک مخزن ذخیره ای آب را مورد بررسی قرار دادند. گوبل و همکاران[5](۲۰۰۶)معیارهای مناسب بودن خاک، مناسب بودن شیب و کاربری اراضی رادر انتخاب مکان های مناسب استحصال آب باران در نظر گرفتند. همچنین آن ها عنوان کردند که مکان های هدایت رواناب باید کمتر در معرض خاک های حاوی فلزات سنگین و مواد آلوده کننده قرار گیرد. فتحی و سلاجقه (۱۳۸۸)، پارامترهای مؤثر در مکان یابی احداث مخازن را بررسی کردندو به این نتیجه رسیدند که فاکتورهای احداث مخازن بایستی به طور دقیق مورد بررسی قرار گیرد زیرا در غیر این صورت باعث هدر رفت هزینه ها می شوند. حبیب آبادی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی مناطق مستعد جمع آوری آب باران را در استان تهران با توجه به معیارهای محیطی و اقتصادی، مکان یابی کردند. تاج بخش و خداشناس(۱۳۸۶)، روش های جدید کنترل سیلاب مانند ایجاد حوضچه های ذخیره و یا ابزارهای نفوذ را مورد بررسی قرار دادند. در تحقیقی که مهدوی و همکاران(۱۳۸۹) انجام دادند، نشان داد که افزایش سطوح نفوذ ناپذیر در شهرها به دلیل توسعه، باعث کاهش مقدار نفوذ پذیری شده و چون اغلب حوضه‌های آبریز شهری فاقد ایستگاه هیدرومتری هستند، تعیین پاسخ هیدرولوژیکی این حوضه ها با توجه به پیچیدگی سیستم زهکشی امری ضروری است. دستورانی (۱۳۹۱)، امکان استفاده از جاده ها و بزرگراه ها به عنوان سطوح عایق برای جمع آوری آب را بررسی کرد و به این نتیجه رسید که می توان با هدایت آب جمع آوری شده از سطح بزرگراه ها به مزارع اطراف، برای ایجاد درخت کاری و فضای سبز، به مقدار زیادی در استفاده از آب صرفه جویی کرد. اسماعیلی و دری (۱۳۹۴)، تاثیر جداسازی آب شرب از آب مصرفی فضای سبز در میزان کاهش مصرف آب و کاهش هزینه ها ی شهرداری را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که با اجرای این طرح در شهر قاین در مصرف آب حدود ۵۰ درصد صرفه جویی شد و از نظر هزینه، تنها در سه سال اول اجرای طرح(۹۰- ۱۳۸۸) حدود ۲۲۹۸ میلیون ریال صرفه جویی صورت گرفته است.

1- Niemczynowicz
2- GIS (geographic information systems)
3- Villarreal and Dixon
4- Norrköping
5- Göbel *et al.*



شکل۱- نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه



شکل۲- نقشه ناحیه بندی شهر و موقعیت ایستگاه ها

با توجه به اهمیت موضوع و نیز مسأله کمبود آب در کشور و با توجه به مزایایی که روش های بهره برداری از آب باران به همراه خواهد داشت، تأمین بخش قابل توجهی از آب مورد نیاز برای فضاهای سبز از رواناب ها، حفظ منابع آب شرب شهری، هدایت رواناب ها و کاهش اثرات مخرب آن ها بر فضاهای شهری و ذخیره هزینه هایی که سالانه صرف تصفیه بخشی از آب‌های شربی می شود که در فضای سبز استفاده می گردد، از جمله اهداف پژوهش حاضر می باشند.

مواد و روش‌ها

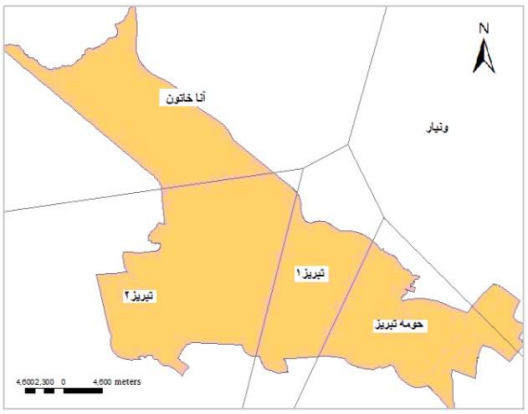
مشخصات منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه و ۶ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۶ دقیقه و ۹ ثانیه شمالی، شهر تبریز است. ارتفاع شهر ۱۳۶۶ متر واقع شده و شیب عمومی زمین‌های شهر، به سمت مرکز و سپس به سمت غرب می‌باشد. متوسط بارش ماهانه منطقه مورد مطالعه ۲۱/۱۷۳ میلی متر و متوسط دمای حداقل ماهانه ومتوسط دمای حداکثر ماهانه به ترتیب ۷/۰۹ و ۱۸/۰۴ درجه سانتی گراد می باشد. تبریز منطقه ای سردسیر و کوهستانی است و از لحاظ تقسیم بندی‌های اقلیمی جزو مناطق نیمه‌خشک به حساب می‌آید. شکل (۱) موقعیت شهر تبریز را با توجه به روستاها و شهرهای اطراف نشان می دهد. در این تحقیق آمار بارش ماهانه پنج ایستگاه"تبریز یک، تبریز دو، حومه تبریز، آناخاتون و ونیار" در طول دوره آماری۱۳۳۰ تا ۱۳۸۹ مورد استفاده قرار گرفته است و به منظور ارزیابی هرچه دقیق تر فرایند بارش- رواناب شهر تبریز بر اساس معیارهای وسعت شهر، دسترسی به کاربری های اصلی، ارتباط با رودخانه اصلی، سهولت توزیع آب در سطح شهر، کنترل بهتر سیلاب و کاهش هزینه های انتقال آب با استفاده از ابزارهای تحلیلی نرم افزار ARCGIS به چهار بخش تقسیم شد(شکل ۲). در شکل (۳) برای تعمیم داده های نقطه ای ایستگاه‌های اصلی باران سنجی به کل مساحت شهر، با استفاده از روش چند ضلعی های تیسن[1] در GIS، ناحیه بندی ایستگاه ها انجام شد.

1- Thiessen polygons

جدول۱- پارامترهای آماری بارش متوسط ماهانه (برحسب میلی متر)

		مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
بخش یک	واریانس	۲۱۳/۸۱	۳۰۶/۷۱	۱۹۵/۶۶	۳۱/۰۱	۱۳۵/۳۹	۲۶۲/۱۸	۳۸۰/۲۷	۳۸۷/۶۴	۲۴۴/۲۰	۷۱/۷۳	۶۴/۷۷	۹۴/۸۲
	انحراف معیار	۱۴/۶۲	۱۷/۵۱	۱۳/۹۸	۱۱/۴۴	۱۱/۶۳	۱۶/۱۹	۱۹/۵	۱۹/۶۸	۱۵/۶۲	۸/۴۶	۸/۰۴	۹/۷۳
	رژیم ماهانه	۱۷/۶۹	۲۸/۸۸	۲۳	۲۰/۸۲	۲۳/۶۱	۳۲/۹۵	۴۱/۷۳	۴۲/۲۲	۲۳/۱۴	۱۰/۴۸	۸/۷۶	۱۰/۵۱
		مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
بخش دو	واریانس	۳۹۱/۰۶	۵۰۹/۹۵	۳۳۹/۳۵	۱۹۸/۰۹	۱۹۷/۳۴	۵۷۶/۹۱	۹۶۷/۶۶	۷۰۷/۲۷	۴۷۷/۲۵	۹۰/۴۵	۳۶/۸۴	۹۳/۸۱
	انحراف معیار	۱۹/۷۷	۲۲/۵۸	۱۸/۴۲	۱۴/۰۷	۱۴/۰۴	۲۴/۰۱	۳۱/۱۰	۲۶/۵۹	۲۱/۸۴	۹/۵۱	۶/۰۶	۹/۶۸
	رژیم ماهانه	۱۵/۱۶	۲۸/۷۸	۲۳/۰۶	۲۰	۲۲/۶۷	۳۶/۲۳	۴۸/۸۸	۴۸/۸۷	۲۴/۵۷	۶/۶۲	۳/۵۸	۶/۴۹
		مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
بخش سه	واریانس	۱۷۴/۲۵	۲۵۹/۳۳	۱۱۸/۵۸	۷۴/۶۷	۱۲۸/۳۱	۱۸۶/۴۸	۲۵۷/۵۹	۵۰۵/۱	۱۷۲/۳۳	۳۴/۲۷	۱۷/۸۷	۴۵/۱
	انحراف معیار	۱۳/۲	۱۶/۱	۱۰/۸۸	۸/۶۴	۱۱/۳۲	۱۳/۶۵	۱۶/۰۴	۲۲/۴۷	۱۳/۱۲	۵/۸۵	۴/۲۲	۶/۷۱
	رژیم ماهانه	۱۴/۶۶	۲۳	۱۹/۹۲	۱۵/۱	۱۹	۲۳/۷۷	۳۳/۷۲	۳۹/۴۸	۱۷/۶۵	۷/۱۶	۵/۹۶	۷/۶۳
		مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
بخش چهار	واریانس	۱۵۳/۰۲	۲۳۳/۷۷	۱۳۳/۳۹	۸۷/۳۸	۱۱۸/۶۱	۱۶۴/۱۲	۲۵۰/۷۸	۴۲۷/۵۸	۱۵۳/۹۲	۴۲/۱۲	۲۰/۳۱	۴۱/۰۳
	انحراف معیار	۱۲/۳۷	۱۵/۲۸	۱۱/۵۴	۹/۳۴	۱۰/۸۹	۱۲/۸۱	۱۵/۸۳	۲۰/۶۷	۱۲/۴	۶/۴۹	۴/۵	۶/۴
	رژیم ماهانه	۱۴/۹	۲۳/۱۱	۲۰/۸۴	۱۵/۶۴	۱۸/۹۳	۲۳/۷۵	۳۳/۵۶	۳۸/۲۸	۱۷/۲۸	۸/۱۶	۶/۷۴	۸/۰۵



شکل۳- نقشه بخش بندی شهر تبریز

جدول۲- طبقه بندی خاک حوضه بر حسب نفوذپذیری

گروه	حداقل نفوذپذیری (میلی متر در ساعت)
A	۷/۵ -۱۱/۵
B	۳/۸ -۷/۵
C	۱/۳ -۳/۸
D	۰ -۱/۳

در جدول (۱) برای داده‌های بارندگی هر بخش پارامترهای آماری واریانس، انحراف معیار و رژیم ماهیانه محاسبه شد و از این داده ها برای مدل بندی های بعدی در نرم افزار متلب استفاده می شود. حجم بارش های ناحیه بندی شده هر بخش با استفاده از روش منحنی های تیسن و رابطه (۱) محاسبه گردید:

$$\frac{\sum_{i=1}^{n} P_i.A_i}{\sum_{i=1}^{n} Ai} \qquad (۱)$$

در این رابطه، P_i بارش مربوط به ایستگاه i ام و A_i مساحتی از هر بخش که توسط آن ایستگاه مطالعه می شود را نشان می‌دهد.

با استفاده از آمار بارش ماهانه و نقشه های کاربری اراضی، مقادیر رواناب هر بخش، به روش مورد استفاده در سازمان حفاظت خاک آمریکا و با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \qquad (۲)$$

در این رابطه مقدار S[1] ، حداکثر قابلیت نگهداشت سطحی بعد از شروع رواناب است که بر حسب اینچ محاسبه می شود.

CN[2] ، مقدار شماره منحنی است که بستگی به کاربری اراضی دارد و با استفاده از اطلاعات جدول (۲) و با توجه به وضعیت رطوبتی حوضه و رده بندی خاک آن تعیین می شود. از نظر قابلیت نفوذپذیری، وضعیت خاک حوضه در دو گروه نسبتاً نفوذپذیر (B) و دارای مواد ارگانیک (C)طبقه بندی شد. با توجه به نقشه کاربری اراضی، منطقه مورد مطالعه به سه گروه پوشش خاکی، پوشش آسفالت و پوشش گیاهی تقسیم گردیده وسپس مقدار CN مشخص گردید.

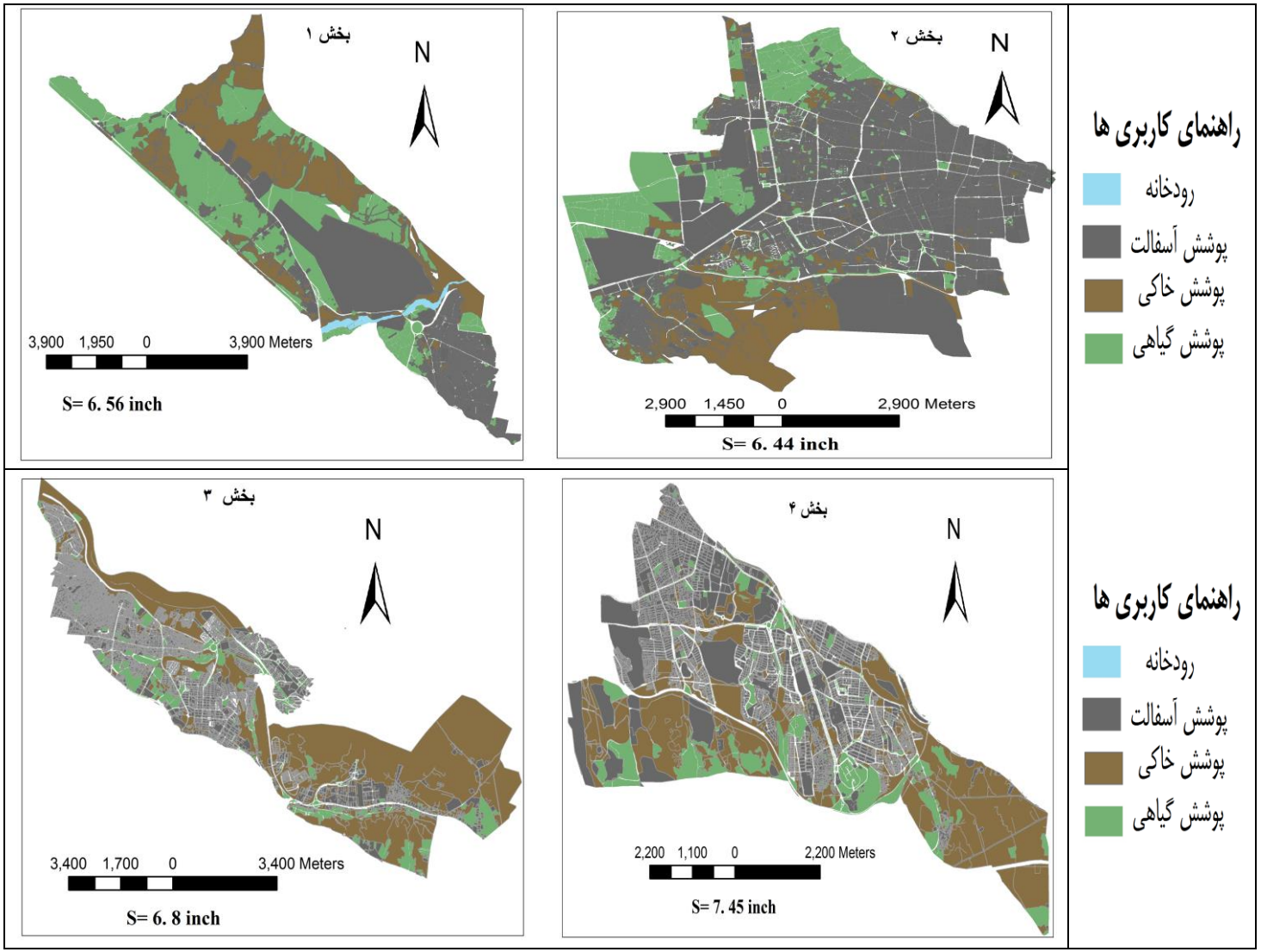
پس از تعیین ضرایب CN و S مقدار رواناب طبق رابطه زیر حساب شده است:

$$Q = \frac{(P-0.2S)^2}{P+0.8S} \qquad (۳)$$

در این رابطه، Q ارتفاع رواناب حاصله، P مقدار بارش و S ضریب نگه داشت سطحی است (در این تحقیق، فقط فضاهایی در محاسبات مربوط به ایجاد رواناب در نظر گرفته شده اند که امکان ورود رواناب آن ها به خیابان ها و فضاهای باز شهری وجود دارد). اطلاعات کاربری اراضی و وضعیت زمین با استفاده از تصاویر ماهواره ای و اطلاعات مکانی نرم افزارArcGIS (شامل نوع، موقعیت و مساحت کاربری های سطح شهر) تهیه شده است. در شکل (۴)، براساس اطلاعات نرم افزار GIS، سطوح مربوط به کاربری ها در هر بخش تعیین شده است.

1- Maximum potential of retention after runoff starts

2- Runoff Curve number



شکل ٤- نقشه های کاربری اراضی محدوده شهر تبریز

در جدول(۳) با استفاده از امکانات نرم افزار GIS مساحت مربوط به پوشش گیاهی، پوشش خاکی و پوشش آسفالت درهریک از بخش‌ها محاسبه شد که نقشه مربوط آن در شکل(۵) آمده است و سپس بر اساس این مساحت های به دست آمده و با استفاده از رابطه (۲) و جدول(۲)، مقدار شماره منحنی و ضریب نگه داشت سطحی برای هر بخش به صورت جدول (۴) به‌دست آمد.

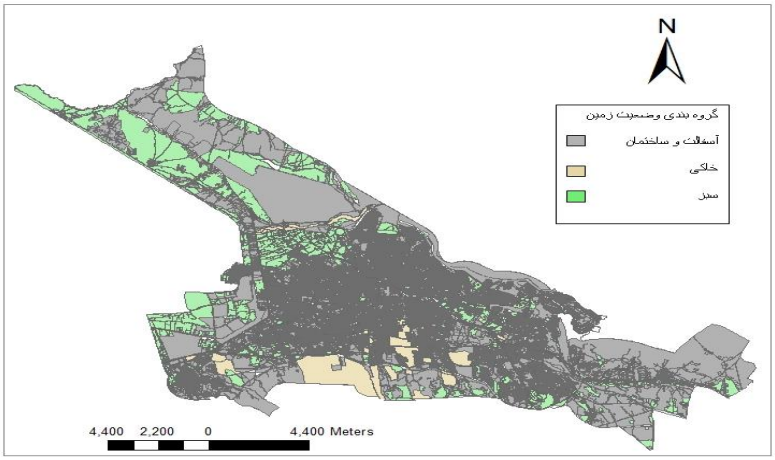
با توجه به جدول(۴)، مقدارشماره منحنی در هر منطقه، با توجه به وضعیت خاک و رطوبت آن در فصل‌های مختلف مقدار متفاوتی به دست آمد که باعث شد ضریب نگهداشت سطحی در فصل های مختلف متفاوت باشد که در پایان از این مقادیر، برای هر بخش، میانگین گرفته شده و محاسبات براساس آن انجام شد.

جدول۳- مساحت مربوط به کاربری های هر بخش

بخش	مساحت پوشش گیاهی(کیلومتر مربع)	مساحت پوشش خاکی(کیلومتر مربع)	مساحت پوشش آسفالت(کیلومتر مربع)
۱	۱۲۶/۵۰۲۵۷	۳۳۸/۰۵۰۰۷	۶۸۸/۱۹۰۸۹
۲	۱۶۲/۲۷۱۹۴	۳۴۳/۵۵۹۹۸	۱۸۲۷/۷۵۳۸
۳	۱۶۸/۱۶۶۶۱	۴۲۶/۶۷۳۹۵	۱۳۷۴/۶۳۵۹
۴	۱۱۷/۳۰۴۲۶	۴۲۰/۴۶۴۲۶	۶۶۴/۴۴۲۰۵

جدول ٤- جدول مقدار متوسط شماره منحنی و ضریب نگه داشت سطحی

بخش یک	متوسط شماره منحنی بهار	متوسط شماره منحنی تابستان	متوسط شماره منحنی پاییز	متوسط شماره منحنی زمستان
	۸۱/۱	۸۱/۱	۸۱/۱۹	۸۱/۲
	ضریب نگه داشت سطحی	ضریب نگه داشت سطحی	ضریب نگه داشت سطحی	ضریب نگه داشت سطحی
	۵/۸۳	۵/۸۳	۵/۷۹	۵/۷۸
بخش دو	متوسط شماره منحنی بهار	متوسط شماره منحنی تابستان	متوسط شماره منحنی پاییز	متوسط شماره منحنی زمستان
	۸۰/۹۵	۸۰/۹۵	۸۱/۲۲	۸۱/۲۶
	ضریب نگه داشت سطحی	ضریب نگه داشت سطحی	ضریب نگه داشت سطحی	ضریب نگه داشت سطحی
	۵/۸۸	۵/۸۸	۵/۷۷	۵/۷۶
بخش سه	متوسط شماره منحنی بهار	متوسط شماره منحنی تابستان	متوسط شماره منحنی پاییز	متوسط شماره منحنی زمستان
	۸۰/۷۹	۸۰/۷۹	۸۰/۹۷	۸۱
	ضریب نگه داشت سطحی	ضریب نگه داشت سطحی	ضریب نگه داشت سطحی	ضریب نگه داشت سطحی
	۵/۹۴	۵/۹۴	۵/۸۷	۵/۸۶
بخش چهار	متوسط شماره منحنی بهار	متوسط شماره منحنی تابستان	متوسط شماره منحنی پاییز	متوسط شماره منحنی زمستان
	۸۱/۸۹	۸۱/۸۹	۸۲/۷	۸۲/۸۱
	ضریب نگه داشت سطحی	ضریب نگه داشت سطحی	ضریب نگه داشت سطحی	ضریب نگه داشت سطحی
	۵/۵۲	۵/۵۲	۵/۲۲	۵/۱۸



شکل ۵- نقشه وضعیت پوشش زمین شهر تبریز

جدول ۵- پارامترهای سری فوریه برای بخش های چهارگانه

پارامترها	بخش یک	بخش دو	بخش سه	بخش چهار
a_0	۴/۴۹۷e+۰۱۱	۴/۶۰۷e+۰۰۸	۷/۱۵۶e+۰۰۹	۷/۵۰۳
a_1	-۷/۲۴۷e+۰۱۱	-۶/۷۴۹e+۰۰۸	-۱/۰۷۷e+۰۱۰	-۳/۶۸۳
b_1	۱/۹۵۳e+۰۱۱	-۳/۷۵۳e+۰۰۸	-۵/۲۳۲e+۰۰۹	۱/۲۶۷
a_2	۳/۷۲۴e+۰۱۱	۲/۳۶۹e+۰۰۸	۴/۲۷۸e+۰۰۹	-۱/۹۷
b_2	-۲/۱۶۵e+۰۱۱	۳/۸۱۳e+۰۰۸	۵/۴۴e+۰۰۹	-۳/۶۴۶
a_3	-۱/۱۴۵e+۰۱۱	-۸/۵۰۸e+۰۰۶	-۵/۶۲۴e+۰۰۸	۰/۵۹۷۱
b_3	۱/۱۵۵e+۰۱۱	-۱/۷۳e+۰۰۸	-۲/۵۸۵e+۰۰۹	۰/۲۱۰۲
a_4	۱/۸۰۸e+۰۱۰	-۱/۷۶۷e+۰۰۷	-۱/۴۲۲e+۰۰۸	-۰/۳۱۵۶
b_4	-۳/۱۷۳e+۰۱۰	۳/۵۹۵e+۰۰۷	۵/۸۶۸e+۰۰۸	۱/۲۶۵
a_5	-۹/۳۲۶e+۰۰۸	۳/۴۶e+۰۰۶	۳/۹۷۶e+۰۰۷	-۰/۵۰۹۸
b_5	۳/۵۸e+۰۰۹	-۲/۴۱۳e+۰۰۶	-۴/۸۲۳e+۰۰۷	-۰/۱۷۳
w	-۰/۰۴۲۰۲	۰/۰۸۲۲۳	۰/۰۷۰۴۴	-۰/۵۴۳۵
R_2	۰/۹۹۸۵	۰/۹۹۸۸	۰/۹۹۸	۱

تعیین مکان مناسب ساخت مخازن

مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار در طراحی مخازن عبارتند از کاربری زمین، شیب بندی زمین و جهت شیب. از نظر کاربری زمین، مکان- هایی برای احداث مخازن در نظر گرفته می شوند که امکان احداث مخزن در آن ها وجود داشته باشد و نیازی به تخریب کاربری های مهم مانند فضاهای بهداشتی، آموزشی و نظیر آن ها نباشد. از نظر شیب بندی، بهترین مکان ها برای احداث مخازن، مکان هایی هستند که در پایین ترین خطوط تراز واقع شده باشند و رواناب ها به صورت ثقلی به این مکان ها وارد شوند و نیاز کمتری به پمپاژ وجود داشته باشد و از نظر جهت شیب، مخازن باید در جهت شیب های طبیعی زمین ساخته شوند زیرا در این صورت، بهترین حالت جمع آوری رواناب امکان پذیر خواهد بود (فتحی و سلاجقه، ۱۳۸۸).

تحلیل فراوانی داده ها و تعیین حجم مخازن

برای تعیین حجم مخازن، تحلیل فراوانی داده های رواناب به شرح زیر صورت گرفت.

ابتدا آمار آنومالی (رژیم ماهانه رواناب ها حساب شده و سپس از داده های رواناب کسر می شود) به دست آمده و سپس توزیع مناسب این آمار به دست می آید و در صورتی که داده ها از توزیع نرمال تبعیت نکنند، باید تصحیح نرمال شوند.

سپس برای اعداد رژیم های ماهانه هر یک از بخش ها(رژیم ۱۲ ماهه) در نرم افزار متلب مدل بندی انجام می شود و بهترین مدل(مدلی که مقدار ضریب تعیین[1](R^2) آن بیشترین مقدار باشد) انتخاب شده و سپس از رابطه حاصله، اعداد رژیم حاصل از مدل(اعداد جدیدی برای رژیم که از رابطه حاصل از مدل به دست می آیند) تعیین می شوند و سپس مقادیر رواناب ها به ازای دوره- های بازگشت مختلف از طریق رابطه(۴) محاسبه می شوند.

$$R_T = f(x) + \sigma_d K \qquad (۴)$$

که در این رابطه،R_T مقادیر رواناب به ازای دوره های بازگشت مختلف، σ_d انحراف معیار داده های آنومالی رواناب ماهانه، f(x) مقادیر رژیم حاصل از مدل و K همان Z توزیع نرمال می باشد.

رژیم نرمال ماهانه به عنوان بخش جبری سیستم بارش- رواناب تلقی شده و رابطه(۴) بر آن مبنا ارائه می شود که شامل دو مؤلفه جبری و تصادفی می باشد که بخش جبری آن مدل فوریه می‌باشد که بر رژیم مطابقت داده شده است. علت انتخاب مدل فوریه دقت عمل بالای آن جهت مدل بندی بخش جبری می باشد. رابطه(۴) اساساً رابطه کلی هیدرولوژی می باشد با این تفاوت که به جای کاربرد میانگین، رژیم نرمال بخش جبری آن را تشکیل می دهد.

نتایج و بحث

داده‌های رواناب به‌دست آمده، مورد بررسی قرار گرفته و سپس تبعیت آن ها از توزیع نرمال، مورد تایید قرار گرفت و سپس داده- ها در نرم افزار متلب مدل بندی شدند که بهترین مدل حاصله برای داده های تمامی بخش ها به صورت سری فوریه ۵ مطابق رابطه(۵) (با مقدار R^2 >۰/۹) به دست آمده است که پارامترهای آن برای هر بخش در جدول(۵) آمده است.

$$f(x) = a_0 + a_1*\cos(x*w) + b_1*\sin(x*w) + a_2*\cos(2*x*w) + b_2*\sin(2*x*w) + a_3*\cos(3*x*w) + b_3*\sin(3*x*w) + a_4*\cos(4*x*w) + b_4*\sin(4*x*w) + a_5*\cos(5*x*w) + b_5*\sin(5*x*w) \qquad (۵)$$

1- Coefficient of determination

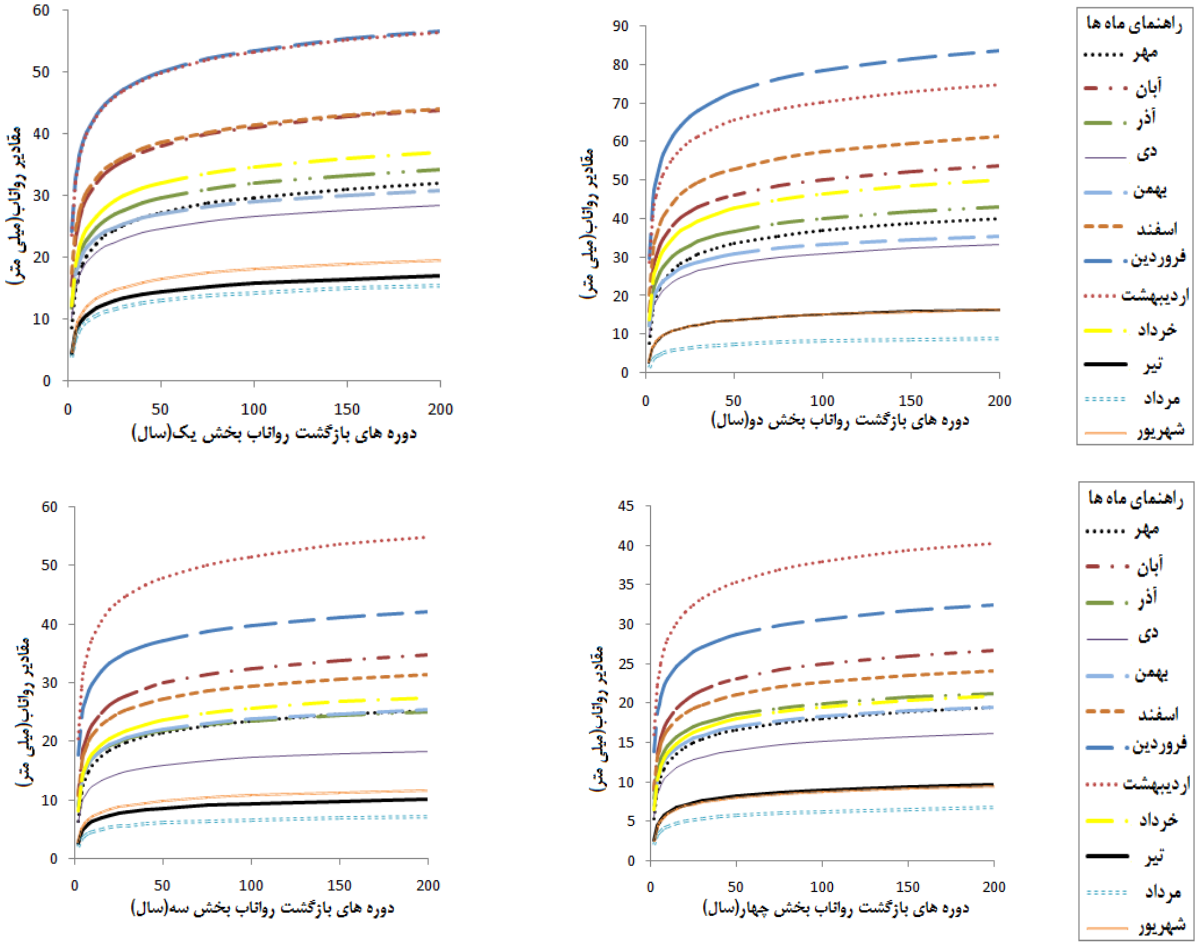
جدول٦- پارامترهای توزیع رواناب (بر حسب میلی متر)

		مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
بخش یک	رژیم	۸/۷	۱۵/۴۶	۱۱/۷۷	۱۰/۳۳	۱۲/۰۵	۱۷/۹۳	۲۳/۶۹	۲۴	۱۲/۱۱	۴/۵۹	۳/۷۵	۴/۷۲
	واریانس	۸۱/۶۵	۱۲۱/۶۳	۷۵/۱	۴۹/۸۸	۵۱/۴۱	۱۰۶	۱۵۸/۸۴	۱۶۲/۱۴	۹۲/۸۷	۲۳/۲۶	۲۰/۶۲	۳۲/۹۵
	انحراف معیار	۹/۰۳	۱۱/۰۲	۸/۶۶	۷/۰۶	۷/۱۷	۱۰/۲۹	۱۲/۶	۱۲/۷۳	۹/۶۳	۴/۸۲	۴/۵۴	۵/۷۴
	رژیم حاصل از مدل	۸/۷	۱۵/۴۶	۱۱/۸۳	۱۰/۱۶	۱۲/۳۹	۱۷/۴۶	۲۴/۱۶	۲۳/۶۶	۱۲/۰۱	۴/۵۵	۳/۷۶	۴/۷۲

		مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
بخش دو	رژیم	۷/۷۴	۱۶/۱۳	۱۲/۳۳	۱۰/۱۹	۱۱/۸۹	۲۰/۸	۲۹/۲۷	۲۹/۲۴	۱۳/۵۳	۲/۸۸	۱/۴۶	۳/۰۷
	واریانس	۱۵۸/۰۲	۲۱۴/۵۶	۱۴۱/۲۹	۸۱/۹۴	۸۱/۷۵	۲۵۵/۱۹	۴۳۸/۵	۳۱۹/۳۹	۱۹۸/۲۸	۲۸/۵۹	۸/۵۹	۲۷/۰۸
	انحراف معیار	۱۲/۵۷	۱۴/۶۴	۱۱/۸۸	۹/۰۵	۹/۰۴	۱۵/۹۷	۲۰/۹۴	۱۷/۸۷	۱۴/۰۸	۵/۳۴	۲/۹۳	۵/۲
	رژیم حاصل از مدل	۷/۷۴	۱۶/۱۳	۱۲/۴	۹/۹۸	۱۲/۳۲	۲۰/۲	۲۹/۸۶	۲۸/۸۱	۱۳/۷۴	۲/۸۱	۱/۴۶	۳/۰۷

		مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
بخش سه	رژیم	۶/۴۲	۱۱/۰۱	۹/۱۶	۶/۴۴	۸/۶۲	۱۱/۲۸	۱۷/۲۶	۲۰/۷۸	۸/۱۱	۲/۶۱	۲/۰۴	۲/۸۷
	واریانس	۵۴/۰۱	۸۵/۳۱	۳۷/۷۹	۲۲/۲۳	۴۰/۶۴	۶۳/۹۷	۹۰/۲۴	۱۷۹/۲۲	۵۵/۸۲	۸/۷۸	۳/۹۸	۱۱/۶۷
	انحراف معیار	۷/۳۴	۹/۲۳	۶/۱۴	۴/۷۱	۶/۳۷	۷/۹۹	۹/۴۹	۱۳/۳۸	۷/۴۷	۲/۹۶	۱/۹۹	۳/۴۱
	رژیم حاصل از مدل	۶/۴۲	۱۱	۹/۲۲	۶/۲۷	۸/۹۶	۱۰/۸۱	۱۷/۷۲	۲۰/۴۴	۸/۲۸	۲/۵۵	۲/۰۴	۲/۸۷

		مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
بخش چهار	رژیم	۵/۴	۹/۰۴	۸	۵/۶۵	۷/۱	۹/۲۳	۱۳/۸۹	۱۶/۰۸	۶/۵۹	۲/۶۴	۲/۰۷	۲/۶۲
	واریانس	۲۹/۷۹	۴۷/۰۳	۲۶/۴۷	۱۶/۷۸	۲۳/۳۹	۳۳/۳۲	۵۲	۸۸/۴۷	۳۰/۸	۷/۵۲	۳/۳۱	۶/۹۷
	انحراف معیار	۵/۴۵	۶/۸۵	۵/۱۴	۴/۰۹	۴/۸۳	۵/۷۷	۷/۲۱	۹/۴	۵/۵۴	۲/۷۴	۱/۸۲	۲/۶۴
	رژیم حاصل از مدل	۵/۴۳	۹/۰۴	۸	۵/۶۵	۷/۱	۹/۲۳	۱۳/۸۹	۱۶/۰۸	۶/۵۹	۲/۶۴	۲/۰۷	۲/۶۲



شکل٦- نمودارهای مقادیر رواناب ماهانه هر یک از بخش ها به ازای دوره های بازگشت مختلف

جدول۷- بیشترین مقادیر رواناب سالانه با دوره بازگشت ۲۵ سال در هر بخش

	ارتفاع رواناب (میلی متر)	ارتفاع رواناب (متر)	حجم (میلیون متر مکعب)
بخش یک	۴۶/۲۲۱۴	۰/۰۴۶۲۲	۳/۴۹۷۹۳۸
بخش دو	۶۶/۵۱۵۱	۰/۰۶۶۵۱	۵/۱۸۵۳۵۳
بخش سه	۴۳/۸۷۳۱	۰/۰۴۳۸۷۳	۲/۴۶۴۶۳۵
بخش چهار	۳۲/۵۴۷۲	۰/۰۳۲۵۴۷	۱/۳۸۳۱۷۱

منحنی‌های تعیین رواناب با دوره های بازگشت مختلف، نه تنها برای تعیین حجم مخازن کاربرد دارند، بلکه می توانند از نظر مدیریت منابع آب و به ویژه در خصوص تحلیل هیدرولوژیکی شهر تبریز از نظر تولید آب در ماه های مختلف سال اهمیت ویژه ای دارند و خواص هیدرولوژیکی ماه ها و فصول را به خوبی نشان می دهند. حجم مخازن جمع آوری رواناب با توجه به نمودارهای فوق تعیین می شوند. مخازن طراحی شده برای شهر ها که با هدف جمع آوری رواناب و سیلاب شهرها و آبیاری فضاهای سبز و تأمین
آب شرب استفاده می شوند، معمولاً به صورت برون سالی و با دوره بازگشت ۲۵ سال طراحی می شوند تا هم جوابگوی جمع آوری رواناب های سالانه باشند و هم بتوانند رویدادهای نادر نظیر سیلاب‌ها را جمع‌آوری کنند. برای این کار، در بین رواناب های سالانه با دوره بازگشت ۲۵ سال، بیشترین مقدار به عنوان حجم مخزن در نظر گرفته می شود.

تعیین مکان های مناسب برای ساخت مخزن

شکل های (۱۰-۷)، نشان می دهند که پس از تعیین وضعیت کاربری های هر منطقه، پارامترهای تأثیرگذار در مکان یابی ساخت مخازن با استفاده از ویژگی های تحلیلی نرم افزار ArcGIS بررسی شده و سپس بهترین مکان ها انتخاب می شوند.

برآورد میزان نیاز آبی گیاهان

نیاز آبی گیاهان با استفاده از رابطه فائو- پنمن- مانتیث برای شهر تبریز، تعیین و سپس برای هر بخش حجم بارشی که به فضاهای سبز باریده شده، محاسبه و حجم نیاز آبی فضاهای سبز طبق رابطه(۶) تعیین شد:

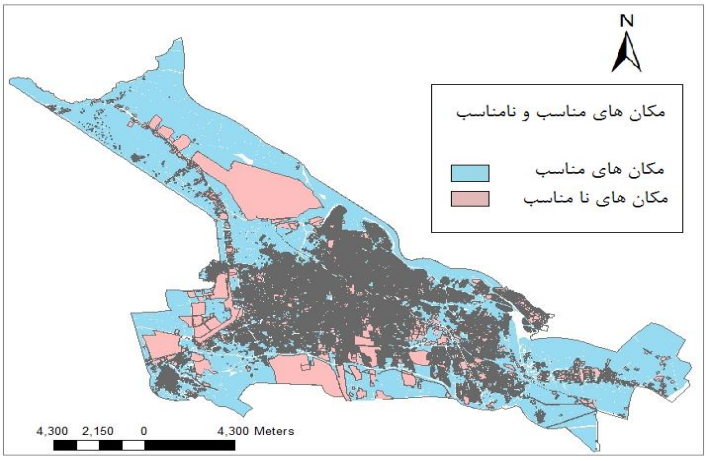
$$V_d = A_i.E_{vt} \quad i = (۱,۲,۳,۴) \qquad (۶)$$

در رابطه (۶)، V_d حجم نیاز آبی فضاهای سبز، A_i سطح فضاهای سبز هر بخش و E_{vt} نیاز آبی فضاهای سبز است.

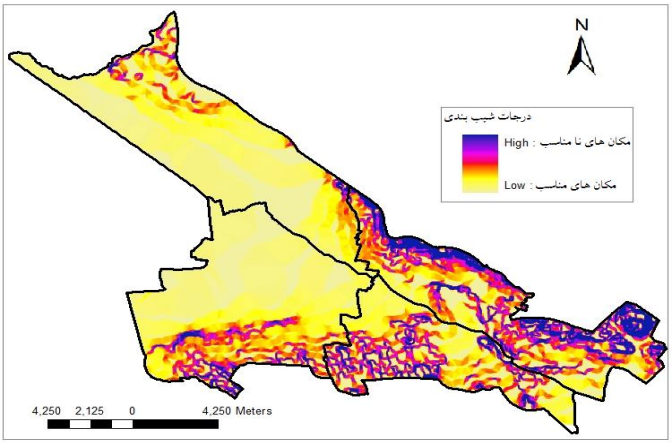
چون فرض می شود کلیه فضاهای سبز پوشیده از چمن است و نیاز آبی چمن بیش از درخت است، بنابراین با تأمین آب مورد نیاز چمن، آب مورد نیاز درختان نیز تأمین می شود. با توجه به این که آبیاری مناسب گیاه چمن، آبیاری بارانی است و راندمان مناسب آبیاری بارانی حدود ۷۰ در صد است، بنابراین حجم ناخالص نیاز آبی فضاهای سبز، طبق رابطه (۷) محاسبه می شود:

$$V_D = \frac{V_d}{0.7} \qquad (۷)$$

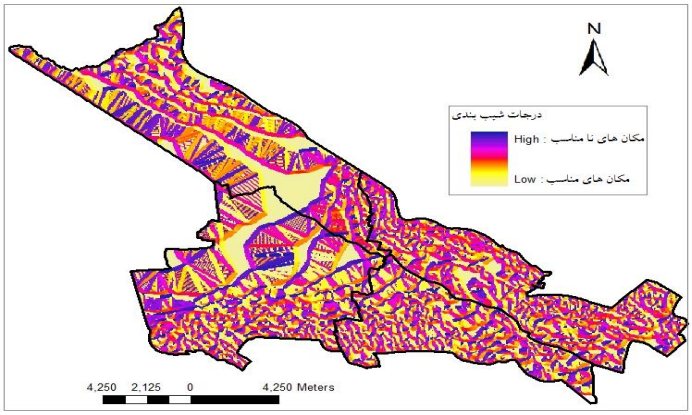
در رابطه (۷)، V_D، حجم نیاز ناخالص آبیاری فضاهای سبز و V_d، حجم نیاز خالص آبیاری فضاهای سبز است. در شکل های(۱۴-۱۱) نمودارهای مقایسه مقدار بارش هر بخش و نیاز خالص آبیاری آن برای ماه های مختلف آورده شده است.



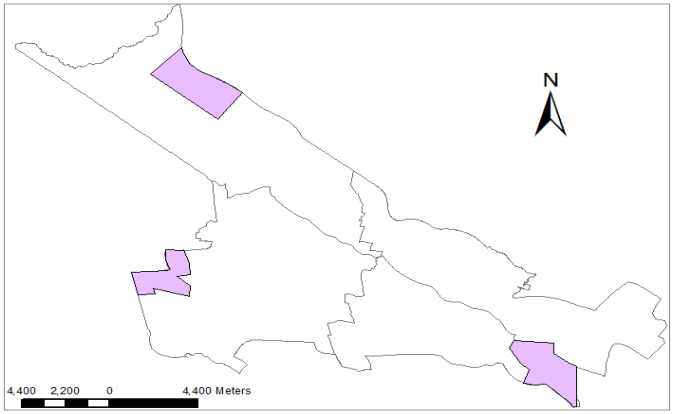
شکل۷- مکان یابی احداث مخازن از نظر کاربری های شهری در منطقه مورد مطالعه



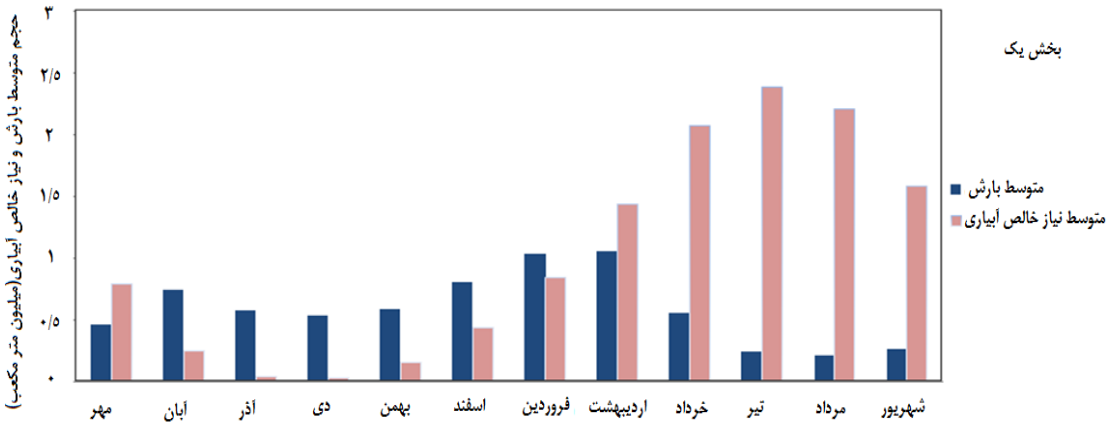
شکل۸- مکان یابی احداث مخازن از نظر شیب بندی در منطقه مورد مطالعه



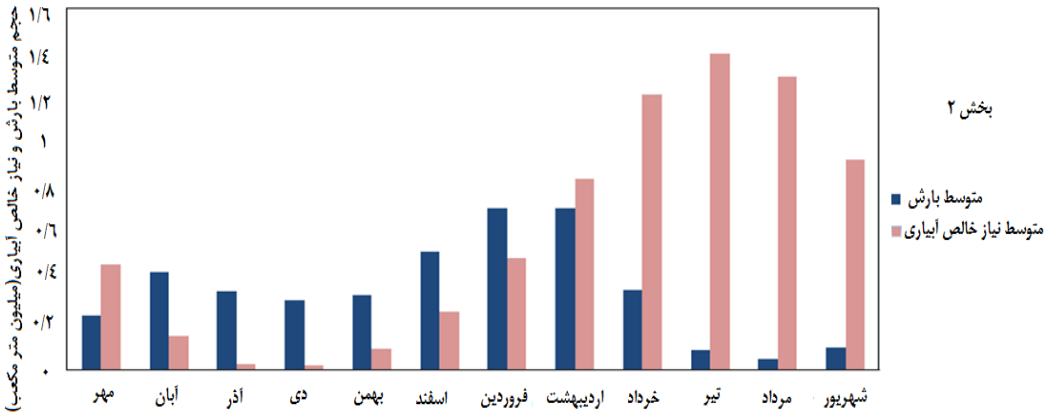
شکل۹- مکان یابی احداث مخازن از نظر جهت شیب بندی در منطقه مورد مطالعه



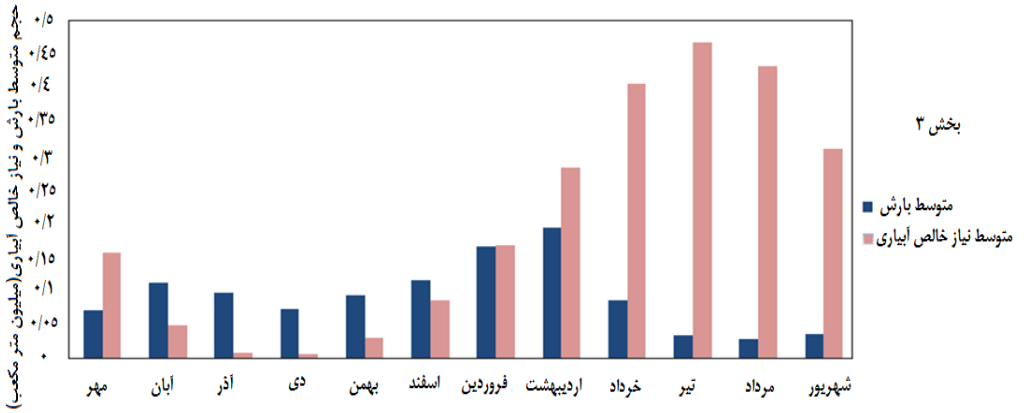
شکل۱۰- مکان یابی بهینه برای احداث مخازن با استفاده از روش ارزش گذاری پارامترها



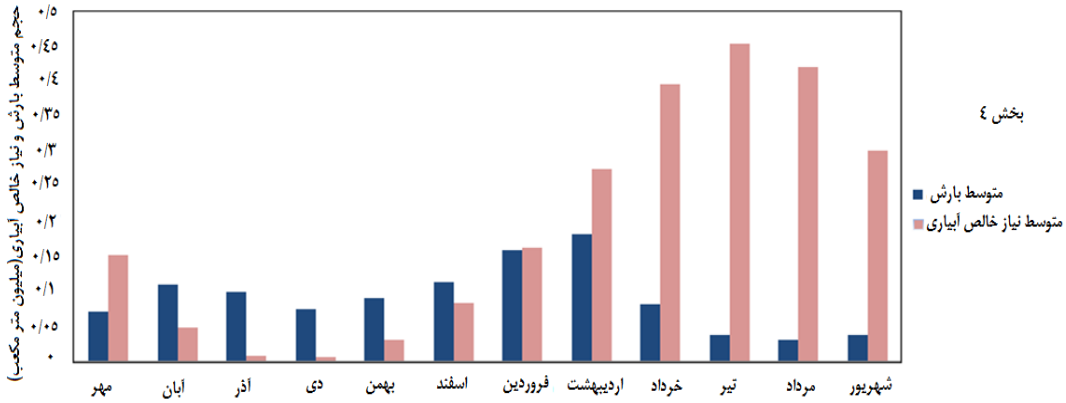
شکل۱۱ - مقایسه مقدار حجم متوسط بارش و نیاز خالص آبیاری فضاهای سبز در بخش یک



شکل ۱۲- مقایسه مقدار حجم متوسط بارش و نیاز خالص آبیاری فضاهای سبز در بخش دو



شکل ۱۳- مقایسه مقدار حجم متوسط بارش و نیاز خالص آبیاری فضاهای سبز در بخش سه



شکل ۱٤- مقایسه مقدار حجم متوسط بارش و نیاز خالص آبیاری فضاهای سبز در بخش چهار

نتیجه گیری

مدیریت شهری آب باران می تواند مزایای بسیاری را از لحاظ اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی به ارمغان بیاورد و به کاهش رواناب و پس از آن به کاهش جاری شدن سیل در مناطق شهری کمک کند. با اجرای طرح های بهره برداری از آب باران، احتمال افزایش ذخیره آن امکان پذیر خواهد شد که نتیجه آن استفاده بهینه از منابع آبی خواهد بود. با توجه به نتایج به دست آمده در این مقاله، در فصولی از سال که منطبق بر فصول زراعی باشند، میزان نیاز خالص آبیاری بیشتر از بارندگی است. اما در فصول غیرزراعی، به ویژه فصل زمستان، میزان بارش بیشتر از نیاز خالص آبیاری است. محاسبات مربوط به مقایسه مقادیر بارش و نیاز خالص آبیاری فضاهای سبز، نشان می‌دهند که در بخش یک ۴۹/۸۹ درصد، در بخش دو ۵۰/۲۶ درصد، در بخش سه ۳۹/۶۷ درصد و در بخش

چهار ۴۰ درصد از نیاز خالص آبیاری فضاهای سبز، مـی‌توانـد از آب باران تأمین شود که با محاسبه میانگین وزنی برای کل سطح شـهر، این مقدار، ۴۸ درصد به دست می‌آید. در طول دوره آماری بیشـترین مقدار نیاز آبی مربوط به تیر ماه در سال ۸۵ و کمترین میزان نیاز آبی مربوط به آذر ماه در سال ۸۹ است.نیازهای آبـی گیاهـان در فصـول زراعی، بیشتر از فصول غیرزراعی است و با گذشت زمان با توجه بـه گسترش صنایع و کاربری ها و تأثیر آن ها در کمبود بارش، میـزان نیاز آبی افزایش می یابد. بیشترین مقدار کمبودهای بارش، مربوط به ماه های تیر و مرداد می‌باشند و کمترین میزان کمبودها مربـوط بـه ماه های بهمن و اسفند هستند.

با توجه به وضعیت شهر و تجمع کاربری ها در آن، بهتر است که مخازن با عمق زیاد و سطح کم ساخته شوند. سطح مخازن بایـد بـه صورت پوشیده باشد تا تبخیر از سطح آن به حداقل برسد و آلودگی- های آن کمتر شود و در این زمینه، مخازن زیرزمینی بهترین عملکرد را دارند.

در بخش های سه و چهار مخازن تجمیع می شوند و یک مخزن ساخته می شود زیرا در بخش سه به علت محدودیت مکان مناسـب برای ساخت مخازن، فضای کافی برای ساخت مخزن وجود ندارد.

با توجه به نتایج حاصل ازتحقیق، مشخص شد که بارش مـی توانـد ۴۸ درصد از نیاز فضای سبز شهر تبریز را تأمین کند و بـرای تـأمین بقیه نیاز فضای سبز (به ویژه در ماه های کم باران) از روانـاب جمـع آوری شده در مخازن و همچنین رواناب های ورودی به شهر و سایر منابع آبی استفاده می شود.

سپاسگزاری

از سـازمان آب منطقـه ای آذربایجـان شـرقی و سـازمان هواشناسی که در تهیه آمار و اطلاعات لازم همکاری نمـوده انـد، تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

۱- اسماعیلی،ک. و م. دری. ۱۳۹۴. بررسی تاثیر جداسازی آب شرب از آب مصرفی فضای سبز، در میزان کاهش مصرف آب و کاهش هزینه ها (مطالعه موردی شهر قاین). نشریه سامانه های سطوح آبگیر باران، ۳(۶): ۸-۱.

۲- تاج بخش،م. و س.ر. خداشناس. ۱۳۸۶. بهره گیری ازروش های نوین کنترل سیلاب شهری برای استفاده بهینه درمنابع آب، پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته سازه های آبی، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد.

۳- حبیب آبادی، ع،کوچک زاده، م. و ر. طهماسبی. ۱۳۸۹. مکان یابی مناطق مستعد برای جمع آوری باران در استان تهران با استفاده از GIS، پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

۴- دستورانی، م. ۱۳۹۱. بررسی امکان جمع آوری آب از سطوح جاده ها و بزرگراه ها جهت ایجاد فضای سبز در مناطق خشک و نیمه خشک. نشریه سامانه‌های سطوح آبگیر باران، ۱(۳): ۴۴-۳۹.

۵- بی نام. ۱۳۷۱. دستور العمل استحصال آب. نشریه شماره۷۴،شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران.

۶- فتحی،گ. و ع. سلاجقه. ۱۳۸۸. مکان یابی صحیح احداث مخازن و سازه های آبی. پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، شهرکرج، انجمن آبخیزداری ایران.

۷- موسوی نژاد،س.م.۱۳۹۰. طرح چگونگی بهره وری صحیح از آب باران در فضای سبز مناطق شهری وجلوگیری از آب گرفتگی معابر در هنگام بارندگی در سطح شهر سمنان. انتشارات مرکز تحقیقات منابع طبیعی و اموردام استان سمنان.

۸- مهدوی، م، فروتن، ا، ملک محمدی، ب، سلاجقه، ع، شریفی، ف. و ح. احمدی. ۱۳۸۹. برآورد رواناب در حوضه های آبخیز شهری با استفاده ازمدل های تحلیلی (مطالعه موردی: بخشی از منطقه۲۲ شهر تهران)، مجله آب وفاضلاب، ۱: ۵۷-۴۶.

9- Göbel, P. , Dierkes, C. and W.G. Coldewey . 2006. Storm water runoff concentration matrix for urban areas. Journal of Contaminant Hydrology, 91: 26–42.

10-Niemczynowicz,J. 1999.Urban hydrology and water management and present and future Challenges. Urban Water, 1: 1-14.

11-Villarreal,L. E. and A. Dixon. 2004. Analysis of a rainwater collection system for domestic water supply in Ringdansen, Norrko ping, Sweden. Building and Environment, 40: 1174–1184.