



## منحنی فارسی، الفبای جدید برای تصمیم گیری در بررسی پدیده های طبیعی

عبدالرسول رنجبران<sup>۱\*</sup>، محمد رنجبران<sup>۲</sup>، فاطمه رنجبران<sup>۳</sup>

۱- دانشیار مهندسی عمران، دانشگاه شیراز

۲- دکترای مهندسی شیمی از دانشگاه شریف

۳- دانشجوی مهندسی مکانیک، دانشگاه شیراز

\*ranjbarn@shirazu.ac.ir

ارسال: اردیبهشت ماه ۹۸ پذیرش: خرداد ماه ۹۸

### چکیده

بشر، برای تصمیم گیری در بررسی پدیده های طبیعی، خصوصا در صنعت، نیاز مبرم به وسایل و روش های پیشرفته ریاضی خصوصا در زمینه احتمال و تصادفی دارد. علم بشری در بررسی پدیده های طبیعی به صورت درختی به گروه ها، دسته ها، روش ها، و غیره تقسیم می شود. در انتهای هر سر شاخه جوامع تخصصی قرار می گیرند که بر رسی پدیده شاخه خود را با ابدای روش های تخصصی انجام می دهند. شاید میلیون ها سر شاخه با تعداد عضوهای چند تایی تا چند میلیونی همزمان به کار برد و توسعه علم بشری مشغول باشند. در این بین دوباره کاری، و تکرار کشف روش های قبلا کشف شده بسیار زیاد است. پژوهش های نویسندگان حاضر و گروه همکار آن ها در دو دهه گذشته، در سایه ده ها هزار فرد-ساعت تلاش پژوهشی، منجر به تولد و گسترش فلسفه ای نو، با عنوان فلسفه تغییر حالت (فتح) شد. فتح علاوه بر دقت، منطق، و سادگی توان بر رسی همه پدیده های طبیعی را به طور یک جا دارد، و می تواند از دوباره کاری ها جلوگیری کند. به منظور کاربرد آسان فتح در بررسی پدیده های طبیعی، مبانی فتح در قالب منحنی هایی به نام منحنی های فارسی قرار گرفت. با استفاده از استدلال منطقی، منطق ریاضی، و مقایسه با کار های موجود در فرهنگ علمی، مبانی کار مورد تایید قرار گرفت، و نشان داده شد، که منحنی های فارسی توان بررسی همه پدیده های طبیعی را دارند، و می توانند جانشین دقیق، منطقی، و ارزان برای قسمت عمده ای از وسایل هادی علم بشری، در همه سر شاخه ها، باشند. هدف این مقاله، معرفی و گسترش و تایید مبانی منحنی های فارسی و نمایش توانایی های آن ها در شاخه های مختلف علم بشری است. روش کار در گسترش منحنی های فارسی با روش های معمول در علم موجود تفاوت دارد، لذا انتظار می رود تا با اولین برخورد با تفاوت کار رها نشود و مطالعه تا انتها ادامه یابد، حتما تلاش منجر به عاقبت خیر خواهد شد.

کلید واژه: فلسفه تغییر حالت، منحنی های فارسی، توابع حالت، توابع پدیده، منحنی عام احتمال، روش های قطعی، روش های تصادفی.

علم بشری، بیان فیزیکی و ریاضی روش کار پدیده‌ها است. پدیده، تغییر وضعیت یک دستگاه از مبداء به طرف مقصد است. مبداء شروع پدیده و مقصد انتهای آن است. علم بشری وسایل و روش‌های حرکت از مبداء به مقصد، یا تغییر، را تدوین می‌کند. در علم مرسوم، حرکت در مسیر تغییر (پدیده‌های) طبیعی به صورت درختی به گروه‌ها، دسته‌ها، روش‌ها، و غیره تقسیم می‌شود. به عنوان مثال روش‌های بررسی به دو شاخه قطعی و تصادفی تقسیم می‌شود. قسمت بندی‌ها بسیار زیاد است. قسمتی از این تقسیم بندی‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است. در انتهای هر سر شاخه جوامع تخصصی قرار می‌گیرند که بررسی پدیده شاخه خود را با ابدای روش‌های تخصصی انجام می‌دهند. شاید میلیون‌ها سر شاخه با تعداد عضوهای چند تایی تا چند میلیونی همزمان به کار برد و توسعه علم بشری مشغول باشند. در این بین دوباره کاری، و تکرار کشف روش‌های قبلا کشف شده بسیار زیاد است. به عنوان مثال در زمینه احتمال، که در اغلب سر شاخه‌های علم مورد استفاده است، صد ها منحنی احتمال ساخته شده و هنوز ساخت این منحنی‌ها از مسایل داغ پژوهشی است [۱-۱۵]. نمونه دیگری که ذکر آن می‌تواند مفید باشد، ساخت منحنی شکنندگی است که برای بررسی ایمنی سازه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این که بیش از پنجاه سال از ساخت این منحنی‌ها می‌گذرد، و روش‌های بسیار زیادی برای تولید آن ارائه شده، و نرم افزارهای مفصل و گران قیمتی برای ساخت آن در دست است [۱۶-۱۸]، ولی هنوز مساله در پرده ابهام است، چرا که موضوع همچنان از جمله مسایل داغ پژوهشی می‌باشد. علاوه بر آن علی‌الرغم پژوهش‌های فراوان و وجود امکانات بسیار زیاد، اعتماد قابل قبولی نسبت به نتیجه کار نیست [۱۹ و ۲۰]. عدم اعتماد فقط به مساله ساخت منحنی شکنندگی محدود نمی‌شود، بلکه در اکثر قریب به اتفاق روش‌های علم بشری عدم قطعیت عقلی و یا معرفتی و یا هر دو موجود است.

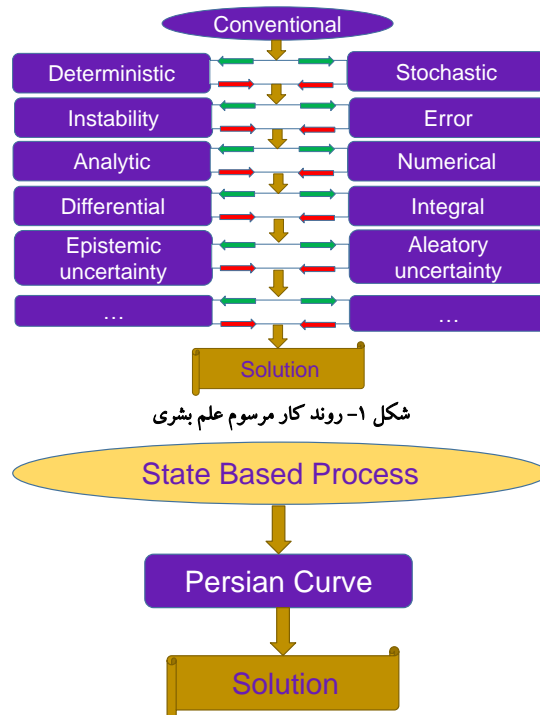
همه این مشکلات از آن جا سرچشمه می‌گیرد که پیش کسوتان اولیه در زمان خود و با توجه به معرفت موجود روش‌هایی را ارائه کرده‌اند، که حاوی عدم قطعیت بوده، و در حال حاضر هم، چشم بسته، مورد استفاده قرار می‌گیرد. مثلا ساخت منحنی شکنندگی بر مبنای دو متغیر، یکی شتاب بیشینه زلزله و دیگری فرکانس سازه انجام می‌شود. اولی به علت مقیاس کردن در مراحل ساخت نقش خود را از دست می‌دهد، و نقش دومی به دلیل تغییر با پیشرفت خرابی کم‌رنگ می‌شود. به همین دلیل است که برای دست یابی به نتایج قابل اعتماد تعداد بسیار زیادی محاسبه، در حدود صد ها هزار، لازم است. در صورتی که اگر روشی درست باشد، یک بار استفاده از آن باید کافی باشد. این مساله، ضرب المثل ادبی "در خانه اگر کس است، یک حرف بس است" را به یاد می‌آورد. جالب این جاست، که اگر در محفل ادبی جمله‌ای بیش از یک بار تکرار شود، داد و فریاد حضار را بدنبال دارد؛ ولی وقتی اعلام می‌شود که برای ساخت منحنی شکنندگی قابل اعتماد، صد ها هزار (بینهایت) محاسبه لازم است همه قبول کرده، تکرار می‌کنند، حتی فکر دم بر آوردن هم نمی‌کنند. این چیزی جز تربیت غربی نیست، که در دنیای علم جدید، همه را دعوت به اطاعت و تقلید بی چون چرا از داده‌های آنها می‌کند! داده‌ها هم طبقه بندی شده و بر مبنای سیاست در اختیار قرار می‌گیرد. جالب است بدانید که مثلا، سازمان ناسا مساله پایداری دینامیکی سازه‌ها، که در بررسی پایداری پرتابه‌ها اهمیت دارد، در حدود سال ۱۹۶۰ میلادی، به طور کامل انجام و مورد استفاده قرار داده بود. گزارش مربوطه با مهر دسته بندی شده، فقط در اختیار ناسا بوده، و تا اواخر دهه اول قرن حاضر، یعنی در حدود ۵۰ سال، از دسترس جامعه علمی، حتی در دانشگاه‌های آمریکا، دور نگه داشته شده بود. تو خود حدیث مفصل بخوان از این مجمل.

پژوهش‌های نویسندگان حاضر و گروه همکار آن‌ها در دو دهه گذشته، با ده ها هزار فرد-ساعت تلاش پژوهشی، منجر به تولد و گسترش فلسفه‌ای نو، با عنوان فلسفه تغییر حالت (فتح) شد. به منظور کاربرد آسان فتح در بررسی پدیده‌های طبیعی، مبانی فتح در قالب منحنی‌هایی به نام منحنی‌های فارسی قرار گرفت. با استفاده از استدلال منطقی، منطبق ریاضی، و مقایسه با کارهای موجود در فرهنگ علمی، مبانی کار مورد تایید قرار گرفت، و نشان داده شد، که منحنی‌های فارسی توان بررسی همه پدیده‌های طبیعی را دارند، و می‌توانند جانشین دقیق و منطقی و ارزان برای قسمت عمده‌ای از وسایل هادی علم بشری، در همه سر شاخه‌های آن، باشند. روند کار فلسفه تغییر حالت در شکل ۲ نشان داده شده است. مقایسه شکل ۲ با شکل ۱ تفاوت دو دیدگاه را نشان می‌دهد. هدف این مقاله، معرفی و

گسترش و تایید مبانی منحنی های فارسی و نمایش توانایی های آن ها در شاخه های مختلف علم بشری است. روش کار در گسترش منحنی های فارسی با روش های معمول در علم موجود تفاوت دارد، لذا انتظار می رود که در اولین برخورد با تفاوت کار رها نشود و مطالعه تا انتها ادامه یابد، حتما تلاش منجر به عاقبت خیر خواهد شد. فتح تا کنون در زمینه های مختلف مورد تایید قرار گرفته، ولی شاید به خاطر متفاوت بودن با روال معمول، تا همگانی شدن نیاز به کار فراوان باشد. هدف این مقاله دعوت به استفاده از فتح و همگامی در جهت کاهش موثر هزینه های بشری است.

پژوهش های نویسنده مسئول و همکاران پژوهشی وی در دوده 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 مبداء به وضعیت مقصد منظور می گردد [۲۱-۳۳]. با استفاده از استدلال منطقی و منطق ریاضی مبانی فتح تهیه و راست آزمایی گردید، و بر مبنای آن منحنی های فارسی، به عنوان جانشین بیشتر روش های مرسوم در فرهنگ علمی معرفی می گردد. در فتح، به طوری که در این مقاله شرح داده می شود، برای ساخت منحنی های فارسی، 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. مثلا با توجه به مفهوم، منحنی ظرفیت سازه باید زیر داده باشد، تا هیچ جا ظرفیتی بیش از ظرفیت واقعی محاسبه نشود. این انتخاب آگاهانه از مشخصه های مختص فتح می باشد. در فتح ساخت منحنی فارسی در یک مرحله و بطور کامل از روی داده مرجع، بدون نیاز به تشکیل و حل معادله حاکم، 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 قابل تشخیص و اصلاح پذیر می شود.

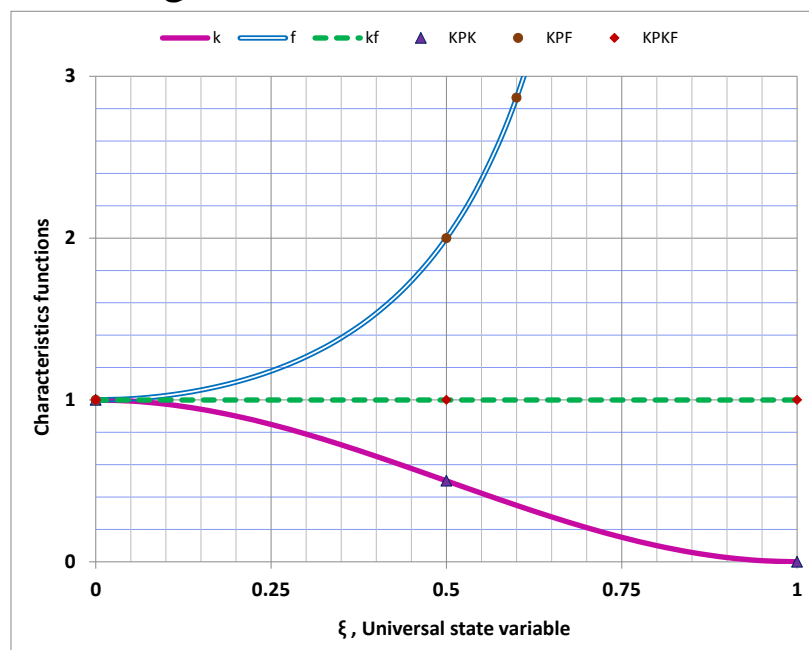
در این مقاله پس از معرفی فتح و مرور بر تحقیقات زمینه در بخش اول، در بخش های بعد ابتدا به گسترش مبانی، معادلات، و توابع پرداخته شده، و سپس، ارتباط بین فتح و منحنی فارسی تدوین می گردد. راست آزمایی از طریق مقایسه نتایج با کار دیگران انجام شده، و بحث و نتیجه گیری به دنبال خواهد آمد. فهرست منابع مورد استفاده بخش پایانی مقاله را تشکیل می دهد.



## شکل ۲- روند کار فلسفه تغییر حالت

## 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. علم مرسوم به صورت درختی، به شاخه های مختلف، مثل شکل ۱، تقسیم می گردد. در هر سر شاخه کار با انجام فرض های ساده کننده، تشکیل معادلات، و حل آن ها صورت می گیرد. هر یک از این مراحل، به نوبت باعث ورود عدم قطعیت هایی در کار می شوند. عدم قطعیت های حاصل از عدم شناخت کافی، را معرفتی، و عدم قطعیت های حاصل از تصادفی بودن داده ها را عقلی می نامند. همه روش های علم مرسوم، حاوی یکی یا هر دوی این عدم قطعیت ها هستند. شناخت بیشتر پدیده ها و کاهش عدم قطعیت ها همواره از زمینه های فعال پژوهشی بوده و هست. روش های علمی مرسوم به دو شاخه سختی و نرمی تقسیم می شوند. در روش سختی، تغییر با مقدار معینی سختی شروع و در طول تغییر به تدریج کم شده و به سمت صفر میل می کند. وقتی سختی از حد معینی کمتر شود هدایت از دست رفته و خطا وارد کار می شود. از طرف دیگر روش نرمی با نرمی معینی شروع شده و در روند تغییر به تدریج زیاد می شود. پس از حد معینی نرمی زیاد بزرگ شده و موجب ورود خطا و شکست کار می گردد. مکانیک شکست یکی از زمینه هایی است که مبنای نرمی دارد. به همین دلیل است که با داشتن سابقه بیش از صد سال، هنوز به نتایج قابل اعتماد دست نیافته است.



شکل ۳- مبانی منطقی فلسفه تغییر حالت

دقت زیاد در پدیده های طبیعی، مطالعه پیوسته، و تلاش های علمی طولانی در زمینه مکانیک 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 پدیده (تغییر) وضعیت دستگاه از محل مبدا به طرف محل مقصد است. مبدا آغاز تغییر و مقصد انتهای آن است. 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 تغییر، سختی دستگاه به اندازه سختی تغییر  $k_C$  کم می شود. معکوس سختی دستگاه نرمی نامیده شده، که در مبدا دارای مقدار محدود  $f_0$  و در مقصد بینهایت است. در هر مرحله از تغییر، به اندازه نرمی عیب  $C_0$  به نرمی دستگاه افزوده می

گردد. رابطه بین نرمی و سختی سازه تغییر کرده، در معادله بدیهی (۱) و در شکل ۳ نشان داده شده است. بر خلاف روش های مرسوم نرمی و سختی، که هر کدام در مرحله ای دقت را از دست می دهند و خطا وارد کار می کنند، در فتح به یمن معادله بدیهی (۱) دقت از شروع تا پایان همواره یکی است. در شکل ۳ منحنی نرمی بزودی زیاد بزرگ شده و منحنی سختی زیاد کوچک می شود، در حالی که حاصل ضرب نرمی و سختی، مقدار خط افقی وسط، همواره برابر یک باقی می ماند. در نتیجه همه متغیرهای دخیل در فتح همیشه در محدوده صفر تا یک باقی می ماند.

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

هدف فتح تعیین دقیق  $c_S$  و  $k_C$  است، که این در دو مرحله انجام می شود. در مرحله اول نرمی تغییر  $c_S$  معلوم فرض شده و سختی تغییر  $k_C$  بر حسب آن محاسبه می شود. در مرحله دوم با استفاده از استدلال منطقی، و منطق ریاضی، نرمی تغییر به صورت تابعی دقیق و صریح از میزان تغییر (متغیر حالت) بیان می شود. و در نهایت با استفاده از این دست آورد ها همه توابع و متغیرها به صورت دقیق و منطقی تهیه می شوند. در این مرحله،  $c_S$ ،  $f_S$  و  $k_S$  معلوم فرض شده و سختی تغییر  $k_C$  و دستگاه تغییر کرده  $k_{CS}$  در معادله (۲)، با حل معادله (۱) برای  $k_C$  بر حسب عوامل دیگر، بدست آمده است.

$$k_{CS} = k_S - k_C \quad k_{CS} = S_R k_S \quad k_C = F_R k_S \quad (2)$$

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

$$S_R = \frac{f_S}{f_S + c_S} \quad F_R = \frac{c_S}{f_S + c_S} \quad (3)$$

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

$$f_S = f_N F_S \quad c_S = c_N F_S \quad (4)$$

$$S_R = \frac{f_N}{f_N + c_N} \quad F_R = \frac{c_N}{f_N + c_N} \quad (5)$$

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

$$D = \frac{R}{1+R} \quad O = \frac{1}{1+R} \quad R = \frac{D}{O} \quad (6)$$

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

$$R \in [0 \quad \infty] \quad O \in [1 \quad 0] \quad D \in [0 \quad 1] \quad (7)$$

با توجه به تعریف توابع حالت در معادله (۶) و دامنه تغییرات آن ها در معادله (۷)، این ها به صورت توابعی با شرایط مرزی مندرج در معادله (۸) در می آیند، که در آن  $\max$  علامت بیشینه و  $\min$  علامت کمینه است.

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

با توجه به نیمه بینهایت بودن نسبت حالت  $R$ ، و عدم وجود تعریف دقیق برای آن در فرهنگ علمی، گسترش بیشتر به سنگ می خورد (لازم به ذکر است که متغیری با این مفهوم در زمینه مکانیک شکست، با نام نرمی ترک موجود است، که آن هم فقط برای چند عضو خاص، مثل میله با مقطع مستطیلی تحت اثر نیروی محوری، میله با مقطع دایره ای تحت اثر پیچش، و تیر یک سر گیر دار یک سر ساده تحت اثر لنگر، آن هم به صورت تقریب و با حضور عدم قطعیت وجود دارد، و همچنان محاسبه آن از مسایل داغ پژوهشی است). برای رفع مانع موجود، متغیر مستقل جدیدی به نام متغیر حالت  $\xi \in [0, 1]$  معرفی شده و امکان ساخت صریح توابع حالت فراهم می گردد. متغیر حالت در مبداء برابر صفر و در مقصد برابر یک تعریف شده است. به این ترتیب معادله (۸) بر حسب متغیر حالت نوشته شده و به صورت معادله (۹) در می آید. تعریف متغیر حالت، دامنه محاسبات را از مرزهای نامعلوم بینهایت به مرز معلوم واحد تغییر می دهد، و به صورت غیر قابل باوری، نتایج را ممکن و دقیق می نماید.

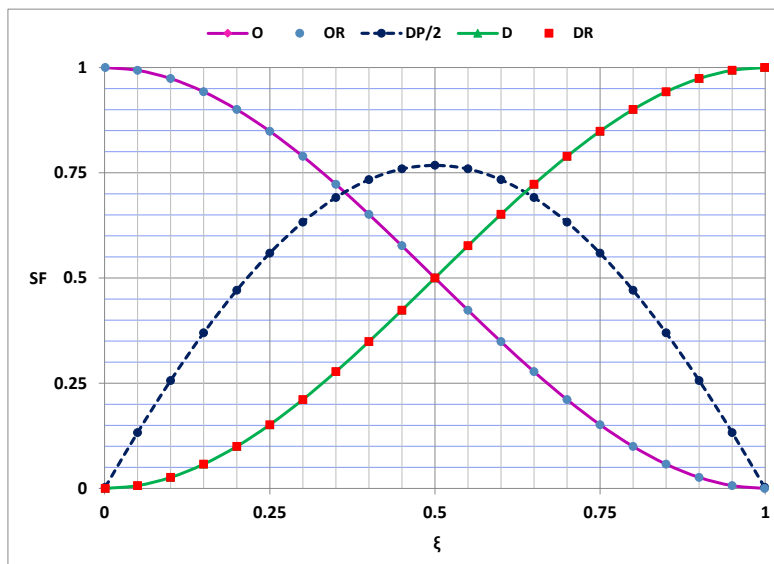
$$O = \begin{cases} \max = 1 & @ \xi = 0 \\ \min = 0 & @ \xi = 1 \end{cases} \quad D = \begin{cases} \min = 0 & @ \xi = 0 \\ \max = 1 & @ \xi = 1 \end{cases} \quad (9)$$

مطابق معادله (۹) توابع حالت به صورت توابعی از متغیر حالت با مقادیر مرزی معلوم در می آیند. بدنبال مطالعه و بررسی ممتد، توابع حالت مناسب به صورت معادله (۱۰) حاصل شده است. توجه داشته باشید که این توابع متوسط یک تابع به صورت چند جمله ای و یک تابع به صورت مثلثاتی است.

$$\begin{aligned} O &= 0.25(3 - 6\xi^2 + 4\xi^3 + \cos \pi\xi) \\ D &= 0.25(1 + 6\xi^2 - 4\xi^3 - \cos \pi\xi) \end{aligned} \quad (10)$$

با توجه به تعریف دقیق توابع حالت در معادله (۱۰) و استفاده از تعریف این توابع در معادله (۶)، نسبت حالت  $R$  به صورت معادله (۱۱) تعریف می گردد. گسترش توابع حالت در بدو تولید با مخالفتی مبنی بر این که، بغیر از توابع در معادله (۱۰)، هزاران تابع دیگر با شرایط مندرج در معادله (۹)، قابل تولید است، روبرو شد. تجربه نشان داد که توابع تولیدی بهترین اند و اگر تابع دیگری تولید شود قطعاً بر توابع فوق منطبق خواهد بود. در شکل ۴ توابع حالت بر مبنای معادله (۱۰)، یعنی  $O$  و  $D$ ، با این توابع بر مبنای تعریف اولیه آن در معادله (۶) یعنی  $OR$  و  $DR$ ، مقایسه شده اند. همخوانی نتایج نشان دهنده صحت معادله (۱۰) است.

$$R = \frac{1 + 6\xi^2 - 4\xi^3 - \cos \pi\xi}{3 - 6\xi^2 + 4\xi^3 + \cos \pi\xi} \quad (11)$$



## شکل ۴- مقایسه توابع حالت تعریف شده و تولید شده

با مشخص شدن توابع حالت، امکان تعریف دقیق توابع پدیده فراهم شده است. این کار به صورت زیر انجام می شود. بررسی های دقیق نرمی ترک در مکانیک شکست، منجر به این کشف شد، که نرمی همه عضو ها شکلی شبیه هم دارند. علاوه بر آن کشف شد که نرمی ترک در تیر ۴ برابر نرمی ترک در میله محوری، و نرمی ترک در میله محوری برابر نرمی ترک در میله پیچشی است. برای درک بهتر موضوع، ۴ برابر نرمی ترک در عضو محوری و ۴ برابر نرمی ترک در عضو پیچشی، و نرمی ترک در چند عضو خمشی، در شکل ۵ با هم نشان داده شده است. دقت کنید که در این شکل تشخیص نرمی های مختلف از هم ممکن نیست. این نشان دهنده درستی کشف بالاست. علاوه بر آن مطالعه بیشتر کشف فوق نشان داد که سختی و نرمی ترک در سازه مستقیما متناسب با یکدیگرند، این در حالی است که طبق تعریف سختی و نرمی خود سازه معکوس یکدیگرند! این کشف کلیدی به فال نیک گرفته شد و به صورت زیر برای تکمیل کار مورد استفاده قرار گرفت. سختی دستگاه بر حسب مقدار بی بعد  $k_N$  و مقدار بعد دار  $K_S$ ، و مقدار سختی تغییر بر حسب مقدار بی بعد  $c_N$  و مقدار بعد دار  $K_S$  تعریف و در معادله (۱۲) درج شده است. نسبت این دو، با توجه به تعریف، برابر نسبت حالت قرار داده و در نتیجه نرمی تغییر به صورت مضرپی از نسبت حالت تعریف و در معادله (۱۳) نشان داده شده است.

$$k_S = k_N K_S \quad k_D = c_N K_S \quad (12)$$

$$k_D/k_S = c_N/k_N \quad c_N = k_N R \quad (13)$$

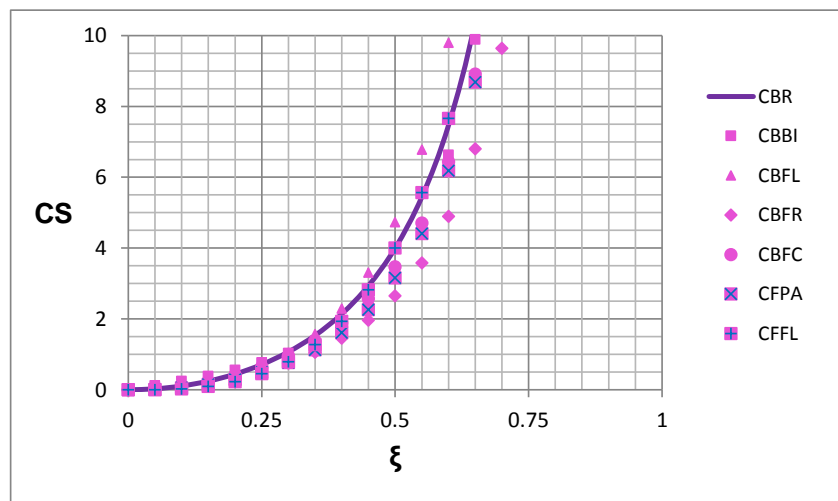
با جاگذاری معادله (۱۳) در معادله (۵)، شکل عمومی توابع پدیده به صورت معادله (۱۴) حاصل می گردد.

$$S_R = \frac{O}{O + k_N^2 D} \quad F_R = \frac{k_N^2 D}{O + k_N^2 D} \quad (14)$$

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 (۱۵) 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.

$$S_R = \frac{O^b}{O^b + a_M D^b} \quad F_R = \frac{a_M D^b}{O^b + a_M D^b} \quad f_R = \frac{b a_M D^{b-1} O^{b-1}}{(O^b + a_M D^b)^2} \times \frac{dD}{d\xi} \quad (15)$$

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.



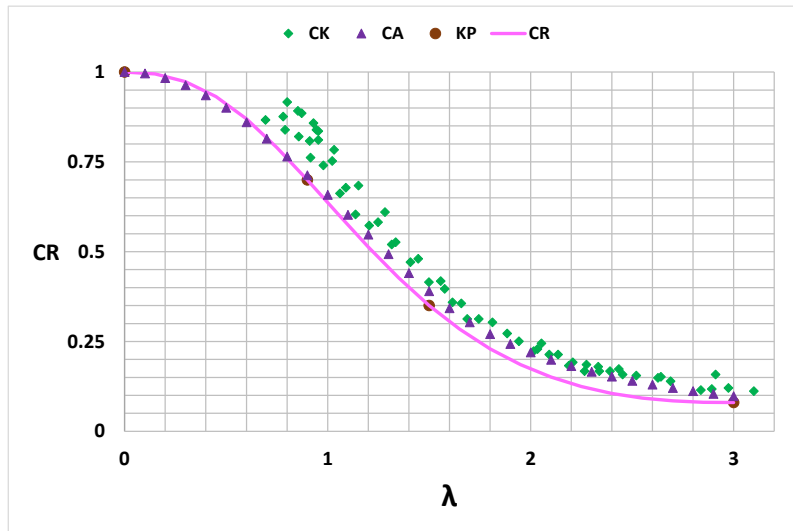
## شکل ۵- شکل یکسان نرمی ترک در سازه ها

## ۳- منحنی فارسی

شاید با منحنی فرانسوی، که برای ترسیم شکل هایی تولید شده که رسم آن ها به کمک وسایل مرسوم ممکن نیست، آشنا باشید. دقت در گسترش مبانی فتح نشان می دهد، که فتح می تواند همان نقش منحنی فرانسوی را، منتها در تحلیل پدیده های طبیعی در دنیای علم داشته باشد. این نقش خصوصاً در پدیده های یی که غالباً بر رسی آن ها با روش های مرسوم دارای عدم قطعیت قابل توجه اند، پر رنگ تر می شود. 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، به نام های شیراز  $P_S$ ، فسا  $P_F$  و زاهدان  $P_Z$ ، تجمیع و با نام منحنی فارسی نام گذاری شده است.

نتایج بررسی پدیده ها در شاخه های مختلف علم (علمی)، مثل شکل ۶، 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،  $\lambda \in [0, \infty]$ ، متغیر شناسه تغییر در دستگاه است که معمولاً محدودیت ندارد. مثلاً در شکل ۶ محور قائم ظرفیت باربری، باقی مانده  $CA$ ، ستون فولادی در آیین نامه آمریکا و  $CK$  ظرفیت تیر از جنس فولاد سرد نورد را نشان می دهد، و محوری افقی ضریب لاغری نسبی  $\lambda$ ، به عنوان شناسه تغییر در سازه، 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 طبیعی تنظیم شود. تنظیم محور نامحدود پدیده  $\lambda$ ، با متغیر حالت در فتح، با قرار دادن توابع پدیده روی قسمتی از ظرفیت طبیعی دستگاه بین دو نقطه ابتدا  $O(\lambda_0, 1)$  و نقطه انتها  $T(\lambda_T, P_T)$ ، انجام می شود. به این ترتیب رابطه بین متغیر حالت و محور افقی پدیده به صورت معادله (۱۶) در می آید.

$$\xi = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_T - \lambda_0} \quad (16)$$



شکل ۶- منحنی ظرفیت، نقاط کلیدی و تابع تولیدی



با برقراری ارتباط، تابع شیراز  $P_S$  برای ظرفیت یا اعتماد از معادله (۱۷)، تابع فسا  $P_F$  برای تغییر ظرفیت یا احتمال از معادله (۱۸) و به همین ترتیب، طبق تعریف تابع زاهدان  $P_Z$  (مشتق آن دو) به عنوان تابع چگالی از معادله (۱۹)، به دست می آید.

$$P_S = \frac{O^b + P_T a_M D^b}{O^b + a_M D^b} \quad (۱۷)$$

$$P_F = \frac{P_T a_M D^b}{O^b + a_M D^b} \quad (۱۸)$$

$$\frac{dP_S}{d\xi} = -P_Z \quad \frac{dP_F}{d\xi} = +P_Z \quad P_Z = \frac{ba_M D^{b-1} O^{b-1}}{(O^b + a_M D^b)^2} \times \frac{dD}{d\xi} \quad (۱۹)$$

متغیرهای هادی (همیشه مثبت) منحنی شیراز با داشتن چهار نقطه کلیدی قابل اعتماد، ابتدا  $O(\lambda_O, 1)$ ، انتها  $T(\lambda_T, P_T)$ ، وسط  $M(0.5(\lambda_T - \lambda_O), P_M)$  و نقطه دیگر  $N(\lambda_N, P_N)$ ، همانند شکل ۷ و با استفاده از معادله (۲۰) بدست می آید.

$$a_N = \frac{1 - P_N}{P_N - P_T} \quad a_M = \frac{1 - P_M}{P_M - P_T} \quad b = \frac{\text{Log}(a_N/a_M)}{\text{Log}(D_N/O_N)} \quad (۲۰)$$

به طریق مشابه متغیرهای هادی (همیشه مثبت) منحنی فسا، با استفاده از چهار نقطه کلیدی قابل اعتماد، ابتدا  $O(\lambda_O, 0)$ ، انتها  $T(\lambda_T, P_T)$ ، وسط  $M(0.5(\lambda_T - \lambda_O), P_M)$  و نقطه دیگر  $N(\lambda_N, P_N)$ ، همانند شکل ۸ در معادله (۱۲) محاسبه می شود.

$$a_N = \frac{P_N}{P_T - P_N} \quad a_M = \frac{P_M}{P_T - P_M} \quad b = \frac{\text{Log}(a_N/a_M)}{\text{Log}(D_N/O_N)} \quad (۲۱)$$

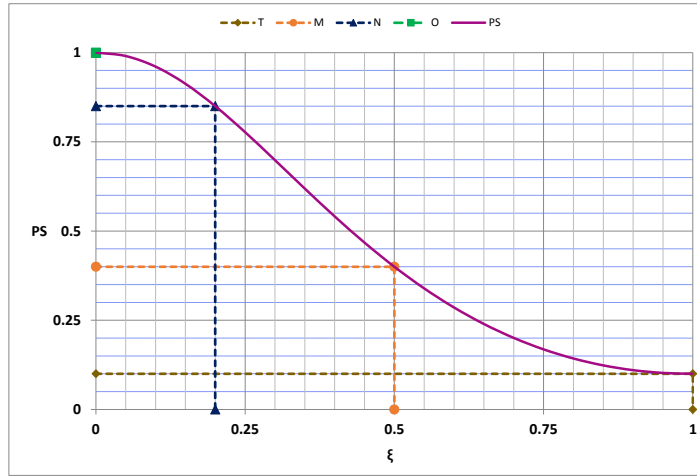
در معادله های (۲۰) و (۲۱) متغیرهای هادی برای منحنی شیراز و فسا، و در نتیجه هر یک از آن ها، بطور مجزا محاسبه شدند. لازم به یادآوری است که می توان یکی را از روی دیگری محاسبه کرد. تغییر در همه پدیده ها یکسان است. در نتیجه مختصات نقاط کلیدی عام مطابق جدول ۱ آورده و معادله منحنی های فارسی به صورت معادله های (۲۲) تا (۲۴) حاصل می شود. منحنی های عام فارسی در شکل ۹ نشان داده شده است.

$$P_S = \frac{1 - 0.8D}{1 + D} \quad (۲۲)$$

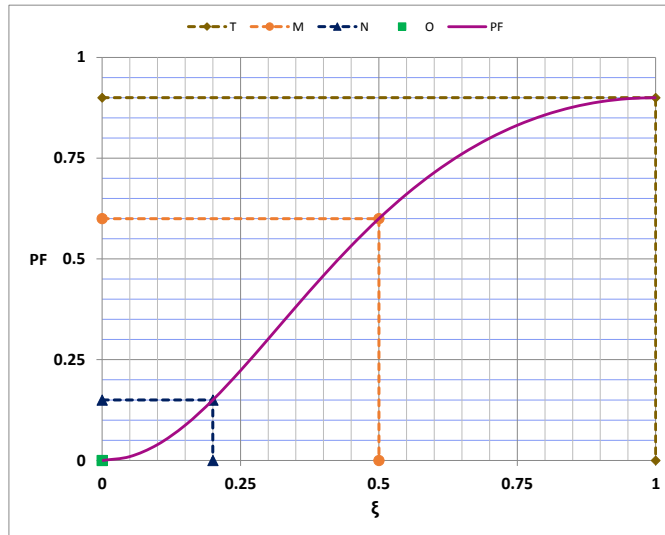
$$P_F = \frac{1.8D}{1 + D} \quad (۲۳)$$

$$P_Z = \frac{2}{(1 + D)^2} \times \frac{dD}{d\xi} \quad (۲۴)$$

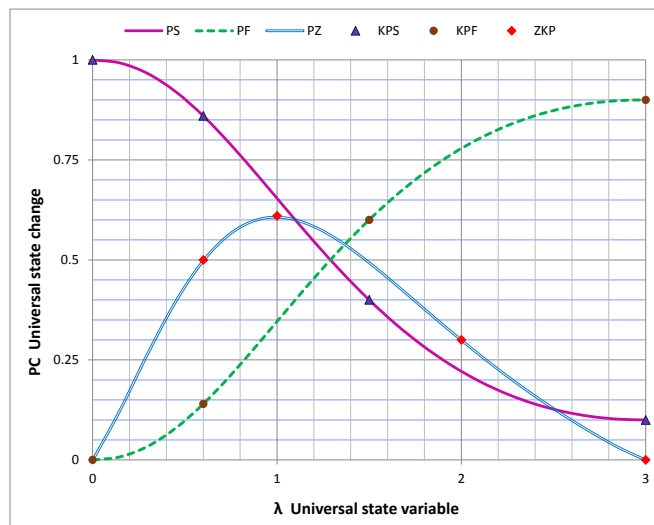
تا این جا تولید منحنی های فارسی به پایان می رسد. در بخش های بعد به کاربرد این منحنی ها در پدیده های طبیعی مختلف پرداخته شده است. منحنی فارسی تنها روشی است، که بدون نیاز به فرض های خاص، بدون نیاز به ساخت و حل معادلات حاکم، بدون نیاز به دسته بندی به صورت قطعی و تصادفی، بدون از هر نوع عدم قطعیت، و بدون نیاز به دسته بندی های دیگر مرسوم در فرهنگ علمی، پدیده های طبیعی را به طور دقیق بررسی می کند. در نتیجه ارزش این را دارد که همه مسایل علمی یک بار هم با این نگاه بررسی شود. حتما نتیجه به نفع بشریت است!



شکل ۷- نقاط کلیدی منحنی شیراز



شکل ۸- نقاط کلیدی منحنی فسا



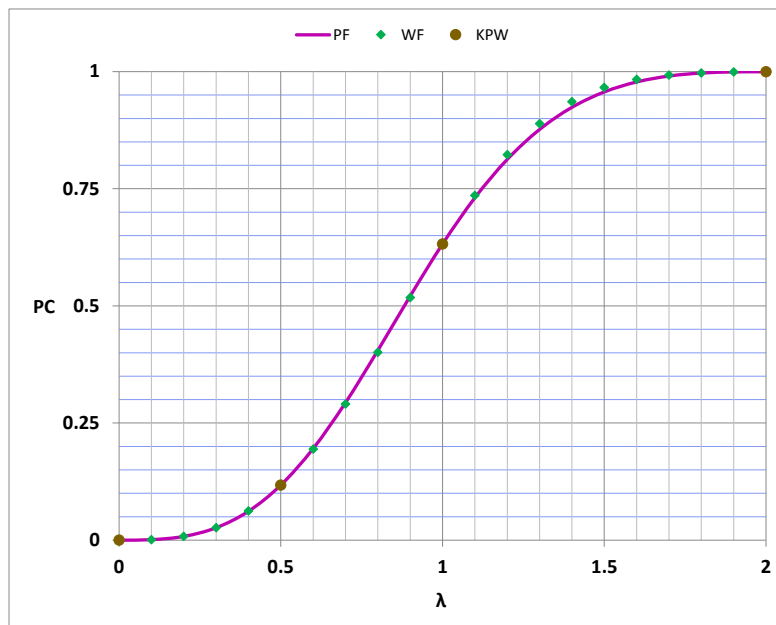
شکل ۹- منحنی های عام فارسی

## ۴- منحنی های احتمال فارسی

دستگاهی متشکل از یک کاسه پر از گلوله را در نظر بگیرید. تعداد گلوله های درون کاسه را با  $k_S$  نشان دهید. تعداد  $k_C$  گلوله را بردارید. تعداد گلوله های باقی مانده را  $k_{CS}$  بنامید. از مقایسه سیستم کاسه پر از گلوله در علم احتمال و اعتماد مرسوم، با مبانی فتح، به سادگی می توان در یافت که  $P_F$  همتای تابع احتمال،  $P_S$  همتای تابع اعتماد، و  $P_Z$  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 منحنی فارسی 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 فتح، منحنی احتمال، منحنی اعتماد، و منحنی چگالی توزیع را به سادگی و بطور دقیق، صرفا با انتخاب نقاط کلیدی قابل اعتماد (نتایج آزمایش) تهیه کرد. این منحنی ها، منحنی های احتمال فارسی نامگذاری شده اند. در زیر یکی از منحنی های احتمال مرسوم با منحنی احتمال فارسی مقایسه می شود. یکی از توابع احتمال معروف، تابع ویبل [۳۴]، به صورت تابع تجمعی  $F_W$  و تابع توزیع  $f_W$  در معادله (۲۵) تعریف شده اند، که در آن  $h$ ،  $w$ ، و  $g$  متغیرهای هادی و  $\lambda$  متغیر تصادفی است.

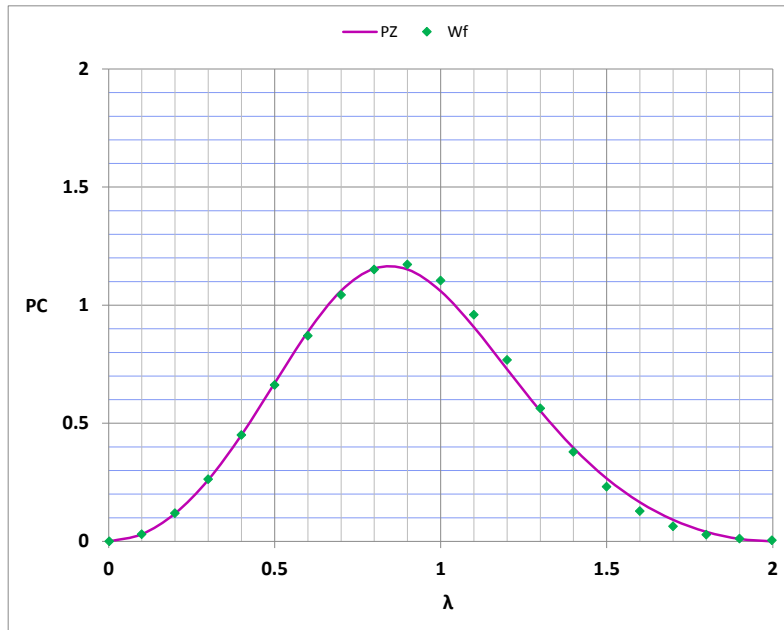
$$f_W = \frac{w}{h} \left( \frac{\lambda - g}{h} \right)^{w-1} \exp \left( - \left( \frac{\lambda - g}{h} \right)^w \right) \quad F_W = 1 - \exp \left( - \left( \frac{\lambda - g}{h} \right)^w \right) \quad (25)$$

در شکل ۱۰ تابع احتمال ویبل  $F_W$ ، و در شکل ۱۱ تابع چگالی ویبل  $f_W$ ، برای مقادیر  $h=1.0$ ،  $w=3.0$ ، و  $g=0.0$  رسم شده و با منحنی های احتمال فارسی مقایسه است. انطباق خیلی خوب نتایج نشان دهنده اعتبار منحنی احتمال فارسی به جای توابع احتمال موجود در فرهنگ علمی است.



شکل ۱۰- مقایسه منحنی احتمال ویبل با منحنی فارسی

$$a=1 \quad b=3 \quad g=0, \quad a_M=1.72 \quad P=1.48$$



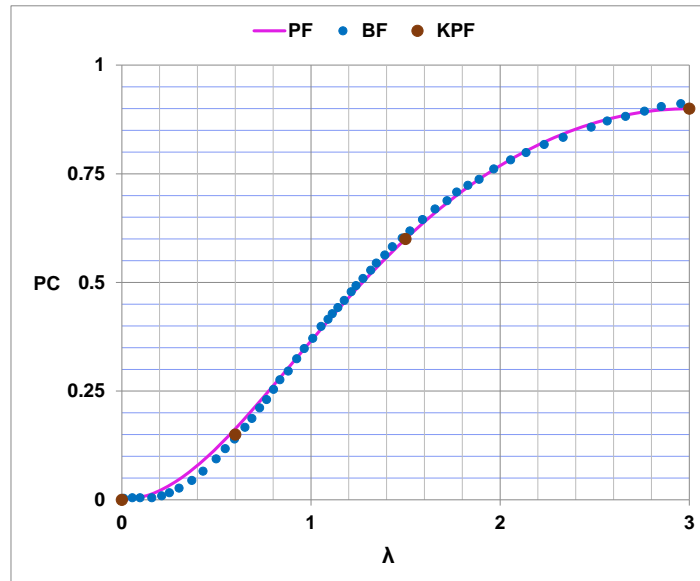
شکل ۱۱- مقایسه منحنی چگالی ویبل با منحنی چگالی فارسی

$$a=1 \quad b=3 \quad g=0, \quad a_M=1.72 \quad P=1.48$$

#### ۵- منحنی های شکنندگی فارسی

یکی از پدیده های مهم و مورد توجه در جامعه علمی جهانی، بررسی روش های مقابله با اثر تهدیدهای طبیعی، مثل زلزله، انفجار، سیل، و غیره، بر سازه ها می باشد. اولین قدم برای موفقیت در این راه شناخت این پدیده هاست. در بین این پدیده ها زلزله نقش پررنگ تری دارد، چون تمام ساخته های بشری و طبیعی را مورد تهدید قرار می دهد. جامعه علمی این بررسی را با ساختن منحنی شکنندگی، که احتمال گذشتن سازه از یک سطح خرابی معلوم را بیان می کند، انجام می دهد. در بیش از نیم قرن گذشته روش های مختلفی برای این کار ارائه شده است [۳۵-۳۸]. منحنی های شکنندگی مرسوم با اعمال مستقیم رکورد زلزله به سازه و انجام تحلیل دینامیکی غیر خطی انجام می شود. با توجه به تغییر شاخص های سازه (فرکانس) و زلزله (شتاب بیشینه) در حین محاسبه، منحنی های حاصل دارای عدم قطعیت هستند. برای رسیدن به نتیجه قابل اعتماد باید تعداد بسیار زیادی محاسبه انجام شود. اخیراً نرم افزاری [۳۳]، به نام "هل شکن" (اسم از نویسندگان حاضر است)، تهیه شده که صد ها هزار رکورد واقعی و مصنوعی را با استفاده از روش های مخصوص [۱۸] تولید کرده و بکار می گیرد و با استفاده از توان محاسباتی رایانه های قوی، محاسبه های گران و طولانی را انجام می دهند [۱۶]. با این حال نشان داده شده که نتایج باز دارای عدم قطعیت هستند [۱۹ و ۲۰]. در زیر نشان داده می شود که فتح می تواند منحنی شکنندگی دقیق را بدون هزینه بدست دهد، و آشکار می کند که همه مشکلات موجود در روال مرسوم ناشی از عدم شناخت پدیده و طی راه انحرافی بوده است.

بالتزوپولوس و همکاران [۱۶] یک سازه با قاب پیوسته بتنی شش طبقه را برای تهیه منحنی شکنندگی طراحی کردند. با استفاده از نرم افزار هل شکن [۱۶]، و با بکار گیری تحلیل غیر خطی ماده و هندسه و صد ها 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 ۱۲ منحنی  $BF$  با منحنی فسا  $PF$  از معادله (۲۱)، با هم مقایسه شده اند. همخوانی نتایج توان فتح را به اثبات رسانده و شایستگی منحنی فسا به عنوان منحنی عام شکنندگی به تایید می رساند.



شکل ۱۲- مقایسه منحنی شکنندگی مرسوم BF با فارسی PF

جدول ۱- نقاط کلیدی عام

Point	$\xi$	$P_S$	$P_F$	$P_Z$
<b>O</b>	0.0	1.0	0.0	0.0
<b>N</b>	$\xi_N$	$P_N$	$P_N$	$f_P$
<b>M</b>	0.5	0.4	0.6	$f_M$
<b>T</b>	1.0	0.1	0.9	0.0

### ۶- مکانیک شکست فارسی

مکانیک شکست، یکی از شاخه های مهم علم است، که به بررسی اثر ترک در سازه ها می پردازد و در همه جای جهان، و به طور خاص در رشته های مهندسی عمران، مکانیک، و هوا فضا، و زمین شناسی، از اهمیت خاص برخوردار است. بعضی تولد مکانیک شکست مرسوم را به کار انجلیس [۳۹]، که در اوایل قرن بیستم، محاسبه تنش در اطراف یک سوراخ بیضی شکل در یک صفحه را انجام داده، نسبت می دهند. پس از او نام های پیش کسوتان دیگری مثل گریفیس [۴۰] و سترگهارد [۴۱]، ابروین [۴۲]، در تدوین این رشته نقش پر رنگ تری دارند. از نیمه دوم قرن بیستم به این طرف، مکانیک شکست از جمله رشته های بسیار مورد توجه بوده و هست، و با سابقه بیش از یک قرن پژوهش، هنوز به نتیجه قابل اعتماد دست نیافته است. شاید یکی از مشکلات مبتلا به این رشته، استفاده از روش نرمی در گسترش آن باشد که دقت و اعتماد به نتایج را بزودی از دسترس دور کرده، و به سمت بینهایت می برد. همین اشکال بنیادین در این شاخه علم باعث ورود عدم قطعیت در کار شده و تقریباً هیچ نتیجه ای با قطعیت قابل قبول وجود ندارد. به عنوان مثال یکی از متغیر های اصلی، و چکیده کل این رشته، نرمی ترک در سازه می باشد که علی الرغم پیشرفت های زیاد، هنوز، در مکانیک شکست مرسوم، دستور العمل مطمئنی برای محاسبه آن نیست.

با توجه به این که شکست یک پدیده طبیعی است، در نتیجه فلسفه تغییر حالت می تواند بهترین وسیله برای بررسی آن باشد. در این بخش با استفاده از فتح، متغیرهای مهم مکانیک شکست گسترش یافته، و راه حل قابل اعتمادی برای بررسی مسایل مربوطه ارائه شده است. متغیر اصلی و ماحصل مکانیک شکست برای استفاده مستقیم در تحلیل سازه های ترک دار، نرمی ترک  $c_N$ ، می باشد. نرمی ترک بی بعد به طور دقیق از معادله (۱۳) بدست می آید، که مجدداً در معادله (۲۶) تکرار شده است، که در آن  $\xi$  عمق نسبی ترک (نسبت سطح ترک به سطح مقطع سازه) می باشد.

$$c_N = k_N R(\xi) \quad (26)$$

متغیر مرسوم مهم دیگر میزان انرژی آزاد شده  $G$  (مقدار انرژی لازم برای ایجاد یک واحد سطح ترک) است، که در معادله (۲۷) بر حسب تنش موثر  $\sigma_0$ ، و مدول الاستیسیته  $E$  تعریف می شود و بالاخره عامل شدت تنش  $K$  (تنش متمرکز در نوک ترک، که در این جا با واحد تنش تعریف شده تا سر در گمی های موجود در تعریف مرسوم در آن نباشد) در معادله (۲۸) آمده است. لازم به ذکر است که در فتح، بر خلاف مکانیک شکست مرسوم، متغیرها بطور دقیق و مجزا از یکدیگر تعریف شدند.

$$G = \frac{\sigma_0^2}{2E} \times \frac{dR}{d\xi} \quad (27)$$

$$K = \frac{\sigma_0}{\sqrt{2}} \times \sqrt{\frac{dR}{d\xi}} \quad (28)$$

متغیرهای مهم مکانیک شکست به طور صریح از معادله های (۲۶) تا (۲۸) مستقیماً قابل محاسبه اند. به منظور اصلاح و بالا بردن دقت در مکانیک شکست مرسوم،  $w$  تابع وزن برای محاسبه  $K$ ، در معادله (۲۹) تعریف شده است. این معادله جانشین همه معادله هایی است که در مکانیک شکست مرسوم برای تابع وزن پیشنهاد شده است [۴۳].

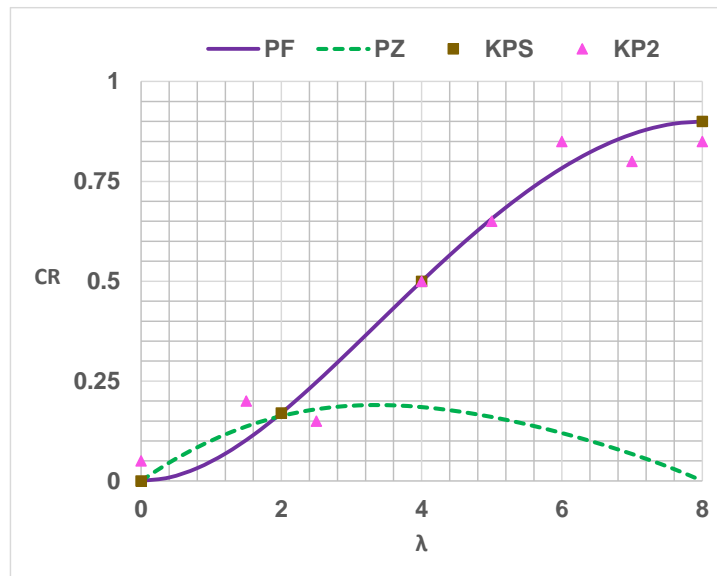
$$K = \int \sigma w dA \quad w = \frac{1}{2\sqrt{2}} \times \frac{(d^2R/d\xi^2)}{\sqrt{dR/d\xi}} \quad (29)$$

علاقمندان را به مطالعه در مکانیک شکست بر مبنی فتح، به عنوان جانشین منطقی برای مکانیک شکست مرسوم، دعوت می نماید.

## ۷- روش تصمیم گیری فارسی

تصمیم گیری بر مبنای سه عامل، گزینه ها (آن چه که تصمیم گیرنده می تواند انجام دهد)، اطلاعات (دانسته های تصمیم گیرنده)، و اولویت ها (خواسته های تصمیم گیرنده) انجام می شود. هاوارد [۴۴ و ۴۵] این سه عامل را پایه تصمیم گیری می شمارد. مطالب این بخش شامل عامل دوم یعنی اطلاعات می شود. مساله تصمیم گیری به این صورت مطرح می شود، که نظیر تعداد محدودی متغیر تصادفی مورد نظر، مقدار احتمال موجود است. هدف ساخت منحنی احتمال پیوسته، منطبق بر این داده هاست. روش های مختلف برای انجام این کار را می توانید در کیلین [۴۶] مطالعه کرد. این مساله هنوز از مسایل داغ پژوهشی در زمینه مدیریت و تصمیم گیری است [۴۷ و ۴۸]. روش های مرسوم در فرهنگ علمی پیچیده، گران و دارای درجه اعتماد پایین است. شاید تعجب بر انگیز باشد، که گفته شود منحنی های فارسی انگار برای تصمیم گیری ساخته شده اند! با داشتن نقاط کلیدی، که با داشتن نقاط با احتمال معلوم انتخاب می شوند، متغیرهای هادی از معادله (۲۱)، و منحنی احتمال از معادله (۱۸) و منحنی چگالی از معادله (۱۹) قابل محاسبه اند. برای نشان دادن نقش کلیدی فتح،

منحنی احتمال فسا  $PF$ ، و منحنی چگالی زاهدان  $PZ$ ، که برای داده های مندرج در جدول ۲ کیلین [۴۶]، با داده ها  $KP2$ ، در شکل ۱۳ با هم مقایسه شده اند. با توجه به این که کل مطالب کیلین شامل محاسبه های مفصل و خسته کننده برای این کار می باشد، اهمیت، دقت و سادگی فتح بیش از پیش، خصوصا در زمینه مدیریت و تصمیم گیری آشکار می گردد.



شکل ۱۳ - مقایسه منحنی احتمال فسا و داده های احتمال  $KP2$

## ۸- 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 کاربرد منحنی های فارسی در زمینه های زیر مورد بررسی و راست آزمایی قرار گرفت. ابتدا نشان داده شد که منحنی فارسی می تواند جانشین مناسبی برای همه منحنی های احتمال در فرهنگ علمی باشد، و کار علاقمندان و متخصصین رشته احتمال را دقیق و آسان کند. سپس کاربرد منحنی فارسی در ساخت منحنی شکنندگی مورد بررسی قرار گرفت، و نشان داده شد که تهیه آسان، دقیق، و ارزان این منحنی با استفاده از منحنی فارسی بهترین گزینه است. رشد روش های گران و خسته کننده موجود در فرهنگ علمی ناشی از عدم شناخت درست پدیده و کمبود داده های موجود در هنگام معرفی آن ها بوده است، و با وجود منحنی های فارسی شایسته است که بتدریج کنار رفته و در موزه های تاریخ علم قرار گیرند. در مرحله سوم پایه منطقی و دقیق برای مکانیک شکست بر مبنای منحنی های فارسی، و به عنوان جانشین مکانیک شکست مرسوم، اراده گردید. مساله کلیدی در مدیریت و تصمیم گیری، به این صورت مطرح می شود که در چند نقطه در فضای تصمیم گیری مقدار احتمال داده شده و خواسته می شود که یک منحنی احتمال پیوسته مناسب منطبق بر داده ها تولید شود. این کار، بسیار گران و خسته کننده است. در مرحله آخر این مقاله نشان داده شد که انگار منحنی فارسی فسا، برای این کار ساخته شده و برای ساخت ساده، و دقیق منحنی احتمال مورد استفاده قرار گرفت.

## ۹- 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. 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.
17. 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.
18. Efron B. (1979). Bootstrap methods: another look at the Jackknife. *Ann Statist*. 7:1-26



- 19.Lallemant 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.
- 20.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.
- 21.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.
- 22.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.
- 23.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.
- 24.Ranjbaran, A., Rousta, H., Ranjbaran, Mo., Ranjbaran, Ma., (2013) Dynamic stability of cracked columns; the stiffness reduction method. Scientia Iranica, 20(1), 57-64.
- 25.Ranjbaran, A., Rousta, H. (2013). Interaction diagram for dynamic stability by Laplace transform. NED University Journal of Research 10(1), 31-38.
- 26.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.
- 27.Ranjbaran, A., Rousta, H. (2013) Finite element analysis of cracked beams innovative weak form equations. NED University Journal of Research 10(1), 39-46.
- 28.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).
- 29.Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., (2017) State based damage mechanics. NED University Journal of Research 14(1), 13-26.
- 30.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.
- 31.Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., Ranjbaran, F. (2019) State-base fracture mechanics. Journal of Science and Engineering Elites, 1397; 3(6): 79-87. (in Persian).
- 32.Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., Ranjbaran, F. (2019) State-base stability. Journal of Science and Engineering Elites, 1397; 3(6): 106-113. (in Persian).
- 33.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).
- 34.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).
- 35.Singhal A., and Kiremidjian AS. (1997). 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.

36. Erberik MA., and Elnashai AS. (2004). Fragility analysis of flat-slab structures. *Engineering Structures*. 2004; 26: 937-948.
37. Jeong SH., Mwafy AM., Elnashai AS. (2012). Probabilistic seismic performance assessment of code-compliant multi-story RC buildings. *Engineering Structures*. 2012; 34: 527-537.
38. Moharrami H., and Amini MA. (2014). Seismic vulnerability assessment of process towers using fragility curves. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 2014; 23(8): 593-603.
39. Inglis CE. (1913). Stresses in a plate due to the presence of cracks and sharp corners. *Trans. Roy. Inst. Naval Arch.* 55: 219-230 (1913).
40. Griffith AA. (1920). The phenomena of rupture and flow in solids. *Philos. Trans. R. Soc. Lond.* A221: 163-197 (1920).
41. Westergaard H.M. (1939). Bearing pressure and crack. *J. Appl. Maths. Mech.* 6: 49-53 (1939).
42. Irwin G.R. (1957). Analysis of stresses and strains near the end of a crack traversing a plate. *J. Appl. Mech.* 24: 361-364 (1961).
43. Bueckner H.F. (1970). A novel principle for the computation of stress intensity factors. *Zeitschrift fur Angewandte Mathematik und Mechanik* 50: 529-546 (1970).
44. Howard R. A. (1966). *Decision analysis: Applied decision theory*. D. B. Herts, J. Melese. Eds. Proc. 4<sup>th</sup> Internat. Conf. Oper. Res., Wiley-Interscience, New York, 55-77.
45. Howard R. A. (1988). *Decision analysis: Practice and promise*. *Management Science*. 34(6): 679-695.
46. Keelin T. W., and Powley B. W. (2011). Quantile-parameterized distributions. *Decision Analysis*. 8(3): 206-219 (2011).
47. Powley B. W. (2013). *Quantile function methods for decision analysis*. PhD Dissertation, Department of Management, Stanford University (2013).
48. Hadlock C. C. (2017). *Quantile parameterized methods for quantifying uncertainty in decision analysis*. PhD Dissertation, The University of Texas at Austin (2017).