

بررسی تراز بیشینه سطح آب دریاچه هامون هیرمند و مدل قابلیت اعتماد دینامیکی سیل‌بند آن

مسعود تجریشی (استادیار)،

احمد ابریشم‌چی (دانشیار)، علی تفرج‌نوروز (کارشناسی ارشد آب)،

بهناز خاکباز (کارشناسی ارشد سازه های هیدرولیکی)

چکیده

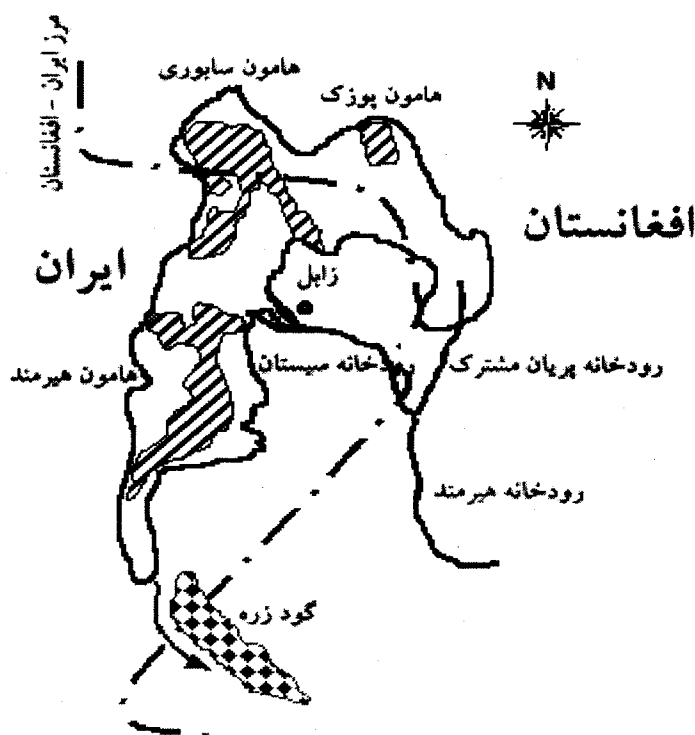
در این مقاله ضمن بررسی تراز بیشینه آب دریاچه هامون هیرمند واقع در دشت سیستان، با بررسی جداگانه تراز استاتیکی دریاچه و خیزاب بوجود آمده در اثر بادهای یکصد و بیست روزه و تلفیق این دو پدیده، تراز بیشینه سالانه دریاچه با توجه به احتمال وقوع‌های گوناگون بدست آمده است. نتایج نشان می‌دهد که داده‌های خیزاب بیشینه سالانه از توزیع احتمالی لوگ پیرسون نوع ۳ و داده‌های تراز استاتیک دریاچه نیز از توزیع احتمالی نرمال پیروی می‌کنند. در ادامه منحنی احتمال وقوع تراز بیشینه سالانه سطح آب دریاچه هامون مربوط به هر تراز استاتیکی و برای یکی از پروفیل‌های بحرانی دریاچه ارائه شده است. از منحنی‌های بدست آمده می‌توان برای طراحی سازه‌های هیدرولیکی و قابلیت اعتماد سیل‌بندهای (گوره‌های) محافظ سمت شرقی دریاچه که برای جلوگیری از ورود آب به زمینهای کشاورزی احداث شده اند استفاده نمود. در انتهای مقاله نمودار قابلیت اعتماد دینامیکی سیل‌بند هامون هیرمند نیز ارائه شده که حکایت از مقدار ریسک روگذری بسیار بالای آن می‌باشد.

کلمات کلیدی: احتمال وقوع شرطی تراز آب، دریاچه هامون، مدل قابلیت اعتماد دینامیکی، طراحی هیدرولوژیکی سیل‌بند

مقدمه:

دریاچه‌های جهان و به ویژه دریاچه‌های آب شیرین از دیدگاه‌های گوناگون اهمیت دارند. یکی از این دریاچه‌ها که دارای ویژگی‌های خاص می‌باشد، مجموعه تالابی‌های هامون است که در شمال خاوری ایران در منطقه سیستان و در گودترین بخش آن که به کاسه سیستان معروف می‌باشد، قرار گرفته است. از ویژگی‌های خاص این مجموعه تالابی هامونها که بیشتر آن در ایران قرار دارد، شیرین بودن آب آن (تنها دریاچه آب شیرین در فلات ایران)، وزش بادهای یکصد و بیست روزه در طول تابستان، تبخیر بالا و اهمیت آن از دیدگاه هیدرولوژیکی و اکولوژیکی می‌باشد.

مجموعه تالابی هامونها از سه هامون هیرمند، سابوری و پوزک تشکیل شده است. هامون هیرمند به‌طور کلی در داخل خاک ایران واقع شده و نسبت به دو هامون دیگر بزرگتر است [1]. مساحت تقریبی این هامون حدوداً ۲۵۰۰ کیلومتر مربع است. وضعیت کلی هامونها در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: وضعیت کلی دریاچه‌های هامون

بررسی و مدل‌سازی تراز آب دریاچه‌ها با توجه به اهداف گوناگون از قبیل تعیین خط ساخت و ساز ساحلی، استفاده از مدل‌های پیش‌بینی حمل رسوب و پتانسیل فرسایش سواحل و تعیین حجم آب موجود در دریاچه و... انجام شده است. در دریاچه‌های بادخیز با توجه به وزش باد، سطح آب حالت افقی خود را از دست می‌دهد. در این حالت تراز آب را می‌توان به دو قسمت تقسیم کرد؛ یک قسمت تراز دینامیکی است که نتیجه وزش باد است و قسمت دوم تراز استاتیکی است که تراز آب در حالت بدون وزش باد است. در این حالت تراز آب در هر نقطه، مجموع این دو تراز می‌باشد.

Kubik در تحقیقی، حداکثر تراز آب سالانه در دریاچه بادخیز میشیگان را بررسی کرد [2]. وی با بدست آوردن منحنی احتمال وقوع شرطی تراز آب دریاچه، منحنی احتمال وقوع تراز بیشینه سطح آب دریاچه را بدست آورد. در تحقیق انجام شده توسط Kubik از توزیع احتمال نرمال برای بررسی خیزاب بیشینه سالانه دریاچه استفاده شده و تراز استاتیکی نیز با فرض نرمال بودن توزیع آن بررسی شده است. Buchberger نیز تحقیقاتی در مورد بررسی تغییرات سطح آب در دریاچه بادخیز Erie انجام داده است [3]. در این دریاچه ابتدا میزان خیزاب برای ایستگاه‌های موجود در دریاچه تعیین و سپس با توجه به آن متوسط سطح آب دریاچه بدست آمد. همچنین متوسط سطح آب به صورت یک سری زمانی بطور جداگانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مدل مناسب برای آن $AR(1)$ تشخیص داده شد. اعداد مربوط به خیزاب نیز به طور جداگانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و تعیین شد که خیزاب دریاچه دارای توزیع نرمال است. در انتها این دو سری بطور جداگانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و منحنی‌های احتمال وقوع شرطی برای دریاچه بدست آمد.



در این مقاله هدف این است که با استفاده از متوسط تراز ماهانه و تلفیق آن با منحنی احتمال خیزاب دریاچه هامون که در حقیقت تراز دینامیکی است، بتوان منحنی دوره بازگشت تراز بیشینه سالانه آب دریاچه را بدست آورد. در این تحقیق برای بدست آوردن تراز بیشینه سطح آب دریاچه هامون هیرمند، از توزیع احتمالی استفاده گردیده و توزیع مناسب از طریق آزمون حداقل مربعات تعیین شده است. علاوه بر این تفاوت دیگری که دریاچه هامون هیرمند با دیگر دریاچه ها که در مراجع بدان اشاره شده دارد، این است که دریاچه هامون هیرمند در برخی سالها خشک می شود و این مسأله باعث می شود که استفاده از توزیع های آماری با مشکل مواجه شود. برای رفع این مشکل نیز از روشی که برای برازش توابع احتمالی بر داده های دبی رودخانه های فصلی با پیشامدهای صفر یا داده های ناقص وجود دارد، استفاده شده است [4]. همچنین جهت ارزیابی قابلیت اعتماد سازه هیدرولیکی سیلیند (گوره)، نمودار قابلیت اعتماد دینامیکی سیلیند بدست خواهد آمد تا بتوان ریسک روگذری این سازه هیدرولیکی را مشخص نمود.

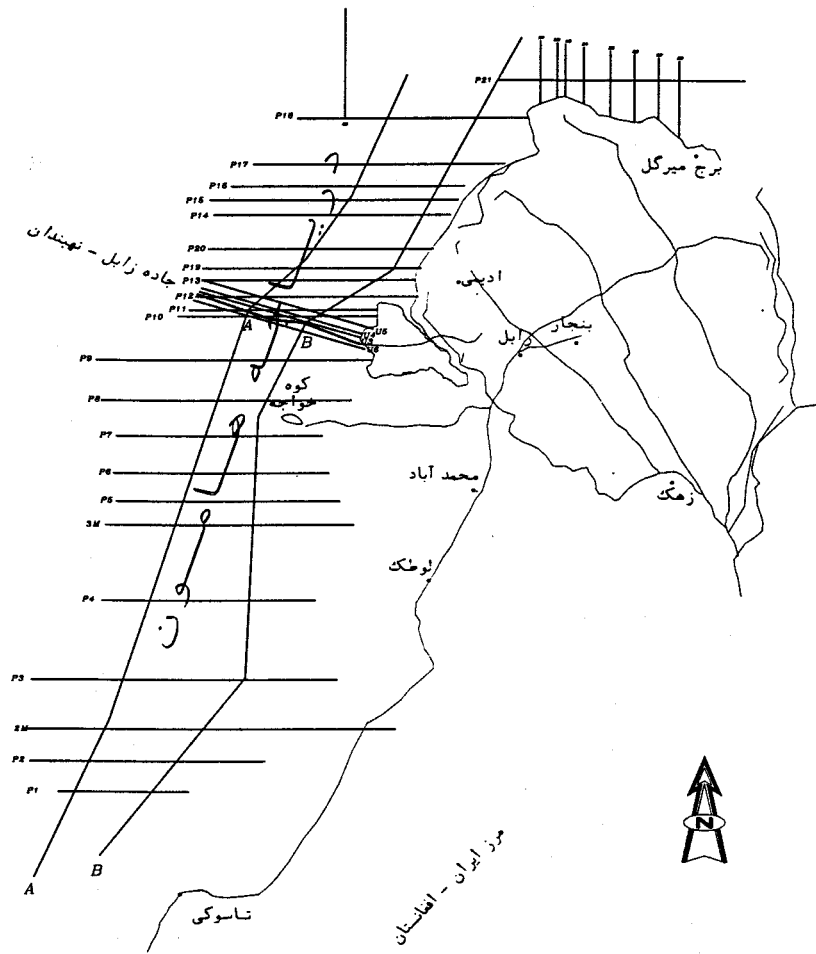
تعیین منحنی احتمال وقوع خیزاب بیشینه سالانه

به منظور بررسی خیزاب دریاچه بر اثر وزش باد، کف دریاچه در طول یک سری پروفیل هایی در سال ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ نقشه برداری شده است. با توجه به اینکه جهت و سرعت باد نیز در میزان خیزاب ایجاد شده توسط باد مؤثر می باشند، لذا با استفاده از آمار ایستگاه هواشناسی زابل (۱۹۸۹ تا ۱۹۹۸ میلادی)، گلبادهایی برای ماه های مختلف سال بدست آمد. گلبادهای موجود که برای ماه های مختلف سال با استفاده از آمار ایستگاه هواشناسی زابل رسم شده اند، نشان می دهند که جهت غالب باد برای ماه های مختلف سال برابر با ۳۳۷/۵ درجه می باشد [5]. در این تحقیق خیزاب دریاچه با استفاده از برنامه ای که براساس رابطه ارائه شده توسط Von Dorn و همکارانش تهیه گردیده بود تعیین شد [6].

نقشه برداری از کف هامون هیرمند در طول یک سری پروفیل های طولی انجام گرفته است. این پروفیلها در شکل ۲ نشان داده شده است. بنابراین با مشخص بودن وضعیت بستر در طول این پروفیلها، می توان خیزاب را در هر پروفیل بدست آورد. پس از بررسی های مقدماتی مشخص گردید که خیزاب بیشینه در قسمت شرقی دریاچه در انتهای پروفیل P8 رخ می دهد [7]. جدول ۱ خیزاب بیشینه سالانه دریاچه را در انتهای پروفیل P8 نشان می دهد. لازم به ذکر است که ردیف ۵ جدول مذکور مربوط به تراز آب در روزی از سال است که در آن روز حداکثر خیزاب سالانه دریاچه روی داده و در صورت عدم وجود آمار تراز آب در آن روز، از متوسط تراز ماهانه بازسازی شده استفاده شده است. در شکل ۳ پروفیل بستر دریاچه و تراز آب دریاچه بعد از وزش باد برای پروفیل P8 نشان داده شده است. این نتیجه توسط برنامه مذکور برای سرعت باد برابر با ۵۰ نات و زاویه وزش ۳۳۷/۵ درجه و تراز ۴۷۵/۹۵ متر در ایستگاه کوه خواجه (تراز کل)، بدست آمده است.

به منظور بدست آوردن منحنی احتمال وقوع خیزاب بیشینه سالانه دریاچه از توزیع نرمال، لوگ نرمال، پیرسون نوع ۳، لوگ پیرسون نوع ۳ و توزیع گامبل استفاده شده است. هنگام استفاده از توزیع های مختلف آماری، اگر در آمار موجود اعداد صفر وجود داشته باشد، استفاده از توزیع های آماری با مشکل مواجه می شود. زیرا استفاده از لگاریتم طبیعی اعداد، غیرممکن خواهد بود. علاوه بر این با توجه به اینکه تعدادی از اعداد، مقادیر ثابتی را دارا می باشند، لذا برازش توزیع های آماری بر داده های موجود به خوبی صورت نمی گیرد و محاسبات انجام شده از دقت کافی برخوردار نمی باشد. در این مقاله از روشی که توسط Jenings و Benson برای احتمال وقوع شرطی پیشنهاد شده، استفاده گردیده است [4].

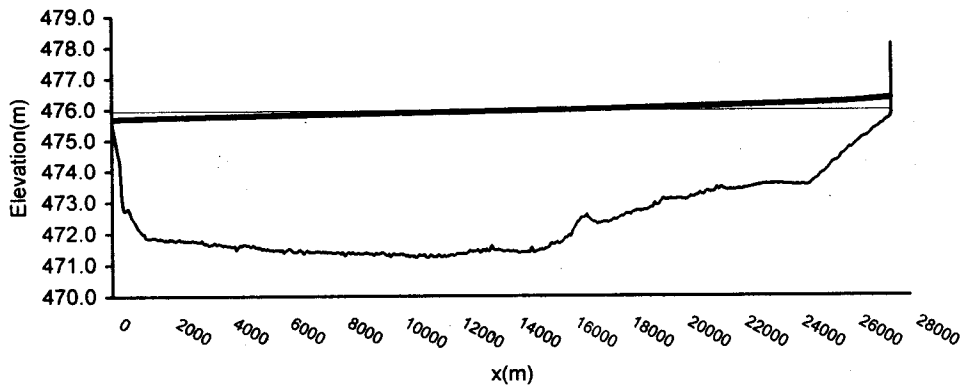
$$P(A \cap B) = P(A|B) \cdot P(B) \quad (1)$$



شکل ۲: پروفیل های نقشه برداری شده در کف هامون هیرمند

جدول ۱: خیزاب بیشینه محاسبه شده در دوره آماری ۱۳۶۵-۱۳۷۷

Year	Date	Wind speed (Knot)	Wind Angle (Degree)	Water level (m)	Wind set up(m)
1365-66	31-khor	42	330	Dry	0.00
1366-67	30-tir	44	330	Dry	0.00
1367-68	29-mor	42	330	473.59	0.81
1368-69	25-ord	38	340	475.08	0.31
1369-70	21-tir	42	340	474.77	0.40
1370-71	6-shah	46	330	474.27	0.71
1371-72	1-tir	38	340	473.72	0.47
1372-73	29-shah	40	330	473.61	0.74
1373-74	20-khor	34	330	474.44	0.37
1374-75	7-shah	38	330	474.48	0.46
1375-76	3-shah	44	330	475.21	0.55
1376-77	6-esf	46	320	474.45	0.84



شکل ۳: پروفیل بستر دریاچه و تراز آب دریاچه قبل و بعد از وزش باد برای پروفیل P8.

$P(B)$ در رابطه ۱ عبارتست از اینکه خیزاب سالانه بزرگتر از صفر باشد. بنابراین با توجه به جدول ۱، از ۱۲ سال آمار موجود ۱۰ سال خیزاب سالانه بزرگتر از صفر بوده است. بنابراین مقدار $P(B)$ برابر با $\frac{10}{12}$ است. احتمال وقوع $P(A)$ نیز عبارتست از اینکه خیزاب سالانه بزرگتر از یک مقدار فرضی بزرگتر از صفر باشد. احتمال وقوع شرطی $P(A|B)$ با استفاده از توزیع‌های آماری بدست می‌آید. احتمال اشتراک $P(A \cap B)$ نیز در اینجا برابر با $P(A)$ می‌باشد. بنابراین برای بدست آوردن احتمال وقوع تجاوز تراز آب از یک مقدار مشخص، ابتدا بایستی با استفاده از یک توزیع آماری مقدار $P(A|B)$ را برای مقادیر بزرگتر از صفر بدست آورد و با ضرب کردن مقدار ثابت $P(B)$ در $P(A|B)$ ، احتمال وقوع تجاوز تراز آب از مقادیر فرضی بزرگتر از صفر بدست می‌آید.

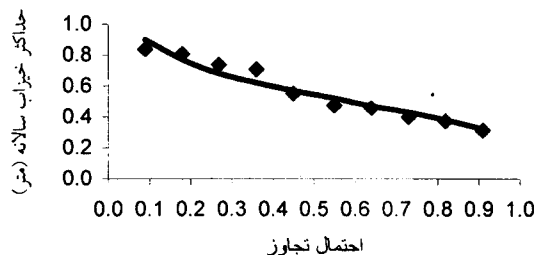
در این مقاله پس از برازش توزیع‌های آماری ذکر شده بر داده‌های خیزاب بیشینه سالانه، با استفاده از روش حداقل مربعات توزیع‌ها با یکدیگر مقایسه شده‌اند [8].

$$SE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n - m}} \quad (2)$$

در رابطه ۲، SE خطای استاندارد، x_i برابر با هر یک از داده‌های ثبت شده واقعی، y_i برآورد x_i با استفاده از یک توزیع خاص (احتمال x و y یکسان است)، n برابر با اندازه نمونه و m تعداد پارامترهای توزیع مورد نظر است. خلاصه مقادیر بدست آمده برای آزمون حداقل مربعات در جدول ۲ ارائه شده است. همانطور که این جدول نشان می‌دهد کمترین مقدار SE مربوط به توزیع لوگ پیرسون نوع ۳ است. بنابراین توزیع مناسب برای برازش بر داده‌های خیزاب بیشینه سالانه دریاچه هامون، توزیع لوگ پیرسون نوع ۳ می‌باشد. در شکل ۴ برازش تابع توزیع لوگ پیرسون نوع ۳ بر داده‌های خیزاب بیشینه سالانه نشان داده شده است. همانطور که این شکل نشان می‌دهد، این برازش نسبتاً مناسب به نظر می‌رسد.

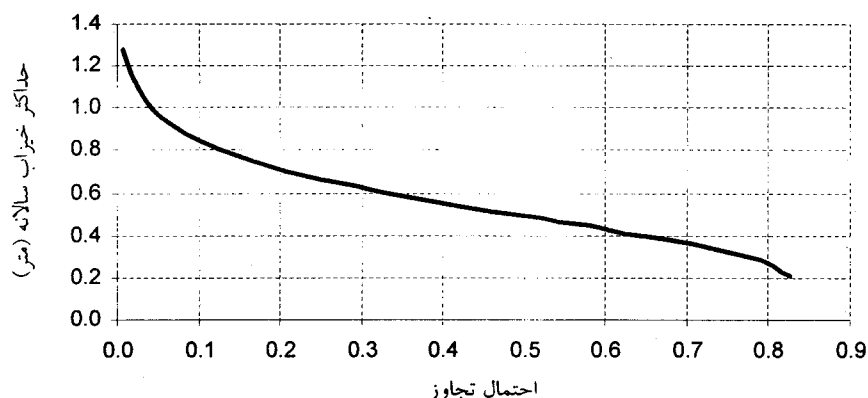
جدول ۲: خلاصه نتایج بدست آمده از آزمون حداقل مربعات برای خیزاب بیشینه سالانه

Distribution	Normal	Log Normal	Pearson	Log pearson	Gumbel
SE	0.055	0.064	0.057	0.053	0.057



شکل ۴: برازش تابع توزیع لوگ پیرسون نوع ۳ بر داده‌های خیزاب بیشینه سالانه

با ضرب مقدار $\frac{10}{12}$ در احتمال وقوع‌های بدست آمده از توزیع لوگ پیرسون نوع ۳، می‌توان منحنی احتمال وقوع خیزاب بیشینه سالانه دریاچه هامون را بدست آورد. این منحنی در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵: منحنی احتمال وقوع خیزاب بیشینه سالانه دریاچه

تعیین منحنی احتمال وقوع تراز استاتیکی دریاچه

در مرحله بعد بایستی منحنی احتمال وقوع تراز استاتیکی دریاچه را بدست آورد. با توجه به اینکه ایستگاه آمار برداری تراز آب (ایستگاه کوه خواجه) در قسمت شرقی دریاچه و در وسط پروفیل‌های P7 و P8 واقع شده، بایستی برای ماه‌های مختلف هر سال با توجه به متوسط سرعت باد در ایستگاه زابل میزان خیزاب برای هر ماه را در انتهای پروفیل‌های P7 و P8 تخمین زده و پس از میانگین گرفتن از آنها، متوسط خیزاب ماهانه را بدست آورد. پس از کسر نمودن مقدار خیزاب بدست آمده از تراز کل که در ایستگاه کوه خواجه برداشت شده، می‌توان تراز استاتیکی دریاچه را بدست آورد. به عنوان مثال در جدول ۳ تراز استاتیکی محاسبه شده برای ماه‌های مختلف سال ۷۰-۱۳۶۹ نشان داده شده است.



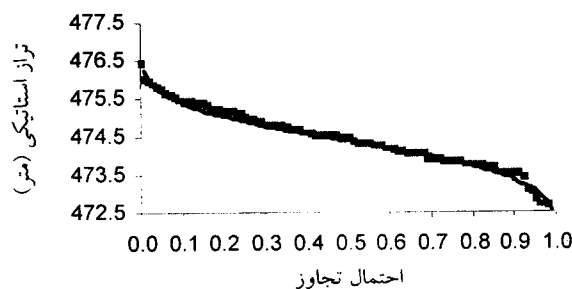
جدول ۳: متوسط تراز استاتیکی دریاچه برای ماههای سال ۷۰-۱۳۶۹

	W.L	W.D	W.V	P7	P8	W.S	S.W.L
مهر	473.98	2.18	10.5	0.020	0.023	0.022	473.96
آبان	473.87	2.07	3.3	0.028	0.028	0.028	473.84
آذر	473.79	1.99	2.9	0.032	0.035	0.034	473.76
دی	473.71	1.91	6.5	0.020	0.027	0.024	473.69
بهمن	473.79	1.99	6	0.022	0.023	0.023	473.77
اسفند	474.52	2.72	7.8	0.008	0.011	0.010	474.51
فروردین	475.72	3.92	7.9	0.004	0.011	0.008	475.71
اردیبهشت	475.69	3.89	10	0.005	0.014	0.010	475.68
خرداد	475.35	3.55	12.5	0.009	0.022	0.016	475.33
تیر	474.86	3.06	18.7	0.036	0.059	0.048	474.81
مرداد	474.51	2.71	20.5	0.061	0.090	0.076	474.43
شهریور	474.28	2.48	16.6	0.050	0.064	0.057	474.22

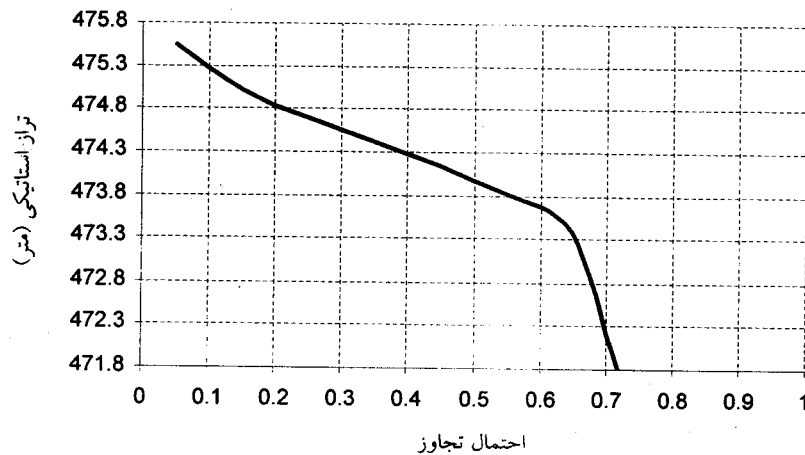
خلاصه نتایج بدست آمده از آزمون توزیع های آماری که با روش حداقل مربعات مقایسه شده اند در جدول ۴ درج شده است. همانطور که این جدول نشان می دهد، مقادیر بدست آمده برای توزیع های مختلف بجز توزیع گامبل، تقریباً با یکدیگر برابر هستند. بنابراین با استفاده از این روش نمی توان توزیع های مختلف را با یکدیگر مقایسه نمود. ضریب چولگی داده های تراز استاتیکی بزرگتر از صفر برابر با ۰/۰۲۲ می باشد و برای بررسی نرمال بودن داده ها از روش Snedecor و Cochran استفاده شده است. [9] برای نرمال بودن داده ها بایستی قدر مطلق ضریب چولگی برای سطح معنی دار ۱۰ درصد ($\alpha=0.10$) کوچکتر از ۰/۳۸۳ باشد. بنابراین داده های موجود به خوبی از توزیع نرمال برخوردار می باشند (شکل ۶). مقدار $P(B)$ برای داده های مربوط به تراز برابر با $\frac{104}{144}$ می باشد. پس از اعمال این ضریب می توان منحنی احتمال وقوع تراز استاتیکی را بدست آورد (شکل ۷).

جدول ۴: خطای استاندارد محاسبه شده برای توزیع های مختلف

Distribution	Normal	Log Normal	Pearson	Log Pearson	Gumbel
SE	0.073	0.072	0.072	0.074	0.211



شکل ۶: برازش توزیع نرمال بر داده های تراز استاتیکی



شکل ۷: منحنی احتمال وقوع تراز استاتیکی دریاچه

تعیین منحنی احتمال وقوع شرطی تراز بیشینه سالانه دریاچه هامون

در مرحله بعد بایستی منحنی‌های احتمال وقوع شرطی دریاچه را بدست آورد. برای این منظور از جدول ۵ استفاده شده است. قسمت بالای این جدول مربوط به تراز استاتیکی است. احتمال وقوع از صفر تا یک به تعدادی دامنه تقسیم شده و در ردیف اول جدول قرار گرفته است. در ردیف سوم نیز احتمال وقوع مقدار متوسط هر دامنه که در حقیقت میانگین دامنه‌های ردیف اول جدول می‌باشند، قرار گرفته است. با استفاده احتمال وقوع‌های بدست آمده در ردیف سوم جدول و با استفاده از شکل ۷ می‌توان تراز استاتیکی نظیر هر احتمال وقوع را بدست آورد که نتایج بدست آمده در ردیف چهارم این جدول قرار گرفته است. قسمت پایین این جدول مربوط به خیزاب سالانه می‌باشد. در دو ستون اول احتمال وقوع و خیزاب بیشینه سالانه قرار دارد و با استفاده از شکل ۵ بدست آمده است. در ستون‌های بعدی جدول تراز کل که برابر با مجموع تراز استاتیکی و خیزاب سالانه می‌باشد، قرار گرفته است. این ترازا در حقیقت مجموع هریک از اعضای ردیف چهارم قسمت بالای جدول و ستون دوم قسمت پایینی جدول می‌باشند. با رسم هریک از این ستونها نسبت به ستون اول، می‌توان منحنی‌های احتمال وقوع شرطی مربوط به هر تراز استاتیکی را بدست آورد. در شکل ۸ منحنی‌های احتمال وقوع شرطی مربوط به ترازهای استاتیکی رسم شده است. برای مثال اگر تراز استاتیکی دریاچه برابر با $474/14$ متر باشد، با احتمال ۵۰ درصد (احتمال تجاوز ۰/۵) می‌توان انتظار داشت که تراز کل با در نظر گرفتن خیزاب به $474/63$ متر برسد.

احتمال وقوع تراز بیشینه سالانه آب

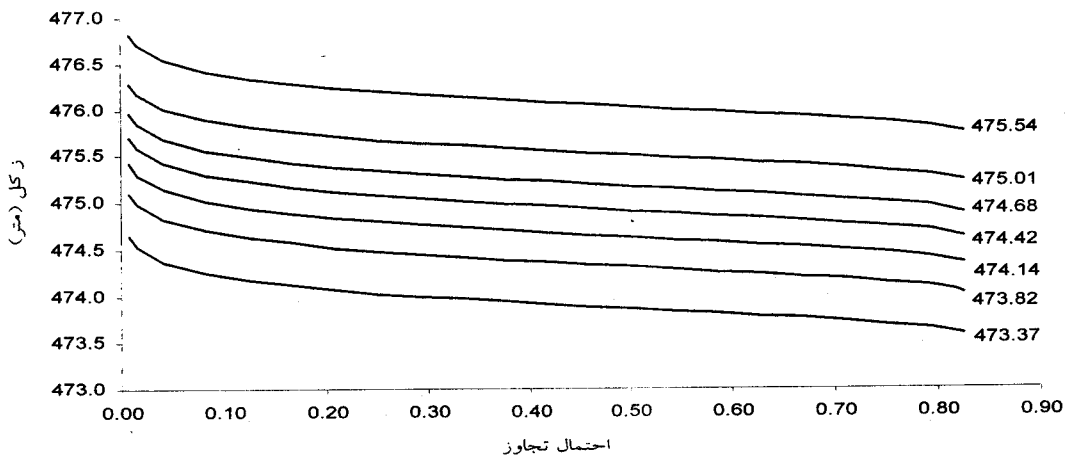
در مرحله بعد بایستی منحنی احتمال وقوع تراز بیشینه سطح آب دریاچه را بدست آورد. برای این منظور بایستی از رابطه ۱ استفاده نمود. در این رابطه اگر $P(B)$ احتمال رخ دادن تراز استاتیکی، $P(A)$ احتمال رخ دادن تراز کل و $P(A|B)$ احتمال شرطی رخ دادن پیشامد A وقتی که پیشامد B رخ داده باشد، در این صورت با استفاده از قانون ضرب احتمال می‌توان مقدار $P(A \cap B)$ را برای زمانی که هر دو پیشامد رخ داده باشند، با استفاده از رابطه ۱ بدست آورد. در این صورت می‌توان با بدست آوردن $P(B)$ از شکل ۷ و $P(A|B)$ با استفاده از شکل ۸، احتمال وقوع تراز کل دریاچه را برای پروفیل بحرانی P8



جدول ۵: تلفیق تراز استاتیکی و خیزاب سالانه جهت بدست آوردن تراز کل

Prob.Range	0.00 - 0.10	0.10 - 0.20	0.20 - 0.30	0.30 - 0.40	0.40 - 0.50	0.50 - 0.60	0.60 - 0.70	0.70 - 1.00
Difference	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3
Exc .prob.	0.05	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.65	0.85
Still water level(m)	475.54	475.01	474.68	474.42	474.14	473.82	473.37	471.8 (DRY)

Exc.Prob.	Wind Setup (m)	Total stage above Datum (m)							
0.008	1.28	476.82	476.29	475.96	475.70	475.42	475.10	474.65	-
0.017	1.16	476.70	476.17	475.84	475.58	475.30	474.98	474.53	-
0.042	1.00	476.54	476.01	475.68	475.42	475.14	474.82	474.37	-
0.083	0.88	476.42	475.89	475.56	475.30	475.02	474.70	474.25	-
0.125	0.80	476.34	475.81	475.48	475.22	474.94	474.62	474.17	-
0.167	0.75	476.29	475.76	475.43	475.17	474.89	474.57	474.12	-
0.208	0.70	476.24	475.71	475.38	475.12	474.84	474.52	474.07	-
0.250	0.66	476.20	475.67	475.34	475.08	474.80	474.48	474.03	-
0.292	0.63	476.17	475.64	475.31	475.05	474.77	474.45	474.00	-
0.333	0.60	476.14	475.61	475.28	475.02	474.74	474.42	473.97	-
0.375	0.57	476.11	475.58	475.25	474.99	474.71	474.39	473.94	-
0.417	0.54	476.08	475.55	475.22	474.96	474.68	474.36	473.91	-
0.458	0.51	476.05	475.52	475.19	474.93	474.65	474.33	473.88	-
0.500	0.49	476.03	475.50	475.17	474.91	474.63	474.31	473.86	-
0.542	0.46	476.00	475.47	475.14	474.88	474.60	474.28	473.83	-
0.583	0.44	475.98	475.45	475.12	474.86	474.58	474.26	473.81	-
0.625	0.41	475.95	475.42	475.09	474.83	474.55	474.23	473.78	-
0.667	0.39	475.93	475.40	475.07	474.81	474.53	474.21	473.76	-
0.708	0.36	475.90	475.37	475.04	474.78	474.50	474.18	473.73	-
0.750	0.32	475.86	475.33	475.00	474.74	474.46	474.14	473.69	-
0.792	0.28	475.82	475.29	474.96	474.70	474.42	474.10	473.65	-
0.817	0.23	475.77	475.24	474.91	474.65	474.37	474.05	473.60	-
0.825	0.21	475.75	475.22	474.89	474.63	474.35	474.03	473.58	-



شکل ۸: منحنی های احتمال وقوع شرطی

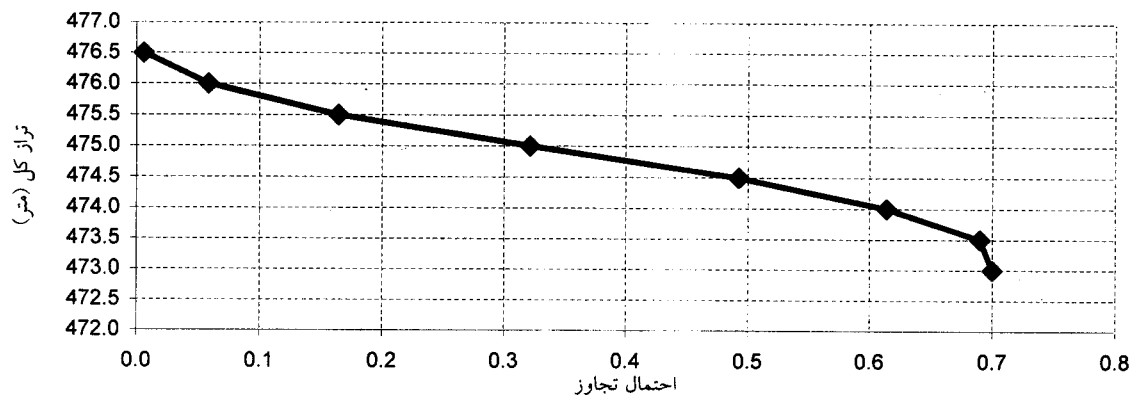


بدست آورد. نتایج این محاسبات در جدول ۶ ارائه گردیده است. با رسم ستون اول این جدول نسبت به ستون آخر آن می توان منحنی احتمال تجاوز تراز بیشینه سالانه سطح آب دریاچه را برای پروفیل P8 که پروفیل بحرانی دریاچه است، بدست آورد (شکل ۹).

جدول ۶: تعیین احتمال تجاوز برای ترازهای مختلف بیشینه سالانه برای پروفیل P8

Probability	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.30
still water level (m)	475.54	475.01	474.68	474.42	474.14	473.82	473.37	471.80

Total lake stage (m)									Exc. Prob.
473.0	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.000	0.700
473.5	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.090	0.000	0.690
474.0	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.085	0.029	0.000	0.614
474.5	0.100	0.100	0.100	0.097	0.071	0.023	0.002	0.000	0.493
475.0	0.100	0.100	0.075	0.036	0.009	0.002	0.000	0.000	0.322
475.5	0.100	0.050	0.012	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.165
476.0	0.054	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.059
476.5	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006



شکل ۹: منحنی احتمال وقوع تراز بیشینه سالانه برای پروفیل بحرانی P8 در هامون هیرمند

مدل قابلیت اعتماد دینامیکی روگذری سیلند

برای ارزیابی میزان قابلیت اعتماد سیلند (گوره ای) دریاچه هامون برای حفاظت دشت سیستان در طول بهره‌وری خود که در معرض سیل (افزایش تراز آب) و موجهای حاصل از باد (خیزاب) قرار می گیرد، داده های باد مربوط به ۳۴ سال آماری که به صورت رکوردهای سه ساعته ثبت گردیده بود، و داده های مربوط به تراز سطح آب در سال آماری ۷۰-۱۳۶۹ که بالاترین تراز ثبت شده آب هامونها می باشد مورد استفاده قرار گرفت. در این مطالعه وضعیت روگذری در پروفیل های P6 (به لحاظ پائین بودن تراز گوره ها) و P5 (به لحاظ بیشترین افزایش تراز سطح آب در نزدیکی گوره ها) مورد بررسی قرار گرفته است.

در این مقاله به منظور برآورد احتمال روگذری مربوط به باد، از آنالیز ریسک به روش AFOSM استفاده گردیده است [10].

تابع شکست برای روگذری از روی گوره ها به صورت زیر تعریف شده است:



$$Z = (H_c - H_0) - h \quad (3)$$

$$h = h_T + h_r$$

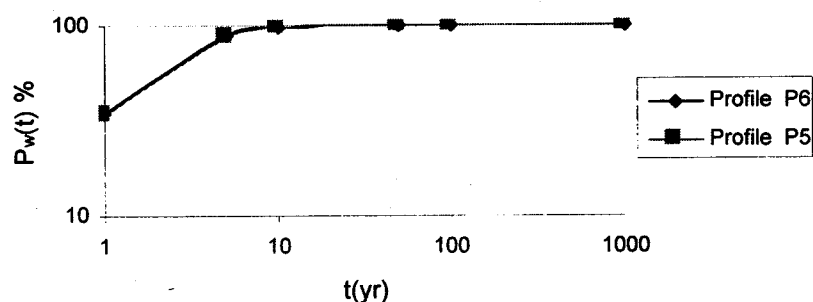
در این معادله Z تابع عملکرد، H_c تراز تاج سیلند (گوره)، H_0 ارتفاع آب دریاچه، h ارتفاع موج ایجاد شده در اثر باد، h_T خیزاب در اثر باد و h_r بالاروی موج می باشد. مطابق با این ضابطه، احتمال روگذری ناشی از باد به صورت زیر تعریف می شود:

$$P_f = P(Z < 0) \quad \text{یا} \quad P_f = P(h > H_c - H_0) \quad \text{بطوریکه} \quad Z = (H_c - H_0) - h$$

روگذری هنگامی رخ می دهد که $Z < 0$ باشد. در این مطالعه ضمن بدست آوردن سرعت بادی که به ازای آن $Z=0$ (نقطه شکست) می باشد، مقدار P_f (احتمال روگذری در یکبار وقوع باد شدید) محاسبه گردیده و با محاسبه v_w (میانگین نرخ وقوع باد شدید)، ریسک روگذری از روی گوره ها برای دوره های بهره‌وری مختلف بدست آمده است. نتایج این تحلیل در شکل ۱۰ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می گردد ریسک روگذری برای هر دو پروفیل بسیار بالا می باشد.

نتیجه گیری

در تحقیق انجام شده، احتمال وقوع تراز استاتیکی و خیزاب بیشینه سالانه دریاچه هامون هیرمند که یک دریاچه باد خیز است بررسی شده و در نهایت احتمال وقوع تراز بیشینه سطح آب دریاچه برای پروفیل P8 که پروفیل بحرانی دریاچه است (خیزاب بیشینه در آن رخ می دهد)، بدست آمده است. نتایج بدست آمده نشان می دهد که داده‌های خیزاب بیشینه دریاچه از تابع توزیع لوگ پیرسون نوع ۳ و داده‌های تراز استاتیکی دریاچه از توزیع نرمال پیروی می کنند. همچنین نتایج تحلیل قابلیت اعتماد دینامیکی روگذری آب از سیلند هامون در دو پروفیل P5 و P6 نشان از بالا بودن ریسک روگذری دارد.



شکل ۱۰: منحنی احتمال روگذری مربوط به وقوع باد شدید در یک دوره زمانی

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی شریف برای حمایت مالی از این پروژه و آقای مهندس شیرزاد مدیر عامل محترم شرکت آب منطقه‌ای سیستان و بلوچستان برای در اختیار قرار دادن اطلاعات هامونها قدردانی و تشکر می گردد.



مراجع

۱. طرح بهره برداری بهینه از آب رودخانه هیرمند، گزارش شماره ۳۳، شرکت سهامی آب منطقه‌ای سیستان و بلوچستان، تیرماه ۱۳۷۱.
2. Kubik, H., "Procedure for computing frequency of maximum lake levels", The Hydrologic Engineering Center, December 1974.
3. Buchberger, Steven G., "Conditional frequency analysis of autocorrelated lake levels", J. Water Resources Planning And Management., ASCE, Vol. 121, No. 2, 1995, pp. 158-170.
4. Jennings M. E. and Benson M. A., "Frequency Curves for Annual Flood series with some zero Events or Incomplete Data", Water Resources Research, Vol. 5, No. 1, 1969, pp. 276-280.
۵. خاکباز، بهناز، مسعود تجریشی و احمد ابریشم‌چی، "تحلیل ریسک و قابلیت اعتماد روگذری سیلیند رودخانه ناشی از باد"، سومین کنفرانس هیدرولیک ایران، تهران، آبان ۱۳۸۰، صفحه ۴۴۵ الی ۴۵۳.
6. Sorensen, Robert M., "Basic Coastal Engineering", Chapman and Hall, 1967.
۷. طرح هیدرودینامیک رودخانه سیستان، "محاسبه بالاروی از روی گوره‌های هامون هیرمند"، گزارش فنی (ب)، دفتر مطالعات آب و محیط زیست دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۹.
۸. کایت، جی دبلیو، "تحلیل فراوانی وقایع و ریسک در هیدرولوژی"، مترجم: ابوالقاسم بزرگنیا و دیگران، چاپ اول، مشهد، انتشارات آستان قدس رضوی، ۱۳۶۹.
9. Snedecor, G. and Cochran, W. G., "Statistical Method", The Iowa State University Press, 1967.
10. Cheng, S. T., Yen, B.C., and Tang, W.H., "Overtopping Risk for an Existing Dam", Hydraulic Engineering Series 37, Dept of Civil Eng., Univ. of Illinois, 1982.