

شبیه سازی وضعیت رطوبت پیشین خاک جهت محاسبه شماره منحنی بر اساس شاخص استاندارد بارش پیشین (NAPI)

مجتبی محمدی، دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی
گرگان*

واحد بردی شیخ، استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

امیر سعد الدین، استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

حسن فرازجو، کارشناس ارشد اداره کل آب منطقه ایی گلستان

* تلفن تماس: ۰۹۳۸۸۲۳۷۱۰۷، پست الکترونیکی: mohamadi613@gmail.com

چکیده

در این مطالعه اقدام به طراحی و ارائه مدل ساده دو پارامتره جهت شبیه سازی NAPI و شماره منحنی گردید. برای این منظور از زبان برنامه نویسی زیست محیطی PCRaster که برای ساخت مدل های زیست محیطی فضایی دینامیک بکار می رود استفاده گردید. با توجه به سادگی مدل ارائه شده در این مطالعه که فقط از دو پارامتر برای شبیه سازی شماره منحنی و NAPI استفاده می نماید می توان از خروجی این مدل به عنوان ورودی مدل های دیگر که نیازمند شرایط رطوبت پیشین می باشند استفاده نمود. پارامتر ضریب رطوبتی به عنوان پارامتر کالیبراسیون در این مدل می باشد و همچنین این مدل فرض می کند که مقدار API برای شروع اولین گام برابر صفر می باشد. پس از انجام برنامه نویسی مدل در محیط برنامه نویسی PCRaster، مدل تهیه شده برای یک دوره آماری اجرا گردید و پس از انجام مرحله تصدیق کد، مدل طراحی شده برای سه سال آبی در حوضه چهل چای اجرا گردید. نتایج نشان داد که مدل ارائه شده به خوبی میزان NAPI را شبیه سازی می نماید. بطور کلی می توان اظهار داشت که در طول بیشتر سال شرایط رطوبتی متوسط وجود داشته و برحسب میزان NAPI در دوره های خشک و مرطوب در نوسان می باشد.

کلید واژه ها: NAPI، مدل سازی، روش شماره منحنی، PCRaster

۱- مقدمه

روش شماره منحنی سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS-CN) جهت تبدیل بارش به رواناب سطحی (یا بارش مزاد) از شماره منحنی استفاده می‌کند که تابع ویژگی‌های آبخیز و بارش پیشین می‌باشد [۱]. روش SCS-CN موضع بیشتر نشریات هیدرولوژی خصوصاً در سه دهه اخیر بوده است [۲]، [۳]، [۴]، [۵]، [۶]، [۷]، [۸]، [۹]، [۱۰]. روش SCS-CN از میانگین ارزش‌ها استفاده می‌نماید بنابراین قابلیت تغییر پذیری را وسیع‌تر می‌نماید [۱۱]. نشانگرهای تجربی که شماره منحنی را مشخص می‌نمایند می‌توانند از حوضه آبخیز استخراج شوند [۱۲]. پونیس و هاوکینز ۱۹۹۶ این متغیرها را بصورت تغییرات مکانی و زمانی بارش، چگونگی (کیفیت) داده‌های بارش-رواناب اندازه‌گیری شده، تغییر-پذیری بارش قبلی و مقدار رطوبت خاک توصیف نمودند. متغیر آخر با تحت عنوان شرایط رطوبت پیشین (AMC) و همچنین شرایط رواناب پیشین (ARC) شناخته می‌شود [۹].

این شاخص در روابط بارش-رواناب یک پارامتر ضروری و قابل ملاحظه می‌باشد. عموماً ویژگی‌های رگبارها می‌تواند از شبکه مناسب ایستگاه‌های بارانسنجی بدست آید. بهر حال بدست آوردن رطوبت خاک در سرتاسر حوضه مشکل می‌باشد. تنوع در خاک و ویژگی‌های سطحی، کاربری‌ها و پوشش‌های گیاهی متنوع بر این پیچیدگی می‌افزاید. در نشریات هیدرولوژیکی عموماً از سه عقیده (concepts) برای تشخیص AMC خاک استفاده می‌شود [۱۳]، [۹].

الف) شاخص بارش پیشین (API)، ب) شاخص جریان پایه قبلی (ABFI) و ج) شاخص رطوبت خاک (SMI). سادگی، فهم آسان (easy to grasps) و کاربرد در صحرا (apply in field) از مهمترین ویژگی‌های API می‌باشد که آنرا از دیگر روش‌ها متمایز می‌نماید [۱۳]، [۹]. روش ABFI بر اساس مقدار جریان آب پایه قبلی استوار است که در عمل بندرت از این شاخص استفاده می‌شود. شاخص SMI عموماً برای شبیه‌سازی هیدرولوژیکی طولانی مدت که رطوبت خاک را در بیلان آبی دخالت می‌دهند استفاده می‌شود.

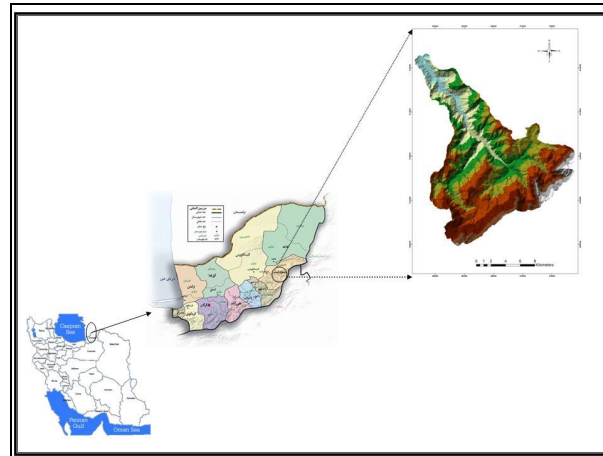
شاخص بارش پیشین (API) برای اولین بار در سال ۱۹۴۰ توسط کوهلر تعریف گردید. در این دوره از هیدرولوژی، دانشمندان دنبال یافتن روابط ساده بین بارش و رواناب بودند. تکنیک‌های مختلفی که سعی می‌کردند ویژگی‌های خاک، برای کاربرد تئوری نفوذ و دیگر مدل‌ها به کار ببرند، خیلی پیچیده بودند بویژه هنگامی که برای حوضه‌های بزرگ بکار می‌رفتند. در حال حاضر تمایل به مدل‌سازی مدل‌هایی که خروجی آنها شاخص رطوبت است افزایش یافته است [۱۳]. مدل ابزاری است که نیاز دارد نسبت به همه فاکتورهای مورد مطالعه شبیه‌سازی تنظیم و تغییر یابد. بنابراین ساخت مدل (فعالیت مدل‌سازی) برای شبیه‌سازی فرایندهای زیست محیطی یک ضرورت اجتناب ناپذیر می‌باشد. چرخه توسعه یک مدل یا به عبارتی مدل‌سازی دارای گام‌های مختلفی می‌باشد. برنامه نویسی یا کد نویسی مدل یکی از مهمترین این گام‌ها می‌باشد. یک مدل شامل تبدیل نمایش ریاضی فرایندها به یک برنامه کامپیوتری می‌باشد. در واقع در این گام است که مدلیست (مدلساز) به فرایندهای زیست محیطی در کالبد کامپیوتر روح و جان می‌بخشد. نوع ابزاری که برنامه نویسی همه مدل‌ها را امکان پذیر می‌نماید، سیستم برنامه نویسی سیستمی همچون ++C یا Fortran می‌باشد. رویکرد دیگر استفاده از زبان برنامه نویسی است که برای اهداف خاص ساخت مدل زیست محیطی توسعه داده شده‌اند که به عنوان زبان مدل‌سازی زیست محیطی معروف می‌باشند. از طرف دیگر با توجه به اینکه سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) با داده‌های ایستا (Static) سر و کار دارند، زبانهای مدل‌سازی این سیستم‌ها برای ساخت مدل‌هایی که فقط دارای دو یا سه بعد فضایی (مثلاً ESRI و یا Earth version) هستند طراحی شده‌اند. در این بین بسته نرم افزاری مدل‌سازی زیست محیطی PCRaster یک زبان مدل‌سازی زیست محیطی برای ساخت مدل‌های زیست محیطی فضایی دینامیک می‌باشد.

با توجه به اهمیت و استفاده گسترده از روش شماره منحنی سازمان حفاظت خاک آمریکا در مدل های بارش - رواناب در هیدرولوژی و همچنین ویژگی های ذکر شده شاخص بارش پیشین، در این مطالعه اقدام به مدلسازی شماره منحنی روزانه حوضه چهل چای بر اساس روش شاخص بارش استاندارد گردید. برای این منظور از زبان برنامه نویسی زیست محیطی PCRaster استفاده گردید. مدل طراحی شده یک مدل ساده دو پارامتره می باشد. در این مدل فرض می شود که مقدار API برای شروع اولین گام برابر صفر می باشد.

۲- مواد و روشها

معرفی منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز چهل چای با مساحتی بالغ بر ۲۵۶۸۳/۱ هکتار در طول های جغرافیایی شرقی ۳۰°، ۲۲°، ۵۵° الی ۳۰°، ۳۷°، ۵۵° و عرض های جغرافیایی شمالی ۳۰°، ۵۷°، ۳۶° الی ۱۵°، ۳۷° بوده که از شمال به شهر مینودشت، از غرب به ارتفاعات محمدزمان خان و دشت حلقه، از شرق به حوزه آبخیز رودخانه چهل چای و از جنوب به حوزه آبخیز تیل آباد محدود می گردد. این منطقه از لحاظ تقسیمات سیاسی در محدوده شهرستان مینودشت قرار گرفته است. منطقه مورد مطالعه در زیرحوزه بزرگ گرگانرود بوده که با نام حوزه آبخیز ۹۲ مینودشت می باشد. حداقل ارتفاع از سطح دریا ۱۹۰ متر و حداکثر ارتفاع آن ۲۵۷۰ متر از سطح دریا می باشد (شکل ۱). موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

روش شماره منحنی (Curve Number)، سازمان حفاظت منابع ملی (NRCS)

در این روش که بر اساس مشاهدات متعدد در حوزه های معرف در اقالیم مختلف آمریکا بنا شده است، ارتفاع رواناب ناشی از بارش از رابطه (۱) بدست می آید که برای بارش های به صورت برف نمی تواند مورد استفاده قرار گیرد و آب پایه را نیز در بر نمی گیرد.

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

رابطه 1

Q ارتفاع رواناب (سانتی متر)، P ارتفاع بارندگی ۲۴ ساعته (سانتی متر) و S حداکثر توان نگهداری مربوط به انترسپشن و نفوذ در خاک و ذخیره سطحی (سانتی متر) است.

مقدار تلفات کل یا S، توسط رابطه (۲)، با یک عامل بدون بعد با نام شماره منحنی (CN) بدست می آید.

$$s = \frac{2540}{CN} - 2.54 \quad \text{رابطه 2}$$

مقدار CN بین صفر تا ۱۰۰ متغیر است. در CN برابر صفر روانابی از بارندگی حاصل نیامده و در CN برابر ۱۰۰، تمامی بارش در سطح زمین جاری یافته و ارتفاع رواناب برابر ارتفاع بارندگی خواهد بود. شماره منحنی (CN) از روی مشخصات خاک، نوع بهره برداری از زمین (کاربری اراضی) و شرایط قبلی خاک و با استفاده از جداول مربوطه تعیین می گردد.

شاخص بارش پیشین (API)

شاخص بارش پیشین عموماً جهت تعیین شرایط رطوبت پیشین خاک در مدل های هیدرولوژیکی استفاده می شود

[۱۴]. شکل عمومی معادله API بصورت زیر می باشد:

$$API_t = API_{t-1} * C + P_t \quad \text{رابطه 3}$$

API_t شاخص بارش پیشین در زمان t، API_{t-1} شاخص بارش پیشین روز قبل، P_t بارش روز t و C ضریب فروکش می باشد که طبق تحقیقات انجام شده توسط وایزمن و لویس ۱۹۷۶ [۱۵] محدوده تغییرات آن بین ۰/۸ تا ۰/۹۸ می باشد. جهت انجام این تحقیق از محدوده مقدار متوسط محدوده مذکور یعنی ۰/۹ استفاده گردید. همچنین تعداد روز های پیشین از ۵ تا ۳۰ روز متغیر می باشد. کتاب مهندسی ملی (The National Engineering Handbook, SCS 1971) از بارش ۵ روز قبل جهت محاسبه API استفاده می نماید.

شاخص بارش پیشین اصلاح شده NAPI

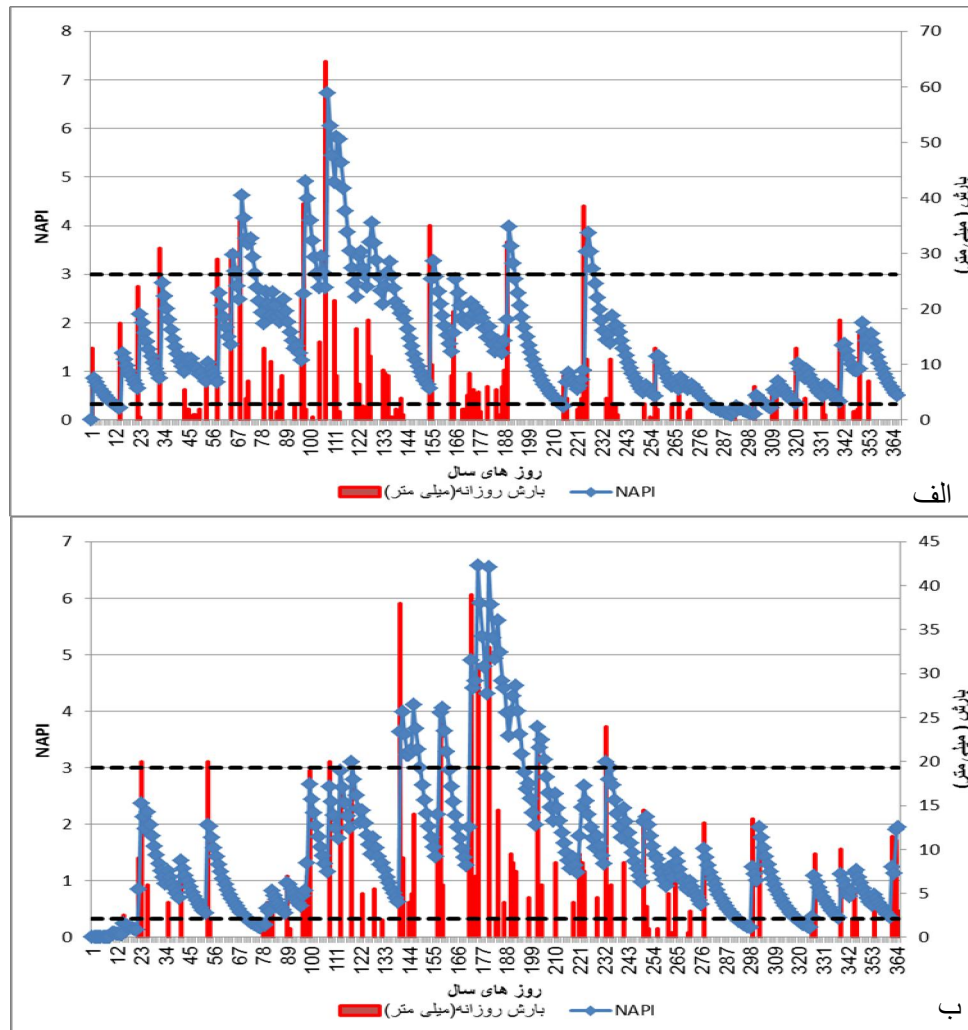
شاخص بارش پیشین اصلاح شده از سه جهت API را اصلاح می نماید: دخول بارش پیشین نزدیکتر در روز رگبار، نرمالیز کردن بر حسب میانگین ایستگاه ها، نرمالیز کردن بر حسب طول سری های پیشین. این شاخص به صورت زیر ارائه می گردد:

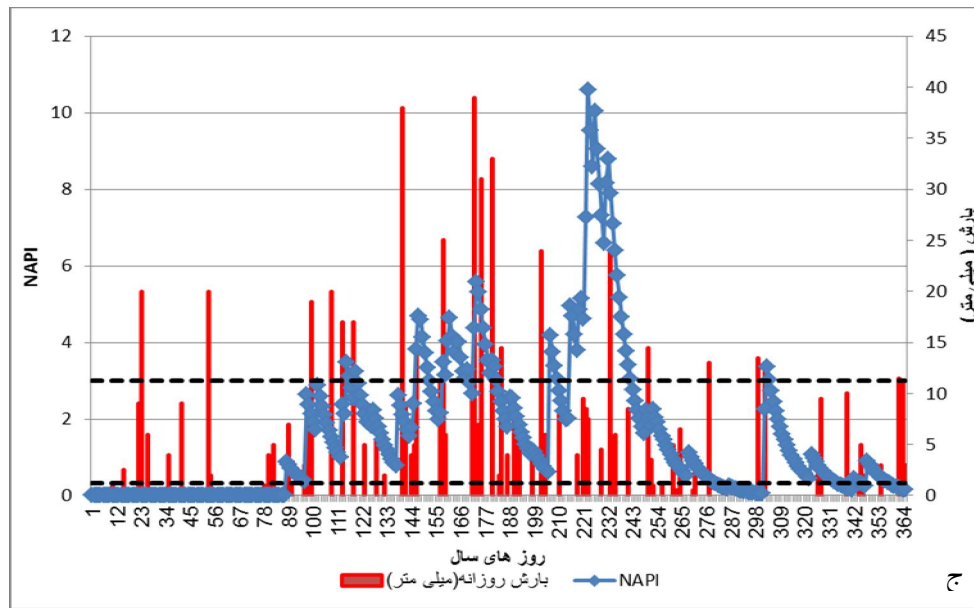
$$NAPI = \frac{API}{\bar{P} \sum_{t=-1}^{-T} C^{-1}}$$

T تعداد روز های پیشین، عموماً ۵، ۷ یا ۱۴ روز استفاده می شود. \bar{P} میانگین بارش روزانه می باشد.

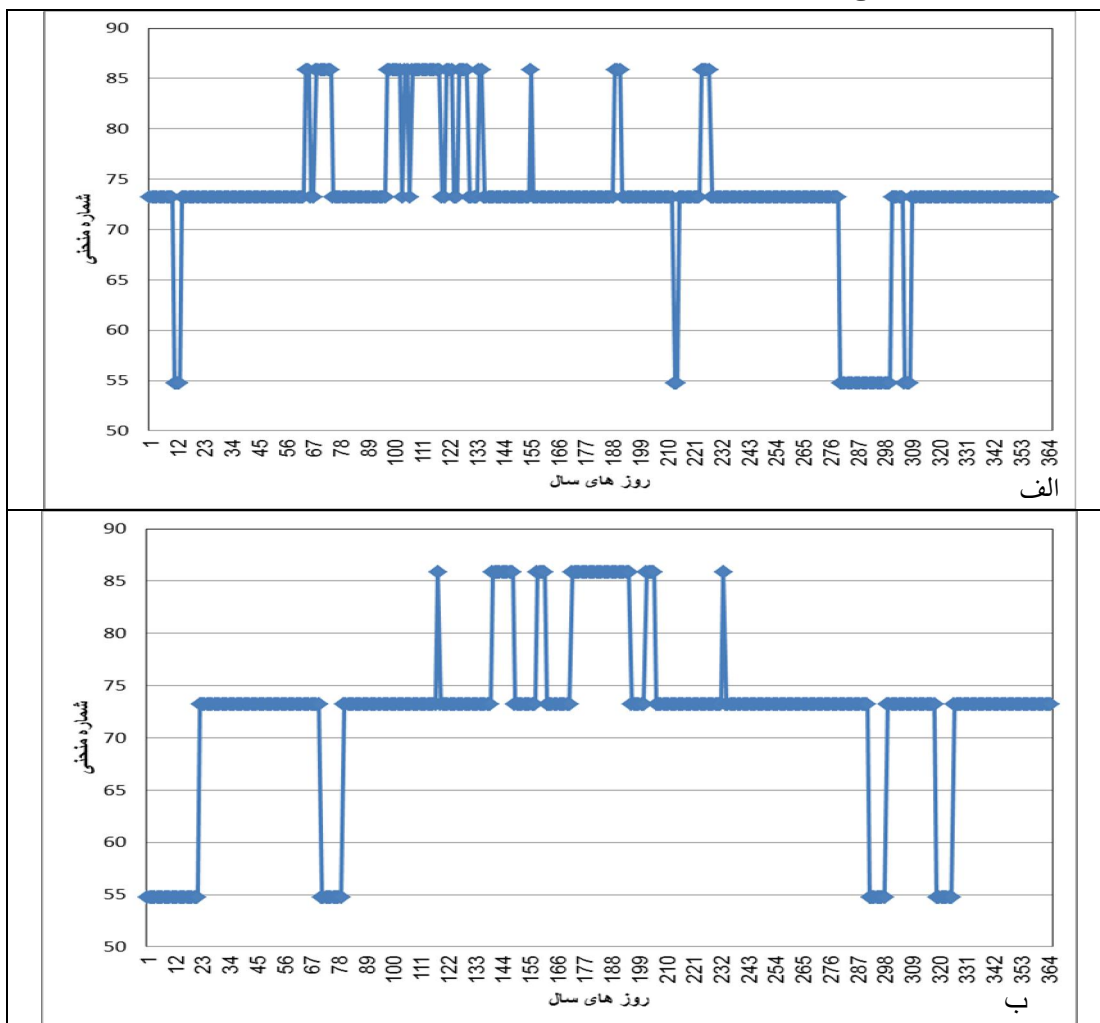
شرایط رطوبتی خشک برای مقدار NAPI کمتر از ۰/۳۳، شرایط رطوبتی مرطوب برای NAPI بزرگتر از ۳ و شرایط رطوبتی متوسط برای NAPI بین ۰/۳۳ تا ۳ تعریف می شود. بنابراین با توجه به شرایط رطوبتی مقدار شماره منحنی با استفاده از روابط مربوطه اصلاح میگردد.

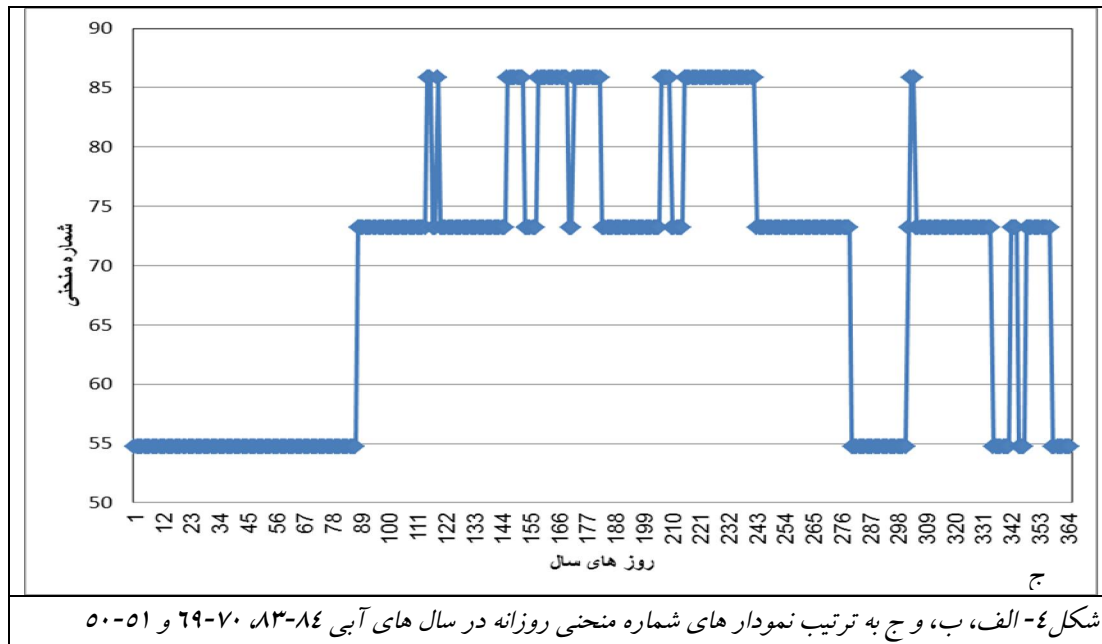
لازم به ذکر است که این مدل یک مدل دو پارامتره می باشد. بنابراین دارای دو پارامتر ورودی می باشد که بترتیب شامل بارش متوسط روزانه و ضریب کاهنده رطوبتی می باشند. که پارامتر ضریب کاهنده به عنوان پارامتر کالیبره استفاده می گردد.





شکل ۳- الف، ب، و ج به ترتیب نمودار های NAPI و بارش روزانه در سال های آبی ۸۴-۸۳، ۷۰-۶۹ و ۵۱-۵۰





نتایج نشان داد که در منطقه مورد مطالعه در سال های مختلف در دهه های مختلفی هر سه شرایط رطوبتی وجود دارد. در همه سال ها بیشتر روز های فصل زمستان، اواخر پاییز و اوایل بهار در شرایط رطوبتی مرطوب قرار دارند که این شرایط، شماره منحنی را تحت تاثیر قرار داده و باعث افزایش آن می شود. بیشتر روز های فصل تابستان در شرایط رطوبتی خشک و متوسط قرار دارند که باعث تاثیر در شماره منحنی و کاهش آن می شوند. البته روز هایی رگبار های تابستانه رخ داده است شرایط رطوبتی به نوع مرطوب تغییر کرده و باعث افزایش شماره منحنی گردیده است. بطور کلی می توان اظهار داشت که در طول بیشتر سال شرایط رطوبتی متوسط وجود داشته و برحسب میزان NPIA در دوره خشک و مرطوب در نوسان می باشد.

روش شماره منحنی سازمان حفاظت خاک امریکا (SCS-CN) یکی از روش های مهم در مباحث هیدرولوژی می باشد که در دهه های اخیر مورد توجه بیشتر هیدرولوژیست ها قرار گرفته است. این روش جهت تبدیل بارش به رواناب سطحی (با بارش مازاد) از شماره منحنی استفاده می کند که تابع ویژگی های آبخیز و بارش پیشین می باشد. یکی از مهمترین پارامتر های تاثیر گذار بر روی رواناب در این روش شرایط رطوبت قبلی خاک می باشد. شرایط رطوبتی پیشین یکی از مهمترین پارامتر های ورودی اکثر مدل های بارش - رواناب می باشد. همان طور که ذکر گردید عموماً از سه روش برای محاسبه رطوبت پیشین استفاده می گردد که روش API به دلیل سادگی، تفهیم آسان و کاربردی بودن آن بیشتر مورد توجه محققین بوده است. بنابراین در این مطالعه اقدام به طراحی و ارائه مدل ساده دوپارامتره جهت محاسبه API گردید. برای این منظور از زبان برنامه نویسی زیست محیطی PCRaster استفاده گردید. نتایج نشان داد که روش ساده و کاربردی می باشد که تابع بارشهای پیشین می باشد. از طرفی دیگر با توجه به سادگی مدل ارائه شده در این مطالعه که فقط از دو پارامتر برای شبیه سازی شماره منحنی و NAPI استفاده می نماید می توان از خروجی این مدل به عنوان ورودی مدل های دیگر که نیازمند شرایط رطوبت پیشین می باشند استفاده نمود. پارامتر ضریب رطوبتی به عنوان پارامتر

کالیبراسیون در این مدل استفاده می‌گردد. مطالعات محقیق مقدار بین $0/8$ تا $0/98$ را برای این پارامتر معرفی نموده اند. در این مطالعه مقدار حد واسط $0/9$ استفاده گردید. نتایج مطالعه نشان داد که شرایط رطوبت پیشین خاک در بیشتر طول سال در شرایط رطوبتی متوسط قرار دارد. این شرایط بر حسب وقوع بارش های قبلی در شرایط خشک و مرطوب در نوسان می باشد. در طول تابستان بیشتر شرایط رطوبتی خشک و در طول زمستان شرایط رطوبتی مرطوب غالب می باشد. در نهایت با توجه به اینکه تحقیقات مدل سازی در ایران بسیار کم و ناچیز می باشد و اکثر مطالعات انجام شده در ایران بیشتر بر روی مدل های وارداتی متمرکز می باشد و مطالعاتی کمی در زمینه مدل سازی در ایران انجام گرفته است. از طرف دیگر بحث مدل سازی در کشور های خارجی از دیر باز شروع شده است و مطالعات جامعی در این زمینه انجام گرفته است. همچنین امروزه بحث مدل سازی در تمامی رشته ها و علوم یک نیاز اساسی می باشد بنابراین ورود به مبحث مدل سازی برای ایران ضروری است.

۴- مراجع

- [1]. SCS, 1956, 1964, 1971, 1985, 1993, Hydrology, National Engineering Handbook, Supplement A, Section 4, Chap. 10, Soil Conservation Service, USDA, Washington.
- [2]. McCuen, R. H., (1982). A Guide to Hydrologic Analysis Using SCS Methods, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- [3]. Hjelmfelt Jr., A. T., (1982). "Closure to 'Empirical investigation of the curve number technique'", ASCE, J. Hydraulics Div. 108(4), 614-616.
- [4]. Hawkins, R. H., (1993). "Asymptotic determination of runoff curve numbers from data", ASCE J. Irrig. Drainage Eng. 119(2), 334-345.
- [5]. Steenhuis, T. S., Winchell, M., Rossing, J., Zollweg, J.A, and Walter, M. F., (1995). "SCS runoff equation revisited for variable-source runoff areas", ASCE J. Irrig. Drainage Eng. 121(3), 234-238.
- [6]. Mishra, S. K. and Singh, V. P. (2002a). "SCS-CN-based hydrologic simulation package", in V. P. Singh and D. K. Frevert (eds), Mathematical Models in Small Watershed Hydrology, Water Resources Publications, P.O. Box 2841, Littleton, Colo., Chap. 13, pp. 391-464.
- [7]. Mishra, S. K. and Singh, V. P., (2003b). "SCS-CN method Part-II: Analytical treatment", Acta Geophysica Polonica 51(1), 107-123.
- [8]. Mishra, S. K., Sansalone, J. J. and Singh, V. P., (2004). "Overland metal partitioning using SCS-CN Concept", ASCE J. Environ. Eng. 130(2), 145-154
- [9]. Mishra, S. K., Jain, M. K. and Singh, V. P. (2004). "Evaluation of the SCS-CN based model incorporating antecedent moisture". Water Resource Management. 18: 567- 589.
- [10]. Ali, S., Ghosh, N. C. & Singh, R. (2010). "Rainfall-runoff simulation using a normalized antecedent precipitation index". Hydrol. Sci. J. 55(2), 266-274
- [11]. Ponce, V. M. and Hawkins, R. H., (1996), "Runoff curve number: Has it reached maturity?", ASCE J. Hydrol. Eng. 1(1), 11-19.
- [12]. Hjelmfelt Jr., A. T., (1991), "Investigation of curve number procedure", J. Hydraulics Eng. 117(6), 725-737
- [13]. Benkhald, A. Remini. B. and mhaiguence. (2004). "Influence of antecedent precipitation index on the hydrograph shape". Hydrology: Science & Practice for the 21st Century. Volume 1. 81- 87
- [14]. Kohler, A. M. and Linsly, K. R. (1951). "Predicting the runoff from storm rainfall". U.S Weather Bureau Research Paper N 30.
- [15]. Williams, J. R and LaSeur, V., (1976). "Water yield model using SCS curve numbers", J. Hydraulics Eng. 102(HY9), 1241-1253.