بررسی احتمال خطر پدیده سیل در طرحهای هیدرولوژی و مهندسی منابع آب

دکتر سیدجمیل قادری
عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد
J-Ghaderi@iau-mahabad.ac.ir

دکتر محمدرضا بهفروز
عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد

چکیده

بررسی احتمال خطر و تحلیل فراوانی وقوع سیلاب‌ها به منظور طراحی تأسیساتی است که در مناطق سیل‌خیز قرار گرفته‌اند. در طرحهای هیدرولوژی و مهندسی منابع آب، قبل از همه لازم است درباره فراوانی وقوع رویدادها یا بعبارت دیگر، دوره برگشت آنها تصمیم گرفت. در این مقاله نحوه تهیه منحنی فراوانی تجمعی تشریح و احتمال و دوره برگشت و همچنین اشتباهات مربوط به مقادیر کوچک احتمال مورد بحث قرار می‌گیرد. به علاوه کاربرد نظریه احتمالات در مورد احتمال خطر مربوط به سیل در پروژه‌های هیدرولوژی و منابع آب از نظر می‌گذرد. جدول و نموداری تنظیم و ارائه شده است که دوره برگشت را بر حسب عمر مورد انتظار طرح برای سطوح مختلف احتمال بدست می‌دهد.

واژه‌های کلیدی:
فراوانی سیل، هیدرولوژی و منابع آب ، دوره برگشت، احتمال خطر ، عمرموردانتظارطرح

۱- مقدمه:

آنچه که به عنوان حوادث غیرمترقبه در کشورهای جهان از آن نام می‌برند وقایعی هستند که به طور عام بدون دخالت انسان حادث می‌شوند. از بارزترین آنها می‌توان به رخدادهای زلزله، سیل، طوفان، آتشفشان، زمین لغزش و ... اشاره کرد. مهمترین پیامد چنین بلایایی، بروز ناگهانی آنها در مدت زمانی کوتاه است که مانع از اتخاذ واکنشهای سریع و به موقع جهت مواجهه با این وقایع می‌گردند.

بررسی احتمال خطر سیل و تحلیل فراوانی وقوع سیلابها به منظور طراحی تأسیساتی است که در مناطق سیل‌خیز قرار گرفته است. به عنوان مثال در طراحی سدها، پلهای بزرگ، راهها و راه‌آهن، آبگذرها، سیستم‌های تأمین آب و ساختمانهای کنترل سیل از روابط بین احتمال و مقدار سیل استفاده می‌شود.

هیدرولوژی آماری اساساً بر پایه تفسیر مشاهدات در زمینه گردش آب در طبیعت بنا شده است. در واقع پدیده‌های هیدرولوژی نتیجه عوامل پیچیده‌ای هستند که ترکیب آنها خیلی مشکل‌تر از آن است که بتوان مکانیسم آن را بطور کامل تجزیه و تحلیل نمود. به این ترتیب هیدرولوژی در یک محدوده مطلق(Deterministic) مطلق قرار نخواهد داشت، و فقط احتمالات می‌تواند مدلهای لازم را جهت تشریح پدیده‌های آن فراهم نماید. بنابراین پیش‌بینی آماری پدیده‌های هیدرولوژی هم بایستی بصورت احتمال بیان گردد. گرچه این پدیده‌ها، حداقل تا درجه‌ای، تصادفی هستند، مع‌الوصف وقوع رویدادهائی که بر پایه مشاهدات سالانه متکی است می‌تواند بطور مستقل مورد بحث قرار گرفته و تغییرات سیستم هیدرولوژی بر حسب زمان فرض شود. کاربرد نظریه ریاضی احتمال در وقوع رویدادهای هیدرولوژی برای یک سیستم زمانی نامتغیر بوسیله Thomas, Kendall(Linsley, Kohler and. Paulhus) Gumbel, Chowو سایرین مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. معذلک فقط Gumbel و Linsley et al بدون آنکه بقدر کافی به کاربرد عملی آن تکیه کنند، بطور خلاصه به «احتمال خطر ساده» که طرحهای هیدرولوژی را در بر می‌گیرد اشاره کرده‌اند. ،

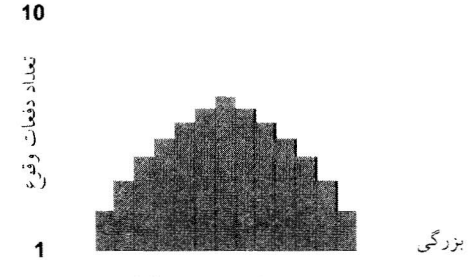
قوانین احتمالات در هیدرولوژی آماری عموماً به دو گونه بکار برده می‌شود: از طرفی برای تعبیر و تفسیر در تطبیق و برازش قانون احتمال با منحنی‌های فراوانی تجربی و از طرف دیگر برای پیش‌بینی و نتیجه‌گیری‌های ضروری. در طرحهای مهندسی هیدرولوژی و منابع آب اغلب قبل از همه لازم است درباره فراوانی وقوع رویدادها یا به عبارت دیگر دوره برگشت تصمیم گرفت. در بسیاری از موارد طرحهای آب‌شناسی با توجه به محدودیتها می‌توانند بر معیار رابطه «در حد مطلوب مقرون بصرفه‌بودن» متکی شود. اکثر اوقات دوره برگشت مربوط به رویدادهای هیدرولوژی می‌تواند با درنظرگرفتن وابستگی آن به عمر و دوام مورد انتظار طرح مورد نظر، و احتمال بروز در عدم موفقیت که خود بر اساس مسایل اقتصادی، اجتماعی، مهندسی یا سایر موارد دیگر طرح متکی می‌باشد، تعیین گردد.

در این مقاله ابتدا طرز تهیه یک منحنی فراوانی تجمعی، در رابطه با دانسیته احتمال مربوط به یک سری مشاهدات تشریح‌شده و احتمال و دوره برگشت و همچنین اشتباهات تخمین مقادیر کوچک احتمال مورد بحث قرار می‌گیرد. سپس کاربرد احتمال خطر مربوط به طرح‌های هیدرولوژی در کارهای مهندسی از نظر می‌گذرد. همین‌طور کوشش بعمل آمده تا اهمیت این کار نشان داده شود.

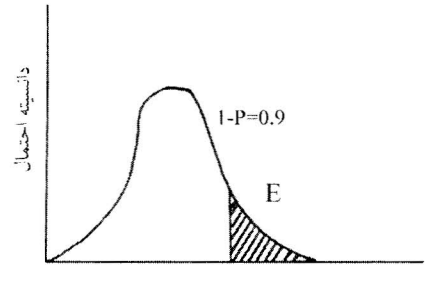
۲- منحنی فراوانی تجمعی

معمولاً برآورد یک رویداد نظیر بده‌های متوسط سالانه رودخانه، بده‌های حداقل و حداکثر و همچنین بارندگی‌ها و غیره از منحنی فراوانی تجمعی بدست می‌آید. این منحنی بر اساس مشاهدات رویدادها متکی بوده و بوسیله یکی از چند روش معمول که بزرگی رویدادها را به متوسط فاصله برگشت یا احتمال، مربوط می‌کند ترسیم می‌گردد. در چنین موردی بزرگی و فاصله برگشت، هر دو موضوع اشتباه نمونه‌گیری را مطرح می‌کنند. اشتباه نمونه‌گیری بزرگی پدیده می‌تواند بوسیله افزایش تعداد نمونه‌ها کاهش یابد. برای فاصله برگشت هم یک اشتباه نمونه‌گیری وجود دارد، زیرا فاصله برگشت مقدار ثابتی نیست بلکه، متوسط طول فواصل بین رویدادها می‌باشد که از اندازه معینی تجاوز نمی‌کند.

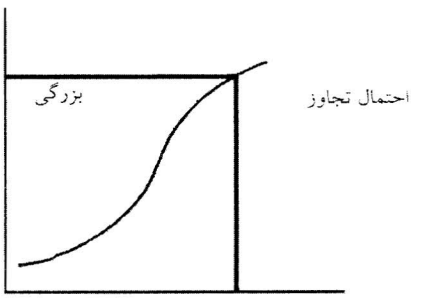
هیستوگرام شکل(۱)، فراوانی رویدادها را برای چندین دامنه تغییرات بر حسب بزرگی نشان می‌دهد. اگر تعداد مشاهدات به سمت بی‌نهایت میل کند و در ضمن، فاصله بین دسته‌ها یعنی عرض مستطیل‌ها، کوچک شده و به سمت صفر میل نماید، خط پوشش نمودار مستطیلی به منحنی همواری نزدیک می‌شود. سپس اگرمقادیر عرضی به عددی تقسیم شوند به طوری که سطح زیر منحنی برابر واحد گردد منحنی بدست‌آمده منحنی «دانسیته احتمال» خواهد بود.(شکل۲)



شکل ۱- هیستوگرام



شکل ۲- منحنی دانسیته احتمال



شکل ۳- منحنی فراوانی تجمعی ازمنحنی دانسیته

برای بسط نظری منحنی تجمعی فرض می‌شود که منحنی «دانسیته احتمال» (شکل۲) شناخته شده باشد. بر حسب تعریف احتمال یک رویداد تصادفی که در هر فاصله خاص قرار می‌گیرد برابر نسبت سطح زیرمنحنی بین این فاصله، به کل سطح زیر منحنی می‌باشد. مثلاً سطح هاشورخورده منحنی شکل(۲) یک‌دهم سطح کل است و طبق تعریف احتمال آنکه رویداد تصادفی از E بزرگتر باشد ۰.۱ می‌باشد. احتمالی که درست مربوط به رویداد E باشد، وجود ندارد. در توزیع پیوسته، احتمال فقط یک رویداد موجود به یک دامنه تغییرات بزرگتر یا کوچکتر از یک اندازه معین E مربوط می‌گردد.

در هیدرولوژی، تفسیر منحنی فراوانی تجمعی یعنی نسبت‌دادن احتمال وقوع به یک رویداد برابریا بزرگتر یا کوچکتر از مقدار معین، قراردادی است. اگر سطح زیر E در شکل(۲) به قطعات باریک بی‌شماری تقسیم گردد و مساحت هر یک از این سطوح نسبی بطور تجمعی بر حسب بزرگی رسم گردد نتیجه همانطور که در شکل(۳) نشان داده شده، منحنی فراوانی تجمعی خواهد بود. در واقع این منحنی انتگرال منحنی «دانسیته احتمال» می‌باشد.

در کارهای عملی «دانسیته احتمال» هرگز معلوم نیست، منحنی فراوانی تجمعی بوسیله یکی از دو روش بدست می‌آید. روش اول مستلزم تطبیق ریاضی داده‌ها یا یک توزیع نظری انتخابی اختیاری می‌باشد که در کتابهای آمار شرح داده شده است. روش دوم که شرح مختصر آن در زیر آمده روش نیمه‌گرافیکی می‌باشد و لازمه آن فرضیاتی نظیر نوع توزیع نمی‌باشد.

بدست‌آوردن منحنی فراوانی بوسیله روش گرافیکی بشرح زیر صورت می‌گیرد:

۱)مرتب‌کردن داده‌ها بر حسب بزرگی

۲)محاسبه احتمال هر یک از ارقام

۳) تعیین موقعیت هر یک از نقاط روی کاغذ احتمال

۴)تطبیق خطی به نقاط رسم‌شده

احتمال مربوط به هر یک از مقادیر بوسیله یکی از چند فرمول جدول(۱) بدست می‌آید که در آنها m رتبه یا شماره ردیف به ترتیب نزولی(برای بزرگترین رقم رویداد(m=۱) و N تعداد نمونه می‌باشد.

جدول (۱)

اسم روش	$P(X\rangle x)$
کالیفرنیا (California)	$\frac{m}{N}$
هیزن (Hazen)	$\frac{۲m-۱}{۲N}$
ویبال (Weibull)	$\frac{m}{N+۱}$
برد (Beard)	$۱-(۰/۵)^{L/N}$
چگادیف (Chegodayev)	$\frac{m-۰/۳}{N+۰/۴}$
بلوم (Blom)	$\frac{m-۳/۸}{N+۱/۴}$
تاکی (Tukey)	$\frac{۳m-۱}{۳N+۱}$
گرینگورتن (Gringorten)	$\frac{m-۰/۴۴}{N+۰/۱۲}$

* این فرمول فقط برای m=۱ بکار می‌رود، سایر نقاط با انترپولاسیون خطی بین این و مقدار ۰/۵ برای میانه رویداد بدست می‌آید.

یادآوری می‌گردد که بین روابط فوق فرمول زیر متداول‌تر از سایرین می‌باشد:

$$P=\frac{m}{N+۱} \qquad (۱)$$

۳- تعیین احتمال وقوع و دوره برگشت

اساس ریاضی مورد استفاده برای ارزیابی احتمال خطر ساده‌ای که طرحهای هیدرولوژی را در بر می‌گیرد خیلی ساده میباشد. در حقیقت مجموع احتمالات وقوع و عدم وقوع یک رویداد برابر واحد است. برای یک زمان نامتغیر سیستم هیدرولوژی احتمال وقوع بزرگی یک رویداد X بزرگتر از مقدار Q طرح در طول تمامیN سال مورد بررسی $P(X\rangle Q)$ و عدم وقوع آن $P(X\le Q)$ می‌باشد. بنابراین داریم:

$$P(X\rangle Q)+P(X\le Q)=۱ \qquad (۲)$$

در هیدرولوژی، دوره برگشت T، یک رویداد نظیر سیلاب یا بارندگی‌های شدید به بزرگی Q می‌تواند نظیر متوسط طول زمانی که در آن Q بطور آماری یکدفعه برابر یا بیشتر خواهد بود تعیین گردد. پس اگر T بر حسب سال باشد، احتمال متغیر X، برابر یا بزرگتر از متغیر تصادفی Q در هر سال عبارت خواهد بود از:

$$P(X\ge Q)=\frac{۱}{T} \qquad (۳)$$

از نظـر طبیعت پدیده‌های هیدرولوژی، X، معمولاً پیوسته است، پـس احـتمال X = Q برابر صفر و مجموع احتمال وقوع و عدم وقوع برابـر یـک می‌باشد. بنابراین دوره برگشت احتمال وقوع $X \le Q$ برای هر سال برابر خواهد بود با:

$$P(X \le Q) = 1 - \frac{1}{T} \qquad (4)$$

از آنجا که وقوع رویدادهای X ، مستقل از یکدیگر فرض شده، احـتمال وقوع $X \le Q$ برای N سال متوالی بوسیله رابطه زیر بدست می‌آید:

$$P^N(X \le Q) = P(X \le Q) = (1 - \frac{1}{T})^N \qquad (5)$$

$$P_1(X \le Q) P_2(X \le Q) \dots P_N(X \le Q)$$

احـتمال خطر ساده عدم موفقیت، مانند احتمال وقوع متغیر، X، بزرگتر از مقدار Q طرح(نظیر بده حداکثر X بزرگتر از Q سیلابی است که از سرریز عبور می‌کند) از معادلات (۲) و (۵) برابر است با:

$$P(X \rangle Q) = 1 - (1 - \frac{1}{T})^N \qquad (6)$$

در واقـع معادلـه(۶) احـتمال خطر را برای آنکه سیلاب $X \rangle Q$، حداقل یک مرتبه در N سال متوالی مشاهده شود، به دست می‌دهد.

با بسط این معادله بصورت سری خواهیم داشت:

$$P(X \rangle Q) = \frac{N}{T} - \frac{N(N-1)}{2!T^2} + \frac{N(N-1)(N-2)}{3!T^3} \dots$$

اگـر T نسبت به N خیلی بزرگ باشد معادله فوق بصورت تقریبی زیر درمی‌آید:

$$P(X \rangle Q) \approx \frac{N}{T} \qquad (7)$$

از حـل عـددی معادلـه(۶) جدول شماره (۲) که دوره برگشت را بر حسـب سـطوح متفاوت احتمال خطر و مقادیر مختلف عمر مورد انتظار طرح به دست می‌دهد، نتیجه می‌شود.

جدول(۲)- دوره‌های برگشت برای سطوح متفاوت احتمال خطر و مقادیر مختلف عمر مورد انتظار طرح(N).

احتمال خطر P (درصد)	عمر مورد انتظار طرح، N(سال)								
	۲	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰
□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□
□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□
□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□
□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□
□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□
□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□
□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□
□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□
□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□
□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□
□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□
□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□
□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□

بطورکلی احتماع وقوع رویداد $X \rangle Q$ به اندازه K دفعه در N سال با اسـتفاده از توزیـع دو جملـه‌ای که احتمال وقوع رویدادهای مستقل را بیان می‌کند بدست می‌آید:

$$K = 0, 1, \dots N \qquad (8)$$

$$f(K) = \binom{N}{K} \left(\frac{1}{T}\right)^K \left(1 - \frac{1}{T}\right)^{N-K} \qquad (9)$$

$$E[K]=\sum_{K=0}^{N} K\binom{N}{K}\left(\frac{1}{T}\right)^{K}\left(1-\frac{1}{T}\right)^{N-K}=\frac{N}{T}$$

معادله(۹) معنای واقعی T را ابراز می‌نماید. مقدار T متوسط فاصله برگشت بین رویدادها را عرضه می‌کند و مستلزم آن نیست که رویداد مربوطه یکدفعه درهر T سال رخ بدهد. در عوض مفهوم آن این است که در طول مدت N سال بزرگتر از T، انتظارمی‌رود چنین رویدادی N/T دفعه اتفاق بیافتد.

اگر m رتبه رویدادی با بزرگیQ از رویدادهای یادداشت‌شده در N سال باشد، داریم:

$$F(m)=\sum_{K=0}^{m} f(K) \qquad (۱۰)$$

رابطه فوق احتمال تجمعی رویدادی با بزرگی Q می‌باشد که در طول مدت N سال بادوره برگشت متوسط T، m دفعه یا کمتر رخ بدهد. بنابراین برای رتبه m رویداد در N سال آماربرداری احتمالی برابر $1-F(m)$ که مربوط به دوره برگشت محتمل T می‌باشد ارزیابی گردیده است.

معادلات(۸) و (۱۰)را میتوان بازاء مقادیر مختلف K حل و همچنین روی نمودارهائی رسم کرد.

۴- اشتباهات تخمین احتمال و دوره برگشت:

دیدیم بده X یک متغیر تصادفی است که بوسیله تابع توزیع خود معین می‌گردد:

$$F(X)=P(X\le Q) \qquad (۱۱)$$

می‌خواهیم Q_p را به نحوی تعیین کنیم که:

$$P(X\rangle Q_p)=1-F(Q_p)=P \qquad (۱۲)$$

ابتدا از مفهومی که به ازاء مقادیر کوچک P می‌توان برای این احتمال قائل شد صحبت می‌کنیم،سپس به اشتباهات مختلفی که این مسئله تخمین را شامل می‌گردد، اشاره می‌نمائیم.

برای شناسائی صحیح مقدار Q_p مشخص‌نمودن مفهومی که به احتمال P بخصوص برای مقادیر کوچک آن نسبت داده می‌شود مهم است. می‌دانیم برای احتمال برآوردشده P، دوره برگشت T مربوط به Q_p، از رابطهT=1/P بدست می‌آید. همچنین بعنوان مثال احتمال بده حداکثر یک رودخانه برابر ۰/۱، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ را اینطور معین می‌کنیم: مقدار بده حداکثری که بطور متوسط هر ده سال، صد سال و هزار سال یک دفعه ازآن تجاوز کند.

در مورد مقادیر نسبتاً بزرگ احتمال مثلاً P=۰/۲، تعداد کافی متغیرهای X میتواند در زمان نسبتاً کوتاه چند سال وقوع یابد و متخصص هیدرولوژی برای تفسیر این احتمال تحت عنوان فراوانی مشکلی نخواهد داشت. ولی در مورد تعیین دوره برگشت هزارساله یک پدیده هیدرولوژی اطلاعات تجربی کافی در اختیار نیست، به طوری که بر اساس آن بتوان مقادیرمربوط به فراوانی حقیقی ۰/۰۰۱ را تعیین نمود، معذالک ازآمار مشاهداتی که کمتر از حدود پنجاه سال نباشد میتوان با یک درجه درستنمائی(Likelihood) مقداری را به آن نسبت داد. درواقع علت این امر را می‌توان بوسیله اشتباهات تخمین که به شرح زیر از نظر می‌گذرانیم توجیه نمود:

الف- اشتباهات ناشی از انطباق با قوانین آماری:

قوانین مورد استفاده برای پدیده‌های هیدرولوژی به خوبی شناخته نشده‌اند. در حقیقت اغلب مشاهداتی که در اختیار می‌باشد فقط به یک دوره نسبتاً کوتاه‌مدت مربوط می‌گردد و باید به آن قانون احتمالی به شکل ریاضی نسبت داد و قانونی که بهتر با مشاهدات تطبیق می‌کند انتخاب کرد. پس این نوع اشتباهات به میزان متناسب‌بودن قانون احتمال انتخاب شده مربوط می‌شود.

تطبیق یک قانون احتمال را با مشاهدات میتوان بطور گرافیکی، که بدون شک یک روش تجربی می‌باشد مورد بررسی قرار داد. البته در این مورد استفاده از یک معیار واقعی نظیر آزمون X^2 پیرسون مطلوب است. این قانون تناسب نمونه مشاهده‌شده را با قانون بکاررفته معلوم میکند.

ب- اشتباهات اندازه‌گیری:

نباید فراموش کرد که اشتباهات اندازه‌گیری(بویژه در مورد بده‌های حداکثر) میتواند رل مهمی را ایفا نماید. اشتباهات اندازه‌گیری و اشتباهات ناشی از انطباق قوانین آماری با مشاهدات، اغلب مستقل از هم نمی‌باشند. هرچه بده‌های حداکثر بزرگتر باشد اشتباهات اندازه‌گیری هم زیادتر خواهد بود.

ج- اشتباهات نمونه‌گیری:

قانون احتمال بده‌های حداکثر و حداقل سالانه یک رودخانه،توزیع فراوانی جامعه متشکل از کلیه این بده‌های قابل مشاهده را می‌دهد. در واقع مقادیر مشاهدات در دوره مطالعه‌شده فقط یک نمونه‌گیری تصادفی از کل جامعه میباشد. قانون انطباق داده‌شده به نمونه میتواند با قانون صحیح جامعه،کم و بیش از هم فاصله داشته باشند و درنتیجه انحرافات تصادفی ناشی از آن،اشتباهات نمونه‌گیری را تشکیل می‌دهند. همینطور اشتباه نمونه‌گیری ما را به طرح سئوال حدود اعتماد یک مقدار، احتمال مربوط به یک بده معین و احتمال یک بده مشاهده‌شده هدایت میکند.

۵- کاربردهای مهندسی:

همانطور که معادله(۶) نشان میدهد،احتمال خطر ساده تابع دوره برگشت طرح(T) و عمر در نظرگرفته‌شده برای تأسیسات(N) می‌باشد. برای هدفهای کاربردی در امور مهندسی آب حل عددی این معادله مطابق شکل(۴) بصورت نموداری عرضه می‌گردد. در نمودار رسم‌شده مقدار احتمال وقوع برای $P(X\rangle Q)$ ومقدار مکمل آن یعنی احتمال وقوع $P(X\le Q)$ بازاء مقادیر مختلف T و N داده شده است. کاربرد این نمودار یا معادله(۶) درمسائل مهندسی بستگی به شرایط خاص پروژه دارد. اغلب دوره برگشت T می‌تواند بوسیله عوامل مختلف اقتصادی، سیاسی، مهندسی و غیره تعیین گردد. در هر حال احتمال خطر ساده می‌تواند برای هر مدت زمانی معینی ارزیابی گردد.

در بعضی از کارهای مهندسی معمول بر این است که دوره برگشت مورد نظر برابر عمر مورد انتظار طرح باشد. در این حالت احتمال خطر می‌تواند از معادله(۶) با قراردادن N=T محاسبه گردد. جدول شماره (۳)احتمال خطر را بازای N=T برای چند مورد نشان می‌دهد.

جدول(۳)- احتمال خطر بازای N= T

دوره برگشت	۵	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۱۰۰	۵۰۰	۱۰۰۰
احتمال خطر	۰/۶۷۲	۰/۶۵۱	۰/۶۴۲	۰/۶۳۸	۰/۶۳۷	۰/۶۳۶	۰/۶۳۶	۰/۶۳۲	۰/۶۳۲

مقدار متوسط احتمال خطر از جدول(۳) حدود ۰/۶۴ می‌باشد. این حقیقت را از معادله(۶) بازای T= N می‌توان نشان داد.

$$P_{Min} = 1 - \underset{T\to\infty}{Lim}\left(1-\frac{1}{T}\right)^{T} = 1-\frac{1}{e} = 0/63 \qquad (13)$$

برای روشن‌شدن موضوع ذیلاًبه ذکر چند مثال علمی می‌پردازیم:

مثال ۱- می‌خواهیم ایمنی پلی را در مقابل سیلاب‌های ۵۰ ساله بررسی کنیم و مثلاً ببینیم احتمال اینکه سیلاب پنجاه‌ساله در مدت ۱۰۰ سال ۳ دفعه یا بیشتر اتفاق بیافتد چقدر است؟ با استفاده از فرمول(۸)داریم:

$$P\ (\text{k دفعه در N سال}) = \binom{N}{K} P^{K}(1-P)^{N-K}$$

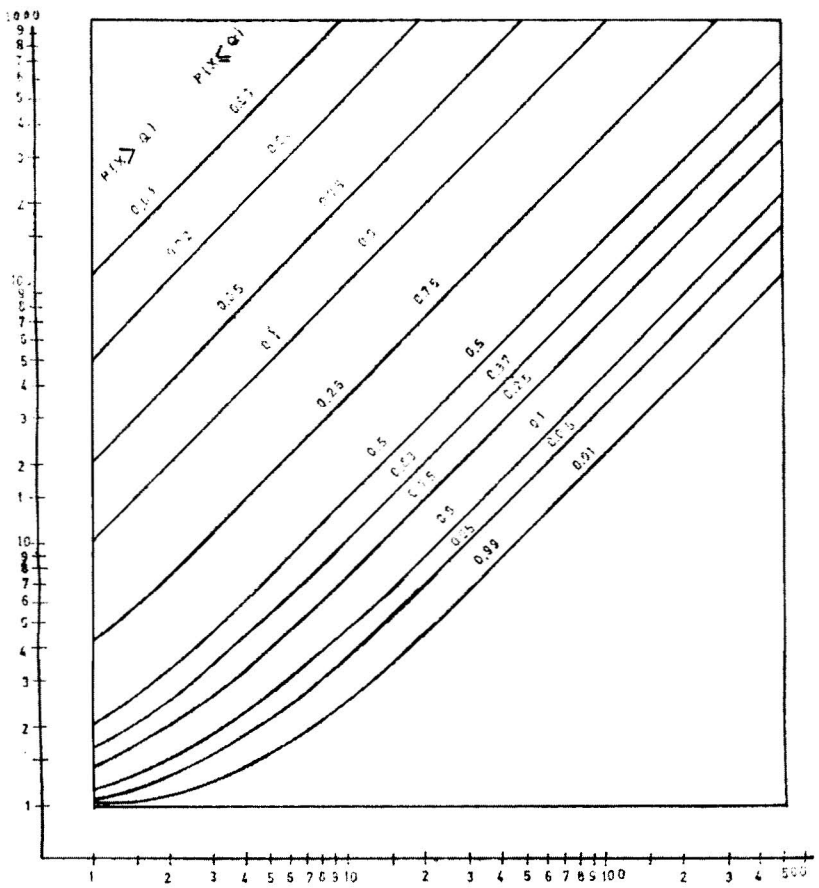
= (۳ دفعه یا P دفعه در ۱۰۰ سال)P ... +(۴ دفعه در ۱۰۰ سال)P
(P یا بیشتر در ۱۰۰ سال)

ازآنجا که مجموع احتمالات وقوع و عدم وقوع کلیه حالات سیلابهای ۵۰ ساله در ۱۰۰ سال بایستی برابر واحد باشد می‌توان نوشت:

۱-P(۳ دفعه یا بیشتر در ۱۰۰ سال) =(۲ دفعه در ۱۰۰ سال)P-(۱دفعه در ۱۰۰ سال)P-(Pدفعه در ۱۰۰ سال)P-۱

$$P = 1-\binom{100}{0}\left(\frac{1}{50}\right)\left(\frac{49}{50}\right)^{100} - \binom{100}{1}\left(\frac{1}{50}\right)^{1}\left(\frac{49}{50}\right)^{99} - \binom{100}{2}\left(\frac{1}{50}\right)^{2}\left(\frac{49}{50}\right)^{98}$$

$$= 1-0/133-0/271-0/273 \quad = 32/3$$



مـثال ۲- مـی‌خواهیم احتمال خطر را در مورد بده حداکثر سالانه بـا دوره برگشـت ۱۰۰ سال برای یک عمر مورد انتظار ۱۰۰ و ۵۰ سال پـیدا کنـیم. ایـن احتمال برای N=۱۰۰ از نمودار شکل(۴) یا از فرمول (۶) برابـر ۶۳/۴درصـد نتـیجه می‌شود. اگر عمر مورد انتظار طرح به ۵۰ سـال کـاهش یـابد احتمال خطر به ۴۰درصد میل خواهد کرد. یادآوری مـی‌کنـیم کـه احتمال عدم موفقیت در دو حالت برای هر سال ۱درصد می‌باشد.

مـثال ۳- بـرای یـک طرح منابع آب با عمر مفید ۲۰ سال تأمین اطمینانـی برابـر ۶۰درصد در مقابل خشکسالی مورد نظر است، چه دوره برگشـتی را بـاید بـرای طـرح منظور کنیم؟ این دوره برگشت از نمودار شـکل(۴) برابـر ۳۹/۵سـال بدست می‌آید. مفهوم آن این است که اگر یـک طـرح بـا عمـر مفـید ۲۰سال برای یک خشکسالی سالانه با دوره برگشـت ۳۹/۵ سـال طـرح شـده باشد، در برابر عدم موفقیت ۶۰درصد اطمیـنان وجـود دارد.بعـبارت دیگـر احـتمال وقـوع خشکسـالی برابر یا کوچکتر از خشکسالی درنظر گرفته شده برای طرح ۰/۶ نتیجه می‌گردد.

در هـر حـال اگـر بخواهیم در مقابل عدم موفقیت اطمینانی برابر ۱۰۰درصـد تضـمین گـردد، در ایـن صورت طرح بایستی برای یک بده حداکـثر سـالانه بـا خشکسالی سالانه که در آن دوره برگشت بی‌نهایت است در نظر گرفته می‌شود.

۶- نتیجه‌گیری و بحث:

بـا کاربـرد نظـریه احـتمالات نشـان داده شـد که برای هر طرح هـیدرولوژی بـا دوره برگشت T سال و یک عمر مورد انتظار طرح برابر N سـال، همیشـه یـک احـتمال خطر نظیر احتمال عدم موفقیت وجود دارد. ایـن احـتمال خطـر بـرای یک زمان نامتغیر هیدرولوژی میتواند با اسـتفاده از فرمول(۶)یا نمودار (۴) محاسبه گردد. برعکس اگر عمر مورد انـتظار طـرح و احتمال خطر ساده معلوم باشند، دوره برگشت مربوط به طـرح معیـن مـی‌شود. البته تعیین دوره برگشت به این شکل مستقل از نـوع توزیـع و موقعیت نقاط رسم‌شده داده‌های هیدرولوژی است. علاوه بـر ایـن، خطـرات اضـافی وشـک و تردیدهایـی به علل مختلف بوجود مـی‌آیـند کـه بایسـتی در طرحهای مهندسی هیدرولوژی و منابع آب در نظر گرفته شوند. این عمل عبارتند از:

۱- محدودبودن داده‌های موجود

۲- استعمال یک نقطه برداشت آمار بعنوان معرف ناحیه

۳- درنظرگرفتـن سیسـتم هـیدرولوژی بـه عـنوان یـک سیستم نیمه‌اصولی

۴- عـدم انطـباق کـامل دسـتورهای ریاضـی مـورد اسـتفاده بـا داده‌های تجربی

۵- اشتباهات اندازه‌گیری و ...

عمومـاً داده‌هـای هـیدرولوژی یـک دوره محـدود، بـه درسـتی نمی‌تواند حالت حقیقی کل جامعه را که معمولاً شامل بی‌نهایت اعداد از داده‌هـا دریـک دوره بینهایـت اسـت، عرضـه نمـاید. در نتـیجه بـر اثر محدودبـودن آمـار هـیدرولوژی احـتمال خطـرهای اضـافی وجود دارد. بطورکلـی داده‌هائـی کـه در اختیار متخصص هیدرولوژی میباشد شامل یـک مقـدار اطلاعاتـی اسـت کـه سـعی مـی‌گردد تا حد امکان کاملتر اسـتخراج شـوند، درواقع برای این کار حدی وجود دارد که از آن به بعد بـه روشـهای مـورد اسـتفاده بستگی ندارد. جابجاکردن این حد از عهده هـیدرولوژی آمـاری برنمـی‌آیـد، امـا بوسیله هیدرولوژی تجربی (که به کمـک آن سایر آنالیزهای آماری مجدداً ممکن می‌گردد) میسر می‌باشد. در هـر حـال اصلاح نتایج بدست‌آمده بوسیله روشهای پیش‌بینی آماری بـه تـلاش‌هایـی در زمیـنه هیدرولوژی تجربی بیشتر از روشهای آماری بستگی دارد.

منابع:

1. A Uniform Technique for Determining Flood flow Frequencies, Bull. No. 17B.U.S. Geological Survey, 1989.
2. Chow,V.T., ed., «Handbooks of Applied Hydrology» McGraw-Hill Book Co.,Inc., New York, 1964.
3. Gumbel, E.J., «Statistical theory of drought» , Proc. Amer. Soc. Civil.
4. Hjelmfflt. JR.J.J. Cassidy, «Hydrology for Engineers and planner» , Iowa State University Press. Ames, Iowa, 1975.
5. Joseph E.S., «Frequency of Design Drought», Water Resources Research, Vol. 6 No 4, 1970.
5. Linsley, Ray K., Jr., Max A. Kohler, and Joseph L.H. Paulhus, «Hydrology for Engineers», McGrew-Hill, New York, 1973.
6. Riggs, H.C. «Frequency of Natural Event» Journal of the Hydraulics Division. ASCE, Vol. 87, 1961.
7. Warren Viessman Jr. Gray L. Lewis, « Introduction to Hydrology»,
Harper Collins College publishers, New York, 1996.
8. Yevjevich, Vujca, « Probability and statistics in Hydrology» , Water resources publications, Fort Collins, Colorado, U.S.A, 1972.

Studying Risk of Flood in Hydrological and Water Resources Engineering Projects

Seyed Jamil Gaderi
Islamic Azad University, Mahabad Branch

Mohammadreza Behforooz
Islamic Azad University, Mahabad Branch

Abstract:

Studying Risk and frequency analysis of flood is done in order to design structures located in Floody lands. In hydrological and water resources engineering projects, first of all, we should determine frequency of this phenomenon- their return period.

In this reasearch, the method of planning, the cumulative frequency curve is explained and probability and return period and errors concerning small quantities of probability are disscussed.

In additioin, the application of probability theory about risk of flood in hydrological and water resources projects will be investigated.

A table and diagram is designed and presented to describe return period according to expected life of the plan for different levels of probability.

Key words:

Flood frequency, Hydrology and Water Resourses, Return Period, Risk, Life of project.