نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۸، ص. ۲۰۴-۱۹۳

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 4, Winter 2009, p. 193-204

الگوهای رگرسیونی رواناب حاصل از سطوح آبگیرکوچک

جواد طباطبائی یزدی[۱] - حجت رضائی پژند[۲*] - هادی خاتمی مشهدی[۳]

تاریخ دریافت: ۸۸/۴/۲۴
تاریخ پذیرش: ۸۸/۶/۸

چکیده

این مقاله تحلیل نتایج حاصل از یک طرح پژوهشی استحصال آب‌باران از سطوح کوچک (پشت‌بام‌ها) است. پشت‌بام دانشگاه آزاد اسلامی مشهد محل جمع آوری داده‌هاست. رواناب حاصل از رگبارهای مختلف ریزشی براین سطوح پس از نصب باران‌سنج معمولی و یک منبع ذخیره (حجم۴ متر مکعب) برآورد و رگبارها و رواناب حاصل به مدت دو سال (۸۶/۱۰/۲۳ تا ۸۸/۳/۹) اندازه‌گیری شده است. حجم نمونه مشاهده‌ای ۳۵ مورد است. رابطه بین رواناب – بارش با الگوهای رگرسیون بررسی و الگوی مناسب پس از تحلیل باقی‌مانده‌ها و آزمون‌های لازم انتخاب و رواناب حاصل از پشت‌بام‌ها به‌کمک الگوها برآورد شده است. طول دوره آماربرداری کوتاه است. لذا از پنجاه و پنج سال آمار بارش سالانه ایستگاه سینوپتیک مشهد (۱۹۵۱ تا ۲۰۰۵) استفاده شده است. این آمار تحلیل فراوانی شده و نتایج تحلیل فراوانی پنجاه و پنج ساله فوق در دوره‌های بازگشت ترسالی و خشکسالی به‌دست آمده است. رواناب پشت‌بام‌های این دانشگاه به کمک این تحلیل برای دوره‌های بازگشت ترسالی و خشکسالی حساب شده است. سطح پشت‌بام‌ها و متوسط سالانه رواناب آنها به ترتیب: ۱۸۶۸۰ مترمربع و ۸۴۲۸ متر مکعب است.

واژه‌های کلیدی: استحصال آب، پشت‌بام، رواناب، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

مقدمه

استحصال آب باران روشی برای مهار و بهره‌برداری آب باران در مناطق شهری و برون شهری است. می‌توان آب مورد نیاز برخی از مصارف خانگی، فضای‌سبز، شرب‌دام و غیره را در مقیاس کوچک با این روش تأمین یا ذخیره کرد (۶ و ۹). این سامانه‌ها شامل دو بخش اصلی به‌شرح زیر است. الف) سطح جمع‌آوری آب (حوضه آبریز): اندازه حوضه‌های استحصال آب کوچک است. پشت‌بام یک اتاق کوچکترین حوضه تلقی می‌شود. پشت‌بام و محوطه بلوک‌های ساختمانی حالت توسعه یافته‌تر این حوضه‌هاست. ب) تأسیسات و امکانات ذخیره‌سازی رواناب (مخزن): تنوع حوضه‌ها سبب تنوع روش‌هاست. نصب منبع ذخیره برای آب پشت‌بام در محل مناسب، ایجاد راه‌آب برای هدایت رواناب به باغچه، ذخیره آب در محلی مرتفع برای سیفون دستشوئی‌ها و غیره است(۴، ۵، ۸ و ۹).

اوّلین شواهد استفاده از فنون استحصال آب در صحرای نقب (فلسطین) در ۴۰۰۰ سال قبل بوده است (۶). ایرانیان باستان نیز حوض‌انبارهائی برای تأمین آب شرب و دام در مناطق خشک احداث و از آب باران پر می‌کرده‌اند. بومیان آمریکای‌شمالی و جنوبی روش‌های ساده استحصال آب را برای کشاورزی در حدود۴۰۰ تا۷۰۰ سال قبل مورد استفاده قرار داده‌اند (۹و۱۰). استحصال آب از سطح پشت بام‌ها از قدیم رایج بوده است. سوابق نشان می‌دهد که سطوح عایقی در کشور استرالیا از مصالح ضد آب در پشت بام‌ها بر روی یک پایه و در نزدیک سطح زمین می‌ساخته‌اند. آب باران برای مصرف کشاورزی و دام از روی این سطوح جمع‌آوری می‌شده است. نوآوری عمده در فن‌آوری استحصال آب در کشورهای استرالیا و سرزمین‌های اشغالی فلسطین و آمریکا در دهه۱۹۶۰ رخ داده است (۶ و۱۰).

این مقاله تحلیل نتایج حاصل از یک طرح پژوهشی استحصال آب‌باران از سطوح کوچک (پشت‌بام‌ها) است. پشت‌بام دانشگاه آزاد اسلامی مشهد (مساحت۱۸۶۸۰مترمربع) محل جمع آوری داده‌هاست. این طرح یک امکان‌سنجی برای تخمین رواناب تکمیلی به منظور کمک و صرفه جوئی در آبیاری باغچه‌ها و استفاده در سیفون‌های سرویس‌های بهداشتی طبقات زیرین ساختمان‌های این دانشگاه است.

مواد و روش ها

هدف اصلی انجام این طرح پژوهشی، برآورد رواناب حاصل از

۱، ۲ و ۳ – به ترتیب استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی مشهد، مربی و مربی گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد
(* – نویسنده مسئول: (Email: hrpazhand@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

بارش‌ها بر پشت‌بام‌هاست. حوضه آبریز مورد مطالعه پشت‌بام‌های دانشگاه آزاد اسلامی مشهد به مساحت۱۸۶۸۰ مترمربع است. رواناب حاصل از بارش‌ها باید تخمین و در محل مناسبی ذخیره و صرف آبیاری تکمیلی باغچه‌ها (مساحت۳۰۰۰ مترمربع) یا سیفون‌های دستشوئی‌های طبقات پائین شود. پشت‌بام‌ها همگی ایزوگام بوده و رفتار یکسانی در مقابل بارش دارند. پشت‌بام کارگاه نجاری گروه معماری (به مساحت ۳۹/۳ مترمربع) به‌عنوان سطح نمونه پشت بام‌ها انتخاب و تجهیز شده است. رواناب حاصل از این سطح نمونه در یک منبع پلاستیکی شفاف با ابعاد مشخص و به حجم ۴ مترمکعب جمع‌آوری و فعلاً به مصرف باغچه‌ها می‌سد. رواناب پشت‌بام از طریق ناودان به داخل منبع هدایت می‌شود. یک باران سنج معمولی نیز از شرکت سهامی‌آب منطقه‌ای خراسان اخذ و در اول مهرماه ۱۳۸۶در روی پشت‌بام ساختمان مجاور و به فاصله۳۰ متری نصب و اندازه‌گیری بارش و رواناب به مدت دو سال (۸۶/۱۰/۲۳ تا ۸۸/۳/۹) انجام شده است. این باران‌سنج بدون بادگیر است (Unshielded). بنابراین بارشها نیاز به تصحیح دارند(۱۳و۱۴). تعداد اندازه‌گیری‌ها ۳۵ مورد است. شکل ۱ نقشه ساختمانها، محل منبع، باران‌سنج و پشت‌بام کارگاه نجاری دانشگاه آزاد مشهد را نشان می‌دهد.

آب باران را می‌توان تقریباً از هر نوع پشت‌بامی جمع‌آوری و به مصرف آبیاری غیر شرب رسانید. البته سطوح پوشش شده با آزبست و یا اندود شده با سرب سمی است و باید اجتناب کرد. پوشش سطح پشت‌بام‌های این دانشگاه ایزوگام است. لذا شرایط فیزیکی و شیمیائی این سطوح مناسب و آب حاصل بدون مواد سمی و یا آلاینده‌های زیانبار دیگراست. می‌توان رواناب حاصل را مستقیماً وارد باغچه‌ها کرد یا به سیفون‌های سرویس‌های بهداشتی طبقات زیرین هدایت نمود. البته نصب صافی‌های آشغالگیر لازم است. شایان ذکر است که ایزوگام‌ها عمر مفیدی دارند که پس از انقضای آن می‌توانند در آب باران حل شده و آلودگی‌های شیمیایی ایجاد کنند (۹).

مقدار رواناب قابل استحصال از پشت‌بام به‌صورت مستقیم به مقدار بارندگی، مساحت و پوشش سطح پشت‌بام بستگی دارد. پوشش سطح این پشت‌بام‌ها ایزوگام به رنگ سیاه است که در تابستان سبب جذب انرژی بیشتری از خورشید می‌شود. کارگاه معماری معمولاً در زمستان گرم است. بنابراین تلفات ناشی از تبخیر لایه‌های ایزوگام در ابتدای بارش به‌ویژه در بارش‌های کم شدت قابل ملاحظه است. نصب ایزوگام‌ها به‌صورت نواری است که خود سبب گیرش گودالی می‌شود. بنابراین تلفات ناشی از عوامل فوق در بارش‌های کم شدت و طولانی مدت قابل ملاحظه است.

آمار موجود

آمار طولانی‌مدت بارندگی‌روزانه بهترین مأخذ برای ارزیابی استحصال آب از پشت‌بام است. بارندگی متوسط سالانه معیار خوبی برای مقدار آب قابل استحصال نیست. باید آمار درازمدت تحلیل‌فراوانی و سال‌های خشک و تر در دوره‌های بازگشت مختلف مشخص شود (۹). آمار مشاهده‌ای ۳۵ مورد است که به مدت دو سال جمع‌آوری شده است. طول این آمارکوتاه است. پنجاه و پنج سال آمار بارش ماهانه و سالانه ایستگاه سینوپتیک مشهد (۲۰۰۵-۱۹۵۱، میلادی) برای جبران طول دوره‌آماری استفاده شده است. این داده‌ها از پایگاه اطلاع‌رسانی سازمان هواشناسی کل کشور اخذ شده‌اند. آمار فوق به دو صورت روزانه و ماهانه به شرح زیر است (www.weather.ir).

– آمار روزانه: این آمار به مدت ۱۸سال (۸۵-۱۳۶۸) براساس نوع ریزش (باران یا برف) در اختیار است. متوسط بارش سالانه ۲۳۵/۲ با انحراف‌معیار ۷۳/۹ میلی‌متر است. مقدار ۶۲/۱ میلی‌متر آن به صورت برف ریزش کرده، آب معادل برف۱۰٪ است، بنابراین ارتفاع آب معادل ۶/۲ میلی‌متر در سال است که در مجموع مقدار ناچیزی است و تأثیری در محاسبات کل ندارد. متوسط تعداد روزهای بارانی این دوره آماری ۶۴ روز است.

– آمار ماهانه: این آمار به مدت ۵۵ سال (۲۰۰۵-۱۹۵۱ میلادی) است. متوسط این دوره ۲۵۵/۱ با انحراف معیار ۷۰/۷ میلی‌متر است. این آمار نوع بارش را تفکیک نکرده است.

نسبت بارش دوره ۵۵ ساله به بارش ۱۸ ساله این ایستگاه ۱/۰۸۵ است. این ضریب در محاسبات اعمال شده است.

آزمون‌های پایه

یکی از اهداف علم آمار اخذ نمونه از جامعه با قوانین نمونه‌گیری و تعمیم خصوصیات نمونه به جامعه است. نمونه‌های مشاهده‌ای که در هیدرولوژی در اختیار قرار می‌گیرد جزء نمونه‌های اجباری است. زیرا این نمونه ها طبق یک طرح نمونه‌گیری از جامعه اخذ نشده‌اند تا خصوصیات لازم یک نمونه آماری را دارا باشند. بنابراین باید بررسی کنیم که آیا این نمونه خصوصیات لازم یک نمونه تصادفی را دارد یا خیر؟ این بررسی‌ها را آزمون‌های‌پایه می‌گویند (۱). خصوصیات لازم شامل: تصادفی بودن، نداشتن روند. ایستائی، جهش، شکست، همگنی و وجود داده‌پرت است. اگر داده‌ها این خصوصیات را نداشته باشند، آنگاه نمونه از نظر ریاضی قابل قبول نیست و تحلیل‌های بعدی زیر سؤال می‌رود. برای بررسی موارد فوق از آزمون‌های تصادفی گردش، من- ویتنی، والد- ولفویتز و گروبز- بک و قانون سه-زیگمای استوار استفاده شده است (۱و۱۲). نتایج تحلیل بر قبول نمونه تأکید دارد.

الگوهای رگرسیون رواناب-بارش

آمار مشاهده‌ای بارش- رواناب در حوضه مورد مطالعه ۳۵ مورد

Archive of SID

www.SID.ir

است، لذا می‌توان از روابط رگرسیونی دو متغیره بارش- رواناب استفاده و مناسبترین الگوی را یافت و از آن استفاده کرد.

تحلیل رگرسیون به دو قسمت تقسیم می‌شود. مرحله اول: برازش الگو، برآورد ضرایب الگو، محاسبه جدول تحلیل واریانس و برآورد ضریب‌تعیین و غیره است. رد یا قبول این موارد با آزمون‌های t ، F یا مقدار احتمال انجام می‌شود. اگر الگو در این مرحله رد نشد، باید مرحله دوم به‌نام تحلیل باقی‌مانده‌ها یا آسیب شناسی[1] الگو انجام شود. این تحلیل اساس رگرسیون است و قبول یا رد الگو را رغم می‌زند. تحلیل باقی‌مانده‌ها می‌تواند به‌خوبی ضعف الگو را نشان دهد. آسیب شناسی برقراری فرض‌های زیر را برای باقی‌مانده‌ها بررسی می‌کند. این فرض‌ها شامل: نرمال بودن، پایائی‌واریانس، عدم وجود روند، بررسی داده‌پرت، استقلال باقی‌مانده و متغیرهای اضافی است. رسم باقی‌مانده‌ها، آماره‌های t یا مقدار احتمال(P-value)، آماره دوربین- واتسن، آماره کوک، وخصوصیات اهرمگون باقی مانده‌ها ابزار لازم در آسیب‌شناسی الگوهای رگرسیونی است (۷).

الگوهای رگرسیونی با استفاده از نرم‌افزار SPSS.15 تحلیل شده‌اند. خلاصه خروجی‌های این نرم‌افزار برای هر الگو در جدول یا نمودار ارائه شده‌اند. الگوی برتر با تحلیل خروجی‌های این نرم‌افزار معرفی شده است (۳و۷).

تحلیل فراوانی

نمودار گشتاوری خطی برای انتخاب اولیه توزیع مناسب استفاده می‌شود. گامبل نوع۱ توزیع مناسب این طرح پژوهشی است. تحلیل فراوانی داده‌ها با توزیع گامبل‌نوع۱ و به‌چهار روش برآورد انجام شده است. این روشها عبارتند از:گشتاوری‌معمولی (MOM)، گشتاورهای‌وزن‌دار احتمالی (PWM)، حداکثر درست نمائی(MLM) و حداکثر آنتروپی (ENT). تابع‌چگالی و برآورد پارامترها به‌چهار روش فوق در روابط (۱) تا (۵) آمده است. حل معادلات (۴) و (۵) نیاز به‌روش‌های عددی است. آزمون کولموگروف- اسمیرینوف برای نیکوئی برازش انتخاب شده است (۲،۱ و ۱۱).

$$y=\frac{x-m}{\alpha}\quad,\quad x,\alpha>0 \qquad (۱)$$

$$f(x)=\frac{1}{\alpha}\exp\{-y-\exp(-y)$$

(۲) برآورد پارامترها به روش (MOM)

$$\begin{cases}\hat{\alpha}=0/7797\ S_{n-1}\\ \hat{m}=\bar{x}-0/45005\,S_{n-1}\end{cases}$$

(۳) برآورد پارامترها به روش(PWM)

$$\begin{cases}\hat{\alpha}=1/442695(2b_1-\bar{x})\\ \hat{m}=\bar{x}-0/577216\,\hat{\alpha}\end{cases}$$

(۴) برآورد پارامترها به روش (MLM)

$$\begin{cases}-(\sum y_i)+\sum y_i\exp(-y_i)=n\\ \sum\exp(-y_i)=n\end{cases}$$

(۵) برآورد پارامترها به روش(ENT)

$$\begin{cases}\sum y_i-0/577216n=0\\ \sum\exp(-y_i)=n\end{cases}$$

تحلیل نتایج

جمع‌آوری آمار بارندگی

نصب باران‌سنج بر روی پشت‌بام انتخابی در مهر ماه ۱۳۸۶ انجام و آمار برداری شروع شده است (جدول۱). متأسفانه تعداد رگبارها در سال اول به علت برخورد با سال‌های خشک اندک بوده و اولین بارش در تاریخ ۱۳۸۶/۹/۵ به ارتفاع ۸/۵ میلی‌متر باریده است. متوسط بارش ثبت شده در سال آبی ۱۳۸۷- ۱۳۸۶و ۱۳۸۸- ۱۳۸۷ به‌ترتیب: ۱۱۳/۷ و ۲۵۷/۳ میلی‌متر است. باران‌سنج بدون بادگیر است که با اعمال ضریب تصحیح ۱/۱ مساوی ۱۲۵/۱و ۲۸۳ میلی‌متر می‌شود (۱۳و۱۴). متأسفانه اندازه‌گیری مدت بارش‌ها امکان نداشته است.

مساحت سطح جمع‌آوری رواناب (پشت‌بام معماری) ۳۹/۳ مترمربع است. جدول (۱) بارش‌ها را به همراه تاریخ وقوع نشان می‌دهد.

اندازه‌گیری رواناب

نصب مخزن‌ذخیره و شروع اندازه‌گیری رواناب اول مهرماه ۱۳۸۶ است. رواناب از تاریخ ۸۶/۱۰/۲۳ به طور مرتب اندازه‌گیری شده است. اندازه‌گیری بارش و رواناب حاصل پس از اتمام هر بارش صورت گرفته است. منبع پلاستیکی و شفاف است. ابعاد آن معلوم و ارتفاع آب به‌خوبی از بیرون قابل مشاهده است. بنابراین خطای اندازه‌گیری رواناب قابل چشم پوشی است. جدول (۱) مقادیر رواناب‌ها را به همراه تاریخ وقوع نشان می‌دهد.

1 -Diagonistis

Archive of SID

www.SID.ir

تحلیل رواناب اندازه‌گیری شده

رواناب از هر رگباری به رگبار دیگر متفاوت است. این عامل به شدت رگبار، مدت بارش، نوع بارش، رطوبت‌قبلی سطح حوضه، دمای سطح حوضه و غیره وابسته است. ضرایب (جریان) حاصل در جدول (۱) نیز مؤید این نوسانات است. متوسط ضریب جریان سطوحی مشابه پشت‌بام برای بارش‌های نسبتاً شدید۷۰ تا ۱۰۰ درصد است (۹). میانگین، واریانس، ضرایب‌چولگی و کشیدگی بارش‌ها، رواناب، بارش خالص و ضرایب‌جریان در انتهای جدول (۱) نیز آمده است. ضریب‌چولگی بارش، بارش خالص و ضریب‌جریان به ترتیب: ۱/۱۹۱ ، ۱/۳۰۰ و ۲/۱۹۲- است. این موضوع رفتار غیرخطی رابطه بین این‌ها را نشان می‌دهد(۱). هدف نهائی بررسی رفتار رواناب حاصل از بارش‌ها و الگوبندی آن و استفاده از الگوی مناسب برای تعیین رواناب طولانی مدت پشت‌بام دانشگاه آزاد است. ابتدا کلیه تحلیل‌ها برای رواناب حاصل از بارش‌ها بر پشت‌بام دانشکده معماری (سطح نمونه) به مساحت ۳۹/۳ مترمربع انجام شده است. رواناب کل پشت‌بام‌ها پس از نتایج تحلیل‌های نهائی برآورد شده است. الگوهای رگرسیونی برای تحلیل انتخاب و به‌کمک اطلاعات جدول ۱ و نرم افزار SPSS.15 مبادرت به الگوبندی و انتخاب الگوی برتر شده است.. روش به کار رفته ورود (Enter)، سطح معنی داری ۹۵٪ است.

ابتدا چند الگوی خطی (با عرض از مبدأ و بدون عرض از مبدأ)، لگاریتمی و نیمه لگاریتمی (برای تثبیت واریانس) بر تمام ۳۵ داده‌ها برازش که این الگوها رد شده‌اند. دو نمونه از این الگوه در بندهای (۱) و (۲) آمده است. بررسی‌های بیشتر نشان داد که دو اندازگیری اولیه (ردیف ۴ و ۵ جدول۲) اعداد نسبتاً پرتی هستند، آنها را حذف و دوباره الگوها را بر۳۳ داده جدید برازش داده‌ایم (الگوهای۳ تا ۵)که نتایج به شرح زیر است. الگوی(۵) الگوی برتر است.

الگوی خطی " باران- رواناب" با عرض ازمبدأ: نتایج در ردیف‌های ۱تا ۶ جدول ۲ آمده است. عرض از مبدأ رگرسیون $\beta_0 = -0/06$ با خطای استاندارد ۰/۰۱ و آماره $t = -0/560$ (مقدار احتمال۰/۵۷۹) است. وجود عرض از مبدأ در الگو رد، بنابراین این الگو رد می‌شود. شکل(۲-بالا راست) نیز پایانبودن واریانس را نشان می‌دهد.

الگوی خطی " باران- رواناب" بدون عرض ازمبدأ: نتایج در ردیف‌های ۷ تا ۱۱ جدول ۲ آمده است. آماره‌های t ، F و ضریب تعیین کارائی خود را در الگوهای بدون عرض از مبدأ از دست می‌دهند. آسیب‌شناسی باقی‌مانده‌ها نشان از باقی‌مانده پرت بزرگی دارد ($Min - Stud.D.R = -5/97$). بنابراین این الگو رد می‌شود و نیاز به بررسی بیشتر نیست. نمودار(۲- بالا- چپ) نیز پایا نبودن واریانس را نیز نشان می‌دهد.

الگوی خطی" باران- رواناب" با عرض ازمبدأ برای ۳۳ داده: نتایج در ردیف‌های ۱۲تا ۱۷ جدول ۲ آمده است. عرض از مبدأ رگرسیون $\beta_0 = -0/001$ با خطای استاندارد۰/۰۰۶ و آماره $t = -0/290$ (مقدار احتمال۰/۵۸۱) است. وجود عرض از مبدأ در الگو رد، بنابراین این الگو رد است. شکل(۲-پایین- راست) نیز پایانبودن واریانس را نشان می‌دهد.

الگوی تمام لگاریتمی " باران- رواناب" بدون عرض ازمبدأ: نتایج در ردیف‌های ۱۸تا ۲۲ جدول ۲ آمده است. آماره‌های t ، F و ضریب تعیین کارائی خود را در الگوهای بدون عرض از مبدأ از دست می‌دهند. آسیب‌شناسی باقیمانده‌ها نشان از پایا نبودن واریانس است (شکل۲- پایین چپ). بنابراین این الگو نیز رد می‌شود.

الگوی تمام لگاریتمی " باران- رواناب" با عرض ازمبدأ: نتایج در ردیف‌های ۲۳ تا ۲۸ جدول ۲ آمده است. نتایج جدول نشان از مناسب بودن الگو دارد. نمودار باقی‌مانده‌ها (شکل۳). نشان از پایائی واریانس، استقلال و نرمال بودن آنهاست. آماره کوک، مقادیر حداقل و حداکثر اهرمگون مرکزی و آماره دوربین- واتسن نیز بی آسیب بودن الگو را نشان می‌دهد. بنابراین این الگو قبول و به‌کار گرفته شده است. مقدار ضریب تعیین اصلاح شده ۰/۹۹۱ نشان از قدرت خوب الگوست. این الگو به شرح رابطه (۶) است.

(۶)

$$Ln(Runoff) = \beta_0 + \beta_1 Ln(Rain) = -3/339 + 0/996\, Ln(Rain)$$

برآورد رواناب دراز مدت پشت‌بام نمونه

آمار برداری از پشت‌بام مربوط به طرح پژوهشی مورد نظر حدود دو سال انجام شده که بسیار کوتاه مدت است، برای نتیجه‌گیری دراز مدت ناچار به استفاده از آمار بلند مدت بارش ایستگاه سینوپتیک مشهد شده‌ایم. آمار ۱۸ سال بارندگی روزانه برای برآورد رواناب روزانه استفاده شده است. ابتدا رواناب حاصل از بارش‌های روزانه با رابطه (۶) برآورد گردید که در نتیجه متوسط رواناب این دوره آماری ۱۶/۳۴۷ مترمکعب برای سطح نمونه (پشت‌بام کارگاه نجاری) بدست آمد. .سپس آمار ماهانه این ۱۸ سال حساب شده‌اند. نتایج حاصل با اعمال ضریب مناسب (۱/۰۸۵) به آمار ۵۵ ساله ماهانه مشهد تعمیم داده شده که نتیجه ۱۷/۷۳۰ مترمکعب برای سطح نمونه است. بنابراین برآوردی از آمار رواناب ۵۵ ساله پشت‌بام معماری در اختیار است.

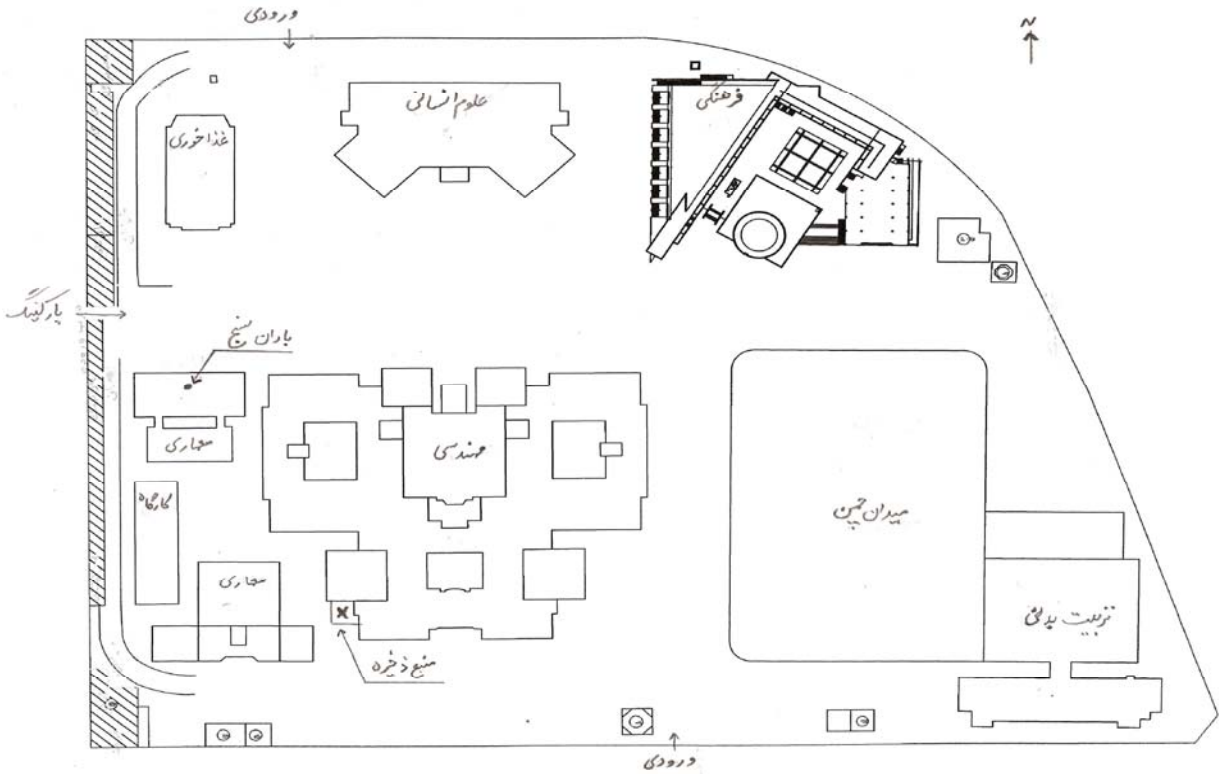
تحلیل فراوانی رواناب

آمار ۵۵ ساله رواناب برای تحلیل فراوانی انتخاب که تحلیل‌ها مطابق زیر است.

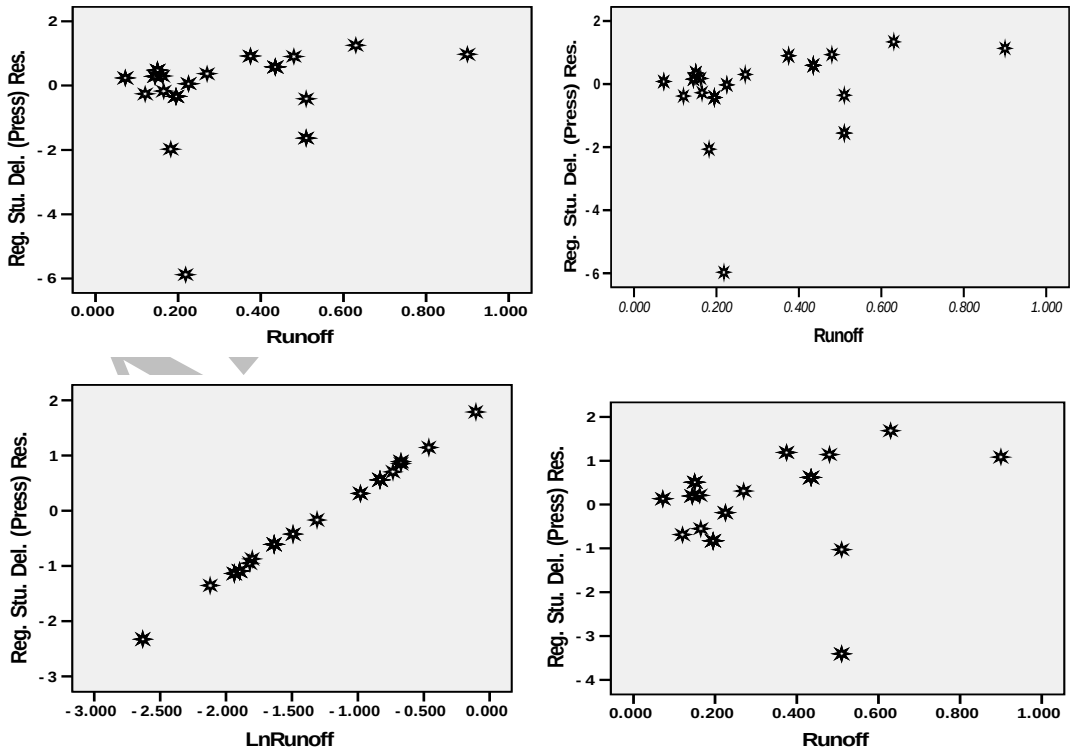
الف) انجام آزمون‌های پایه برای نمونه مشاهده‌ای: آزمون‌های- پایه برای این نمونه انجام و نمونه خصوصیات لازم را پس از آنجام آزمون‌های فوق دارد و برای تحلیل فراوانی قبول می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

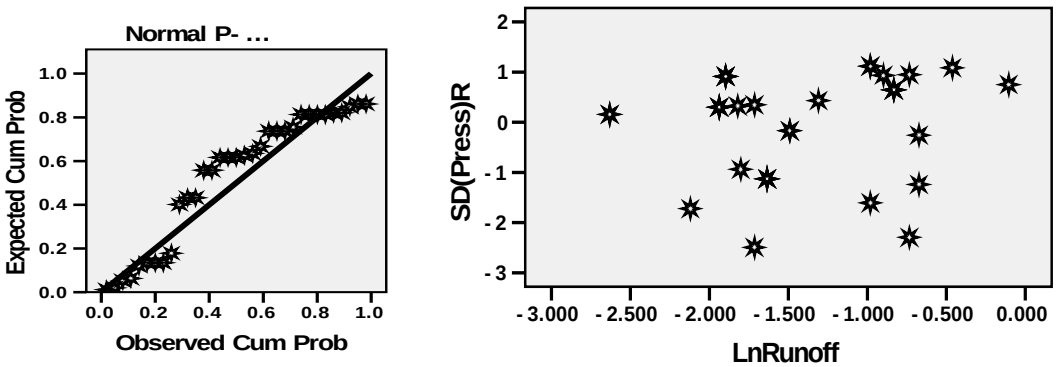


(شکل۱)- موقعیت ساختمان‌های مختلف دانشگاه آزاد اسلامی مشهد(قاسم آباد). محل باران سنج و محل نصب منبع ذخیره مشخص شده است. پشت بام کارگاه نجاری معماری با علامت ضربدر مشخص شده است



(شکل۲)- رفتار باقی‌مانده‌های (حذفیPress) الگوهای(۱) تا (٤)

www.SID.ir



(شکل۳)- رفتار باقی‌مانده‌های (حذفیPress) الگوی(۵) و نرمال بودن آنها

ب) انتخاب و برازش توزیع: نمودار گشتاوری خطی برای تخمین اولیه توزیع مناسب به کار گرفته شده است. شکل۴ این نمودار را نشان می‌دهد (۱۶). توریع‌های لوگ‌نرمال، پارتو، خانواده گامبل و جند توزیع دیگر روی شکل به‌صورت منحنی رسم شده‌اند. ابتدا باید دو نسبت گشتاوری‌خطی یعنی ضرایب چولگی و کشیدگی داده‌ها را حساب که مقادیر آنها $tow3 = 0/099$ و $tow4 = 0/113$ است. نقطه مربوط به این دو نسبت روی شکل ۴ پیاده و با دایره توپر نشان داده شده است. نقطه نزدیک به خانواده گامبل است. بنابراین توزیع گامبل نوع۱ می‌تواند مناسب باشد. توزیع گامبل‌نوع ۱ را با چهار روش مختلف برآورد بر ۵۵ سال داده‌های بارندگی سالانه مشهد برازش داده‌ایم. آزمون کولموگروف- اسمیرینوف برای نیکوئی برازش انتخاب و روش حداکثر درست‌نمائی(MLM) بهترین برازش را دارد. سپس، مبادرت به برآورد بارندگی در دوره‌های‌ترسالی و خشکسالی شده است (۲و۱۴).

تصمیم‌گیری در ذخیره رواناب حاصل از بارش‌ها نیاز به دانستن رواناب در دوره‌های بازگشت ترسالی و خشک‌سالی است. برای این منظور از نتایج تحلیل فراوانی ۵۵ سال آمار ایستگاه سینوپتیک مشهد استفاده شده است. متوسط بارش مشهد ۲۵۵/۱ میلی‌تر است. توزیع ماهانه این بارش در دوره ۵۵ ساله موجود است. می‌توان با تقسیم کردن بارش در دوره‌های بازگشت مختلف بر متوسط بارش و اعمال نسبت‌های ماهانه مبادرت به تعیین بارش ماهانه در دوره‌های بازگشت مختلف کرد. رواناب ماهانه نیز قبلاً محاسبه شده است. با تقسیم بارندگی در دوره‌های بازگشت مختلف بر بارندگی متوسط سالانه ضریبی به‌دست می‌آید. می‌توان رواناب ماهانه و سالانه را در دوره‌های بازگشت مختلف با ضرب این ضریب در رواناب سالانه و ماهانه به‌دست آورد. بنابراین می‌توان توزیع رواناب ماهانه پشت‌بام کارگاه معماری را در دوره‌های بازگشت مختلف ترسالی و خشک‌سالی به‌دست آورد.

برآورد رواناب پشت‌بام‌های دانشگاه آزاد قاسم آباد

برای محاسبه این رواناب از نسبت مساحت کل پشت‌بام ها (۱۸۶۸۰ مترمربع) به مساحت کارگاه نجاری (۳۹/۳ مترمربع) استفاده می‌شود. این نسبت را در رواناب‌های برآوردی برای کارگاه نجاری ضرب نموده تا رواناب حاصل از کل پشت بام‌ها در دوره‌های بازگشت مختلف ترسالی و خشکسالی به دست آید. جدول (۳) نتیجه نهائی را نشان می‌دهد. متوسط سالانه این رواناب ۸۴۲۸ مترمکعب است. توزیع ماهانه رواناب برآوردی نیز در دوره‌های بازگشت ترسالی و خشکسالی در جدول۳ آمده است.

خلاصه و جمع‌بندی

جمع آوری آب از سطح پشت‌بام‌ها یکی از انواع روش‌های استحصال آب بوده که از قدیم تا کنون همواره مورد استفاده بوده است. مقاله حاضر نتیجه یک طرح پژوهشی است که هدف آن ارزیابی امکان استحصال آب حاصل از بارندگی بر پشت‌بام‌های دانشگاه آزاداسلامی مشهد (قاسم آباد) است. برای این منظور ابتدا یک پشت‌بام نمونه به مساحت۳۹/۳ مترمربع انتخاب و به باران‌سنج و منبع‌ذخیره رواناب مجهز شده است. بارش- رواناب طی دوسال جمع‌آوری و تحلیل شده‌اند. برای تحلیل آنها از پنج الگوی رگرسیونی استفاده شده است. الگوی برتر تمام لگاریتمی (رابطه ۶) است که با بررسی آماره‌ها و رفتار باقی‌مانده‌ها انتخاب شده است. آمار مشاهده‌ای کوتاه مدت است. برای تحلیل دراز مدت بارش- رواناب از آمار ۱۸ساله (به‌صورت روزانه) و ۵۵ ساله ایستگاه سینوپتیک مشهد (به‌صورت ماهانه) استفاده شده است. ابتدا آزمون‌های پایه برای قبول نمونه انجام شده است. سپس، تحلیل فراوانی این آمار با توزیع گامبل‌نوع ۱ با چهار روش برآورد صورت پذیرفته و روش برتر (MLM) با آزمون کولموگروف- اسمیرینوف انتخاب شده است. بارش با دوره‌های بازگشت مختلف (ترسالی و خشکسالی) محاسبه و با اعمال نسبت‌های به‌دست آمده به رواناب تبدیل شده است. ابتدا

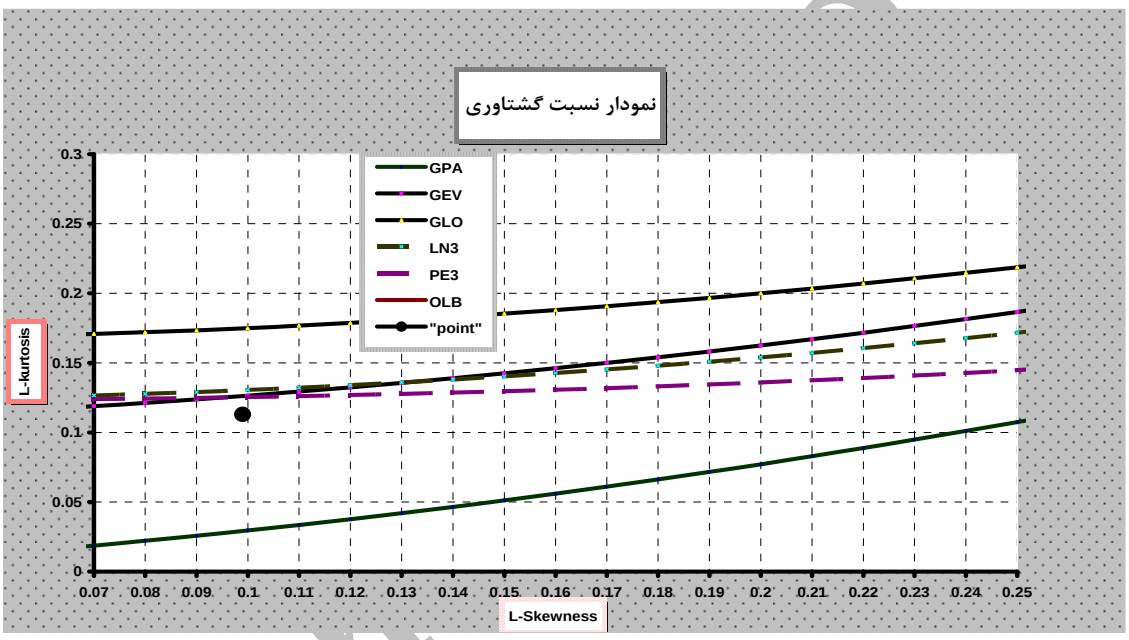
Archive of SID

www.SID.ir

رواناب پشت‌بام نمونه (۳۹/۳مترمربع) برآورد و سپس نتایج به کل پشت‌بام‌های دانشگاه (۱۸۶۸۰ مترمربع) تعمیم داده شده است. متوسط رواناب ۵۵ ساله این پشت‌بام‌ها ۸۴۲۸ مترمکعب است. نتایج نهائی در جدول۳ آمده است. نتایج حاصل از این پروژه پژوهشی با توجه به تحلیل‌های انجام گرفته و انجام آزمون‌های مناسب قبول و مورد تأیید قرار می‌گیرد و به عنوان راهکاری برای استحصال آب پیشنهاد می‌شود.

تشکر و قدردانی

پروژه استحصال آب با پشتیبانی مالی معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد مشهد انجام گرفته است. معاونت مطالعات آب منطقه‌ای خراسان جناب مهندس سیدعلی حسینی نیز در تجهیز ایستگاه باران سنج همکاری صمیمانه داشته‌اند. از زحمات و مساعدت‌های این عزیزان این تشکر و قدردانی می‌شود.



(شکل ٤)- نمودار گشتاوری خطی برای انتخاب اولیه توزیع مناسب

Archive
www.SID.ir

(جدول ۱)- آمارهای مشاهده‌ای بارش و رواناب، به همراه بارش خالص و درصد ضریب جریان

ردیف	تاریخ وقوع	نوع بارش	ارتفاع بارش (میلی متر)	حجم رواناب (مترمکعب)	بارش خالص (میلی متر)	درصد ضریب جریان
۱	۱۳۸۶/۱۰/۲۳	برف	۵۰/۰	۰/۰۲۱	-	-
۲	۱۳۸۶/۱۱/۱۵	برف	۱۲۰/۰	۰/۳۰۸	-	-
۳	۱۳۸۶/۱۱/۲۷	باران	۴/۵	۰/۱۶۲	۴/۱	۹۱/۶
۴	۱۳۸۷/۱/۱۵	باران	۱۰	۰/۲۱۸	۵/۶	۵۵/۵
۵	۱۳۸۷/۱/۲۵	باران	۷	۰/۱۸۲	۴/۶	۶۶/۲
۶	۱۳۸۷/۱/۲۶	باران	۴	۰/۱۴۴	۳/۷	۹۱/۶
۷	۱۳۸۷/۲/۱۵	باران	۴	۰/۱۴۴	۳/۷	۹۱/۶
۸	۱۳۸۷/۲/۱۵	باران	۴	۰/۱۴۴	۳/۷	۹۱/۶
۹	۱۳۸۷/۳/۲	باران	۲	۰/۰۷۲	۱/۸	۹۱/۶
۱۰	۱۳۸۷/۳/۴	باران	۲	۰/۰۷۲	۱/۸	۹۱/۶
۱۱	۱۳۸۷/۸/۱۵	باران	۱۲	۰/۴۳۵	۱۱/۱	۹۲/۲
۱۲	۱۳۸۷/۹/۱۳	باران	۶	۰/۱۹۵	۵	۸۲/۷
۱۳	۱۳۸۷/۹/۱۷	باران	۶	۰/۱۹۵	۵	۸۲/۷
۱۴	۱۳۸۷/۹/۲۳	باران	۷/۵	۰/۲۷۰	۶/۹	۹۱/۶
۱۵	۱۳۸۷/۱۰/۱۵	باران	۱۲	۰/۴۳۵	۱۱/۱	۹۲/۲
۱۶	۱۳۸۷/۱۰/۲۱	باران	۶/۵	۰/۲۲۵	۵/۷	۸۸/۱
۱۷	۱۳۸۷/۱۱/۴	باران	۶	۰/۱۹۵	۵/۰	۸۳/۷
۱۸	۱۳۸۷/۱۱/۱۴	باران	۱۰	۰/۳۷۵	۹/۵	۹۵/۴
۱۹	۱۳۸۷/۱۱/۳۰	باران	۱۵	۰/۵۱۰	۱۳/۰	۸۶/۶
۲۰	۱۳۸۷/۱۲/۲	باران	۶	۰/۱۹۵	۵/۰	۸۳/۷
۲۱	۱۳۸۷/۱۲/۱۳	باران	۱۶	۰/۵۱۰	۱۲/۴	۸۱/۱
۲۲	۱۳۸۷/۱۲/۱۵	باران	۱۳	۰/۴۳۵	۱۱/۱	۹۲/۲
۲۳	۱۳۸۷/۱۲/۲۷	باران	۱۳	۰/۴۸۰	۴/۶	۹۴/۰
۲۴	۱۳۸۸/۱/۱	باران	۶	۰/۱۹۵	۵	۸۲/۷
۲۵	۱۳۸۸/۱/۲	باران	۱۲	۰/۴۳۵	۱۱/۱	۹۲/۲
۲۶	۱۳۸۸/۱/۵	باران	۱۶	۰/۵۱۰	۱۳	۸۱/۱
۲۷	۱۳۸۸/۱/۱۱	باران	۲۵	۰/۹۰۰	۲۲/۹	۹۱/۶
۲۸	۱۳۸۸/۱/۲۱	باران	۶/۵	۰/۲۲۵	۵/۷	۸۸/۱
۲۹	۱۳۸۸/۱/۲۴	باران	۱۷	۰/۶۳۰	۱۶/۰	۹۴/۳
۳۰	۱۳۸۸/۱/۳۱	باران	۳/۸	۰/۱۲۰	۳/۰	۸۰/۴
۳۱	۱۳۸۸/۲/۶	باران	۱۲	۰/۴۳۵	۱۱/۱	۹۲/۲
۳۲	۱۳۸۸/۲/۱۳	باران	۱۰	۰/۳۷۵	۹/۵	۹۵/۴
۳۳	۱۳۸۸/۲/۲۸	باران	۴	۰/۱۵۰	۳/۸	۹۴/۴
۳۴	۱۳۸۸/۲/۲۸	باران	۵	۰/۱۶۵	۴/۲	۸۴/۰
۳۵	۱۳۸۸/۲/۲۹	باران	۴	۰/۱۵۰	۳/۸	۹۵/۴
۳۶	۱۳۸۸/۳/۷	باران	۴	۰/۱۵۰	۳/۸	۹۵/۴
۳۷	۱۳۸۸/۳/۹	باران	۴	۰/۱۵۰	۳/۸	۹۵/۴
۳۸	میانگین	-	۸/۴	۰/۲۹۱	۰/۲۹۱	۸۸/۰
۳۹	واریانس	-	۲۶/۶۶	۰/۱۸۵	۰/۱۸۵	۸/۵
۴۰	ضریب‌چولگی	-	۱/۱۹۱	۱/۳۰۰	۱/۳۰۰	-۲/۱۹۲
۴۱	ضریب‌کشیدگی	-	۱/۵۴۵	۱/۸۸۷	۱/۸۸۷	۶/۰۶۰

Archive of SID

www.SID.ir

(جدول ۲)- خصوصیات الگوهای برازشی برآمار رواناب- بارش

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
۱	$Runoff = \beta_0 + \beta_1 Rain = -0/06 + 0/035 Rain$						الگوی ۱)
۲	ضرایب الگو	St-Erro.	آماره t	P-Value	R^2	$Adj-R^2$	D-W
۳	$\beta_0 = -0/06$	۰/۰۱۰	-۰/۵۶۰	۰/۵۷۹	۰/۹۷۲	۰/۹۷۱	۱/۷۳۳
۴	$\beta_1 = 0/035$	۰/۰۰۱	۳۳/۶۲	۰/۰۰۰	-	-	-
۵	آماره F	Min Stud.D.R	Max Stud.D.R	Min Cooks	Max Cooks	Min Cent.L	Max Cent.L
۶	۳۱۳۰	-۵/۸۷۷	۱/۲۵۵	۰/۰۰۰	۰/۲۷۷	۰/۰۰۱	۰/۰۲۹
۷	$Runoff = \beta_1 Rain = 0/035 Rain$						الگوی ۲)
۸	ضرایب الگو	St-Erro.	آماره t	P-Value	R^2	$Adj-R^2$	D-W
۹	$\beta_1 = 0/035$	۰/۰۰۱	۶۴/۷	۰/۰۰۰	۰/۹۹۲	۰/۹۹۲	۱/۷۶
۱۰	آماره F	Min Stud.D.R	Max Stud.D.R	Min Cooks	Max Cooks	Min Cent.L	Max Cent.L
۱۱	۴۱۹۲	-۵/۹۷	۱/۳۴۴	۰/۰۰۰	۰/۵۳۷	۰/۰۰۱	۰/۱۸۴
۱۲	$Runoff = \beta_0 + \beta_1 Rain = -0/001 + 0/035 Rain$						الگوی ۳)
۱۳	ضرایب الگو	St-Erro.	آماره t	P-Value	R^2	$Adj-R^2$	D-W
۱۴	$\beta_0 = -0/001$	۰/۰۰۶	-۰/۲۹۰	۰/۵۸۱	۰/۹۹۰	۰/۹۹۰	۲/۳۷۰
۱۵	$\beta_1 = 0/035$	۰/۰۰۱	۵۴/۵۶	۰/۰۰۰	-	-	-
۱۶	آماره F	Min Stud.D.R	Max Stud.D.R	Min Cooks	Max Cooks	Min Cent.L	Max Cent.L
۱۷	۲۹۶۶	-۳/۴۰۵	۱/۶۸۵	۰/۰۰۱	۰/۴۴۸	۰/۰۰۱	۰/۳۰۵
۱۸	$Ln(Runoff) = \beta_1 Ln(Rain) = -0/564 Ln(Rain)$						الگوی ۴)
۱۹	ضرایب الگو	St-Erro.	آماره t	P-Value	R^2	$Adj-R^2$	D-W
۲۰	$\beta_1 = -0/564$	۰/۰۸۸	-۶/۴۳	۰/۰۰۰	۰/۵۶۴	۰/۵۶۰	۱/۲۲۴
۲۱	آماره F	Min Stud.D.R	Max Stud.D.R	Min Cooks	Max Cooks	Min Cent.L	Max Cent.L
۲۲	۴۱/۳۶	-۲/۳۲۷	۱/۷۸۹	۰/۰۰۱	۰/۲۴۴	۰/۰۰۱	۰/۰۷۵
۲۳	$Ln(Runoff) = \beta_0 + \beta_1 Ln(Rain) = -3/339 + 0/996 Ln(Rain)$						الگوی ۵)
۲۴	ضرایب الگو	St-Erro.	آماره t	P-Value	R^2	$Adj-R^2$	D-W
۲۵	$\beta_0 = -3/339$	۰/۰۳۴	-۹۹/۲	۰/۰۰۰	۰/۹۹۲	۰/۹۹۱	۲/۱۵۹
۲۶	$\beta_1 = +0/996$	۰/۰۱۷	۶۰/۲	۰/۰۰۰	-	-	-
۲۷	آماره F	Min Stud.D.R	Max Stud.D.R	Min Cooks	Max Cooks	Min Cent.L	Max Cent.L
۲۸	۳۶۴۰	-۲/۰۳۷	۱/۱۵۴	۰/۰۰۱	۰/۱۳۲	۰/۰۰۰	۰/۱۲۹

نمادها: D-W آماره دوربین- واتسن. Min-Cook و Max-Cooks حداقل وحداکثرآماره کوک. Min -S.D.R و Max -S.D.R حداقل وحداکثر باقی‌مانده(Press) و Min-Cent.L و Max-Cent.L حداقل وحداکثر اهرمگون مرکزی

Archive of SID

www.SID.ir

(جدول ۳)- برآورد رواناب (مترمکعب) پشت‌بام‌های دانشگاه در دوره‌های بازگشت مختلف ترسالی و خشکسالی

دوره بازگشت ترسالی		حجم رواناب(مترمکعب) برای پشت‌بام‌های دانشگاه در دوره های بازگشت ترسالی (مساحت۱۸۶۸۰ مترمربع)												
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agu	Sep	Oct	Nov	Dec	سالانه
	معدل	۱۰۸۶/۴	۱۱۵۷/۳	۱۸۳۷/۶	۱۵۳۳/۰	۹۱۳/۸	۱۴۲/۰	۳۰/۵	۰/۰	۶۰/۹	۲۸۴/۳	۵۳۸/۱	۸۱۲/۱	۸۴۲۶/۵
Tr=5	Xt	۱۳۲۹/۹	۱۴۲۱/۳	۲۲۵۳/۵	۱۸۷۸/۲	۱۱۱۶/۷	۱۷۲/۶	۴۰/۶	۰/۰	۷۱/۱	۳۴۵/۲	۵۵۹/۸	۹۹۴/۹	۱۰۳۲۵/۰
	Rxt	۱۶۵۴/۸	۱۷۶۶/۶	۲۷۹۱/۸	۲۳۳۴/۶	۱۳۹۱/۰	۲۱۳/۲	۵۰/۸	۰/۰	۹۱/۴	۴۳۶/۶	۸۲۲/۴	۱۲۳۸/۷	۱۲۸۱۲/۴
	Lxt	۱۱۹۸/۱	۱۲۷۹/۳	۲۰۲۰/۲	۱۶۸۵/۳	۱۰۰۵/۰	۱۵۲/۳	۳۰/۵	۰/۰	۷۱/۱	۳۱۴/۶	۵۸۸/۹	۸۹۳/۵	۹۲۷۹/۲
Tr=10	Xt	۱۵۲۳/۰	۱۶۳۴/۵	۲۵۷۸/۲	۲۱۵۳/۱	۱۲۷۹/۳	۲۰۳/۱	۴۰/۶	۰/۰	۸۱/۲	۳۹۶/۰	۷۵۱/۲	۱۱۳۷/۰	۱۱۸۲۷/۵
	Rxt	۱۷۱۵/۸	۱۸۲۷/۳	۲۸۹۴/۳	۲۴۱۵/۸	۱۴۴۱/۶	۲۲۳/۶	۵۰/۸	۰/۰	۹۱/۴	۴۴۶/۶	۸۴۲/۷	۱۲۷۹/۳	۱۳۲۶۹/۳
	Lxt	۱۳۴۰/۱	۱۴۳۱/۵	۲۲۶۴/۲	۱۸۸۸/۴	۱۱۲۷/۰	۱۷۲/۶	۴۰/۶	۰/۰	۷۱/۱	۳۵۵/۴	۶۵۹/۸	۱۰۰۵/۰	۱۰۳۸۵/۹
Tr=20	Xt	۱۷۱۵/۸	۱۸۲۷/۳	۲۸۹۴/۳	۲۴۱۵/۸	۱۴۴۱/۶	۲۲۳/۴	۵۰/۸	۰/۰	۹۱/۴	۴۴۶/۶	۸۴۲/۷	۱۲۷۹/۳	۱۳۲۶۹/۳
	Rxt	۱۹۴۹/۳	۲۰۸۱/۳	۳۳۰۰/۱	۲۷۵۱/۲	۱۶۳۴/۵	۲۵۳/۸	۵۰/۸	۰/۰	۱۱۱/۷	۵۰۷/۷	۹۶۴/۴	۱۴۵۱/۸	۱۵۱۰۶/۹
	Lxt	۱۴۷۲/۱	۱۵۷۳/۶	۲۴۹۷/۰	۲۰۸۱/۳	۱۲۳۸/۷	۱۹۲/۹	۴۰/۶	۰/۰	۸۱/۲	۳۸۵/۸	۷۳۰/۹	۱۱۰۶/۷	۱۱۴۵۲/۰
Tr=50	Xt	۱۹۴۹/۳	۲۱۹۱/۴	۳۳۰۰/۱	۲۷۵۱/۲	۱۶۴۴/۷	۲۵۳/۸	۵۰/۸	۰/۰	۱۱۱/۷	۵۰۷/۷	۹۶۴/۴	۱۴۶۱/۹	۱۵۱۴۷/۴
	Rxt	۲۲۵۳/۹	۲۴۰۶/۲	۳۸۱۷/۰	۳۱۷۸/۴	۱۸۹۸/۵	۲۹۴/۳	۶۰/۹	۰/۰	۱۲۱/۸	۵۸۸/۹	۱۱۱۶/۷	۱۶۸۵/۳	۱۷۴۹۲/۶
دوره بازگشت خشکسالی		حجم رواناب(مترمکعب) برای پشت‌بام‌های دانشگاه در دوره های بازگشت خشکسالی (مساحت۱۸۶۸۰ مترمربع)												
	Lxt	۱۶۵۴/۸	۱۷۶۶/۵	۲۷۹۱/۸	۲۳۳۴/۶	۱۳۹۱/۰	۲۱۳/۲	۵۰/۸	۰/۰	۹۱/۴	۴۳۶/۶	۸۲۲/۴	۱۲۳۸/۷	۱۲۸۱۲/۴
T'r=5	Xt	۸۲۲/۴	۸۷۳/۲	۱۳۸۰/۷	۱۱۵۷/۳	۶۹۰/۴	۱۱۱/۷	۲۰/۳	۰/۰	۵۰/۸	۲۱۳/۲	۴۰۶/۱	۶۰۹/۲	۶۳۴۵/۲
	Rxt	۸۳۲/۴	۸۹۳/۵	۱۴۱۱/۳	۱۱۷۷/۶	۷۰۰/۶	۱۱۱/۷	۲۰/۳	۰/۰	۵۰/۸	۲۲۳/۴	۴۱۶/۳	۶۲۹/۵	۶۴۸۷/۵
	Lxt	۸۰۲/۱	۸۵۲/۹	۱۳۵۰/۲	۱۱۲۷/۰	۶۷۰/۱	۱۰۱/۵	۲۰/۳	۰/۰	۴۰/۶	۲۱۳/۲	۳۹۶/۰	۵۹۸/۹	۶۲۰۳/۲
T'r=10	Xt	۷۲۰/۹	۷۷۱/۵	۱۲۲۸/۴	۱۰۲۵/۵	۶۰۹/۲	۹۱/۴	۲۰/۳	۰/۰	۴۰/۶	۹۲/۹	۳۵۵/۴	۵۳۸/۱	۵۶۲۴/۵
	Rxt	۷۷۱/۵	۸۲۲/۴	۱۲۹۹/۵	۱۰۸۶/۴	۶۴۹/۸	۱۰۱/۵	۲۰/۳	۰/۰	۴۰/۶	۲۰۳/۱	۳۸۵/۸	۵۷۸/۶	۵۹۶۹/۷
	Lxt	۶۸۰/۳	۷۳۰/۹	۱۱۴۷/۲	۹۶۴/۴	۵۶۸/۶	۹۱/۴	۲۰/۳	۰/۰	۴۰/۶	۱۸۲/۸	۳۳۴/۹	۵۰۷/۷	۵۲۷۹/۳
T'r=20	Xt	۶۵۹/۸	۷۰۰/۶	۱۱۰۶/۷	۹۲۳/۸	۵۴۸/۳	۸۱/۲	۲۰/۳	۰/۰	۶۰/۴	۱۷۲/۶	۳۲۴/۹	۴۸۷/۲	۵۰۹۶/۵
	Rxt	۷۲۰/۹	۷۷۱/۵	۱۲۱۸/۴	۱۰۱۵/۲	۶۰۹/۲	۹۱/۴	۲۰/۳	۰/۰	۴۰/۶	۱۹۲/۹	۳۵۵/۴	۵۳۸/۱	۵۵۹۴/۰
	Lxt	۵۸۸/۹	۶۲۹/۵	۱۰۰۵/۰	۸۳۲/۴	۴۹۷/۵	۸۱/۲	۲۰/۳	۰/۰	۳۰/۵	۱۵۲/۳	۲۹۴/۳	۴۴۶/۶	۴۵۹۹/۰
T'r=50	Xt	۵۸۸/۹	۶۲۹/۵	۹۹۴/۹	۸۳۲/۴	۴۹۷/۵	۸۱/۲	۲۰/۳	۰/۰	۳۰/۵	۱۵۲/۳	۲۹۴/۳	۴۳۶/۶	۴۵۵۸/۴
	Rxt	۶۷۰/۱	۷۲۰/۹	۱۱۳۷/۰	۹۴۴/۱	۵۶۴/۶	۹۱/۴	۲۰/۳	۰/۰	۴۰/۶	۱۷۲/۶	۳۳۴/۹	۴۹۷/۵	۵۲۰۸/۲
	Lxt	۵۰۷/۷	۵۳۸/۱	۸۵۲/۹	۷۱۰/۶	۴۲۶/۳	۶۰/۹	۱۰/۳	۰/۰	۳۰/۵	۱۳۲/۰	۲۵۳/۸	۳۷۵/۷	۳۹۰۸/۷

توضیح: نمادهای Xt ، RXt و Tr،LXt و T'r به ترتیب نمایش رواناب، کران بالا و پائین ۹۵٪ ، دوره بازگشت ترسالی و خشکسالی

منابع

۱- رضائی پژند ح. ۱۳۸۰. کاربرد آمار و احتمال در منابع آب. چاپ دانشگاه آزاد مشهد.

۲- رضائی پژند ح. و قهرمان ب. ۱۳۸۲. دستورالعمل تعیین ظرفیت زهکش های سطحی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی، وزارت نیرو.

۳- رضوی پاریزی س.ا. ۱۳۸۴. مقدمه‌ای بر تحلیل رگرسیون خطی، چاپ دانشگاه باهنر کرمان.

4- Fewkes A. 1999. The use of rainwater for WC flushing: The field testing of collection, Journal of Building and Enviroment, vol. 34:765-772.

5- Carder D.J. 1970. Roaded Catchments- A Method of Increasing Run Off into Dams and Reservoirs. Technical Bulletin No. 5. Western Australian Department of Agriculture.

6- Cluff C.B. 1981. Surface Storage for Water Harvesting Agrisystems, Rainfall Collection for Agriculture in Arid and Semi Arid Regions, G. R. Dutt, et all, C. A. B., Farnham House, Slough, UK.

7- Belsley D.A., et all. 2004. Regression Diagnostics. John Willey& Sons.

8- Villarreal E.L., and Dixon A. 2005. Analysis of a rainwater collection system for domestic water supply in

Archive of SID

www.SID.ir

Ringdansen, journal of Building and Environment, vol. 40:1174-1184.
9- Frasier G.W., and Myer L.E. 1983. Handbook of Water Harvesting. Agricultural Handbook No. 600. US Department of Agriculture, A. R. S., USA.
10- O'Bryan D., et all. 1969. Water, Population Pressure and Ancient Indian Migrations. Bulletin 10, International Hydrologic Decade. June 1969. pp. 438-442.
11- Hosking J.R. and Wallis J.R.. 1997. Regional Frequency Analysis An Approach Based on L-Moments. Cambridge Press Univversity.
12- Maronna R.A., Martin R.D., and Yahai V.j. 2006. Robust Statistics: Theory and Methods. John Willey& Sons.
13- Rafael Bras L. 1990. Hydrology, An Introduction to Hydrogical Science, Adison- Wesley Pub.
14- Lawrence Dingman S. 2002. Physical Hydrology. Perentice Hall.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 4, Winter 2009, p. 193-204

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۸، ص. ۲۰۴-۱۹۳

Runoff regression models for small catchments

J. Tabatabee-Yazdai[1] - H. Rezaee- Pazhand[2*] - H. Khatami-Mashhadi[3]

Abstract

This papare is resaults of analysing the data which reported from a harvesting project. The site for collecting data is buildings' roofs of Azad Islamic University of Mashhad. A rain gauge and a small reservoir (capacity is 4 cubic meters) were set at this site. Then the amount of precipitation and its runoff were measured during two years (from 1386, Dey, 23 to 1388, Tir, 3).The sample size is 35 observations. The relationship between runoff and rainfall was estimated by regression methods. The best model was chosen by analyzing residuals and testing the Models. Then the runoff were estimated through this model. The 55-year annual rainfalls of Mashhad synoptic station (1951-2005) were selected and frequency analysis was done on them. Then the roofs' runoff was estimated by this frequency analysis for both wet and dry years. The total area of roofs and their mean annual runoff in ordered are 18680 square meters and 8428 cubic meters.

Key words: Water harvesting, Roof, Runoff, Azad Islamic University of Mashhad

Archive of SID

1,2,3- Assitant prof, Mashhad Agricultural Research Station, Instructors, Dept. of Clivil Eng, Azad Islamic University, of Mashhad Respectively
(* - Corresponding author Email: hrpazhand@yahoo.com)

www.SID.ir