



استفاده از انرژی مخصوص جریان رودخانه آب ترکی در تولید برقابی

سید سعید اسلامیان^۱، سید علیرضا گوهری^۲، فریدا فرید^۳
دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشجوی سابق دانشگاه صنعتی اصفهان

alireza_gohari @ag.iut.ac.ir

خلاصه

در طراحی نیروگاه های برقابی یکی از پارامترهای مهم در مطالعات هیدرولوژی آن تعیین منحنی تداوم آبدهی رودخانه است. عبارتی با تعیین فراوانی نسبی و تجمعی نرخهای مختلف از آبدهی رودخانه می توان ظرفیت نیروگاه و میزان برق تولیدی را محاسبه نمود. حوزه آبخیز آب ترکی از زیر حوزه های رودخانه بازفت، واقع در استان چهارمحال و بختیاری بوده و در مجاورت حوزه آبخیز کوهرنگ می باشد. حوزه آبخیز رودخانه آب ترکی بین $49^{\circ}54'$ و $50^{\circ}5'$ طول جغرافیایی شرقی و $32^{\circ}19'$ و $32^{\circ}24'$ عرض جغرافیایی شمالی می باشد. شرایط مورفولوژی، شیب سازندهای آهکی و نیز خصوصیات درز و شکاف بخش های کارستی در این حوزه، بوجودآورنده چشمه های بزرگی است که در دو دامنه شرقی و غربی زردکوه واقع شده اند. در این تحقیق به منظور تعیین منحنی تداوم آبدهی رودخانه آب ترکی برای دو حالت با استفاده از نتایج سه سال آمار دبی روزانه ایستگاه گوشه پل و ۲۴ سال دبی متوسط ماهانه ایستگاه مذکور تهیه گردید. بعد از این مراحل اقدام به تهیه منحنی تداوم برای حوزه مورد نظر گردید و سپس به تحلیل دبی های احتمالی با استفاده از نرم افزارهای Hyfa و Rank Plot پرداخته شده و آبدهی با احتمال ۹۵ درصد در رودخانه آب ترکی مشخص گردید. انرژی مخصوص حاصل از این ارتفاع آبی ایجاد شده در اثر این آبدهی ظرفیت این نیروگاه را مشخص می کند.

کلمات کلیدی: برقابی، آب ترکی، حوزه بازفت، منحنی تداوم، تحلیل فراوانی جریان.

مقدمه

حوزه آبخیز رودخانه آب ترکی، شامل رودخانه آب ترکی و آبراهه های فرعی آن می باشد که از شرق به حوزه کوهرنگ، از غرب و جنوب به حوزه آبخیز رودخانه بازفت و از شمال به حوزه آبخیز رودخانه تشنوی محدود می باشد. این حوزه با مساحتی حدود $90/4$ کیلومترمربع در نوار طولی $49^{\circ}54'$ و $50^{\circ}5'$ طول جغرافیایی شرقی و $32^{\circ}19'$ و $32^{\circ}24'$ عرض جغرافیایی شمالی واقع می باشد. رودخانه آب ترکی محدود به کوه های زردکوه و کوه گرد می باشد و حوزه آن دارای شکل نسبتاً پهن است. نقش ژئومورفولوژی و زمین شناسی را در رژیم جریان های سطحی رودخانه های کوهرنگ، آب ترکی و بازفت میتوان به این صورت خلاصه کرد، که سنگ های آهکی با برخورداری از شرایط تخلخل خرد و کلان بصورت ذخایری بین منبع تغذیه یعنی برف و باران بصورت ورودی و دبی چشمه ها بصورت خروجی عمل می کنند. جریانهای مزبور پدید آورنده دبی پایه یا مولفه زیرزمینی جریان کل رودخانه محسوب می شوند و تاثیر این مولفه در حوزه مورد مطالعه در مقایسه با جریان سطحی محض ناشی از بارندگی های مولد سیلاب، قابل توجه می باشد. با توجه به امکان استفاده از جریان رودخانه به منظور تولید انرژی برق در این تحقیق سعی بر بدست آوردن منحنی تداوم برای رودخانه مورد نظر است تا بتوان میزان انرژی برقابی که می توان از این رودخانه بدست آورد را برآورد نمود.

مواد و روش ها

حوزه آبخیز رودخانه بازفت کوهستانی بوده و در بین سلسله ارتفاعات زاگرس قرار دارد. از ارتفاعات مهمی که این حوزه به آن محدود می شود، می-توان در شمال شرق زردکوه، چهل خشت، چری، میلی، هفت چشمه، گندم کار، در جنوب شرق ادامه کوه شش بر، در جنوب غربی کوه آته، لپه، سفید، فولاد، دره دلی، مانازون، فوگه، تارازف لار، مفار و در شمال غرب ادامه زردکوه را نام برد. سطح این حوزه تا ایستگاه هیدرومتری مرغک یعنی حدود سه

1 دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، saeid@cc.iut.ac.ir

2 دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، alireza_gohari @ag.iut.ac.ir

3 دانشجوی سابق دانشگاه صنعتی اصفهان



کیلومتری تقاطع با رودخانه کارون ۲۱۶۹ کیلومتر مربع وسعت دارد و شکل آن کاملاً کشیده است که محدوده آن بین طول های ۴۹° ۳۴' تا ۵۰° ۳۱' شرقی و عرض های ۳۷° ۳۱' تا ۳۹° ۳۲' شمالی است. این رودخانه که تنها زهکش اصلی حوضه می باشد، به پیروی از شکل کشیده اش از مرتفع- ترین نقطه در شمال غرب به ارتفاع ۳۷۰۰ متری شروع و بعد از طی مسافت ۱۶۰ کیلومتری در خطی نسبتاً مستقیم به طرف جنوب شرق حرکت می- کند و در منتهی الیه جنوب شرقی حوضه به رودخانه کارون در ارتفاع ۸۶۰ متری متصل می شود. سر شاخه این رودخانه از مجموع چند شاخه مهم و پر آب تشکیل می شود که در طول مسیر آن چند شاخه فرعی دیگر هم اضافه می شود. سرچشمه این شاخه ها و حاشیه این رودخانه را اکثراً چشمه های پر آب دائمی تشکیل می دهد. ایستگاه هیدرومتری مرغک در نزدیکی محل تلاقی رودخانه بازفت با کارون بر روی رودخانه بازفت در سال ۱۳۳۵ تأسیس شده است. آماری که مورد تحلیل قرار گرفته است متعلق به ۲۱ سال آمار ۶۱-۱۳۴۰ بوده است. ارزیابی دقیق و صحیح ارتفاع بارندگی در مناطق کوهستانی مستلزم دسترسی به شبکه ای مترکم از وسایل باران سنجی و برف سنجی است که بتواند ارتفاع و تغییرات مکانی برف و باران را در دامنه های مختلف و ارتفاعات را کنترل کند. متأسفانه در این قبیل مناطق، بدلیل کمبود امکانات، نه تنها چنین شبکه مترکمی وجود ندارد بلکه سیستم های موجود هم کارایی لازم را ندارند. بهر حال آمار بارندگی شش ایستگاه در منطقه مورد مطالعه و اطراف آن موجود است، این ایستگاه ها و طول دوره آماری آنها عبارتست از:

- ایستگاه باران سنجی گوشه پل واقع در حوضه آبخیز رودخانه آب ترکی با طول دوره آماری ۹ سال
- ایستگاه باران سنجی مرغک در حوضه آبخیز رودخانه بازفت با طول دوره آماری ۲۷ سال
- ایستگاه باران سنجی چلگرد واقع در حوضه کوهرنگ با طول دوره آماری ۲۹ سال
- ایستگاه سینوپتیک شهرکرد با طول دوره آماری ۱۴ سال
- ایستگاه سینوپتیک کوهرنگ با طول دوره آماری ۷ سال
- ایستگاه سینوپتیک بروجن با طول دوره آماری ۶ سال

با توجه به فقدان آمار دقیق هواشناسی در این حوضه متناسباً از آمار سایر ایستگاه های هواشناسی منطقه استفاده شده است. لازم به ذکر است که بجز سه سال آمار دبی روزانه و ۹ سال آمار بارندگی ماهانه از ایستگاه گوشه پل واقع در رودخانه آب ترکی هیچ اطلاعات دیگری در اختیار نبوده و تحلیل پارامترهای لازم، با استفاده از سایر ایستگاه های منطقه انجام شده است، بطوریکه تعداد سه ایستگاه باران سنجی و سه ایستگاه هیدرومتری در محدوده مطالعات مورد استفاده قرار گرفت. این شش ایستگاه ها (ایستگاه های موجود در منطقه) آمار کم و بیش قابل قبولی از ارتفاع های بارش سالانه و ماهانه را در اختیار می گذارند که تحلیل های لازم بر این اساس به منظور ارزیابی مقدار بارش و تغییرات زمانی آن انجام شده است.

در حوضه آبخیز آب ترکی در اکثر ماه ها و سال های دارای آمار، بیلان برابر با صفر نمی باشد. بدین معنی که مقادیر خروجی حاصل از اندازه گیری مستقیم رواناب در ایستگاه هیدرومتری نسبت به مقادیر ورودی (حد قابل قبول بارندگی وارده به حوضه) فزونی نشانی می دهد که برای تعیین دبی سالهای فاقد آمار نمی توان از رابطه بیلان هیدرولوژی استفاده کرد.

با استفاده از آمار بارندگی سالانه ایستگاه های مرغک و چلگرد که دارای طولانی ترین دوره آماری هستند و نیز ایستگاه گوشه پل واقع در حوضه مورد مطالعه، اطلاعات مربوط به تغییرات سالانه بارش و تحلیل آن در سه ایستگاه فوق الذکر (مرغک، چلگرد و گوشه پل) انجام شده است.

با توجه به اینکه مشخصات درجه حرارت ایستگاه گوشه پل در دسترس نبوده، لازم شد که از آمار سایر ایستگاه ها استفاده گردد و با بررسی بعمل آمده، آمار ایستگاه سینوپتیک کوهرنگ با توجه به اینکه نزدیک ترین ایستگاه هواشناسی به منطقه مورد مطالعه می باشد، مورد استفاده قرار گرفته است.

اقلیم مهمترین عامل محیطی است که در حیات موجودات زنده نقش دارد. عوامل مختلف مانند عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، توپوگرافی، دوری و نزدیکی به دریا و بالاخره موقعیت منطقه نسبت به جریانات منطقه ای و قاره ای در اقلیم منطقه اثر می گذارد و سبب ایجاد اقلیم های متنوع در مناطق مختلف می شود. روش های متفاوتی برای تعیین اقلیم پیشنهاد شده است که از بین آن ها می توان به ۳ روش دمارتن، آمبرژه، و کوپن اشاره کرد. در این روش ها درجه حرارت و بارندگی نقش اساسی دارد.

۱- روش دمارتن

تقسیم بندی اقلیمی در این روش، از فرمول زیر تبعیت می کند.

$$I = \frac{P}{T + 10} \quad (1)$$

P : میانگین بارندگی سالانه بر حسب میلیمتر

T : میانگین سالانه درجه حرارت بر حسب سانتی گراد

I : ضریب خشکی



اقلیم در این روش بر اساس جدول (۲) تعیین می شود.

جدول ۱- خصوصیات فیزیوگرافی حوضه آبریز رودخانه آب ترکی

پارامتر	نماد	مقدار	واحد
مساحت	A	۹۰/۴	km ²
محیط	P	۵۴/۷۵	km
طول حوضه در امتداد آبراهه اصلی	l	۱۶/۷۵	km
طول بزرگترین محور حوضه	L'	۱۷/۷	km
طول آبراهه اصلی	L	۹۱	km
طول کل آبراهه	∑L	۲۳/۶۹	km
طول مستطیل معادل	LO	۳/۸۱۶	km
عرض مستطیل معادل	BO	۱۰/۷۲	km
قطر دایره معادل	D	۱/۶۲	km
ضریب گراوبلیوس	C	۱/۶۲	—
نسبت کشیدگی	Re	۰/۶۰۶	—
نسبت دایره ای	Rc	۰/۳۸	—
ضریب شکل	ff	۰/۱۶۱	—
تراکم شبکه رودخانه	μ	۱/۰۲	km/km ²
شیب متوسط آبراهه اصلی	S	۷/۴۴	درصد
حداکثر اختلاف ارتفاع آبراهه اصلی	H	۲۳۸۰	m
تراز نقطه خروجی	Hmin	۱۵۷۰	m
تراز بلندترین نقطه آبراهه اصلی	Hmax	۳۹۵۰	m
فاصله مرکز ثقل تا نقطه خروجی حوضه	Lca	۳/۳	km

جدول ۲- تعیین اقلیم براساس روش دمارتن

نام اقلیم	محدوده ضریب دمارتن
خشک	کوچکتر از ۱۰
نیمه خشک	۱۰ تا ۱۹/۹
مدیترانه ای	۲۳/۹ تا ۳۰
نیمه مرطوب	۲۷/۹ تا ۲۴
مرطوب	۳۴/۹ تا ۳۸
بسیار مرطوب	بزرگتر از ۳۵

۲- روش آمبرژه

تقسیم بندی این روش بر اساس رابطه زیر استوار است.

$$Q_2 = \frac{2000p}{M^2 - m^2} \quad (۲)$$

p: میانگین بارندگی سالانه بر حسب mm

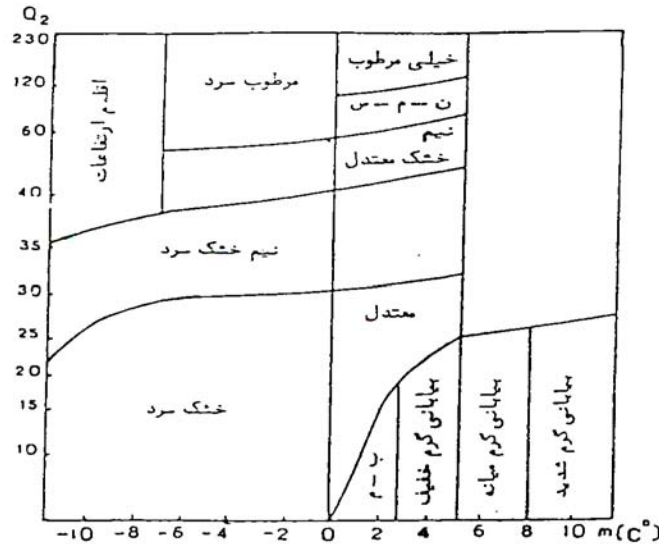
M: میانگین حداکثرهای درجه حرارت در گرمترین ماه سال بر حسب درجه کلوین

m: میانگین حداقلهای درجه حرارت در سردترین ماه سال بر حسب درجه کلوین



Q_2 : ضریب آمبروزه

با بدست آوردن ضریب آمبروزه از رابطه بالا و با استفاده از شکل (۱) اقلیم منطقه تعیین می گردد.



شکل ۱- تعیین اقلیم به روش آمبروزه

اقلیم حوضه آبریز رودخانه آب ترکی بلحاظ مجاورت با حوزه آبریز کوهرنگ تحت تاثیرحوضه کوهرنگ قرار گرفته است. طبق مشاهدات بعمل آمده و بر اساس نظریه کارشناسی بخش های مرتفع حوضه آبریز رودخانه آب ترکی تحت تأثیر اقلیم حوضه کوهرنگ دارای شرایط سرد و مرطوب کوهستانی و نواحی کم ارتفاع و حاشیه رودخانه بازفت دارای اقلیم معتدل و مرطوب است. در این تحقیق ازدو روش مبادرت به تعیین اقلیم منطقه می گردد. با توجه به ارتفاع زیاد حوضه آبتری نسبت به دریا، وقوع روزهای توام با یخندان در آن زیاد می باشد و با توجه به فقدان آمار در این حوضه ناگزیر مبادرت به تحلیل آمار ایستگاه های مناطق اطراف شده است که در این میان ایستگاه کوهرنگ نزدیکترین ایستگاه به منطقه مطالعاتی است. یکی از پارامترهای اقلیمی باد است. سه ایستگاه کوهرنگ و بروجن(۵ سال) و شهرکرد (۹ سال) دارای آمار باد می باشد. در این سه ایستگاه در طی دوره آمار بردایشان با استفاده از میانگین گیری وزنی از سرعت باد در ۸ جهت، باد شمالی، شمال شرقی، شرقی، جنوب شرقی، جنوبی، جنوب غربی، غربی و شمال غربی، مقدار سرعت باد متوسط ماهانه و سالانه محاسبه شده است. سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری با استفاده از فرمول زیر محاسبه شده است:

$$\frac{U}{U_0} = \left(\frac{Z}{Z_0}\right)^{0.15} \quad (3)$$

U_0 : سرعت باد در ارتفاع Z_0 از سطح زمین

U : سرعت باد در ارتفاع Z از سطح زمین.

در شرایطی که اطلاعات دقیق مورد نیاز از مقادیر دبی در نقطه خروجی حوضه آبخیز یا نقطه خاصی از آن به منظور بهره برداری در دسترس باشد، می توان با بهره گیری از روشهای بیلان هیدرولوژی به برآوردی از حجم آب جاری در مقیاس سال یا ماه دست یافت. تردیدی نیست که برآورد مذکور زمانی به واقعیت نزدیک خواهد بود که بتوان در مقیاس زمانی مورد نظر ارزیابی صحیحی از کلیه مؤلفه های مختلف دست اندرکار بعمل آورد. این شرط زمانی تحقق می یابد که: اولاً حوضه آبریز به لحاظ توپوگرافی و زمین شناسی کاملاً مشخص بوده و یا هر گونه مبادله جریان با حوضه های مجاور چه بصورت جریان سطحی و چه جریان زیر زمینی قابل کنترل و تعیین باشد. ثانیاً اطلاعات بسیار کاملی از مقادیر ورودی و خروجی عوامل مختلف اقلیمی چه بصورت بارندگی و چه عوامل مختلف به شکل تبخیر و تعرق بصورت آمار معتبر و دراز مدت در اختیار باشد. ثالثاً عکس العمل حوضه آبخیز در برابر فعل و انفعالات صورت گرفته روی آن چه به صورت جذب آب و فراهم کردن نفوذ عمقی و چه تغذیه جریان های سطحی از ذخایر آب زیرزمینی و بطور خلاصه خصوصیات ذخیره سازی آن در مقاطع انتخاب شده برای تهیه بیلان کاملاً مشخص باشد.



زمان تمرکز

زمان تمرکز حوضه آبخیز عبارت از مدت زمان لازم برای رسیدن یک قطره آب از دورترین نقطه حوضه (دورترین نقطه به لحاظ زمانی) به نقطه خروجی حوضه می باشد. در ادامه با استفاده از فرمول های مختلف، زمان تمرکز حوضه آبخیز رودخانه آب ترکی برآورد گردیده است.

• روش پاسینی

$$t_c = 0.108 \frac{(AL)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{S}} \quad (۴)$$

L : طول آبراهه اصلی به کیلومتر

A : مساحت حوضه به کیلومتر مربع

S : شیب متوسط آبراهه اصلی بر حسب متر بر متر

• روش چاو

$$t_c = 0.00032 \frac{L^{1.15}}{H^{0.385}} \quad (۵)$$

L : طول آبراهه اصلی به متر

H : حداکثر اختلاف ارتفاع آبراهه اصلی به متر

• روش برانزلی - ویلیامز

$$t_c = \frac{L}{1.5D} \sqrt{\frac{A^2}{S}} \quad (۶)$$

L : طول آبراهه اصلی به کیلومتر

D : قطر دایره معادل به کیلومتر

A : مساحت حوضه آبخیز به کیلومتر مربع

S : شیب متوسط آبراهه بر حسب درصد

• روش کریبیچ - نوع اول

$$t_c = 0.0003 L^{0.77} S^{-0.385} \quad (۷)$$

L : طول آبراهه اصلی به متر

S : شیب متوسط آبراهه اصلی بر حسب متر در متر

• روش کریبیچ - نوع دوم

$$t_c = 0.949 \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385} \quad (۸)$$

L : طول آبراهه اصلی به کیلومتر

H : حداکثر اختلاف ارتفاع آبراهه اصلی به متر

معمولاً ارزیابی سیلاب در حوضه آبریز فاقد آمار دبی لحظه ای با روش های زیر امکان پذیر می باشد:

۱. بهره گیری از اطلاعات موجود در مورد دبی حداکثر لحظه ای سالانه از روی حداکثر دبی متوسط روزانه
۲. تحلیل های منطقه ای در جهت تعیین دبی اوج ویژه سیلاب
۳. روش مساحت - دبی



اساس روش سوم استفاده از فرمول زیر است:

$$Q_{Ter} = Q_{Baz} \times \frac{A_{Ter}}{A_{Baz}} \quad (9)$$

که Q_{Ter} و Q_{Baz} به ترتیب دبی های اوج رودخانه های آب ترکی و بازفت بوده، A_{Ter} و A_{Baz} به ترتیب مساحت های حوضه های رودخانه های ترکی و بازفت می باشد.

نتایج بحث

به منظور تعیین اقلیم منطقه مورد نظر، از روش های دمارتن و آمبرزه استفاده شده است. با استفاده از روش دومارتن $I=69/19$ بدست می آید که با توجه به جدول روش دومارتن، اقلیم بسیار مرطوب برای حوضه آب ترکی بدست آمد. برای این حوضه در روش آمبرزه با توجه به شکل (۱) اقلیم ارتفاعات سرد و کوهستانی برای این حوضه محاسبه گردید. باد غالب به ترتیب در ایستگاه های شهرکرد، بروجن و کوهرنگ برابر با 20 m/s در روز اول فوریه 1985 ، 18 m/s در روز بیستم ماه می سال 1992 و 30 m/s در نهم ماه دسامبر سال 1991 می باشد. برای حوضه مورد مطالعه زمان تمرکز از فرمول های پاسینی، چاو، کریپیچ- نوع اول، کریپیچ- نوع دوم و برانزلی- ویلیامز محاسبه گردید که نتایج آن در جدول (۳) آورده شده است.

جدول ۳- نتایج محاسبه زمان تمرکز حوضه مورد مطالعه از روش های مختلف

روش	زمان تمرکز (ساعت)
پاسینی	۰/۴۵
چاو	۱/۲۳
کریپیچ- نوع اول	۴/۴۴
کریپیچ- نوع دوم	۱/۵۱
برانزلی- ویلیامز	۱/۳۱

با توجه به اینکه نتایج بدست آمده از فرمول های پاسینی و برانزلی- ویلیامز اختلاف زیادی با سایر روش ها داشت. از این دو روش صرف نظر کرده و با میانگین گیری از سه روش دیگر زمان تمرکز برابر با $1/51$ ساعت در نظر گرفته شد.

جدول (۴) دبی سالانه (متوسط سالانه دبی ماهانه)، حداکثر دبی متوسط روزانه و حداکثر دبی لحظه ای سالانه رودخانه بازفت در ایستگاه مرغک را برای دوره آبی $61-1340$ ارائه می دهد. محاسبه احتمال مربوط به وقایع حدی از فرمول ویبول انجام گردیده است. بزرگترین سیلاب در سال آبی $48-1347$

به میزان $2240 \frac{m^3}{s}$ اتفاق افتاده است. جدول (۵) به طبقه بندی دبی متوسط ماهانه پرداخته است. ماه های فروردین و مهر به ترتیب پر آب ترین و کم آب ترین ماههای سال برای رودخانه بازفت در ایستگاه مرغک بوده است. دبی متوسط سالانه و حجم سیلاب سالانه را برای رودخانه بازفت در ایستگاه مرغک در دوره های بازگشت مختلف بر اساس توزیع لوگ نرمال برآورده شده است. برای دوره بازگشت 100 ساله (احتمال یک درصد وقوع) دبی متوسط سالانه به ترتیب در دوره های خشکسالی و ترسالی برابر $34/5$ و 245 متر مکعب بر ثانیه تخمین زده شده است. همچنین حجم آب استحصالی در این دوره بازگشت به ترتیب 1088 و 7726 MCM تعیین شده است.

بعلت کم بودن سالهای آماری، نتایج مربوط به رودخانه بازفت داده ها با توزیع پیرسون تیپ سه لگاریتمی تعدیل شده، برازش داده شده اند. با استفاده از این توزیع، دبی اوج رواناب برای دوره بازگشت 1000 ساله رودخانه بازفت در مرغک 5418 مترمکعب در ثانیه برآورد گردیده است. در ادامه با استفاده از نتایج سه سال آمار اندازه گیری روزانه ایستگاه گوشه پل و 24 سال دبی متوسط ماهانه ایستگاه مذکور (آمار تطویل شده) تهیه گردید و در جدول های (۶) و (۷) آورده شده است، و متوسط دو روش در شکل (۲) آورده شده است. منحنی تداوم رودخانه به این منظور ترسیم گردید تا از روی آن بتوان تعداد روزهایی که حداقل ارتفاع لازم برای تولید برق لازم است را برآورد نمود.



جدول ۶- گروه بندی دبی ها و فراوانی های نسبی و تجمعی ایستگاه گوشه پل بر اساس سه سال آمار روزانه

گروه بندی دبی ها (m^3/s)	فراوانی نسبی (روز)	مرزدبی	فراوانی تجمعی (روز)	فراوانی تجمعی (%)
$\geq 19/01$	۴	$>19/01$	۴	۰/۳۶
۱۸/۰۱-۱۹	۳	$>18/01$	۷	۰/۶۳
۱۷/۰۱-۱۸	۰	$>17/01$	۷	۰/۶۳
۱۶/۰۱-۱۷	۰	$>16/01$	۷	۰/۶۳
۱۵/۰۱-۱۶	۱	$>15/01$	۸	۰/۷۳
۱۴/۰۱-۱۵	۲	$>14/01$	۱۰	۰/۹۱
۱۳/۰۱-۱۴	۲	$>13/01$	۱۲	۱/۰۹
۱۲/۰۱-۱۳	۱۰	$>12/01$	۲۲	۲
۱۱/۰۱-۱۲	۲۴	$>11/01$	۴۶	۴/۱۹
۱۰/۰۱-۱۱	۱۴	$>10/01$	۶۰	۵/۴۷
۹/۰۱-۱۰	۱۴	$>9/01$	۷۴	۶/۷۴
۸/۰۱-۹	۳۵	$>8/01$	۱۰۹	۹/۹۴
۷/۰۱-۸	۴۸	$>7/01$	۱۵۷	۱۴/۳۲
۶/۰۱-۷	۴۱	$>6/01$	۱۹۸	۱۸/۰۶
۵/۰۱-۶	۷۷	$>5/01$	۲۷۵	۲۵/۰۹
۴/۰۱-۵	۱۳۵	$>4/01$	۴۱۰	۳۷/۴۰
۳/۰۱-۴	۱۷۳	$>3/01$	۵۸۳	۵۳/۱۹
۲/۰۱-۳	۱۵۴	$>2/01$	۷۳۷	۶۷/۲۴
۱/۰۱-۲	۳۵۶	$>1/01$	۱۰۹۳	۹۹/۷۳
۰/۵/۱	۳	$>0/5$	۱۰۹۶	۱۰۰

با توجه به منحنی تداوم بدست آمده برای رودخانه مورد نظر در ۹۰ درصد ایام سال دبی رودخانه از $1/9$ متر مکعب در ثانیه بیشتر است، در ۸۰ درصد ایام سال، دبی از $2/2$ مترمکعب در ثانیه و در ۷۰ درصد ایام دبی از ۳ مترمکعب در ثانیه و در ۵۰ درصد ایام سال دبی از $3/5$ مترمکعب در ثانیه بیشتر می باشد. به این ترتیب با تغییر احتمال وقوع دبی از ۹۰ درصد به ۸۰ درصد، میزان حداقل دبی، $15/7$ درصد، با تغییر احتمال وقوع دبی از ۸۰ درصد به ۷۰ درصد، میزان حداقل دبی، $36/4$ درصد و با تغییر احتمال وقوع دبی از ۷۰ درصد به ۵۰ درصد، میزان حداقل دبی $16/6$ درصد افزایش می یابد. اگر هدف مهار سیلاب و انتقال آب استحصال شده به نیروگاهی که در مکان دیگری قرار دارد، باشد، نیاز به برآورد حداکثر دبی ناشی از سیلاب می باشد. به منظور برآورد سیلاب در منطقه مورد نظر از دو روش زیر استفاده شده است:

روش اول (بهره گیری از اطلاعات موجود در مورد دبی حداکثر لحظه ای سالانه): به دلیل کمبود آمار دبی روزانه در سه سال آبی ۷۰-۶۹-۷۴ و ۷۳-۷۶ و ۷۵-۷۶ و عدم وجود داده های حداکثر دبی لحظه ای سالانه این روش مورد تحلیل قرار نگرفت.

روش دوم (بررسی های منطقه ای در جهت تعیین دبی اوج ویژه سیلاب): پس از بررسی و با استفاده از آمار سیلاب رودخانه بازفت، دوره آماری (۷۱-۱۳۳۵) مورد تحلیل قرار گرفت و نتایج سیلاب با دوره های بازگشت مختلف مربوط به رودخانه های بازفت و آب ترکی در جدول (۸) ارائه گردید. مناسب ترین توزیعی که برای برازش به سیلاب ها انتخاب شده است، توزیع گامبل لگاریتمی می باشد (جدول (۹)). به این ترتیب دبی متوسط سالانه و حجم سیلاب را برای رودخانه بازفت در ایستگاه مرغک در دوره های بازگشت مختلف و بر اساس توزیع لوگ نرمال برآورد شده است. لازم به ذکر است که دبی اوج سیلاب رودخانه آب ترکی با استفاده از دبی اوج سیلاب رودخانه بازفت بدست آمده است.

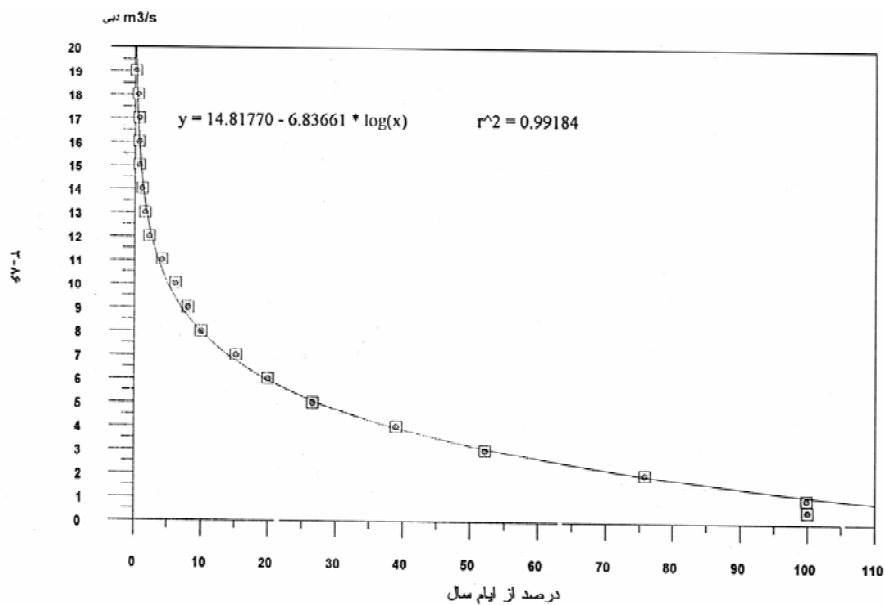
روش سوم (روش مساحت-دبی) که در این قسمت از روش تجربی مایر (Myer) استفاده شده است. نتایج حاصل از کاربرد این روش در جدول (۱۰) ارائه شده است.

با مقایسه نتایج حاصل از روش منطقه ای و روش مایر مشخص گردید که مقادیر دبی اوج سیلاب برآورد شده در دوره های بازگشت طولانی به یکدیگر نزدیک می باشد. در نهایت به تحلیل دبی های احتمالی با استفاده از نرم افزارهای Hyfa و Rank Plot پرداخته شده و آبدهی با احتمال ۹۵ درصد در رودخانه آب ترکی مشخص گردید. نتایج این مرحله در جدول (۱۱) آورده شده است.



جدول ۷- گروه بندی دبی ها و فراوانی نسبی و تجمعی ایستگاه گوشه پل بر اساس ۲۴ سال دبی های متوسط ماهانه (آمار تطویل شده)

گروه بندی دبی ها (m^3/s)	فراوانی نسبی (ماه)	مرزدبی	فراوانی تجمعی (ماه)	فراوانی تجمعی (%)
$\geq 19/01$	۰	$> 19/01$	۰	۰
۱۸/۰۱-۱۹	۱	$> 18/01$	۱	۰/۳۴
۱۷/۰۱-۱۸	۱	$> 17/01$	۲	۰/۶۹
۱۶/۰۱-۱۷	۰	$> 16/01$	۲	۰/۶۹
۱۵/۰۱-۱۶	۰	$> 15/01$	۲	۰/۶۹
۱۴/۰۱-۱۵	۲	$> 14/01$	۴	۱/۳۸
۱۳/۰۱-۱۴	۲	$> 13/01$	۶	۲/۰۸
۱۲/۰۱-۱۳	۱	$> 12/01$	۷	۲/۴۲
۱۱/۰۱-۱۲	۵	$> 11/01$	۱۲	۴/۱۶
۱۰/۰۱-۱۱	۸	$> 10/01$	۲۰	۶/۹۴
۹/۰۱-۱۰	۷	$> 9/01$	۲۷	۹/۳۷
۸/۰۱-۹	۲	$> 8/01$	۲۹	۱۰/۰۶
۷/۰۱-۸	۱۷	$> 7/01$	۴۶	۱۵/۹۷
۶/۰۱-۷	۱۷	$> 6/01$	۶۳	۲۱/۸۷
۵/۰۱-۶	۱۸	$> 5/01$	۸۱	۲۸/۱۲
۴/۰۱-۵	۳۶	$> 4/01$	۱۱۷	۴۰/۶۲
۳/۰۱-۴	۳۹	$> 3/01$	۱۵۶	۵۴/۱۶
۲/۰۱-۳	۸۷	$> 2/01$	۲۴۳	۸۴/۳۷
۱/۰۱-۲	۴۵	$> 1/01$	۲۸۸	۱۰۰
۰/۵-۱	۰	$> 0/5$	۲۸۸	۱۰۰



شکل ۲- منحنی تداوم آبدهی رودخانه آب ترکی



جدول ۸- نتایج حاصل از تحلیل سیلاب های رودخانه های بازفت و آب ترکی به ترتیب در ایستگاه های مرغک و گوشه پل (با توزیع گامبل لگاریتمی)

دوره بازگشت سال (T)	دبی اوج سیلاب بازفت (m^3/s)	دبی اوج سیلاب آب ترکی (m^3/s)
۲	۷۸۷/۵۶	۳۲/۸۲
۵	۱۱۱۰/۶۲	۴۶/۲۸
۱۰	۱۳۹۴/۴۴	۵۸/۱۲
۲۵	۱۸۵۸/۹۹	۷۷/۴۸
۵۰	۲۳۰۱/۰۲	۹۵/۹
۱۰۰	۲۸۴۳/۶۷	۱۱۸/۵۲
۲۰۰	۳۵۱۱/۵۷	۱۴۶/۳۵
۵۰۰	۴۶۳۸/۵	۱۹۳/۳۲
۷۵۰	۵۱۵۰	۲۱۴/۶۴
۱۰۰۰	۵۷۲۴/۵۱	۲۳۸/۵۸
۱۰۰۰۰	۷۱۰۰	۲۹۵/۹۱

جدول ۹- نتایج حاصل از تحلیل سیلاب های رودخانه بازفت در ایستگاه مرغک (m^3/s)

ردیف	دوره بازگشت (سال)									توزیع آماری	
	۱۰۰۰	۵۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵	۲۰	۱۰	۵		۲
۱	۳۹۳۱	۳۵۵۱	۳۰۶۵	۲۷۱۸	۲۳۸۲	۲۰۵۹	۱۹۵۵	۱۶۴۰	۱۳۲۶	۸۸۳	لوگ نرمال دوپارامتری (عامل احتمال)
۲	۳۷۹۸۳	۳۴۴۱	۲۹۸۳	۲۶۵۳	۲۳۳۴	۲۰۲۴	۱۹۲۶	۱۶۲۴	۱۳۲۰	۸۸۹	لوگ نرمال دوپارامتری (متغیر نرمال)
۳	۳۵۰۵	۳۲۳۰	۲۸۶۵	۲۵۸۹	۲۳۱۲	۲۰۳۳	۱۹۴۲	۱۶۵۶	۱۳۵۸	۹۰۸	گامبل
۴	۹۰۵۲	۷۰۱۹	۵۰۱۴	۳۸۸۵	۳۰۰۸	۲۳۲۴	۲۱۳۷	۱۶۴۲	۱۲۴۷	۸۲۳	گامبل لگاریتمی
۵	۳۵۸۰	۳۳۰۱	۲۹۲۵	۲۶۴۱	۲۳۵۴	۲۰۶۴	۱۹۶۸	۱۶۶۷	۱۳۵۲	۸۸۵	پیرسون تیب سه
۶	۴۸۳۷	۴۲۲۲	۳۴۸۵	۲۹۹۱	۲۵۴۲	۲۱۳۴	۲۰۱۰	۱۶۴۵	۱۳۰۵	۸۶۴	پیرسون تیب سه لگاریتمی
۷	۵۴۱۸	۴۶۵۹	۳۷۷۰	۳۱۸۹	۲۶۷۲	۲۲۱۲	۲۰۷۳	۱۶۷۵	۱۳۱۲	۸۵۷	پیرسون تیب سه لگاریتمی تعدیل شده
۸	۳۳۷۳	۳۱۳۴	۲۸۱۸	۲۵۷۹	۲۳۴۰	۲۱۰۱	۲۰۲۴	۱۷۸۶	۱۵۴۷	۱۲۳۱	فولر



جدول ۱۰- برآورد مقادیر دبی اوج محتمل سیلاب در حوضه آبخیز رودخانه آب ترکی به روش مایر

ضریب C	دبی اوج سیلاب رودخانه آب ترکی (m^3/s)	دوره برگشت (سال)
۴/۴	۶۵/۶۳	۲
۶/۰	۸۹/۵	۵
۷/۱	۱۰۵/۹۱	۱۰
۹/۴	۱۴۰/۲۲	۵۰
۱۰/۴	۱۵۵/۱۴	۱۰۰
۱۳/۶	۲۰۲/۸۸	۱۰۰۰
۱۶/۸	۲۵۰/۶۱	۱۰۰۰۰

جدول ۱۱- دبی‌های احتمالی رودخانه آب ترکی

شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	احتمال تجاوز %۱
۳/۵۷۳	۴/۹۳۵	۶/۸۶۸	۹/۸۷۵	۱۵/۶۱۸	۱۲/۶۸۱	۹/۸۷۵	۷/۷۲۶	۵/۸۶	۹/۷۶	۵/۳۵	۳/۲۴	۵
۳/۱۸۴	۴/۳۳۴	۵/۹۲۲	۸/۵۶۶	۱۳/۶۰۶	۱۱/۶۱	۸/۵۶۶	۶/۳۵۷	۴/۶۲	۷/۶۱	۴/۰۹	۲/۷۸	۱۰
۲/۹۵۳	۳/۹۷۴	۵/۳۵۵	۷/۷۶۳	۱۲/۳۳	۱۰/۸۹۶	۷/۷۶۳	۵/۵۵۳	۴/۰	۶/۳۸	۳/۴۹	۲/۵۵	۱۵
۲/۷۸۴	۳/۷۰۹	۴/۹۳۷	۷/۱۶	۱۱/۳۵۴	۱۰/۳۲۸	۷/۱۶	۴/۹۷۲	۳/۵۹	۵/۵۰۶	۳/۱۱	۲/۴	۲۰
۲/۶۵۲	۳/۵۰۱	۴/۶۱	۶/۶۸۱	۱۰/۵۶۲	۹/۸۵	۶/۶۸۱	۴/۵۲۴	۳/۲۹	۴/۸۴۳	۲/۸۴	۲/۲۹	۲۵
۲/۵۴۳	۳/۳۲۸	۴/۳۳۷	۶/۲۷۴	۹/۸۷۸	۹/۴۲۷	۶/۲۷۴	۴/۱۵۶	۳/۰۶	۴/۳۰۵	۲/۶۳	۲/۲	۳۰
۲/۴۴۹	۳/۱۷۸	۴/۱۰۲	۵/۹۱۸	۹/۲۶۸	۹/۰۳۷	۵/۹۱۸	۳/۸۴۲	۲/۸۷	۳/۸۵۳	۲/۴۶	۲/۱۴	۳۵
۲/۳۶۷	۳/۰۴۷	۳/۸۹۴	۵/۶۱۳	۸/۷۱۵	۸/۶۷۲	۵/۶	۳/۵۶۹	۲/۷۱	۳/۴۶۷	۲/۳۲	۲/۰۸	۴۰
۲/۲۹۳	۲/۹۲۸	۳/۷۰۷	۵/۳۱	۸/۲	۸/۳۲۳	۵/۳۱	۳/۳۲۷	۲/۵۷	۳/۱۲۷	۲/۲	۲/۰۳	۴۵
۲/۲۲۶	۲/۸۲	۸/۵۳۸	۵/۰۳	۷/۷۱۷	۷/۹۹۱	۵/۰۴۲	۳/۱۰۹	۲/۴۵	۲/۸۲۷	۲/۱	۱/۹۹	۵۰
۲/۱۶۶	۲/۷۲۲	۳/۳۸۳	۴/۷۹۴	۷/۲۶۱	۷/۶۵۷	۴/۷۹۴	۲/۹۱۴	۲/۳۴	۲/۵۶۱	۲/۰۱	۱/۹۵	۵۵
۲/۱۰۹	۲/۶۲۹	۳/۲۳۶	۴/۵۵۵	۶/۸۱۴	۷/۳۲۳	۴/۵۵۵	۲/۷۳۱	۲/۲۴	۲/۳۱۷	۱/۹۲	۱/۹۲	۶۰
۲/۰۵۶	۲/۵۴۲	۳/۰۹۹	۴/۳۲۸	۶/۳۸۱	۶/۹۸۹	۴/۳۲۸	۲/۵۴۶	۲/۱۴	۲/۰۹۶	۱/۸۴	۱/۸۸	۶۵
۲/۰۰۶	۲/۴۶	۲/۹۷	۴/۱۱۱	۵/۹۵۶	۶/۶۴۸	۴/۱۱۱	۲/۴۰۹	۲/۰۵	۱/۸۹۶	۱/۷۷	۱/۸۶	۷۰
۱/۹۵۹	۲/۳۸۱	۲/۸۴۶	۳/۸۹۶	۵/۵۲۶	۶/۲۸۸	۳/۸۹۶	۲/۲۶۲	۱/۹۶	۱/۷۰۹	۱/۷	۱/۸۳	۷۵
۱/۹۱۴	۲/۳۰۵	۲/۷۲۶	۳/۶۸۵	۵/۰۹۱	۵/۹۰۵	۳/۶۸۵	۲/۱۲۴	۱/۸۷	۱/۵۳۹	۱/۶۴	۱/۸۱	۸۰
۱/۸۷	۲/۲۳۱	۵۲/۶۱	۳/۴۷۴	۴/۶۴	۵/۴۸۲	۳/۴۷۴	۱/۹۹۴	۱/۷۹	۱/۳۸۲	۱/۵۸	۱/۷۹	۸۵
۱/۸۲۸	۲/۱۵۸	۲/۴۹۵	۳/۲۵۶	۴/۱۵۲	۴/۹۸۷	۳/۲۵۶	۱/۸۶۹	۱/۶۹	۱/۲۳۷	۱/۵۱	۱/۷۷	۹۰

نتیجه گیری و پیشنهادات

با بررسی منحنی تداوم بدست آمده، مشاهده می گردد که پتانسیل رودخانه آب ترکی برای احداث نیروگاه برقابی در منطقه قابل قبول است. با توجه به وضعیت توپوگرافی منطقه و صعب العبور بودن منطقه، امکان انتقال آب منطقه به نیروگاه های موجود در مناطق دیگر وجود ندارد. همچنین در منطقه مورد مطالعه نیاز به احداث ایستگاه های هیدرومتری با توزیع مکانی مناسب می باشد.



قدردانی

بدینوسیله از کمک های موثر شرکت مهندسی مشاور پدیدآب سپاهان و علی الخصوص جناب آقای مهندس یزدآباد تشکر و قدردانی می گردد.

فهرست منابع

۱. اسلامیان، س.س. شاهمنصوری، م.ر. فرید، ف.۱۳۷۸، مطالعات مرحله شناخت نیروگاه برقایی رودخانه آب ترکی-بازفت، جلد سوم، ۱۱۷ صفحه.
2. Lima IBT. (2005) Biogeochemical distinction of methane releases from two Amazon Hydroreservoirs. *Chemosphere*;59:1697-702.
3. Jaramillo OA, Borja MA, Huacuz JM. (2004) Using hydropower to complement wind energy: a hybrid system to provide firm power. *Renew Energy*;29(11):1887-909.
4. Kaldellis JK, Katsirou V, Kondili E, Korbakis G.(2006) Optimal sizing of small hydro power plants for maximum energy production. *Eighth national conference on the soft energy resources, March 2006, Thessaloniki, Greece.*
5. Kaldellis J, Kavadias K.(2006) *Computational applications of soft energy resources: wind energy-hydro power. Athens: Stamoulis Editions; ISBN: 960-351-631-7.*
6. Regulatory Authority of Energy (RAE). (2006) Available at /http://www.rae.grs, Athens, Greece: RAE (assessed March 2006).
7. Public Power Corporation (PPC), (2005) Available at /http://www.dei.grs, Athens, Greece.

۸. سیمافر.ش، ۱۳۷۴، محاسبه و اصول سدسازی، انتشارات نیا، ۶۲۸ صفحه.

Hydroelectric production using Ab-terki river flow specific energy

One of the important parameters for hydrological investigation of generator's hydropower, is determining flow duration curve of a river. On the other hand, relative frequency and different cumulative amounts of river discharges should be determined. Ab-terki basin is one of Subbasins of Bazoft River, which located next to Koohrang basin. It is also located between eastern longitudes 49°54' to 50°5' and northern latitudes 32°19' to 32°24'. Morphologic condition, slope of lime stone structure and a characteristic of karstic cracks in this basin, creat big springs. It is also placed between eastern and western foothills of Zardkooh Mountain. In this research, for determining flow duration curves of Ab-terki river, three-year daily measured statistics and 24-year mean monthly discharges for Gooshe-pol station were used. After these steps, probability discharges were analyzed and using Hyfa and Rank plot softwares, and finally 95% probability discharge for Ab-terki river was determined.

Key words

Hydroelectric, Ab-terki, Bazoft, duration curve, mean daily discharge, mean monthly discharge, flow frequency analysis.