

## منحنی احتمال عام فارسی

عبدالرسول رنجبران<sup>۱</sup>، عارف بهاروند<sup>۲</sup>، محمد رنجبران<sup>۳</sup>، فاطمه رنجبران<sup>۴</sup>

۱- دانشیار مهندسی عمران، دانشگاه شیراز

۲- دانشجوی دکتری مهندسی عمران، دانشگاه شیراز

۳- دکترای مهندسی شیمی از دانشگاه شریف

۴- دانشجوی مهندسی مکانیک، دانشگاه شیراز

\* ranjbarn@shirazu.ac.ir

ارسال: اسفند ۹۷ پذیرش: فروردین ۹۸

### چکیده

یکی از منحنی های مهم و پر استفاده در شاخه های مختلف علم، منحنی احتمال است. هر منحنی احتمال بر حسب داده مینا (مقدار میانگین و انحراف معیار داده مرجع) و شکل منتخب تهیه می شود. برای داده مینای معلوم با شکل های مختلف، منحنی احتمال مختلف حاصل می شود. به همین خاطر صدها شکل منحنی احتمال در فرهنگ علمی موجود است، و دلیل محکمی، بجز تجربه پیش کسوتان برای انتخاب آن ها وجود ندارد. با وجود سابقه بسیار طولانی موضوع، تابع احتمال تثبیت نشده و هنوز از زمینه های فعال پژوهشی است. استفاده از داده مینا ضابطه خوبی نیست چون با اضافه و یا کم کردن عددی به داده مرجع، داده مینا و در نتیجه منحنی احتمال، بر خلاف طبیعت، تغییر می کند. سابقه تولید منحنی احتمال نشان دهنده عدم شناخت کافی از رفتار پدیده بوده است. پژوهش های نویسنده مسئول و همکاران پژوهشی وی در دوده گذشته منجر به تولد نگاهی نو به مبانی بنیادی دانش، تحت عنوان فلسفه تغییر حالت (فتح) شد، که در آن پدیده به صورت تغییر حالت از وضعیت مبداء به وضعیت مقصد منظور می گردد. با استفاده از استدلال منطقی و منطق ریاضی مبانی فتح تهیه و راست آزمایی گردید و بر مبنای آن منحنی احتمال عام فارسی، به عنوان جانشین همه شکل های منحنی احتمال در فرهنگ علمی معرفی می گردد. برای ساخت این منحنی نقطه ابتدا، نقطه انتها، نقطه وسط و یک نقطه بین آن سه داده مینا لازم و کافی است و نیاز دیگری باقی نمی ماند. هدف این مقاله گسترش مبانی بنیادی، ساخت منحنی احتمال عام فارسی و صحت سنجی آن است.

کلید واژه: فلسفه تغییر حالت، منحنی احتمال عام فارسی، توابع حالت، توابع پدیده.

### ۱- مقدمه

یکی از منحنی های مهم و پر استفاده در شاخه های مختلف علم، منحنی احتمال است. معمولاً پدیده هایی با این منحنی بررسی می گردند که رفتار آنها، به علت عدم شناخت کافی، قطعی نیست. در نتیجه داده مرجع، اعداد تصادفی هستند. برای هر داده مرجع، داده مینا (متشکل از مقدار میانگین و انحراف معیار) محاسبه و سپس با انتخاب شکل مناسب، منحنی احتمال لازم تهیه می شود. برای یک داده مینا،

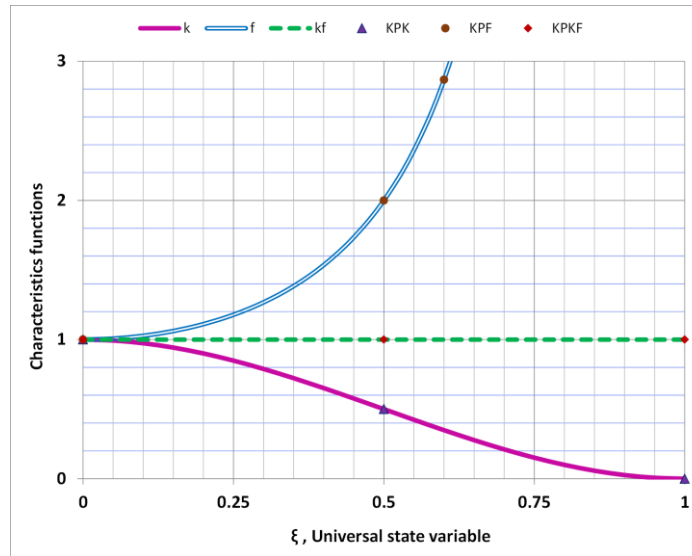
با انتخاب شکل دیگر، منحنی دیگر حاصل می شود. به همین علت، یعنی نیاز رسیدن به شکل مناسب، منجر به ساخت صدها شکل منحنی احتمال در فرهنگ علمی شده است [۱-۱۵]. برای انتخاب منحنی مناسب پدیده مورد نظر، دلیل محکمی بجز تجربه پیش کسوتان وجود ندارد. با وجود سابقه بسیار طولانی، موضوع تابع احتمال تثبیت نشده و هنوز از زمینه های فعال پژوهشی است. علاوه بر شکل، استفاده از داده مبنا، نیز شاید ضابطه خوبی نباشد، چرا که با اضافه و یا کم کردن عددی به داده مرجع، داده مبنا و در نتیجه منحنی احتمال، بر خلاف طبیعت، تغییر می کند. رفتار طبیعی به تعداد داده مرجع ارتباط ندارد. اگر در جایی ارتباط پیدا شد، نشان دهنده اشکال در شیوه مورد استفاده است. سابقه طولانی تولید منحنی احتمال نشان دهنده عدم شناخت کافی از رفتار پدیده، و چندان منطقی نبودن روش های بکار رفته، بوده است. شاید یکی دیگر از مشکلات موجود در منحنی احتمال مرسوم، ادامه محور داده تا بینهایت باشد. این موضوع ایجاد تغییر در نواحی در دسترس منحنی را مشکل می سازد. منحنی های احتمال اولیه همگی شکل متقارن داشتند. ایجاد عدم تقارن، در ناحیه در دسترس منحنی، با وجود انتهای آن در دور دست، نه تنها کار را مشکل کرده بلکه باعث ورود عدم قطعیت های مصنوعی بیشتر هم شده است. همه این ها نیاز به اصلاحی اساسی را ضروری ساخته است. سعی نویسندگان در این مقاله در این راستا است.

پژوهش های نویسنده مسئول و همکاران پژوهشی وی در دودهم گذشته منجر به توکد نگاهی نو به مبانی بنیادی دانش، تحت عنوان فلسفه تغییر حالت (فتح) شد، که در آن پدیده به صورت تغییر حالت از وضعیت مبدا به وضعیت مقصد منظور می گردد [۱۶-۲۸]. با استفاده از استدلال منطقی و منطوق ریاضی مبانی فتح تهیه و راست آزمایی گردید و بر مبنای آن منحنی احتمال عام فارسی، به عنوان جانشین همه شکل های منحنی احتمال در فرهنگ علمی معرفی می گردد. علاوه بر شکل که از روی داده مرجع ساخته می شود، از داده مبنا هم، مستقیماً استفاده نمی شود. در فتح، به طوری که در این مقاله شرح داده می شود، برای ساخت این منحنی احتمال، مختصات نقطه ابتدا، مختصات نقطه انتها، مختصات نقطه وسط، و مختصات یک نقطه بین آن سه که از بین داده مرجع انتخاب می شوند، شرط لازم و کافی است. لازم به ذکر است که انتخاب به معنی برداشت مستقیم داده نیست بلکه مختصات طوری تعیین می شوند که نتیجه به رفتار طبیعی نزدیک تر باشد. مثلاً با توجه به مفهوم، منحنی احتمال باید بالای داده باشد، تا هیچ جا خرابی پیش بینی نشده اتفاق نیفتد. در فتح ساخت منحنی احتمال در یک مرحله و بطور کامل از روی داده مرجع انجام می شود. و دست یابی به بهترین منحنی امکان پذیر است. فتح بر مبنای منطقی و منطق ریاضی دقیق گسترش یافته و لذا، منحنی تولیدی قطعی و غیر تصادفی است. همین خاصیت باعث می شود که به کمک فتح کاستی های داده مرجع هم اصلاح شود. در این مقاله پس از معرفی فتح و مرور بر تحقیقات زمینه در بخش اول، در بخش های بعد ابتدا به گسترش مبانی، معادلات و توابع پرداخته شده و سپس ارتباط بین فتح و منحنی احتمال تدوین می گردد. راست آزمایی از طریق مقایسه نتایج با کار دیگران انجام شده و بحث و نتیجه گیری به دنبال خواهد آمد. فهرست منابع مورد استفاده بخش پایانی مقاله را تشکیل می دهد.

## ۲- مبانی منطقی و ریاضی فلسفه تغییر حالت

هر پدیده گذر یک دستگاه از وضعیت مبدا به وضعیت مقصد است. همه علم بشری چیزی جز هموار کردن مسیر و هدایت در راستای مسیر گذر نیست. در روش علمی مرسوم کار با انجام فرض های ساده کننده، تشکیل معادلات و حل آن ها صورت می گیرد. هر یک از این سه مرحله، به علت عدم شناخت دقیق پدیده، عدم قطعیت هایی را وارد کار می کنند. در مواردی که کار با شناخت بیشتر انجام می شود علم قطعی و در موارد با عدم شناخت زیاد پدیده تصادفی و علم پشتیبان آن احتمال نام گذاری شده است. دقت زیاد در پدیده های طبیعی و مطالعه پیوسته و طولانی تلاش های علمی در زمینه شکست سازه ها نویسندگان حاضر و همکاران پژوهشی آن ها را به کشف و تدوین نگاهی نو به علم، تحت عنوان فلسفه تغییر حالت (فتح) نمود. مبانی ریاضی و منطقی فتح در این بخش تشریح می گردد. هر دستگاه با شناسه ای رفتاری به نام سختی شناخته می شود که در مبدا دارای مقدار محدود  $k_0$  و در مقصد برابر صفر است. در هر مرحله از عیب، سختی دستگاه به اندازه سختی عیب  $k_D$  کم می شود. معکوس سختی

دستگاه نرمی نامیده شده، که در مبداء دارای مقدار محدود  $f_S$  و در مقصد بینهایت است. در هر مرحله از عیب به اندازه نرمی عیب  $C_S$  به نرمی دستگاه افزوده می گردد. رابطه بین نرمی و سختی سازه معیوب در معادله (۱) و در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- مبنای منطقی فلسفه تغییر حالت

$$(k_S - k_D)(f_S + c_S) = 1 \quad (۱)$$

سختی عیب و سختی دستگاه معیوب  $k_{LS} = k_S - k_D$  در معادله (۲)، با حل معادله (۱) برای  $k_D$  برحسب عوامل دیگر، بدست آمده است.

$$k_{LS} = S_R k_S \quad k_{DS} = F_R k_S \quad (۲)$$

که در آن  $F_R$  تابع تخریب و  $S_R$  تابع پایا است که در معادله (۳) تعریف شده اند. مجموعه دو تابع، توابع پدیده نامیده شدند.

$$S_R = \frac{f_S}{f_S + c_S} \quad F_R = \frac{c_S}{f_S + c_S} \quad (۳)$$

نرمی دستگاه بر حسب مقدار بی بعد  $f_N$  و مقدار بعد دار  $F_S$  و نرمی عیب بر حسب مقدار بی بعد  $c_N$  و مقدار بعد دار  $F_S$  در معادله (۴) آمده است. با جا گذاری معادله (۴) در معادله (۳) توابع پدیده به صورت بی بعد مندرج در معادله (۵) در می آید:

$$f_S = f_N F_S \quad c_S = c_N F_S \quad (۴)$$

$$S_R = \frac{f_N}{f_N + c_N} \quad F_R = \frac{c_N}{f_N + c_N} \quad (۵)$$

به منظور توسعه بعدی، توابع پدیده به صورت زیر برای مقدار  $f_N = 1$  خیاطی و با اسم توابع حالت نامگذاری شده اند. تابع پایا به تابع مبداء  $O$ ، تابع تخریب به تابع مقصد  $D$  و تابع نرمی عیب به نسبت حالت  $R$  تبدیل شده اند. حاصل در معادله (۶) نمایش داده شده است.

$$O = \frac{1}{1+R} \quad D = \frac{R}{1+R} \quad (۶)$$

با توجه به تعریف توابع حالت، حدود تغییرات آن ها در معادله (۷) نشان داده شده است.

$$R \in [0 \quad \infty] \quad O \in [1 \quad 0] \quad D \in [0 \quad 1] \quad (۷)$$

شاخص عیب که در مبداء صفر و در مقصد یک تعریف شده است، با متغیر حالت  $\xi \in [0 \quad 1]$ ، نشان داده شده است. در نتیجه توابع حالت به صورت توابعی از متغیر حالت با مقادیر مرزی و به صورت معادله (۸) در می آید که در آن  $\max$  علامت بیشینه و  $\min$  علامت کمینه است.

بدنبال مطالعه و بررسی ممتد، توابع مناسب به صورت معادله (۹) حاصل شده است. توجه داشته باشید که این توابع متوسط یک تابع به صورت چند جمله ای و یک تابع به صورت مثلثاتی است.

$$O = \begin{cases} \max = 1 & @ \xi = 0 \\ \min = 0 & @ \xi = 1 \end{cases} \quad D = \begin{cases} \min = 0 & @ \xi = 0 \\ \max = 1 & @ \xi = 1 \end{cases} \quad (8)$$

$$O = 0.25(3 - 6\xi^2 + 4\xi^3 + \cos \pi\xi) \quad (9)$$

$$D = 0.25(1 + 6\xi^2 - 4\xi^3 - \cos \pi\xi)$$

سختی دستگاه بر حسب مقدار بی بعد  $k_N$  و مقدار بعد دار  $K_S$  و مقدار سختی عیب بر حسب مقدار بی بعد  $c_N$  و مقدار بعد دار  $K_S$  تعریف و در معادله (۱۰) درج شده است. نسبت این دو با توجه به تعریف، برابر نسبت حالت قرار داده و در نتیجه نرمی عیب به صورت مضربی از نسبت حالت تعریف و در معادله (۱۱) نشان داده شده است.

$$k_S = k_N K_S \quad k_D = c_N K_S \quad (10)$$

$$k_D/k_S = c_N/k_N \quad c_N = k_N R \quad (11)$$

با جاگذاری معادله (۱۱) در معادله (۵)، شکل عمومی توابع پدیده به صورت معادله (۱۲) حاصل می گردد.

$$S_R = \frac{O}{O + k_N^2 D} \quad F_R = \frac{k_N^2 D}{O + k_N^2 D} \quad (12)$$

نظر به این که ضریب  $k_N$  فقط برای دستگاه های خاص قابل محاسبه است، لذا توابع پدیده همراه با مشتق آن ها نسبت به متغیر حالت با نام تابع چگالی  $f_R$ ، به صورت عام در معادله (۱۳) نشان داده می شود که در آن ضرایب  $a_M$  و  $b$  ضرایب هادی هستند که با استفاده از داده های معتبر و به طریقی که در بخش های بعد توضیح داده می شود، تعیین می گردند.

$$S_R = \frac{O^b}{O^b + a_M D^b} \quad F_R = \frac{a_M D^b}{O^b + a_M D^b} \quad f_R = \frac{b D^{(1)} S_R F_R}{O D} \quad (13)$$

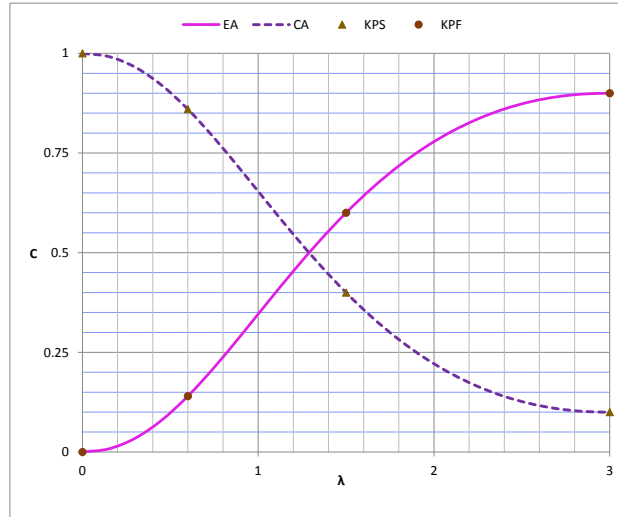
تا این مرحله مبانی بنیادین فتح، بر مبنای منطقی، منطق ریاضی و بدون فرض خاص تولید شد. در بخش بعد از این مبانی استفاده شده و فتح برای بررسی پدیده های خاص خیاطی می شود.

### ۳- منحنی فارسی

احتمالاً با منحنی فرانسوی، که برای ترسیم شکل هایی تولید شده که رسم آن ها به کمک وسایل مرسوم ممکن نیست، آشنا هستید. دقت در گسترش مبانی فتح نشان می دهد، که این می تواند همان نقش منحنی فرانسوی را، منتها در تحلیل پدیده ها، خصوصاً آن پدیده هایی که اغلب با روش های سنتی دارای عدم قطعیت قابل توجه اند، در دنیای علم داشته باشد. با توجه به این که عمده گسترش فتح در خطه فارس انجام شده نام "منحنی فارسی" برای آن انتخاب شد. مبانی فتح به نحوی که در این بخش شرح داده می شود به صورتی زیبا در قالب سه معادله تجمیع و با نام منحنی فارسی نام گذاری شده است.

نتایج بررسی پدیده ها در شاخه های مختلف علم (علمی)، مثل شکل ۲، به صورت منحنی های دارای دو محور نشان داده می شود، که محور قائم نمایش دهنده رفتار پدیده، که همیشه بین صفر و یک قابل تنظیم است، و محور افقی متغیر شناسه دستگاه، مؤثر در تغییر حالت، است که معمولاً محدودیت ندارد. مثلاً در شکل ۲ محور قائم ظرفیت باربری، مانده  $C_A$ ، و از دست رفته  $E_A$ ، ستون در آیین نامه آمریکا و محوری افقی ضریب لاغری نسبی  $\lambda$ ، به عنوان شناسه ستون، می باشد. در فتح نیز محور قائم بین صفر و یک است و می تواند مستقیماً با علمی مقایسه شود. برای این که بتوان از تولیدات فتح مستقیماً استفاده کرد، کافی است که محور افقی فتح نیز با محور افقی پدیده تنظیم شود. این کار با انتخاب نفاط کلیدی از روی رفتار پدیده و تنظیم متغیر های هادی فتح به طوری که توابع فتح از آن نقاط بگذرد انجام می شود. به منظور انطباق محور افقی فتح با محور افقی

علمی، نقطه انتهایی  $T(\lambda_T, E_T)$  و نقطه ابتدا  $O(\lambda_O, 0)$ ، برای شناسه انتخاب و به عنوان مقصد و مبدا فتح منظور می شود. معادله (۱۴) این هماهنگی را نشان می دهد.



شکل ۲- منحنی ظرفیت ستون فولادی در آیین نامه آمریکا

$$\xi = (\lambda - \lambda_O) / (\lambda_T - \lambda_O) \quad (14)$$

حال اگر علاوه بر نقطه انتها  $T(\lambda_T, E_T)$  و نقطه ابتدا  $O(\lambda_O, 0)$ ، یک نقطه در وسط  $M(0.5(\lambda_T - \lambda_O), E_M)$  و یک نقطه میانی بین سه نقطه پیشین  $N(\lambda_N, E_N)$ ، به عنوان نقاط کلیدی، انتخاب شود، محور قائم فتح  $E_R$  نظیر علمی، که از نقاط کلیدی می گذرد، در معادله (۱۵) نشان داده شده است، که در آن متغیر های هادی در معادله (۱۶) محاسبه شده اند. سادگی محاسبات از ویژگی های فتح است.

$$E_R = \frac{E_T a_M D^b}{O^b + a_M D^b} \quad C_R = 1 - E_R \quad f_R = \frac{b D^{(1)} S_R F_R}{OD} \quad (15)$$

$$a_M = \frac{E_M}{E_T - E_M} \quad a_N = \frac{E_M}{E_T - E_M} \quad b = \frac{\text{Log}(a_N / a_M)}{\text{Log}(D(\xi_N) / O(\xi_N))} \quad (16)$$

در این معادله  $C_R$  ظرفیت باقیمانده، و  $f_R$  تابع چگالی توزیع و هر سه باهم منحنی فارسی نام گرفته اند. در این جا گسترش و تکمیل مبانی فتح، و ساخت منحنی فارسی به پایان می رسد. زندگی علمی نویسنده مسؤل در شهر های فسا، شیراز، و زاهدان، از شهر های ایران، ساخته شده، و در نتیجه ظرفیت باقیمانده به نام شیراز  $P_S$ ، ظرفیت از دست رفته به نام فسا  $P_F$ ، و تابع چگالی به نام زاهدان  $P_Z$ ، نامگذاری شده است. در بخش بعد کاربرد منحنی فارسی در ساخت منحنی عام احتمال به نمایش گذاشته می شود.

#### ۴- منحنی عام احتمال

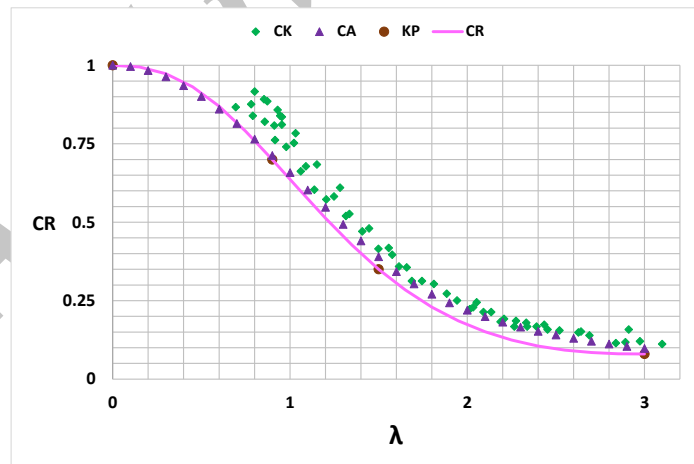
دستگاهی متشکل از یک کیسه پر از گلوله را در نظر بگیرید. تعداد گلوله های درون کیسه را با  $k_S$  نشان دهید. دست در کیسه کنید و تعداد  $k_D$  گلوله را بردارید. تعداد گلوله های باقی مانده را  $k_{LS}$  بنامید. از مقایسه سیستم کیسه پر از گلوله در علم احتمال و اعتماد مرسوم، با مبانی فتح، به سادگی می توان در یافت که  $P_F = E_R$  همتای تابع احتمال،  $P_S = C_R$  همتای تابع اعتماد، و  $P_Z = f_R$  همتای تابع چگالی مرسوم اند. مشاهده می شود که مفاهیم در علم احتمال مرسوم و در فتح یکی است، تنها تفاوت در ورود ابتدائی به آن حوزه ها است. شروع علم احتمال مرسوم بر مبنای آزمایش تصادفی شیر و خط بوده [۱]، در صورتی که در فتح همه چیز بر مبنای استدلال منطقی و منطق ریاضی که روندی قطعی است بنا شده است. در نتیجه منبع می توان برای یک پدیده با استفاده از مبانی فتح، منحنی احتمال، منحنی اعتماد و منحنی چگالی توزیع را به سادگی و بطور دقیق

صرفاً با انتخاب نقاط کلیدی قابل اعتماد (نتایج آزمایش) تهیه کرد. این منحنی‌ها منحنی‌های فارسی احتمال عام نامگذاری شده‌اند. در زیر پدیده‌های مهم و پر استفاده در زمینه احتمال و اعتماد با فتح بررسی می‌شود.

یکی از پدیده‌های مهم و مورد توجه در جامعه علمی جهان، بررسی‌های مقابله با اثر تهدیدهای طبیعی، مثل زلزله، انفجار، سیل، و غیره، بر سازه‌هاست. اولین قدم برای موفقیت در این راه شناخت این پدیده‌هاست. در بین این پدیده‌ها زلزله نقش پررنگ‌تری دارد، چون تمام سازه‌های بشری و طبیعی را مورد تهدید قرار می‌دهد. جامعه علمی این بررسی‌ها را با ساختن منحنی شکنندگی، که احتمال گذشتن سازه از یک سطح خرابی معلوم را بیان می‌کند، انجام می‌دهد. در بیش از نیم قرن گذشته روش‌های مختلفی برای این کار ارائه شده است [۲۹-۳۲]. منحنی‌های شکنندگی مرسوم با اعمال مستقیم رکورد زلزله به سازه و انجام تحلیل دینامیکی غیرخطی انجام می‌شود. با توجه به تغییر شاخص‌های سازه در حین محاسبه، منحنی‌های حاصل دارای عدم قطعیت هستند. برای رسیدن به نتیجه قابل اعتماد باید تعداد بسیار زیادی محاسبه انجام شود. اخیراً نرم‌افزاری [۳۳]، به نام "هل شکن" (اسم از نویسندگان است)، تهیه شده که صد‌ها هزار رکورد واقعی و مصنوعی را با استفاده از روش‌های مخصوص [۳۴] تولید کرده و بکار می‌گیرد، و با استفاده از توان محاسباتی رایانه‌های قوی، محاسبات گران و طولانی را انجام می‌دهند [۳۵]. با این حال نشان داده شده که نتایج باز دارای عدم قطعیت هستند [۳۶ و ۳۷]. در زیر نشان داده می‌شود که فتح می‌تواند منحنی شکنندگی دقیق را بدون هزینه بدست دهد، و آشکار می‌کند که همه مشکلات موجود در روال مرسوم ناشی از عدم شناخت پدیده و طی راه انحرافی بوده است.

در بخش‌های قبل نشان داده شد که منحنی فارسی نشان دهنده عام ظرفیت (یا مرزهای خرابی) است، و برای تکمیل، وجود مختصات سه نقطه کلیدی قابل اعتماد بر گرفته از نتایج آزمایشگاهی و غیره، تغییر حالت هر پدیده کافی است. یکی از منابع موثق در دسترس، ظرفیت باربری ستون‌های فولادی است، که در صد سال گذشته آزمایش‌های زیادی روی آن‌ها انجام شده، و رفتار آن‌ها با دقت بالایی شناخته شده است، و لذا برای تعیین نقاط کلیدی از آنها استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که مبانی فتح نشان داده که پدیده شکست (تغییر حالت)، پدیده ای عام است، و در نتیجه استفاده از داده‌های تغییر حالت یک پدیده، برای استفاده در سایر پدیده‌ها منطقی است. در ادامه ظرفیت تیرهای ساخته شده از فولاد سرد نورد [۳۸ و ۳۹]، که به منظور تاکید بر عام بودن فتح اضافه شده، و ظرفیت ستون‌های فولادی مطابق آیین‌نامه فولاد آمریکا [۴۰] در شکل ۳ نشان داده شده است. با استفاده از این منحنی نقاط کلیدی انتخاب گردیده، و سپس متغیرهای هادی محاسبه شده و در معادله (۱۷) نمایش داده شده است.

$$O(0 \ 1) \ N(0.6 \ 0.86) \ M(1.5 \ 0.4) \ T(3 \ 0.10) \ a_M = 2.00 \ b = 1.084 \quad (17)$$



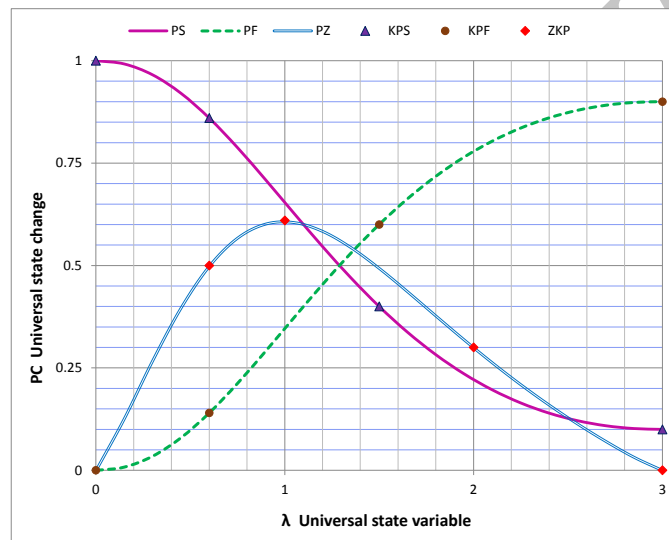
شکل ۳- انتخاب نقاط کلیدی

با استفاده از متغیرهای هادی عام حاصل منحنی ظرفیت با نام منحنی شیراز  $P_S = C_R$ ، منحنی شکنندگی با نام منحنی فسا  $P_F = 1 - C_R$  و منحنی توزیع با نام منحنی زاهدان  $P_Z = f_R$  حاصل در معادله (۱۸) محاسبه شده‌اند.

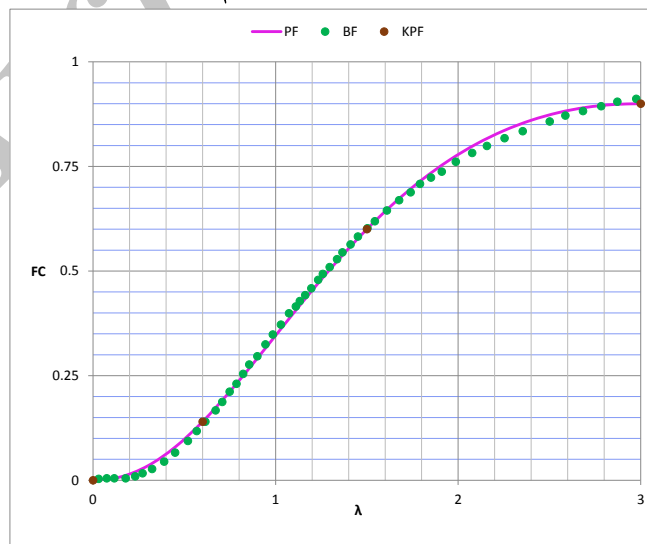
$$P_S = \frac{O^{1.084} + 0.20D^{1.084}}{O^{1.084} + 2.00D^{1.084}} \quad P_F = \frac{1.80D^{1.084}}{O^{1.084} + 2.00D^{1.084}} \quad P_Z = \frac{2.168D^{(1)}O^{0.084}D^{0.084}}{(O^{1.084} + 2.00D^{1.084})^2} \quad (18)$$

سه منحنی عام فوق در در شکل ۴، نشان داده شده است. بالتزویولوس و همکاران [۳۵] یک سازه با قاب پیوسته بتنی شش طبقه را برای تهیه منحنی شکنندگی طراحی کردند. با استفاده از نرم افزار هل شکن [۳۳]، و با بکار گیری تحلیل غیر خطی ماده و هندسه و صدها هزار رکورد زلزله، داده لازم برای منحنی شکنندگی را تهیه کردند، و سپس با استفاده از توزیع لوگ نرمال منحنی شکنندگی  $BF$  را تهیه کردند. در شکل ۵ منحنی  $BF$  با منحنی عام  $PF$  با هم مقایسه شده اند. همخوانی نتایج توان فتح را به اثبات رسانده و شایستگی آن به عنوان جانشین روش مرسوم را به اثبات می رساند. برای نشان دادن بیشتر شایستگی منحنی فارسی، به عنوان جانشین مناسب برای توابع احتمال موجود در فرهنگ علمی، در زیر منحنی فارسی با یک تابع احتمال معروف مقایسه شده است. یکی از توابع معروف احتمال، تابع ویبل [۴۱]، به صورت تابع تجمعی  $F_W$  و تابع توزیع  $f_W$  در معادله (۱۹) تعریف شده اند که در آن  $a$ ،  $b$  و  $g$  متغیر های هادی و  $\lambda$  متغیر تصادفی است.

$$f_W = \frac{b}{a} \left( \frac{\lambda - g}{a} \right)^{b-1} \exp \left( - \left( \frac{\lambda - g}{a} \right)^b \right) \quad F_W = 1 - \exp \left( - \left( \frac{\lambda - g}{a} \right)^b \right) \quad (19)$$



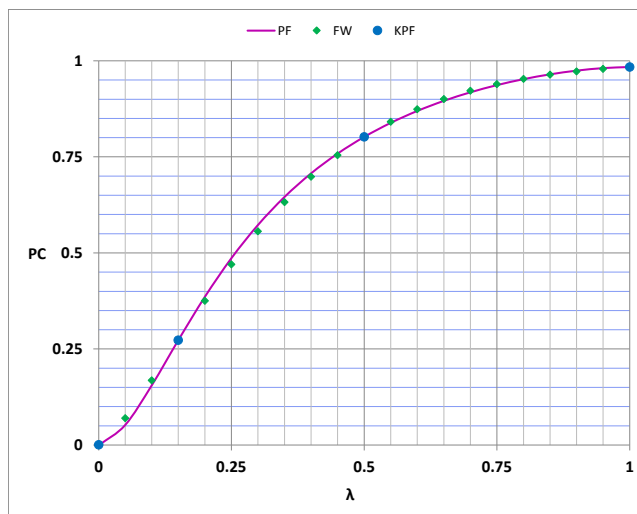
شکل ۴- منحنی های فارسی عام



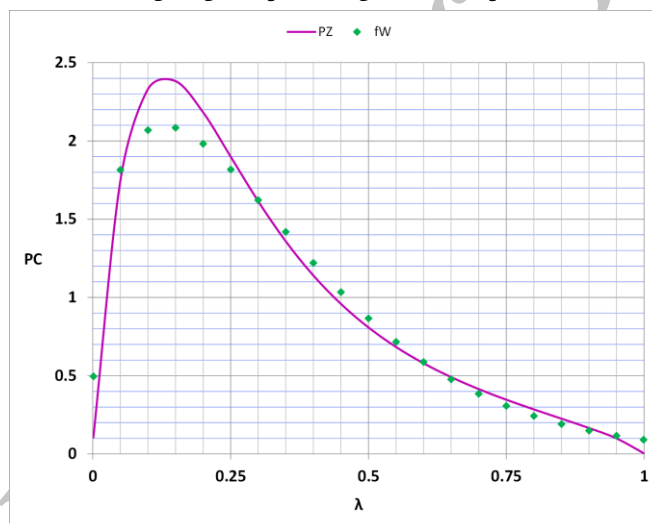
شکل ۵- مقایسه منحنی شکنندگی PF و BF

در شکل ۶ تابع احتمال ویبل  $FW$  و در شکل ۷ تابع چگالی ویبل  $FW$  برای مقادیر  $a = 0.70$ ،  $b = 1.35$ ، و  $g = 0.0$  رسم شده و از روی منحنی شکل ۶ نقاط کلیدی خوانده و در معادله (۲۰) درج گردیده است.

$$O(0.0 \ 0.0) \ N(0.3 \ 0.273) \ M(1.0 \ 0.802) \ T(2.0 \ 0.984) \quad (20)$$



شکل ۶- مقایسه منحنی احتمال ویبل با منحنی فارسی



شکل ۷- مقایسه منحنی چگالی ویبل با منحنی چگالی فارسی

با استفاده از نقاط کلیدی در معادله (۲۰)، کمیت های هادی و منحنی های فارسی محاسبه و در معادله (۲۱) نشان داده شده اند.

$$a_M = 4.406 \quad b = 0.873 \quad P_F = \frac{P_T a_M D^b}{O^b + a_M D^b} \quad P_Z = \frac{b D^{(1)} F_R S_R}{OD} \quad (21)$$

منحنی احتمال فارسی در شکل ۶ و منحنی چگالی فارسی در شکل ۷ با منحنی های ویبل مقایسه شده اند. همخوانی عالی منحنی احتمال شایستگی منحنی فارسی را به عنوان جانشین برای منحنی های احتمال مرسوم به تایید می رساند.

### ۵- نتیجه گیری

نتایج حاصل از این پژوهش به شرح زیر خلاصه می شود.



هر پدیده به صورت تغییر حالت یک دستگاه از مبداء به مقصد در نظر گرفته می شود. بر پایه استدلال منطقی، و منطق ریاضی، توابع حالت، و توابع پدیده تولید شدند و برای کار بری در مورد تغییر حالت پدیده های خاص در قالب منحنی فارسی گنجانده شدند. در این مقاله منحنی های فارسی در محاسبه منحنی های احتمال مورد استفاده قرار گرفتند. با مقایسه منحنی های فارسی با منحنی های احتمال مرسوم در فرهنگ علمی مثل منحنی احتمال ویل صحت و دقت تحقیق مورد تایید قرار گرفت. در نتیجه منحنی فارسی به عنوان جانشین منطقی برای منحنی های احتمال مرسوم در فرهنگ علمی معرفی می شود.

#### ۶- مراجع

1. David FN. Games, gods and gambling: A history of probability and statistical ideas. Griffin, 1962:1-306.
2. Hart RG. A formula for the approximation of the normal distribution function. Mathematical Tables and Other Aids to Computation. 1957; 11:265-265.
3. Hoyt JP. A simple approximation to the standard normal probability density function. The American Statistician. 1968; 22 (2): 25-26.
4. Williamson RC. Probabilistic Arithmetic. PhD thesis, submitted to the Department of Electrical Engineering, University of Queensland, August, 1989.
5. Waissi GR., Rossin DF. A sigmoid approximation to the normal integral, Applied Mathematics and Computations. 1996; 77; 91-95.
6. Bryc W. A uniform approximation to the right normal tail integral. Applied Mathematics and Computations. 2002; 127; 365-374.
7. Gouda AAM. Probability estimation and its applications. PhD thesis, submitted to the Budapest University of Technology and Economics, Budapest, 2005.
8. Milios D. Probability distributions as program variables. MSc. thesis submitted to the School of Informatics, University of Edinburgh, 2009.
9. Huang JC. Cumulative distribution networks: Inference, estimation and applications of graphical models for cumulative distribution functions. PhD thesis submitted to the Department of Electrical and Computer Engineering, University of Toronto, Canada, 2009.
10. Amusan GE. The Beta Maxwell distribution. MSA. Thesis, Department of Mathematics, Marshall University, 2010.
11. Andrews ZH. Continuous probability distributions in model-based specification languages. PhD thesis submitted to the School of Computing Science, Newcastle University, August 2012.
12. Adamski K. Generalized beta type II distributions-emanating from a sequential process. PhD thesis, submitted to the Faculty of Natural and Agricultural Sciences, University of Pretoria, Pretoria, November 2013.
13. Spanias D. Professional tennis: Quantitative models and ranking algorithms. PhD thesis in computing submitted to the Imperial College London, September 2014.
14. Hao J. Some new probability distributions based on random extreme and permutations patterns. MSc. thesis submitted to the Department of mathematics, East Tennessee State University May 2014.

15. McDonald JF. Exact statistical inferences for functions of parameters of the log-gamma distribution. PhD thesis submitted to the Department of Mathematical Science, University of Nevada, Las Vegas, May 2015.
16. Ranjbaran, A., Hashemi, S., Ghaffarian, A.R. (2008), A new approach for buckling and vibration analysis of cracked column. *International Journal of Engineering, Transactions A: Basics*. 21(3), 225-230.
17. Ranjbaran, A., (2010), Analysis of cracked members the governing equations and exact solutions. *Iranian Journal of Science & Engineering, Transactions B: Engineering*. 34(B4), 407-417.
18. Ranjbaran, A., Shokrzadeh, A.R., Khosravi, S. (2011), A new finite element analysis of free axial vibration of cracked bars. *International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering*. 27(10), 1611-1621.
19. Ranjbaran, A., Rousta, H., Ranjbaran, Mo., Ranjbaran, Ma., (2013) Dynamic stability of cracked columns; the stiffness reduction method. *Scientia Iranica*, 20(1), 57-64.
20. Ranjbaran, A., Rousta, H. (2013). Interaction diagram for dynamic stability by Laplace transform. *NED University Journal of Research* 10(1), 31-38.
21. Ranjbaran, A., Rousta, H., Ranjbaran, M.O., Ranjbaran, M.A., Hashemi, M., Moravej, M.T. (2013) A necessary modification for the finite element analysis of cracked members detection, construction, and justification. *Archive of Applied Mechanics*, 83(7), 1087-1096.
22. Ranjbaran, A., Rousta, H. (2013) Finite element analysis of cracked beams innovative weak form equations. *NED University Journal of Research* 10(1), 39-46.
23. Ranjbaran, A., and Ranjbaran, M., (2014) New finite-element formulation for buckling analysis of cracked structures. *Journal of Engineering Mechanics, ASCE*, 140(5), 04014014(1-10).
24. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., (2017) State based damage mechanics. *NED University Journal of Research* 14(1), 13-26.
25. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., (2017) State-base buckling analysis of beam-like structures. *Archive of Applied Mechanics*, 87(9), 1555-1565. DOI 10.1007/s00419-017-1273-6.
26. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., Ranjbaran, F. (2019) State-base fracture mechanics. *Journal of Science and Engineering Elites*, 1397; 3(6): 79-87. (in Persian).
27. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., Ranjbaran, F. (2019) State-base stability. *Journal of Science and Engineering Elites*, 1397; 3(6): 106-113. (in Persian).
28. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., Ranjbaran, F. (2019) A new look at the dynamic stability of structures. *Journal of Science and Engineering Elites*, 1397; 3(6): 114-121. (in Persian).
29. Singhal A., Kiremidjian AS. A method for earthquake motion-damage relationships with application to reinforced concrete frames. NCEER report, NCEER-97-0008 State University of New York at Buffalo. USA, 1997.
30. MA. Erberik, AS. Elnashai. Fragility analysis of flat-slab structures. *Engineering Structures*. 2004; 26: 937-948.
31. SH Jeong, AM. Mwafy, AS. Elnashai. Probabilistic seismic performance assessment of code-compliant multi-story RC buildings. *Engineering Structures*. 2012; 34: 527-537.

32. Hamid Moharrami and Mohammad Amin Amini. Seismic vulnerability assessment of process towers using fragility curves. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 2014; 23(8): 593-603.
33. Iervolino I, Baltzopoulos G., Vamvatsikos D., and Baraschino R. (2016). SPO2FRAG V1.0: Software for pushover-based derivation of seismic fragility curves. VII European Congress on Computational Methods in Applied Science and Engineering; ECCOMAS Congress 2016, Crete Island, Greece.
34. Baltzopolous G., Baraschino R., Iervolino I, Vamvatsikos D. (2017). SPO2FRAG: Software for seismic fragility assessment based on static pushover. *Bull Earthquake Eng* (2017); 15:4399-4425. DOI 10.1007/s10518-017-0145-3.
35. Efron B. (1979). Bootstrap methods: another look at the Jackknife. *Ann Statist.* 7:1-26
36. Lallemand D., and Kiremidjian A. (2017). Accounting for uncertainty in earthquakes fragility curves. 16<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering, 16WCEE 2017, Paper No. 2402.
37. Sudret B., Mai C., Konakli K. (2017). Assessment of the lognormality assumption of seismic fragility curves using non-parametric representations. 2017 <hal-01432508>.AISC, (2005). Specification for structural steel buildings. Chicago, American Institute of Steel Construction.
38. Kankanamge N. D., Mahandran M. (2012). Behavior and design of cold-formed steel beams subjected to lateral-torsional buckling. *Thin Walled Structures*, 2012; 51(1): 25-28.
39. Kankanamge N. D. (2010). Structural behavior and design of cold-formed steel beams at elevated temperatures. PhD, thesis, Queensland University of Technology, 2010.
40. AISC, 2005. Specification for structural steel buildings. Chicago, American Institute of Steel Construction.
41. Weibull W. (1952). A statistical distribution function of wide applicability. *Journal of Applied Mechanics*, ASME; 293-297 (1951), and discussion of the paper, *Journal of Applied Mechanics*, ASME; 233-234 (1952).