



## یک خدا یک جهان یک فلسفه، فلسفه تغییر حالت (فتح)

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: تیر ماه ۹۸ پذیرش: مرداد ماه ۹۸

### چکیده

تلاش های بشر برای شناخت طبیعت، و همراه ساختن آن با نیاز های خود منجر به کشف، ساخت، و تدوین علم شده است. پیشرفت های علمی (عام، در مقابل خاص که حفاظت شده است) در دو شاخه قطعی، و تصادفی قرار گرفته اند. شاخه قطعی بیشتر بر اساس شناخت آن زمان پیشکسوتان، و از طریق انجام فرضیات، تشکیل معادلات حاکم، حل معادلات، و توجیه تفاوت ها با رفتار طبیعی، ساخته شده است. گاه با گذشت قرن ها از طرح موضوع، و صرف وقت و هزینه های زیاد، و آگاهی از خطای موجود، باز به علت عدم شناخت بیشتر کار به روال اولیه ادامه می یابد، و هزینه های زیادی به بشریت تحمیل می کند. در شاخه تصادفی، که بر اساس شیر و خط بنا شده برای مواردی بکار رفته که نوشتن معادله برای پدیده متصور نبوده است. گسترش این شاخه بر اساس آزمایش های زیاد تارسیدن به دقت قابل قبول برای پدیده های ساده و آزمایش پذیر، و تعمیم به موارد دیگر انجام شده است. گرچه در شاخه تصادفی وضع کمی بهتر است، ولی چون سازندگان احتمال پیشینه علم قطعی داشتند نتیجه تا حدودی به روال قطعی نزدیک شده است. علی الرغم پیشرفت های علمی فراوان، هنوز علم عام به انتهای پایانی نرسیده و نیاز به پژوهش فراوان است. سیر کشف های علم عام، پس از ظهور رایانه ها بسیار کم شده است! از رایانه ها بیشتر به عنوان برده بی اختیار استفاده می شود، یعنی کار های نه چندان منطقی و عقلانی را به تعداد بسیار زیاد توسط رایانه انجام می دهند و به نتیجه قابل قبولی دست می یابند. در مهندسی زلزله اعتماد پذیری سازه ها از طریق ساخت منحنی شکنندگی انجام می شود. آخرین دست آورد ها، انجام صد ها هزار محاسبه خسته کننده و گران غیر خطی تاریخچه زمانی به کمک رایانه و ساخت منحنی بر اساس این نتایج است. با این حال نشان داده شده که این نتایج هم همچنان دارای عدم اطمینان هستند. موضوعی خنده دار، یعنی کسب اعتماد از طریق منحنی هایی که به آن ها چندان اعتمادی نیست! مشکلات در همه شاخه های علم عام وجود دارد، در بعضی شاخه ها موضوع حادثتر است، مثل همین مورد منحنی شکنندگی. در شاخه های دیگر علم مثل مدیریت و اقتصاد مساله ای مشابه ساخت منحنی شکنندگی وجود دارد، ولی بر خورد در آن شاخه ها بسیار منطقی تر بوده است. نویسندگان حاضر و همکاران پژوهشی آن ها (گروه هنر)، در دود ده گذشته، پژوهش ممتد و هدف داری را در جهت شناخت پدیده شکست سازه ها بنیان گذاشتند. نتایج کار هنر منجر به کشف و تدوین فلسفه تغییر حالت (فتح) شد. در فتح هر پدیده به صورت تغییر در شاخص دستگاه بین مبداء و مقصد منظور می شود. مبداء شروع پدیده، مقصد انتهای پدیده، و فاصله بین این دو طول عمر پدیده نامیده می شود. با استفاده از استدلال منطقی، و منطبق ریاضی ارتباط بین مبداء و مقصد، از طریق توابع پدیده سامان داده شد. توابع پدیده، توابعی دقیق و صریح از طول عمر پدیده و دو متغیر هادی هستند. تعیین متغیر های هادی و تنظیم طول عمر، با استفاده از داده های معتبر، در چهار نقطه کلیدی رفتار پدیده، یعنی ابتداء، انتها، وسط، و ربع اول (یا هر نقطه غیر از سه نقطه دیگر) انجام می گیرد. نتایج کار در شاخه های مختلف علم عام راست آزمایی گردید، و از همخوانی نتایج

برای قبول درستی کار مورد استفاده قرار گرفت. علم عام موجود بشری هدف ارتباط بین مبدا و مقصد پدیده ها را دارند. در نتیجه می توان فتح را به عنوان جانشین در اغلب شاخه های علم بشری بکار گرفت، و از دقت، سادگی، ارزانی، و اعتماد به آن استفاده کرد. استفاده از فتح خدمت به جامعه بشری است. در این مقاله مبانی علمی فتح ارائه شده، و با مقایسه نتایج با داده های موجود در فرهنگ علمی صحت و دقت کار به تایید می رسد. و اعتماد لازم برای بکار گیری فتح در شاخه های مختلف علم فراهم می شود. نتیجه آخر "یک خدا، یک جهان، یک فلسفه، فلسفه تغییر حالت (فتح)" کلید واژه: یک خدا، یک جهان، یک فلسفه، فلسفه تغییر حالت، آئین نامه طراحی، منحنی شکنندگی، منحنی احتمال، تیر، ستون، ظرفیت باربری، توابع حالت، توابع پدیده، طول عمر، پدیده.

## ۱- مقدمه

یکی دو زمینه که از بین زمینه هایی که انگیزه برای این پژوهش را فراهم ساخته در این بخش بر رسی می گردد. تلاش های بشر در سده های گذشته، منجر به تولید آئین نامه های طراحی برای سازه های فولادی، در کشور های مختلف از جمله کشور های کانادا، آمریکا [۱]، و ایران (سه کشور) شده است. بازنگری نتایج آزمایش های لئوناردو داوینچی [۲ و ۳]، و مشاهده اثر مخرب زلزله بر سازه هایی که بر اساس آئین نامه های روز طراحی شده بودند، نیاز به پژوهش در اعتماد پذیری آئین نامه های طراحی فولاد را ضروری ساخت. علی الرغم وجود نتایج آزمایش های لئوناردو، که در آن عضوهای کششی بلند ضعیف تر از عضوهای کششی کوتاه هستند، در آئین نامه های سه کشور اثر لاغری، به دلایل نه چندان منطقی، در محاسبه ظرفیت عضو کششی به طور موثر منظور نشده است. علاوه بر آن محاسبه ظرفیت تیر های فولادی در آئین نامه های این کشورها بر مبنای ناپایداری به صورت پیچشی قرار گرفته، که فرض نابجایی است و دلیلی بر صحت آن وجود ندارد. مورد دوم سبب شده که ظرفیت تیر تا بیش از ۵۰ درصد بیشتر از ظرفیت واقعی پیش بینی شود، و خطر و عدم قطعیت جدی وارد کار کند [۴].

زلزله، انفجار، و عوامل طبیعی دیگر، سلامت سازه ها، مثل ساختمان های عمومی، پل ها، پوشش نیروگاه های اتمی، و غیره را تهدید می کنند. به منظور اعتماد، و اطمینان از سلامت سازه های موجود، منحنی هایی به نام منحنی شکنندگی، که احتمال گذشتن وضعیت سازه از یک سطح خطر معین را نشان می دهد، برای سازه تهیه می گردد. مثلاً شرکت های بیمه، مبلغ هزینه های بیمه سازه را بر اساس این منحنی تعیین می کنند. جاهایی که احتمال خطر زیاد باشد، مبلغ بیمه را بالا می برند. نظر به اهمیت موضوع، مساله تهیه منحنی شکنندگی، در سراسر جهان، در چند دهه گذشته از جمله زمینه های فعال پژوهشی بوده و هست [۵-۱۱]. روش های متنوعی برای ساخت منحنی شکنندگی گسترش یافته است. با توجه به وجود روش های مختلف، بالا رفتن و دستیابی ارزان به توان محاسباتی رایانه ها، و اهمیت موضوع، نرم افزار هایی تهیه و در دسترس قرار گرفته است [۱۲-۱۴]. این نرم افزار ها می توانند سازه را تحت اثر صد ها هزار عامل تهدید قرار داده و منحنی شکنندگی برای سازه مورد نظر را با دقت ممکن بسازند. علی الرغم پیشرفت های چشمگیر، در روش های محاسبه، توان محاسباتی، و سایر عوامل موثر در کار، مساله پایان نیافته، و هنوز بعد از بیش از نیم قرن تلاش، مساله ساخت منحنی شکنندگی، و روش های محاسبه آن به صورت مساله داغ پژوهشی در جهان باقی مانده است. وقتی سازه تحت اثر زلزله ای با محتوی فرکانسی مشخص قرار می گیرد، فرکانس های نزدیک به فرکانس های طبیعی سازه، به علت تشدید، باعث مقداری خرابی در سازه و تغییر جرم و یا تغییر سختی آن می گردد. در نتیجه فرکانس سازه عوض شده و ارتباط بین زلزله و سازه کم رنگ می شود. به همین علت است که نشان داده شده که حتی وقتی هزاران هزار نمودار شتاب زمانی زلزله، توسط نرم افزار، مورد استفاده قرار گرفته و یک منحنی شکنندگی تهیه می شود، باز منحنی دارای عدم قطعیت است [۱۵ و ۱۶]. علت دیگر وجود عدم قطعیت انتخاب منحنی لوگ نرمال به عنوان منحنی احتمال است که چون دلیل موثقی بر صحت انتخاب آن نیست، به عدم قطعیت منحنی می افزاید [۱۷]. همین قطع ارتباط بین عامل تهدید و رفتار سازه عامل عدم قطعیت است،

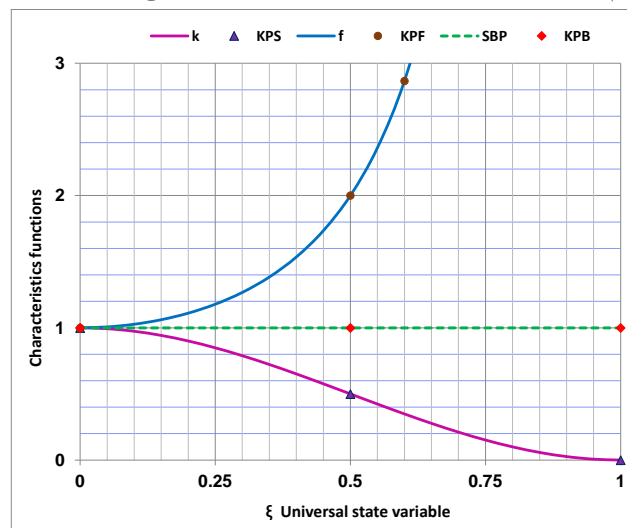
و گرنه در اغلب مسایل علمی تعداد انگشت شمار داده مورد اعتماد برای ارائه نتایج مورد اعتماد کافی است. مثلاً ظرفیت نمونه های آزمایش بتن، با متوسط گیری از تعداد محدودی نمونه و خطای معین مورد اعتماد قرار می گیرد.

گروه پژوهشی هنر (معادل فارسی Abdolrasoul Ranjbaran Team) شامل نویسندگان حاضر، در دو دهه گذشته، پژوهش ممتد و هدف داری در جهت شناخت پدیده های طبیعی به راه انداختند. رنجبران و همکاران [۱۸ و ۱۹] ابتدا مشتق در محل ناپیوستگی را، برای اولین بار تعریف کرده و آن را مشتق طلایی نامیدند. مشتق طلایی سپس در تشکیل معادلات حاکم بر سازه های ترک دار بکار گرفته و تحلیل ساده و دقیقی برای آن ها ارائه شد. تحلیل عناصر محدود عضوهای ترک دار تحت اثر نیروی محوری، به کمک تبدیل رنجبران انجام شد [۲۰]، که در آن ابتدا عضو ترک خورده با یک عضو سالم با خواص مکانیکی و شرایط مرزی معادل تعویض گردید، و معادله عناصر محدود عضو جانشین طبق روش مرسوم انجام گرفت. در پی موارد فوق، مشتق طلایی و معادله حاکم عضو ترک دار در تحلیل پایداری دینامیکی عضو های خمشی و عضو های محوری ترک دار بکار رفت [۲۱ و ۲۲]. پس از کسب تجربه های بالا، تمرکز روی تهیه معادله عناصر محدود سازه های ترک دار گذاشته شد. تا آن زمان تحلیل به کمک عناصر محدود "توسعه یافته"، که بر اساس روش های سنتی ساخته شده بود انجام می گرفت، و در عین سختی دقت خوبی هم نداشت. روش مانده های وزن دار [۲۳] که برای تبدیل معادله دیفرانسیل به معادله عناصر محدود بکار می رود، نمی توانست در تبدیل معادله حاکم بر سازه ترک دار کار آیی داشته باشد، چون بر اساس پیوستگی و مشتق زنجیره ای ساخته شده بود، در حالی که معادله سازه ترک دار حاوی ناپیوستگی است (این موضوع برای اولین بار در گروه هنر کشف و تدوین گردید). رنجبران و همکاران [۲۴ و ۲۵] طی محاسبات بسیار زیاد، روش مانده های وزن دار را اصلاح کردند بطوری که قابلیت استفاده در سازه های ترک دار هم داشته باشد. در جریان این کار توابع پدیده متولد شدند، که مبنای پژوهش های بعدی قرار گرفتند. در مراحل بعد، تولید این توابع بر مبنای منطقی، و منطبق ریاضی قرار گرفت و در زمینه های متنوعی بکار گرفته شد [۲۶ تا ۳۹]. نتیجه به کشف و گسترش فلسفه تغییر حالت (فتح) منجر شد، که در آن هر پدیده به صورت تغییر در شاخص دستگاه منظور می شود. با استفاده از استدلال منطقی و منطبق ریاضی، چگونگی تغییر به صورت توابعی دقیق و صریح از متغیر حالت (شناسه طول عمر پدیده) و دو متغیر هادی بیان شدند. برای تکمیل بررسی هر پدیده، وجود چهار نقطه کلیدی، یعنی ابتدا، ربع اول، وسط، و انتها کفایت می کند، و همه متغیر ها با استفاده از مختصات این نقاط به سادگی محاسبه می شوند. لازم به ذکر است که انتخاب به معنی برداشت مستقیم داده نیست بلکه مختصات طوری تعیین می شوند که نتیجه به رفتار طبیعی دستگاه نزدیک تر باشد. مثلاً با توجه به مفهوم، منحنی ظرفیت باید زیر داده های آزمایش گاهی باشد، تا هیچ جا ظرفیت بیش از ظرفیت واقعی پیش بینی نشود. نتایج به هندسه، اندازه، و دستگاه خاصی محدود نمی شود. بر مبنای فتح نشان داده می شود، که ظرفیت همه عضوهای فولادی با یک قاعده محاسبه می شوند. متغیر های هادی با استفاده از نتایج آزمایش روی ستون های فولادی تنظیم و برای همه عضو ها بکار می روند. قاعده حاصل، ظرفیت مطمئن تیر را بیش از ۵۰ درصد کمتر از آئین نامه های سه کشور بدست می دهد. نتیجه با آزمایش انطباق کامل دارد، در نتیجه توصیه می شود، که دست آورد های فتح، با اعتماد کامل جایگزین آئین نامه های سه کشور شود. در این مقاله مبانی فتح توسعه یافته، نتایج با داده های موجود در فرهنگ علمی مقایسه شده، و از همخوانی نتایج برای حصول اطمینان و صحت سنجی کار استفاده شده است.

## ۲- مبانی منطقی و ریاضی فلسفه تغییر حالت

هر پدیده را می توان گذر یک دستگاه از وضعیت مبداء به وضعیت مقصد منظور کرد. مبداء شروع پدیده و مقصد انتهای آن است. فاصله بین مبداء و مقصد، طول عمر پدیده نامیده می شود. همه علم بشری چیزی جز هموار کردن مسیر طول عمر و هدایت در راستای آن نیست. روش های علمی به دو دسته قطعی و تصادفی تقسیم می شوند. در روش علمی قطعی کار با انجام فرض های

ساده کننده، تشکیل معادلات، و حل آن ها صورت می گیرد. چون معمولاً پدیده ها از ابتدا شناخته شده نیستند، در نتیجه هر یک از سه مرحله فوق، عدم قطعیت هایی را وارد کار می کنند. در مواردی که بشر توانسته پدیده را تا حدودی بشناسد، و رفتار را از حل معادلات حاکم بدست آورد، روش علمی را قطعی نامیده اند. از طرف دیگر در مواردی که تشکیل معادلات حاکم مقدور نبوده، و نتیجه به صورت تجربی و استفاده از آزمون و خطا حاصل شده، روش علمی تصادفی نامیده شده است. نویسندگان حاضر و همکاران پژوهشی هنر با دقت زیاد در پدیده های طبیعی، و مطالعه پیوسته و طولانی در زمینه شکست سازه ها، به کشف و تدوین نگاهی نو به علم، تحت عنوان فلسفه تغییر حالت (فتح) دست یافتند. مبانی ریاضی و منطقی فتح در این بخش تشریح می گردد. گسترش فتح به دنبال شناخت دقیق پدیده صورت گرفته و دست آوردها دقیق هستند، در نتیجه فتح یک مسیر بیشتر ندارد، و آن مسیر دقیق پدیده است، و در آن دسته بندی به صورت تصادفی و قطعی جایی ندارد. در فتح هر دستگاه با شناسه ای رفتاری به نام سختی معرفی می شود، که در مبداء دارای مقدار محدود  $k_S$  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 مبداء دارای مقدار محدود  $f_S$  و در مقصد بینهایت است. در هر مرحله از تغییر، به اندازه نرمی تغییر  $c_S$  به نرمی دستگاه افزوده می گردد. رابطه بین نرمی و سختی سازه تغییر یافته در معادله (۱) و در شکل ۱ نشان داده شده است. در شکل ۱ منحنی بالایی، که به تدریج زیاد شده و به سمت بینهایت می رود، نشان دهنده روش های نرمی، مثل مثلاً مکانیک شکست، است. از طرف دیگر منحنی زیرین، که به تدریج کم شده و به صفر میل می کند، شاخص روش های سختی، مثل عمده روش های موجود در مکانیک جامدات، می باشد. در این شکل، خط افقی وسط، که در تمام طول عمر پدیده برابر یک باقی می ماند، مسیر فتح را به نمایش می گذارد.



شکل ۱- مبانی منطقی فلسفه تغییر حالت

در روش های مرسوم در حوالی مقصد دقت بسیار کم می شود. این در حالی است که دقت فتح در تمام طول پدیده یکسان مانده و همه متغیر های دخیل در محدوده باقی می ماند. هدف اصلی فتح، محاسبه مستقل (بی نیاز از مثلاً مکانیک شکست)  $k_C$  و  $c_S$  است. این محاسبات به طوری که به دنبال می آید، در دو مرحله انجام می گردد. در مرحله اول سختی تغییر بر حسب عوامل دیگر تعریف می شود. در مرحله دوم، با توجه به مطالعات ممتد، توابع مربوط به تغییر، تحت عنوان توابع حالت، به طور هنرمندانه بر حسب طول عمر پدیده تعریف می گردد. بفرمایید، این گوی و این میدان.

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

در این مرحله معادله (۱) برای  $k_C$ ، برحسب سه عامل دیگر، حل شده و به کمک آن سختی دستگاه تغییر یافته  $k_{CS} = k_S - k_C$  و سختی تغییر  $k_C$  محاسبه و در معادله (۲) نشان داده شده است.

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

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 می شوند. لازم به ذکر است که ساخت معادلات به شکلی که می بینید، حاصل چندین سال مطالعه و تحقیق و هزاران محاسبه عددی است.

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

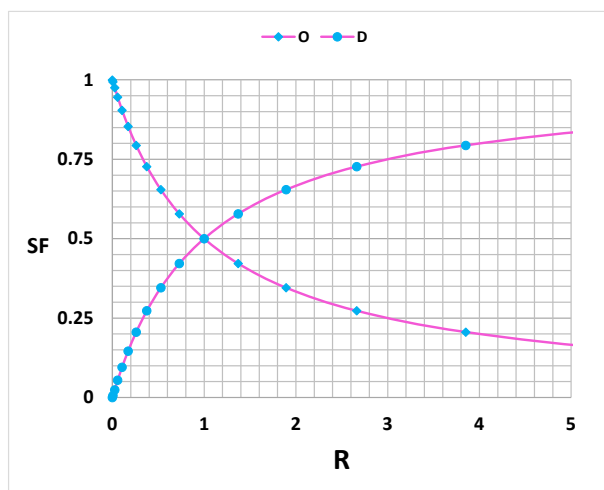
به منظور توسعه بعدی، نرمی دستگاه بر حسب مقدار بی بعد  $f_N$  و مقدار بعد دار  $F_S$ ، و نرمی تغییر بر حسب مقدار بی بعد  $c_N$  و مقدار بعد دار  $F_S$  در معادله (۴) آمده است. با جا گذاری معادله (۴) در معادله (۳) توابع پدیده به صورت بی بعد مندرج در معادله (۵) در می آید:

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

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

توسعه توابع پدیده ( $S_R$  &  $F_R$ ) بر حسب دو تابع دیگر ( $f_N$  &  $c_N$ )، بیشتر از شکل فوق، در این مرحله، ممکن نیست. در نتیجه به منظور ممکن ساختن توسعه بعدی، توابع پدیده به صورت زیر برای مقدار  $f_N = 1$  خیاطی و با اسم توابع حالت نامگذاری شده اند (توابع حالت). تابع پایا به تابع مبدا  $O$ ، تابع تخریب به تابع مقصد  $D$ ، و تابع نرمی تغییر به نسبت حالت  $R$  تبدیل شده اند. حاصل در معادله (۶) نمایش داده شده است.

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



شکل ۲- توابع O و D به صورت توابع R

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

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

در این مرحله هدف ساخت توابع حالت است. با استفاده از حدود تغییرات در معادله (۷)، مساله به صورت یک مساله ریاضی معمول، یعنی پیدا کردن توابع حالت با شرایط مرزی مندرج در معادله (۸) تعریف می شود، که در آن  $\max$  علامت بیشینه و  $\min$  علامت کمینه است. تغییرات توابع  $D$  و  $O$  به صورت توابع  $R$  در شکل ۲ نشان داده شده است.

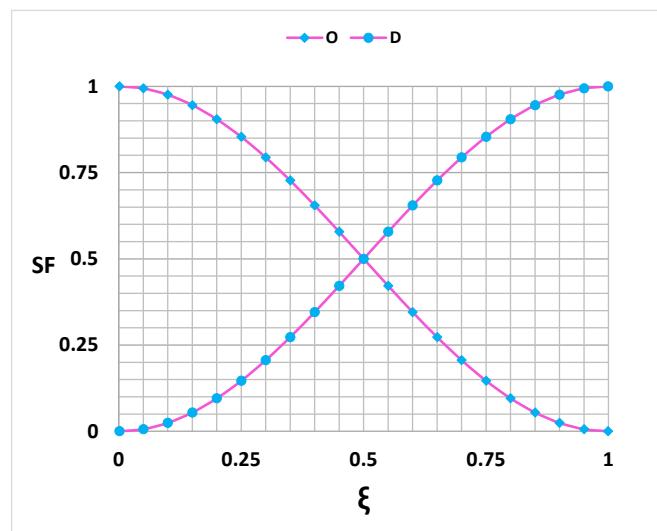
$$O = \begin{cases} \max = 1 & @ R = 0 \\ \min = 0 & @ R = \infty \end{cases} \quad D = \begin{cases} \min = 0 & @ R = 0 \\ \max = 1 & @ R = \infty \end{cases} \quad (8)$$

طبق آخرین اطلاع نویسندگان، نسبت حالت  $R$ ، فقط برای یک یا دو عضو ساده در دسترس است (این چیزی شبیه نرمی ترک در مکانیک شکست می باشد). در نتیجه ساخت توابع حالت بر حسب آن، بیش از معادله (۶)، فعلا ممکن نیست. جهت حل مشکل، تغییرات نسبت حالت در طول عمر پدیده مورد مطالعه قرار گرفت، و کشف شد که ابتدای منحنی  $R = 0$  منطبق بر مبداء پدیده و انتهای آن  $R = \infty$  روی مقصد پدیده است. با توجه به این کشف متغیر جدیدی به نام متغیر حالت  $\xi \in [0, 1]$  تعریف شد که در مبداء مقدار آن برابر صفر  $\xi = 0$  و در مقصد مقدار آن برابر یک  $\xi = 1$  است. این ابتکار مشکل را حل کرد. در نتیجه توابع حالت به صورت توابعی از متغیر حالت با مقادیر مرزی، و به صورت معادله (۹) در می آید.

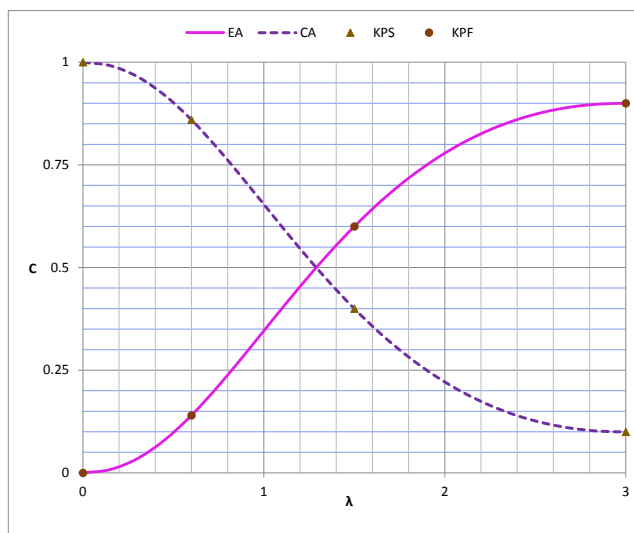
$$O = \begin{cases} \max = 1 & @ \xi = 0 \\ \min = 0 & @ \xi = 1 \end{cases} \quad D = \begin{cases} \min = 0 & @ \xi = 0 \\ \max = 1 & @ \xi = 1 \end{cases} \quad (9)$$

در ابتدا توابع به صورت چند جمله ای (تابع هرمیت) تعریف شدند. تابع هرمیت، با سابقه تولید بیش از دو قرن [۴۰]، با مخالفتی، مبنی بر این که با شرط معادله (۹) هزار و یک معادله می توان تولید کرد، روبرو شد. خوشبختانه پیگیری ها منجر به کشف تابعی مثلثاتی در مقاومت مصالح شد. معادله جدید در مقاومت مصالح جا افتاده بود و دیگر کسی نمی توانست روی آن حرف بزند! این کشف به فال نیک گرفته شد و متوسط توابع هرمیت و مثلثاتی، به عنوان توابع حالت تایید، و در معادله (۱۰) درج شده است. توابع  $O$  و  $D$  به صورت توابع متغیر حالت  $\xi$  در شکل ۳ درج شده است.

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



شکل ۳- توابع  $D$  و  $O$  به صورت توابع  $\xi$



شکل ۴- منحنی ظرفیت ستون فولادی در آیین نامه آمریکا

ساخت توابع حالت، تولید مستقل توابع پدیده را کلید زد. بدنبال آن سختی دستگاه بر حسب مقدار بی بعد  $k_N$  و مقدار بعد دار  $K_S$  نشان داده شد. در این مرحله باید سختی تغییر تعریف می شد. این در فرهنگ علمی تعریف نشده بود. مطالعه ممتد در منابع مکانیک شکست نشان داد که، بر خلاف متغیرهای دستگاه، تغییرات سختی تغییر همانند (متناسب با) و دارای ضرایب بی بعد مساوی (با نرمی آن است. به دنبال این کشف، مقدار سختی تغییر بر حسب مقدار بی بعد  $c_N$  و مقدار بعد دار  $K_S$  تعریف و در معادله (۱۱) درج شده است. نسبت این دو، با توجه به تعریف، برابر نسبت حالت قرار داده و در نتیجه نرمی تغییر به صورت مضربی از نسبت حالت تعریف و در معادله (۱۲) نشان داده شده است. این انتهای موفقیت آمیز تعیین  $k_C$  و  $c_S$  تغییر بود.

$$k_S = k_N K_S \quad k_C = c_N K_S \quad (11)$$

$$k_C / k_S = c_N / k_N \quad c_N = k_N R \quad (12)$$

با جاگذاری معادله (۱۲) در معادله (۵)، شکل عمومی توابع پدیده به صورت معادله (۱۳) حاصل می گردد.

$$S_R = \frac{O}{O + k_N^2 D} \quad F_R = \frac{k_N^2 D}{O + k_N^2 D} \quad (13)$$

همانند نسبت حالت، ضریب  $k_N$  نیز فقط برای دستگاه های خاص قابل محاسبه است، لذا توابع پدیده تعمیم داده شده، و به صورت عام در معادله (۱۴) 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.

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

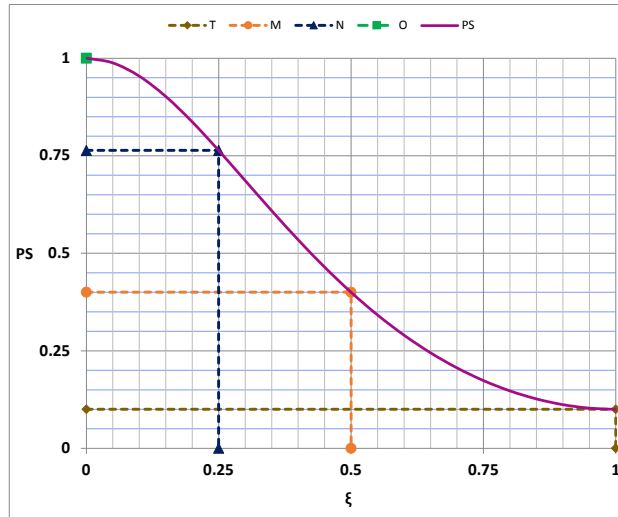
مشتق توابع پدیده نسبت به متغیر حالت، به نام تابع چگالی  $f_R$  نامگذاری و در معادله (۱۵) درج شده است.

$$\frac{dS_R}{d\xi} = -f_R \quad \frac{dF_R}{d\xi} = +f_R \quad f_R = \frac{b a_M D^{b-1} O^{b-1} D^{(1)}}{(O^b + a_M D^b)^2} \quad (15)$$

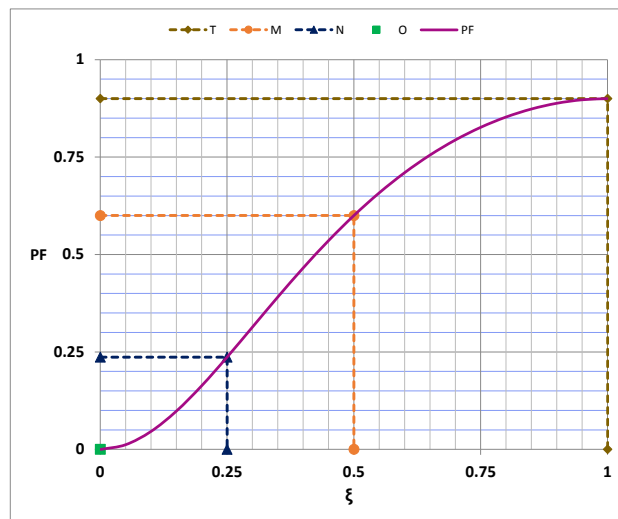
تا این مرحله مبانی بنیادین فتح، بر مبنای منطقی، منطق ریاضی، و بدون فرض خاص تولید شد. در بخش های بعد از این مبانی استفاده شده، و فتح برای بررسی پدیده های خاص خیاطی می شود.

### ۳- منحنی فارسی

احتمالا 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 حتی پر رنگ تر از منحنی فرانسوی را، منتها 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.

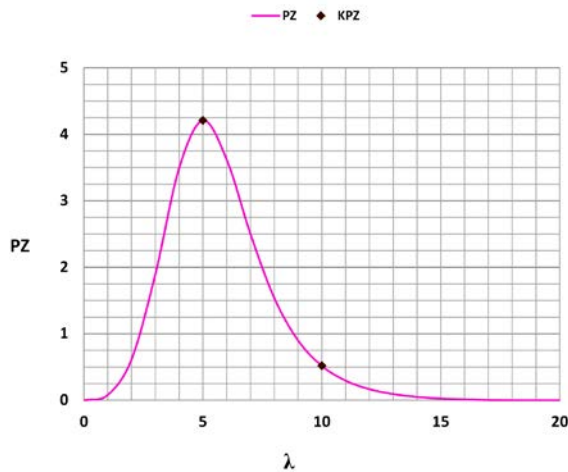


شکل ۵- شیوه ساخت منحنی شیراز



شکل ۶- شیوه ساخت منحنی فسا





شکل ۷- شیوه ساخت منحنی زاهدان

نتایج بررسی پدیده‌ها در شاخه‌های مختلف علم (علمی)، مثل شکل ۴، به صورت منحنی‌های دارای دو محور نشان داده می‌شود، که محور قائم نمایش دهنده رفتار پدیده، که همیشه بین صفر و یک قابل تنظیم است  $C_A \in [0, 1]$ ، و محور افقی متغیر شناسه دستگاه، مؤثر در تغییر حالت، است که معمولاً محدودیت ندارد  $\lambda \in [0, \infty]$ . مثلاً در شکل ۴ محور قائم ظرفیت باربری،  $C_A$ ، ستون در آیین نامه آمریکا و محوری افقی ضریب لاغری نسبی  $\lambda$ ، به عنوان شناسه ستون، می‌باشد. در فتح نیز محور قائم بین صفر و یک است و می‌تواند مستقیماً با علمی مقایسه شود. در فتح محور افقی نیز بین صفر و یک است  $\xi \in [0, 1]$ . برای این که بتوان از تولیدات فتح مستقیماً استفاده کرد، کافی است که محور افقی فتح نیز با محور افقی پدیده تنظیم شود (مقایسه شکل ۳ و شکل ۴). چون در پدیده‌های طبیعی محور افقی تا بینهایت ادامه دارد، گذاشتن انتهای محور افقی فتح بر انتهای محور افقی پدیده (دور از دسترس است)، مستقیماً ممکن نیست. برای حل مشکل منحنی طبیعی در نقطه ای معین  $T$ ، بریده شد و آن نقطه  $T$  به عنوان انتهای پدیده منظور گردید. با انتخاب انتها، و با توجه به مبانی ریاضی فتح، در کل چهار نقطه کلیدی، از بین داده‌های معتبر (آزمایش گاهی) کافی است. نقاط کلیدی عبارتند از ابتدا  $O(\lambda_O, P_O)$ ، ربع اول  $N(\lambda_N, P_N)$  (این نقطه می‌تواند هر نقطه ای غیر از سه نقطه دیگر باشد)، وسط  $M(\lambda_M, P_M)$ ، و انتها  $T(\lambda_T, P_T)$ . با داشتن نقاط کلیدی متغیرهای هادی و تابع پایا که حالا به نام تابع شیراز  $P_S$  نامگذاری شده از معادله (۱۶) محاسبه می‌شود، که در آن  $O_N$  و  $D_N$  به ترتیب مقادیر  $O(\xi_N)$  و  $D(\xi_N)$  در نقطه  $N$  هستند.

$$a_M = \frac{1-P_M}{P_M-P_T} \quad a_N = \frac{1-P_N}{P_N-P_T} \quad b = \frac{\text{Log}(a_N/a_M)}{\text{Log}(D_N/O_N)} \quad P_S = \frac{O^b + P_T a_M D^b}{O^b + a_M D^b} \quad (16)$$

به طریق مشابه تابع تخریب که حالا به نام تابع فسا  $P_F$  نامگذاری شده از معادله (۱۷)، بر حسب متغیرهای مربوطه، محاسبه می‌شود.

$$a_M = \frac{P_M}{P_T - P_M} \quad a_N = \frac{P_N}{P_T - P_N} \quad b = \frac{\text{Log}(a_N/a_M)}{\text{Log}(D_N/O_N)} \quad P_F = \frac{P_T a_M D^b}{O^b + a_M D^b} \quad (17)$$

قابل ذکر است، که سادگی محاسبه متغیرهای هادی در معادله‌های (۱۶) و (۱۷) از خواص خاص و شاخص توابع حالت حاصل شده است. پس از محاسبه هر یک از توابع شیراز و یا فسا در فوق، تابع توزیع مربوطه را می‌توان، با استفاده از متغیرهای کلیدی آنها، با نام منحنی زاهدان  $P_Z$ ، از معادله (۱۸) محاسبه کرد. در شکل ۴ نمونه ای از نقاط کلیدی روی  $P_S$  با علامت  $KPS$  و روی  $P_F$  با علامت  $KPF$  نشان داده شده است.

$$P_Z = \frac{ba_M D^{b-1} O^{b-1} D^{(1)}}{(O^b + a_M D^b)^2} \quad (18)$$

و اما در صورتی که داده به صورت توزیع در دسترس باشد، متغیرهای مربوطه از حل معادله غیر خطی (۱۹) حاصل می شود، که در آن متغیرهای مربوطه در معادله های (۲۰) و (۲۱) تعریف شده اند. لازم به ذکر است که در این حالت مختصات ابتدا و انتهای منحنی صفر است، و مختصات نقطه وسط  $M(\lambda_M, P_M)$ ، و محل نقطه اوج  $P(\lambda_P, P_P)$  منحنی داده شده است.

$$a_M(\xi_P) = -\frac{O_P^{(1)} - \bar{R}O_P}{\bar{D}_P^{(1)} - \bar{R}\bar{D}_P} \quad b = \frac{P_M}{(\pi + 3)} \times \frac{(1 + a_M)^2}{a_M} \quad \bar{R} = \frac{1}{2} \times \frac{\bar{D}_P^{(2)}O_P^{(0)} - \bar{D}_P^{(0)}O_P^{(2)}}{\bar{D}_P^{(1)}O_P^{(0)} - \bar{D}_P^{(0)}O_P^{(1)}} \quad (19)$$

$$O_P = O^b \quad O_P^{(1)} = bO^{(1)}O^{b-1} \quad O_P^{(2)} = b(O^{(2)}O^{b-1} + (b-1)O^{(1)}O^{(1)}O^{b-2}) \quad (20)$$

$$\bar{D}_P = D^b \quad \bar{D}_P^{(1)} = bD^{(1)}D^{b-1} \quad \bar{D}_P^{(2)} = b(D^{(2)}D^{b-1} + (b-1)D^{(1)}D^{(1)}D^{b-2}) \quad (21)$$

با معلوم شدن متغیرهای کلیدی، می توان از آن ها برای محاسبه تابع توزیع از معادله (۱۵) استفاده کرد، و یا مستقیماً بر حسب متغیر  $\lambda$  پدیده از معادله (۲۲) کمک گرفت.

$$P_Z(\lambda) = \frac{1}{\lambda_T} \times \frac{ba_M D^{b-1} O^{b-1} D^{(1)}}{(O^b + a_M D^b)^2} \quad (22)$$

در تمام معادلات بالا، متغیر حالت  $\xi$  از معادله (۲۳) تعیین می شود.

$$\xi = \frac{\lambda - \lambda_O}{\lambda_T - \lambda_O} \quad (23)$$

مجموعه توابع شیراز، فسا، و زاهدان به نام منحنی فارسی نامگذاری شده اند. نمونه هایی از شیوه ساخت منحنی های شیراز، فسا، و زاهدان به ترتیب در شکل های ۵، ۶، و ۷ نشان داده شده اند.

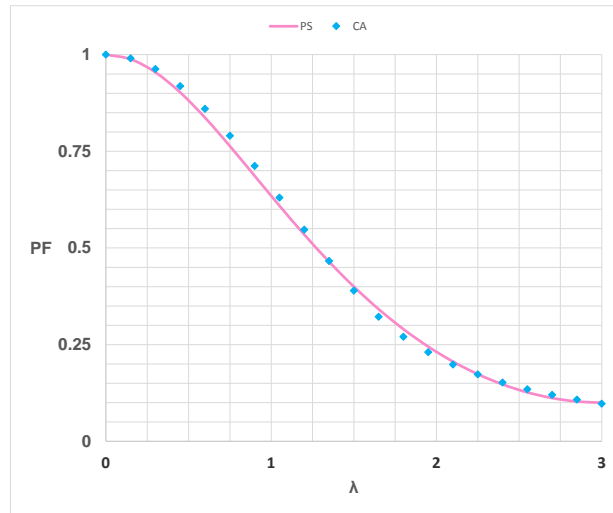
#### ۴- محاسبه ظرفیت عضوهای فولادی

منحنی های فارسی می توانند برای بررسی همه پدیده های طبیعی بکار گرفته شوند. یکی از این پدیده ها تعیین ظرفیت باربری سازه ها به منظور استفاده در طراحی مطمئن آن هاست. در این بخش به مساله تعیین ظرفیت باربری عضوهای فولادی، شامل عضوهای تحت اثر مجزاً و یا ترکیب نیروهای کششی، فشاری، خمشی، برشی، و غیره پرداخته می شود. برای تنظیم متغیرهای هادی، داده های آزمایشگاهی و محاسباتی قابل اطمینان چندی مورد مطالعه قرار گرفت [۴۱ تا ۴۳]. دقت در نتایج منجر به انتخاب نقاط کلیدی قابل اطمینان درج شده در معادله (۲۴) گردید. با استفاده از این نقاط، متغیرهای هادی و منحنی شیراز، منحنی فسا، و منحنی زاهدان مطابق معادله (۲۵) حاصل شد.

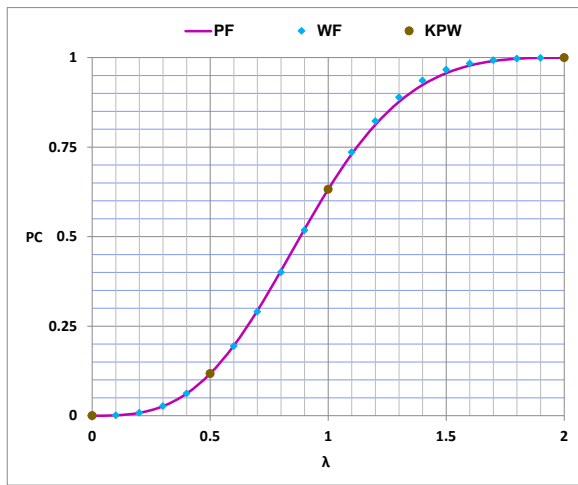
$$O(0, 1.0) \quad N(0.75, 0.765) \quad M(1.5, 0.40) \quad T(3, 0.10) \quad (24)$$

$$a_M = 2 \quad a_N = 0.353 \quad b = 1 \quad P_S = \frac{1 - 0.8D}{1 + D} \quad P_F = \frac{1.8D}{1 + D} \quad P_Z = \frac{2.0D^{(1)}}{(1 + D)^2} \quad (25)$$

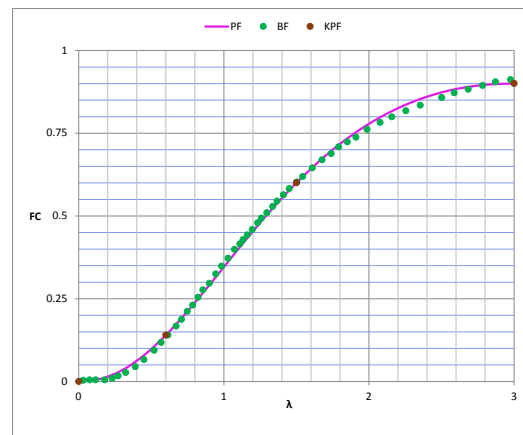
به منظور راست آزمایی، تابع شیراز با معادله ظرفیت ستون در آیین نامه آمریکا، که در معادله (۲۶) تعریف شده، مقایسه می شود.



شکل ۸- مقایسه منحنی فارسی با داده های قابل اعتماد



شکل ۱۰- مقایسه منحنی احتمال ویبل با منحنی فارسی



شکل ۹- مقایسه منحنی شکنندگی BF و PF

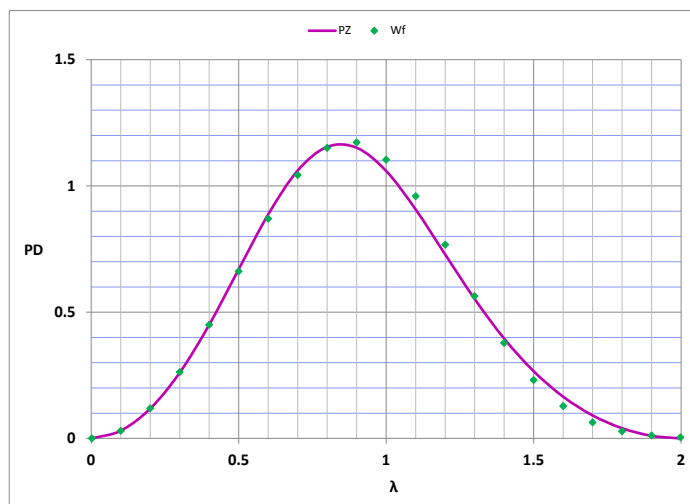
$$c=1 \quad d=3 \quad g=0 \quad \text{و} \quad a_M=1.72 \quad b=1.48$$

$$C_A = \begin{cases} 0.687\lambda^2 & \text{for } \lambda \leq 1.5 \\ 0.877/\lambda^2 & \text{for } \lambda > 1.5 \end{cases} \quad (26)$$

تابع شیراز  $PS$  و ظرفیت ستون آیین نامه آمریکا  $CA$  در شکل ۸ با هم مقایسه شده اند. همخوانی نتایج نشانه درستی کار در نظر گرفته می شود. با مشخص شدن تابع شیراز معادله ترکیبی برای طراحی بر اساس تنش خمشی را در معادله (۲۷)، و معادله ترکیبی برای طراحی برای تنش برشی در معادله (۲۸) درج می گردد. در این معادلات زیر نویس  $B$  نشان دهنده ظرفیت پایه یا مقطع است. مثلاً برای میله محوری  $P_B = A_S F_Y$  است، که در آن  $A_S$  سطح مقطع و  $F_Y$  تنش خمیری فولاد است.

$$\frac{P}{P_B} + \frac{M}{M_B} + \dots \leq P_S \quad \frac{T}{T_B} + \frac{M}{M_B} + \dots \leq P_S \quad (27)$$

$$\frac{V}{V_B} + \frac{T}{T_B} + \dots \leq P_S \quad (28)$$



شکل ۱۱- مقایسه منحنی چگالی ویبل با منحنی چگالی فارسی

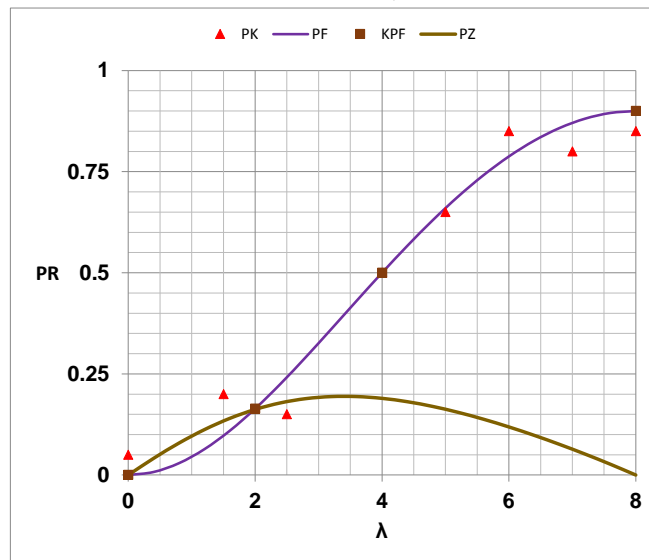
$$c=1 \quad d=3 \quad g=0 \quad \text{و} \quad a_M=1.72 \quad b=1.48$$

### ۵- منحنی احتمال فارسی

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  $k_C$  گلوله را بردارید. تعداد گلوله های باقی مانده را  $k_{CS}$  بنامید. از مقایسه سیستم کیسه پر از گلوله در علم احتمال و علم اعتماد مرسوم، با مبانی فتح، به سادگی می توان دریافت که  $P_F$  یعنی منحنی فضا همتای تابع احتمال،  $P_S$  یعنی منحنی شیراز همتای تابع اعتماد، و  $P_Z$  یعنی منحنی زاهدان 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 است [۴۴]، در صورتی که در فتح همه چیز بر مبنای استدلال منطقی و منطق ریاضی، که روندی قابل اعتماد است بنا شده است. در نتیجه منبسط 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 منحنی ها، منحنی های احتمال فارسی نامگذاری شده اند. در زیر پدیده های مهم و پر استفاده در زمینه احتمال و اعتماد با فتح بررسی می شود.

یکی از پدیده های مهم و مورد توجه در جامعه علمی جهان، بررسی روش های مقابله با اثر تهدیدهای طبیعی، مثل زلزله، انفجار، سیل، و غیره، بر سازه هاست. اولین قدم برای موفقیت در این راه شناخت این پدیده هاست. در بین این پدیده ها زلزله نقش پر رنگ 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 [۵ تا ۱۱]. 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 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 [۱۲]، به نام "هَل شکن" (اسم از نویسندگان است)، تهیه شده که صد ها هزار رکورد واقعی و مصنوعی را با استفاده از روش های مخصوص [۱۳] تولید کرده و بکار می گیرد، و با استفاده از توان محاسباتی رایانه های قوی، محاسبات گران و طولانی را انجام می دهند [۱۴]. با این حال نشان داده شده که نتایج باز دارای عدم قطعیت هستند [۱۵ تا ۱۷]. 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 [۱۴] یک سازه با قاب پیوسته بتنی شش طبقه را برای تهیه منحنی

شکنندگی طراحی کردند. با استفاده از نرم افزار هُل شکن [۱۳]، و با بکار گیری تحلیل غیر خطی ماده 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 ۹ منحنی  $BF$  با منحنی فسا در معادله (۲۵)  $PF$  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.



شکل ۱۲- مقایسه منحنی های فارسی با داده های کیلین

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 [۴۵]، به صورت تابع تجمعی  $F_W$  و تابع توزیع  $f_W$  در معادله (۱۹) تعریف شده اند، که در آن  $d$ ،  $c$  و  $g$  متغیرهای هادی ویبل و  $\lambda$  متغیر تصادفی است.

$$f_W = \frac{d}{c} \left( \frac{\lambda - g}{c} \right)^{d-1} \exp \left( - \left( \frac{\lambda - g}{c} \right)^d \right) \quad F_W = 1 - \exp \left( - \left( \frac{\lambda - g}{c} \right)^d \right) \quad (29)$$

در شکل ۱۰ تابع احتمال ویبل  $F_W$ ، و در شکل ۱۱ تابع چگالی ویبل  $f_W$ ، برای مقادیر  $c=1$ ،  $d=3$  و  $g=0.0$  رسم شده و از روی منحنی شکل ۱۰، نقاط کلیدی خوانده و در معادله (۳۰) درج گردیده است.

$$O(0.0, 0.0) \quad N(0.5, 0.12) \quad M(1.0, 0.63) \quad T(2.0, 1.0) \quad (30)$$

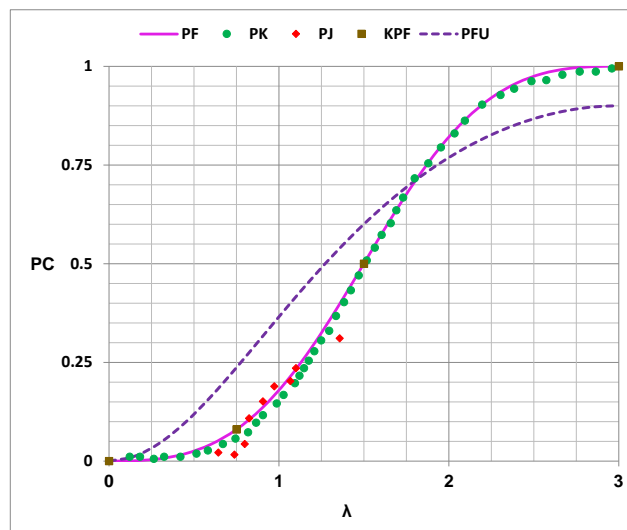
با استفاده از نقاط کلیدی در معادله (۳۰)، کمیت های هادی و منحنی های فارسی محاسبه و در معادله (۳۱) نشان داده شده اند.

$$a_M = 1.72 \quad b = 1.42 \quad P_F = \frac{P_T a_M D^b}{O^b + a_M D^b} \quad P_Z = \frac{b a_M D^{(1)} D^{b-1} O^{b-1}}{(O^b + a_M D^b)^2} \quad (31)$$

منحنی احتمال فارسی، در شکل ۱۰، و منحنی چگالی فارسی، در شکل ۱۱، 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.

## ۶- انطباق منحنی بر داده با منحنی فارسی

در اغلب شاخه های علم انطباق منحنی بر داده مورد نیاز است. در بخش های قبل مواردی از انطباق منحنی بر داده های آزمایش گاهی برای تهیه منحنی طراحی، و منحنی شکنندگی، شرح داده شد. در زمینه های اقتصاد و مدیریت، مساله ای شبیه تهیه منحنی شکنندگی وجود دارد. یعنی لازم است که یک منحنی احتمال پیوسته، بر داده های معین منطبق شود. تعداد داده ها معمولاً چندان زیاد نیست. در آن زمینه ها، حل مساله از طریق بهتر از راهی که برای ساخت منحنی شکنندگی در پیش گرفته شده، انجام می شود [۴۶ تا ۵۷]. انطباق منحنی بر داده چه برای تهیه منحنی شکنندگی، و چه برای منحنی احتمال لازم برای تصمیم گیری، همواره با ابهام هایی همراه است، که عدم اطمینان وارد کار می کند. اول این که اگر منحنی از بین صد ها منحنی های احتمال موجود انتخاب شود، باز معلوم نیست درست باشد، چون لزوماً آن منحنی برای داده مورد نظر ساخته نشده است. در نتیجه روش های ترکیبی ابداع شده است. چه در انتخاب مستقیم و چه در روش ترکیبی همواره محاسبات بسیار سخت و خسته کننده و نتیجه دارای عدم اطمینان معرفتی و عقلی است. شاید به همین علت است که برای انطباق منحنی بر داده، روش مطمئن و ارزانی، در هیچ یک از زمینه های علم بشری وجود ندارد.



شکل ۱۳- مقایسه منحنی های فارسی با داده های کوچک

با توجه به مبانی بنیادی منحنی فارسی، با اطمینان می توان آن را به عنوان گزینه دقیق، آسان، ارزان، و مطمئن برای انطباق منحنی بر داده در تمام زمینه های علم بشری اعلام کرد. در این بخش منحنی فارسی برای انطباق بر نمونه هایی از داده بکار رفته است.

Table 1- A set of inconsistent quantile/probability data

$P$	0.05	0.15	0.20	0.50	0.65	0.80	0.85	0.85
$\lambda$	0.00	2.50	1.50	4.00	5.00	7.00	6.00	8.00

داده های انتخابی از جدول ۲ کیلین و پولی [۴۹] انتخاب و در جدول ۱ گنجانده شده است. با توجه به داده های جدول نقاط کلیدی  $(O, N, M, T)$ ، متغیر های هادی  $(a_M, b)$ ، منحنی احتمال (فسا)  $P_F$ ، و منحنی توزیع (زاهدان)  $P_Z$  در معادله های (۳۲) و (۳۳) نشان داده شده است. منحنی احتمال  $P_F$ ، منحنی توزیع  $P_Z$ ، همراه با داده ها  $PK$ ، و نقاط کلیدی  $KPF$  در شکل ۱۲ با هم مقایسه شده اند. صحت، سادگی و دقت منحنی های فارسی آشکار است.

$$O(0.00, 0.00) \quad N(2.00, 0.164) \quad M(4.00, 0.50) \quad T(8.00, 0.90) \quad (32)$$

$$a_M = 1.25 \quad b = 1.0 \quad P_F = \frac{1.25D}{1 + 0.25D} \quad P_Z = \frac{1.25D^{(1)}}{(1 + 0.25D)^2} \quad (33)$$

جدول ۲- درصد پخش بیماری ایدز در آفریقای جنوبی

Set 1					Set 2				
No.	Year	Prev	$\xi$	PW	No.	Year	Prev	$\xi$	PW
1	1990	0.3	0.000	<b>0.000</b>	11	2000	14.9	0.556	<b>0.785</b>
2	1991	0.6	0.055	<b>0.016</b>	12	2001	16.2	0.611	<b>0.855</b>
3	1992	1.1	0.111	<b>0.043</b>	13	2002	17.1	0.667	<b>0.903</b>
4	1993	2.0	0.167	<b>0.091</b>	14	2003	17.8	0.722	<b>0.941</b>
5	1994	3.3	0.222	<b>0.161</b>	15	2004	18.3	0.778	<b>0.968</b>
6	1995	5.0	0.278	<b>0.253</b>	16	2005	18.5	0.833	<b>0.979</b>
7	1996	7.0	0.333	<b>0.360</b>	17	2006	19.7	0.889	<b>0.989</b>
8	1997	9.2	0.389	<b>0.478</b>	18	2007	18.8	0.944	<b>0.995</b>
9	1998	11.3	0.444	<b>0.591</b>	19	2008	18.9	0.999	<b>1.000</b>
10	1999	13.2	0.500	<b>0.694</b>	20	-	-	-	-

کواگ و هام [۵۹] بر اساس داده های حاصل از اندازه گیری لغزش زمین توسط جیسون و همکاران [۶۰]، منحنی شکنندگی برای سازه یک نیروگاه اتمی را تهیه کردند. با توجه به داده ها نقاط کلیدی انتخاب و در معادله (۳۴) درج شده است. با استفاده از این نقاط، متغیرهای هادی  $(a_M, b)$  و منحنی احتمال فارسی (فسا)  $P_F$  محاسبه و در معادله (۳۵) گنجانده شده است. در شکل ۱۳ داده ها، منحنی احتمال کواگ  $PK$ ، داده ها  $PJ$ ، نقاط کلیدی  $KPF$ ، و منحنی احتمال فارسی (فسا)  $PF$  با هم مقایسه شده اند. همخوانی نتایج دقت و توان منحنی فارسی را به نمایش می گذارد.

$$O(0.00, 0.00) \quad N(0.75, 0.08) \quad M(1.50, 0.50) \quad T(3.00, 1.00) \quad (34)$$

$$a_M = 1.0 \quad b = 1.42 \quad P_F = \frac{D^b}{O^b + D^b} \quad P_Z = \frac{bD^{b-1}O^{b-1}D^{(1)}}{(O^b + D^b)^2} \quad (35)$$

منحنی های فسا و زاهدان در فوق بر اساس نقاط انتخابی ساخته شدند. اعتماد به آن ها در حد اعتماد به داده هاست. این ها خطای معرفتی ندارند و حاوی خطای عقلی هستند. دقت در تغییرات پدیده های طبیعی نشان می دهد که همه دارای یک قاعده بیشتر نیستند. در مورد حاضر توابع مربوطه در معادله (۳۶) (تکرار معادله (۲۵)) نشان داده شده است. منحنی فضای عام نظیر  $PFU$  نیز در شکل ۱۳ نشان داده شده است.

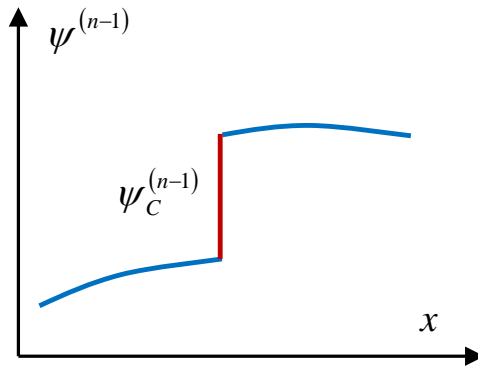
$$a_M = 2 \quad a_N = 0.353 \quad b = 1 \quad P_{SU} = \frac{1-0.8D}{1+D} \quad P_{FU} = \frac{1.8D}{1+D} \quad P_{ZU} = \frac{2.0D^{(1)}}{(1+D)^2} \quad (36)$$

#### ۷- قدم به قدم حرکت به سوی فتح

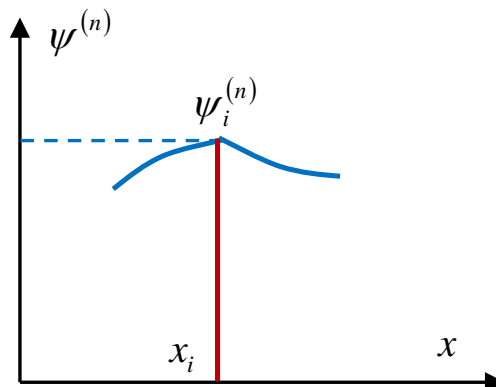
مشق طلایی: اولین قدمی که راه را برای کشف فتح باز کرد تعریف مشتق طلایی بود. ساخت مشتق طلایی در این جا گزارش می شود. معادله حاکم بر سازه سالم در حالت کلی را می توان به شکل معادله (۳۷) نوشت، که در آن  $(n)$  درپیشانی علامت درجه مشتق پایه است.

$$(\psi^{(n)})^{(n)} + \dots = 0 \quad (37)$$

طبق معادله (۳۸) مشتق های تابع  $\psi^{(m)}$  به دودسته، پایه با جنس تغییر شکل و طبیعی با جنس نیرو، تقسیم می گردد.



شکل ۱۴- پرش حاصل تغییر



شکل ۱۵- مشتق پایه در محل تغییر متمرکز

$$\psi^{(m)} = \begin{cases} m = 0 \text{ to } n-1 & \text{essential displacement} \\ m = n \text{ to } 2n-1 & \text{natural force} \end{cases} \quad (38)$$

هر تغییر طبق معادله (۳۹) در مشتق پایه، پرش در جابجایی  $\Delta u$  برای عضو محوری، و پرش در زاویه دوران  $\Delta \theta$  برای عضو خمشی، ایجاد می کند. هدف ترکیب معادله حاکم و معادله تغییر است. ترکیب معادله دیفرانسیل (۳۷) و معادله اختلاف (۳۹) به شکل فعلی امکان ندارد. اولین قدم در جهت ممکن ساختن ترکیب نوشتن معادله های تغییر، توسط هنر، به شکل معادله دیفرانسیل (۴۰) است، که در شکل ۱۴ نشان داده شده است.

$$\Delta \theta = c_b y^{(2)} \quad \Delta u = c_a u^{(1)} \quad (39)$$

$$\psi_C^{(n-1)} = c_s \psi^{(n)} H(x - x_i) \quad (40)$$

مشتق معادله (۴۰) به صورت معادله (۴۱) نوشته می شود، که در آن  $H(x - x_i)$  تابع پله ای هرمیت، و  $\delta(x - x_i)$  دلتای دیراک با خاصیت، رهایی بی تغییر تابع، مندرج در قسمت پایین معادله (۴۱) می باشد.

$$\psi_C^{(n)} = c_s \psi^{(n)} \delta(x - x_i) + c_s \psi^{(n+1)} H(x - x_i) \quad (41)$$

$$\int f(x) \delta(x - x_i) dx = f(x_i)$$

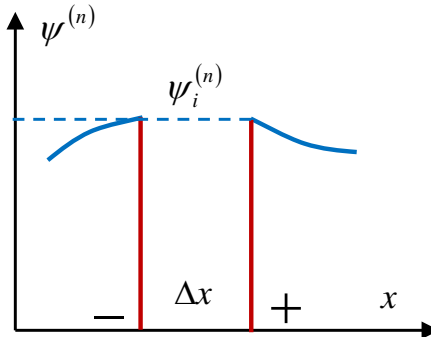
با توجه به معادله (۴۰) تغییر در مشتق پایه  $\psi^{(n)}$  ایجاد نمی شود، به شکل ۱۵ توجه کنید. گروه هنر در مطالعات خود کشف کرده بود که جمله دوم قسمت اول معادله (۴۱) در تعریف مشتق پایه تغییر وجود ندارد. برای توجیه منطقی این کشف، طرفین مشتق پایه در محل تغییر مطابق شکل ۱۶ به فاصله  $\Delta x$  از هم جدا شد تا امکان محاسبه مشتق  $\psi^{(n+1)}$  در این نقطه فراهم شود. با توجه به این شکل مشتق  $\psi^{(n+1)}$  طبق معادله (۴۲) برابر صفر می شود. با جاگذاری معادله (۴۲) در معادله (۴۱)، مشتق طلایی به صورت



معادله (۴۳) حاصل می شود. برای اولین بار مشتق تلایبی، یعنی مشتق در محل ناپیوستگی، توسط گروه هنر ساخته و در اختیار جامعه علمی قرار گرفت [۲۵ و ۲۶].

$$\psi^{(n+1)} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\psi_+^{(n)} - \psi_-^{(n)}}{\Delta x} = 0 \quad (42)$$

$$\psi_C^{(n)} = c_S \psi^{(n)} \delta(x - x_i) \quad (43)$$



شکل ۱۶- توجیه مشتق تلایبی محل تغییر متمرکز

معادله (۴۳) با معادله (۳۷) ترکیب شد، و معادله حاکم بر سازه تغییر یافته در معادله (۴۴) ساخته شد. حل تحلیلی معادله (۴۴) به کمک تبدیل لاپلاس به سادگی انجام شد.

$$(\psi^{(n)} - c_S \psi^{(n)} \delta(x - x_i))^{(n)} + \dots = 0 \quad (44)$$

ساخت معادله حاکم (۴۴)، تحلیل سازه های تغییر یافته را آسان، دقیق، و ارزان کرد [۱۹، ۲۱، و ۲۲]. بدنبال این موفقیت کار برای ساخت معادله عناصر محدود سازه تغییر یافته آغاز گردید. روش مانده های وزن دار [۲۳] برای تبدیل معادله (۴۴) بکار گرفته شد. این کار با موفقیت همراه نشد، چون روش مانده های وزن دار بر اساس مشتق زنجیری بنیان گذاری شده که مستلزم پیوستگی است. در حالی که معادله (۴۴) حاوی ناپیوستگی بود. اعمال مستقیم روش مانده های وزن دار منجر به معادله عناصر محدود در معادله (۴۵) شد، که در آن  $k_{OD}$  یعنی سختی سازه بدون تغییر درست، ولی  $\bar{k}_{OD}^C$  یعنی سختی تغییر غلط از آب در آمد. با آزمون و خطا، صد ها تحلیل عددی انجام گرفت، نتایج به دقت و با هنرمندی بر رسی، و بالاخره سختی تغییر اصلاح شد [۲۴ تا ۲۶]. نتیجه به شکل  $k_{OD}^C$  در معادله (۴۶) در آمد. تولد توابع پدیده  $S_R$  و  $F_R$  از این جا شروع شد. مطالعات و پژوهش های ممتد یکی دو سال بعد منجر به کشف راه حل ریاضی مندرج در بخش ۲ برای ساخت منطقی این توابع شد. در معادله های (۴۵) و (۴۶)،  $N_O$  و  $N_D$  به ترتیب توابع شکل گره های  $O$  و  $D$  هستند.

$$(k_{OD} - \bar{k}_{OD}^C) \psi_D + \dots = 0$$

$$k_{OD} = \int N_O^{(n)} N_D^{(n)} dx \quad (45)$$

$$\bar{k}_{OD}^C = \int N_O^{(n)} c_S \delta(x - x_i) N_D^{(n)} dx$$

$$k_{OD}^C = \begin{cases} S_R \int N_O^{(n)} c_S \delta(x - x_i) N_D^{(n)} dx \\ F_R \int N_O^{(n)} f_S \delta(x - x_i) N_D^{(n)} dx \end{cases} \quad (46)$$

با مشخص شدن دقیق سختی تغییر و با در نظر گرفتن معادله (۴۵) معادله عناصر محدود تعمیم یافته (XFEM) به صورت معادله (۴۷) در می آید، که در آن سختی تعمیم یافته برابر سختی بدون تغییر ضرب در تابع  $S_R$  است.

$$S_R k_{OD} \psi_D + \dots = 0 \quad (1-47)$$

## ۸- مکانیک شکست

شاخه ای از علم که در آن رفتار سازه های ترک دار بررسی می شود، مکانیک شکست نامگذاری شده است. ترک خوردن خارج از رفتار الاستیک خطی است، با این حال، به خاطر قاعده مرسوم که در فرهنگ علمی رایج است، مثل تحلیل های دیگر، مکانیک شکست نیز به شاخه های مکانیک شکست الاستیک خطی، و غیره تقسیم شده است. مکانیک شکست با محاسبه تنش در اطراف سوراخ بیضوی در صفحه تحت تنش توسط انگلیس در سال ۱۹۱۳ [۶۱] آغاز شد. یک افسر نیروی دریایی انگلیس، به نام گریفیس [۶۲] از سال ۱۹۲۰ به بعد، که تحت تاثیر شکست کشتی های آزادی در جنگ جهانی دوم قرار گرفته بود، کار را بر اساس روش های انرژی دنبال کرد. جالب است بدانید که، گریفیس دو مقاله در مورد یک مساله خاص یکی در سال ۱۹۲۰ و دیگری در سال ۱۹۲۴ به چاپ رساند، که جواب یکی دوبرابر دیگری بود. این مساله سال ها مکتوم ماند. این اتفاق نشان دهنده این است که تا آن زمان مکانیک شکست مبنای چندان محکمی نداشته است. بین سال های ۱۹۳۰ تا ۱۹۴۰ وسترگعداد [۶۳] بر اساس تئوری الاستیسیته توزیع تنش در اطراف نوک ترک را محاسبه نمود. بعد از جنگ جهانی دوم توسعه مکانیک شکست ادامه یافت، و ایروین [۶۴] عوامل مهم مکانیک شکست، شامل شدت تنش، میزان انرژی آزاد شده، و نرمی ترک، معرفی کرد. کارهای این پیش کسوتان در سال های بعد ادامه یافت. امروزه مکانیک شکست یکی از زمینه های بسیار فعال پژوهشی است [۶۵]. نگاهی به فعالیت های پژوهشی، کتاب ها، و دیگر منابع تولید شده و در دست تولید زمینه مکانیک شکست، نشان دهنده وجود ابهام و عدم قطعیت در این زمینه است [۶۸ تا ۷۰]. علاقمندان را به مطالعه مکانیک شکست مرسوم و پیگیری بر داشت های گروه هنر ترغیب می نماید. گروه هنر در سایه فتح به نکات جدید و در نتیجه ساخت مکانیک شکست جدید، که در آن ابهام و عدم قطعیت وجود ندارد، دست یافت. در این بخش بطور خلاصه به شرح مکانیک شکست (جدید) پرداخته شده است.

نرمی ترک: یکی، از عوامل مهم مکانیک شکست است، و آن مقدار نرمی ای است که با ایجاد یک ترک معین در جسم به نرمی آن افزوده می گردد. در مکانیک شکست مرسوم، نرمی ترک نتیجه انتهایی و عامل ارتباط مکانیک شکست با دیگر زمینه های علمی می باشد. با توجه به مبانی فتح، نرمی ترک  $c_s$ ، به صورت مضرب  $k_N$ ، نسبت حالت  $R(\xi)$ ، در معادله (۴۷-۲) تعریف شده است.

$$c_N = k_N R(\xi) \quad (2-47)$$

میزان انرژی آزاد شده: چگالی انرژی موجود در نوک ترک  $E_A$ ، چگالی انرژی آزاد شده  $E_R$ ، و رابطه بین آنها با توجه به معادله (۴۷-۲)، در معادله (۴۸) نشان داده شده است.

$$E_R = 0.5c_N K_S Y_S^2 \quad E_A = 0.5k_N K_S Y_S^2 \quad E_R = R(\xi)E_A \quad (48)$$

با توجه به معادله (۴۸)، مقدار انرژی لازم برای ایجاد یک واحد سطح ترک  $G$ ، را می توان از معادله (۴۹) بدست آورد، که در آن  $\sigma$  تنش موجود،  $E$  مدول الاستیسیته،  $R^{(1)}$  مشتق اول  $R$  نسبت به  $\xi$  است.

$$E_R = \frac{\sigma^2}{2E} \times R(\xi) \quad E_R = \int_0^\xi G dx \quad G = \frac{\sigma^2 R^{(1)}}{2E} \quad (49)$$

عامل شدت تنش: در مکانیک شکست مرسوم، کمیّت من در آوردی عامل شدت تنش  $K$  است که توسط ایروین، برای معرفی آن به صورت یکی از خواص ماده، و برابر جذر حاصل ضرب  $G$  در  $E$  معرفی شده است. این عامل دارای واحد من در آوردی واحد تنش در جذر واحد طول است. همه این ها نشان می دهد که  $K$  واقعا من در آوردی و خاصیت ماده خوبی نیست. با

استفاده از معادله های (۴۸) و (۴۹) و همان تعریف عامل شدت تنش به صورت حاصل ضرب  $G$  در  $E$ ، عامل شدت تنش در مکانیک شکست به صورت معادله (۵۰) در می آید، که دارای واحد تنش است، که واحدی منطقی است.

$$K^2 = GE \quad K = \frac{\sqrt{2}}{2} \times \sigma \sqrt{R^{(1)}} \quad (50)$$

عوامل مکانیک شکست، در معادله های (۴۸)، (۴۹)، و (۵۰) دقیق و منطقی هستند، و جانشینی آن ها به جای عوامل مشابه در مکانیک شکست مرسوم منطقی است. لازم به یاد آوری است، که تحلیل سازه های ترک دار، همانند پدیده های دیگر مستقیماً با استفاده از توابع پدیده قابل بررسی است و نیازی به استفاده مستقیم از عوامل فوق نمی باشد. تا جانشینی کامل فتح در مکانیک شکست مرسوم، با استفاده از معادله (۵۰) و تعریف اولیه عامل شدت تنش با استفاده از تابع گرین، تابع وزن  $W$  برای استفاده از در مکانیک شکست مرسوم در معادله (۵۱) تعریف شده است. این معادله جانشین همه توابع وزن گزارش شده در فرهنگ علمی [۶۶ و ۶۷] است.

$$K = \int_0^{\xi} W \sigma dx \quad W = \frac{\sqrt{2}}{4} \times \frac{R^{(2)}}{\sqrt{R^{(1)}}} \quad (51)$$

با توجه به معادله (۴۸)، حد اکثر مقدار چگالی انرژی آزاد شده  $E_R$ ، برابر چگالی انرژی موجود  $E_A$  است. این حالت نظیر مقدار یک نسبت حالت  $R$  است. از طرفی با توجه به تعریف نسبت حالت، مقدار یک آن نظیر مقدار متغیر حالت  $\xi = 0.5$  می شود. اگر مقدار نیم متغیر حالت در معادله (۵۰) وارد شود، عامل شدت تنش  $K_T$  در آستانه آزاد شدن تمام انرژی موجود (ناپایداری) به صورت معادله (۵۲) در می آید. معادله (۵۲) میزان تمرکز تنش در نوک ترک منظور می شود. آیا با متن بعد از معادله (۵۱) تا معادله (۵۲) موافقت؟ نظر نقادانه شما مورد امتنان گروه هنر است.

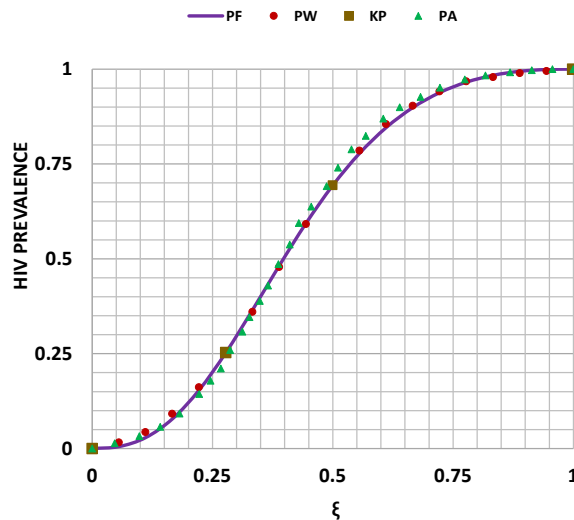
$$K_T = \sqrt{\frac{\pi+3}{2}} \times \sigma = 1.75 \times \sigma \quad (52)$$

#### ۹- بررسی بیماری های واگیر دار

تحلیل بیماری های واگیردار، در فرهنگ علمی، با روشی به نام مستعد-آلوده-بهبود یافته (مآب)، انجام می شود. کلمه مآب به جای کلمه انگلیسی،  $SIR$ ، انتخاب شده است، که در آن  $S$  بجای  $Susceptible$ ،  $I$  بجای  $Infected$ ، و  $R$  بجای  $Removed$  بکار رفته است. در طول بیش از صد سال گذشته روش های مختلفی برای مآب ارائه شده است [۷۱ تا ۹۰]. نمونه ای از معادلات حاکم بر روش مآب، که از پایان نامه ارشد چونگ (۲۰۱۰) [۷۶] انتخاب شده، در معادله (۵۳) نشان داده شده است.

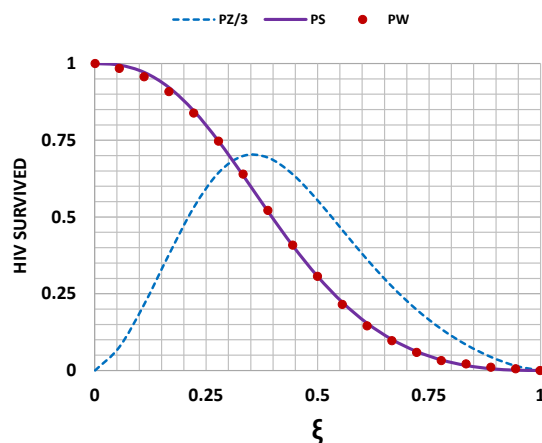
$$\frac{dS(t)}{dt} = -\beta S(t)I(t) \quad \frac{dR(t)}{dt} = +\gamma I(t) \quad \frac{dI(t)}{dt} = I(t)(\beta S(t) - \gamma) \quad (53)$$

در معادله (۵۳)،  $\beta$  میزان ابتلا،  $\gamma$  میزان بهبودی،  $S(t)$  تعداد افراد مستعد بیماری،  $I(t)$  تعداد افراد آلوده شده به بیماری،  $R(t)$  تعداد افراد حذف شده (از طریق بهبودی یا مرگ)، و  $t$  زمان می باشد. برای آشنایی با روش های مختلف مآب و نحوه حل معادلات حاکم می توان به فرهنگ علمی مراجعه نمود.



شکل ۱۷- پخش بیماری ایدز در آفریقای جنوبی

مقایسه معادله (۱۵) و (۵۳)، وجود شباهت فوق العاده ای بین آن ها را نشان می دهد. این شباهت قابل پیش بینی بود، چرا که فتح تغییر پدیده طبیعی را نشان می دهد، و بیماری واگیر یک پدیده طبیعی برای دستگاه بدن است. همین شباهت بود که ارتباط بین زمینه کار نویسندگان، که مهندسی مرسوم است، با روش تحلیل مآب، که نوعی مهندسی پزشکی است، برقرار کرد. کشف این شباهت فتح را به عنوان روشی دقیق و آسان به جای همه روش های مآب در فرهنگ علمی پیشنهاد می کند. مقایسه روش پیشنهادی با روش های مآب در زیر درج شده است.



شکل ۱۸- آمار مصون مانده ها از ایدز و توزیع آن ها

اشرافور رحمان [۸۴] در قالب رساله دکتری خود، پخش، ماندگاری و جلوگیری از بیماری های واگیر دار، را به کمک روش های ریاضی مورد بررسی قرار داده است. وی برای نمایش کار خود، داده هایی مربوط به شیوع بیماری ایدز در آفریقای جنوبی را از داده های بانک جهانی [۸۰] انتخاب کرد. داده ها که میزان در صد ابتلای افراد بین سنین ۱۵ الی ۴۹ سال، بین سال های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۲ میلادی را نشان می دهند، در جدول ۲ نشان داده شده است. وی با استفاده از روش های مآب مرسوم، داده ها را تحلیل کرده است. در این جا نتیجه کارش با علامت  $PA$  نشان داده می شود. داده های بین سال های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۸ به صورت بی بعد تنظیم و با علامت  $PW$  در جدول ۲ درج شده است. به منظور استفاده در فتح، از داده های جدول نقاط کلیدی  $KP$  مطابق معادله (۵۴) انتخاب شدند. با استفاده از نقاط کلیدی متغیر های هادی و معادله منحنی فارسی (فسا)  $PF$ ، محاسبه و در معادله (۵۵) نشان داده شده اند.

$$O(0 \ 0) \ N(0.278 \ 0.253) \ M(0.50 \ 0.694) \ T(1.0 \ 1.0) \quad (54)$$

$$a_M = 2.263 \quad b = 1.274 \quad PF = 2.263D^{1.274} / (O^{1.274} + 2.263D^{1.274}) \quad (55)$$

در شکل ۱۷ نتایج فتح  $PF$ ، اشرافور  $PA$ ، و داده ها  $PW$  با هم مقایسه شده اند. همخوانی بسیار عالی نتایج ضمن تایید مبانی فتح، تایید خوبی برای جانشینی فتح به جای همه روش های مآب است. با داشتن نتایج فتح در معادله (۵۵) آمار افرادی که از بیماری مصون مانده اند، همراه با منحنی چگالی توزیع در شکل ۱۸ ارائه شده است.

### ۱۰- نتیجه گیری

یک خدا، یک جهان، یک فلسفه نتیجه پژوهش هنر در دو دهه گذشته است. با این دید، همه علم موجود بشری را می توان با زنگری کرد و به آسانی و ارزان آن را دقیق و قابل اعتماد نمود. نتایج دیگر این پژوهش به شرح زیر خلاصه می شود:

در این گزارش مبانی منطقی و کار برد های فلسفه تغییر حالت (فتح) شرح داده شد. در فتح هر پدیده به صورت تغییر حالت دستگاه از مبداء به مقصد در نظر گرفته می شود. مبداء شروع پدیده و مقصد انتهای آن است. فاصله بین مبداء و مقصد طول عمر نام دارد، که به صورت متغیر مستقل، متغیر حالت (شکل پایه طول عمر پدیده) تعریف شده است. بر پایه استدلال منطقی، و منطقی 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 ساخت منحنی های طراحی سازه ها، منحنی های شکنندگی، منحنی های احتمال، و غیره مورد استفاده قرار گرفتند. در هر مورد نتایج فتح با نتایج موجود در فرهنگ علمی مقایسه شد، و صحت، دقت، سادگی، و برتری آن به تایید رسید. به این ترتیب می توان فتح را به عنوان جانشین مطمئن برای بررسی اغلب پدیده های طبیعی موجود در جهان هستی بکار برد، و عدم اطمینان های معرفتی و عقلی موجود در روش های سنتی را حذف کرد.

در روش های علمی مرسوم، از متغیر های مستقل و وابسته متنوعی، مثل زمان، مکان، حرارت، و غیره استفاده می شود. علاوه بر آن برای هر پدیده باید معادلات حاکم به صورت دیفرانسیل، انتگرال، و غیره تهیه شده، و سپس با استفاده از روش های تحلیلی و عددی حل شوند. کل علم مرسوم بشری تابع این قاعده است. چون هر یک از مراحل حاوی عدم قطعیت است و لذا علم مرسوم همواره با درجه ای از خطا همراه است.

در مقابل مبانی فتح منطقی، ساده، و دقیق تنظیم شده و عاری از خطای معرفتی است. در صورتی که نتایج مورد استفاده برای محاسبه متغیر هادی قابل اطمینان باشند نتیجه فتح مورد اطمینان خواهد بود. منحنی های فارسی شامل تمام طول عمر پدیده است، از شروع تا انتها، و برای همه پدیده های طبیعی است.

### ۱۱- مراجع

1. AISC, (2005). Specification for structural steel buildings. Chicago, American Institute of Steel Construction.
2. Leonardo Da Vinci (1972). I Libri Di Meccanica, reconstructed from the original notes by Arturo Uccelli, Kraus Reprint, Nendeln, Liechtenstein.
3. Parsons, William B. (1939). Engineers and Engineering in the Renaissance, MIT Press, Cambridge, MA, 661 pp.
4. Galambos T. V., Surovek A. E. (2008). Structural stability of steel: concepts and applications for structural engineers. John Wiley & Sons, Inc., 2008.
5. Singhal A., 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.
6. Erberik, MA., and Elnashai, AS. (2004). Fragility analysis of flat-slab structures. Engineering Structures, 2004; 26: 937-948.
7. Jeong, SH., Mwafy, AM., Elnashai AS. (2012). Probabilistic seismic performance assessment of code-compliant multi-story RC buildings. Engineering Structures. 2012; 34: 527-537.

8. 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.
9. Argyroudis S., Tsinidis G., Gatti F., Pitilakis K. (2014). Seismic fragility curves of shallow tunnels considering SSI and aging effects. 2<sup>nd</sup> Eastern European Tunneling Conference , Tunneling in a Challenging Environment, 28 September to 01 October 2014, Attens, Greec.
10. Avsar, A. (2015). Fragility based seismic vulnerability assessment of ordinary highway bridges in Turkey. PhD Thesis Submitted to the Graduate School of Natural and Applied Sciences, Middle East Technical University, 2015.
11. Mavrouli O., Fotopolou S., Pitilakis K., Zuccaro G., Corominas J., and 6 more. (2014) Vulnerability assessment for reinforced concrete buildings exposed to landslides. *Bulletin of Engineering Geology and Environment*, 2014; 73(2): 265-289.
12. Irevolino, I., Baltzopoulos, G., Vamvastikos, A., and Baraschino, R. (2016). SPO2FRAG V1.0: software for pushover based derivation on seismic fragility curves. VII European Congress on Computational Methods in Applied Science and Engineering, ECCOMAS Congress Crest Island, Greece 5-10 June 2016; pp. 1-15
13. Efron B. (1979). Bootstrap methods: another look at the jackknife. *Ann Statist.* 7: 1-26.
14. Baltzopoulos, G., Baraschino, R., Irevolino, I., and Vamvastikos, A. (2017). SPO2FRAG: software for seismic fragility assessment based on static pushover. *Bull Earthquake Eng.* 15: 4399-4425.
15. Ugurhan, B., Baker, JW., and Deierlein GG. (2014). Uncertainty estimation in seismic collapse assessment of modern reinforced concrete moment frame buildings. *Proceedings of the 10<sup>th</sup> National Conference in Earthquake Engineering*, Earthquake Engineering Research Institute, Anchorage, AK, 2014.
16. Lallemand D. and Kiremidjian, A. (2017). Accounting for uncertainty in earthquake fragility curves. 16<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering, 16WCEE 2017, Santiago Chile.
17. Sudret B., Mai G., Konakli K. (2017). Assessment of the lognormality assumption of seismic fragility curves using non-parametric representations. Pp. 1-34. *Risk, Safety and Uncertainty Quantification Stefano-Francini-Platz 5, Ch-8093 Zurich.*
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. Ranjbaran, A., Rousta, H., Ranjbaran, Mo., Ranjbaran, Ma., (2013) Dynamic stability of cracked columns; the stiffness reduction method. *Scientia Iranica*, 20(1), 57-64.
22. Ranjbaran, A., Rousta, H. (2013). Interaction diagram for dynamic stability by Laplace transform. *NED University Journal of Research* 10(1), 31-38.
23. Finlayson B. A. (1972). *The method of weighted residuals and variational principles.* Academic Press, New York and London.
24. 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.
25. Ranjbaran, A., Rousta, H. (2013) Finite element analysis of cracked beams innovative weak form equations. *NED University Journal of Research* 10(1), 39-46.
26. 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).
27. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., (2017) State based damage mechanics. *NED University Journal of Research* 14(1), 13-26.
28. 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.
29. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., Ranjbaran, F. (2019) State-base fracture mechanics. *Journal of Science and Engineering Elites*, 1397; 3(6): 79-87. (in Persian).

30. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., Ranjbaran, F. (2019) State-based stability. *Journal of Science and Engineering Elites*, 1397; 3(6): 106-113. (in Persian).
31. 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).
32. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., Ranjbaran, F. Negahdar Haghighat N, Masoudi M. J. (2019). Persian Curve the other milestone of science. *Journal of Science and Engineering Elites*, 1398; 4(1): 31-39. (in Persian).
33. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., Masoudi M. J. (2019). Construction of state based design curve for steel columns. *Journal of Science and Engineering Elites*, 1398; 4(1): 53-58. (in Persian).
34. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., Negahdar Haghighat N. (2019). Construction of state based design curve for steel beams. *Journal of Science and Engineering Elites*, 1398; 4(1): 65-72. (in Persian).
35. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., Ranjbaran, F. (2019) Universal design code for steel members. *Journal of Science and Engineering Elites*, 1398; 4(1): 80-88. (in Persian).
36. Ranjbaran, A., Baharvand A., Ranjbaran, M., Ranjbaran, F. (2019) Universal Persian probability curve. *Journal of Science and Engineering Elites*, 1398; 4(1): 100-110. (in Persian).
37. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., Ranjbaran, F. (2019) Universal analysis of infectious diseases. *Journal of Science and Engineering Elites*, 1398; 4(1): 124-132. (in Persian).
38. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., Ranjbaran, F. (2019) Persian Curve: New alphabets for decision making in analysis of natural phenomena. *Journal of Science and Engineering Elites*, 1398; 4(2): 34-51. (in Persian).
39. Ranjbaran, A., Baharvand A., Ranjbaran, M., Ranjbaran, F. (2019) Fragility curve and the state based philosophy. *Journal of Science and Engineering Elites*, 1398; 4(2): 34-51. (in Persian).
40. Hermite, Charles. Mathematician, 1822-1901, Paris France.
41. 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.
42. Kankanamge N. D. (2010). Structural behavior and design of cold-formed steel beams at elevated temperatures. PhD, thesis, Queensland University of Technology, 2010.
43. AISC, 2010. Specification for structural steel buildings. Chicago, American Institute of Steel Construction.
44. David FN. Games, gods and gambling: A history of probability and statistical ideas. Griffin, 1962:1-306.
45. 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).
46. Dugupta S. (2000). Learning probability distributions. PhD Dissertation, Graduate division of the University of California at Berkeley, USA.
47. Delage E. H. (2009). Distributionally robust optimization in context of data driven problems. PhD Dissertation, Department of Electrical Engineering, Stanford University, USA.
48. Raha S. (2010). Achieving clarity on value. PhD Dissertation, The Department of Management Science and Engineering, Stanford University, USA.
49. Keelin T. W., and Powley B. W. (2011). Quantile parameterized distributions. *Decision Analysis* 2011; 8(3): 206-219.
50. Bradley S. (2012). Scientific uncertainty and decision making. PhD Dissertation, Department of Philosophy, Logic and Scientific Method, London School of Economics, London.
51. Bistline J. E. (2013). Essays on uncertainty analysis in energy modeling: capacity planning, R&D portfolio management, and fat tailed uncertainty. PhD Dissertation, The Department of Management Science and Engineering, Stanford University, USA.
52. Powley B. W. (2013). Quantile function methods for decision analysis. PhD Dissertation, The Department of Management Science and Engineering, Stanford University, USA.
53. Almalki S. J. (2014). Statistical analysis of lifetime data using new modified Weibull distributions. PhD Dissertation, Faculty of Engineering and Physical Sciences, The University of Manchester, Manchester, UK.
54. Loonat Z. (2015). Quantile regression methods for censored survival data. MSc Dissertation, Faculty of Science, The University of Johannesburg, South Africa.
55. Keelin T. W. (2016). The metalog distribution. *Decision Analysis* 2016; 13(4): 223-293.

56. Hadlock C. C. (2017). Quantile parameterized methods for quantifying uncertainty in decision analysis. PhD Dissertation, The Faculty of the Graduate School, The University of Texas at Austin, USA.
57. Peden W. J. (2017). Confirmation, decision, and evidential probability. PhD Dissertation, Department of Philosophy, Durham University, UK.
58. Liu X. (2018). Some new developments for quantile regression. PhD Dissertation, Department of Mathematics, College of Engineering Design and Physical Science, Brunel University London, UK.
59. Kwag S., and Ham D. (2018). Development of an earthquake induced landslide risk assessment approach for nuclear power plant. *Nuclear Engineering and Technology*. 2018; 50: 1372-1386.
60. Jibson R. W., Harp E. L., Michael J. A. (2000). A method for producing digital probabilistic seismic landslide hazard maps. *Engineering Geology*, 2000; 58(3): 271-289.
61. Inglis C. E. (1913). Stresses in a plate due to the presence of cracks and sharp corners. *Trans. Roy. Inst. Naval Arch.* 55: 219-230 (1913).
62. Griffith A. A. (1920). The phenomena of rupture and flow in solids. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* A221: 163-197 (1920).
63. Westergaard H. M. (1939). Bearing pressure and crack. *J. Appl. Math. Mech.* 6: 49-53 (1939).
64. Irwin G. R. (1957). Analysis of stresses and strains near the end of a crack traversing a plate. *J. Appl. Mech.* 24: 361-364 (1957).
65. Papadopoulos C. A. (2008). The strain energy release approach for modeling cracks in rotors: a state of the art review. *Mech. Syst. Signal Process.* 22: 763-789.
66. Bueckner H. F. (1970). A novel principle for the computation of stress intensity factors. *Zeitschrift fur Angewandte Math. Mech.* 50: 529-546 (1970).
67. Rice J. (1972). Some remarks on elastic crack stress field. *Int. J. Solids Struct.* 8: 751-758 (1972).
68. Anderson T. L. (2005). *Fracture Mechanics Fundamentals and Applications*. CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC, 2005.
69. Broek D. (1982). *Elementary Engineering fracture mechanics*. Martinus Nijhoff Publishers, London, 1982.
70. Atroshchenko E. (2010). Stress intensity factors for elliptical and semi elliptical cracks subjected to an arbitrary mode I loading. PhD thesis, Department of Civil Engineering, University of Waterloo Canada (2010).
71. Brauer F. (2017). Mathematical epidemiology: past, present, and future. *Infectious Disease Modelling* 2: 113-127.
72. Medlock J. P. (1999). The effect of stochastic migration on an SIR model for the transmission of HIV. MSc Thesis, Georgia Institute of Technology.
73. Wilson D. (2003). The mathematical modeling of the cellular dynamics of human infectious diseases. PhD Dissertation, Queensland University of Technology.
74. Johnson L. R. (2006). Mathematical modeling of Cholera: from bacterial life histories to human epidemics. PhD Dissertation, University of California Santa Cruz.
75. Padma B. (2008). Study of some mathematical models in population dynamics and epidemiology. PhD Dissertation, Birla Institute of Technology and Science Pilani, Rajasthan.
76. Cheung S. Y. (2010). Epidemiological modeling of HIV in populations with different sexual structures. MSc Thesis, VU University Amsterdam.
77. Nemananzhe L. (2010). A mathematical modeling of optimal vaccination strategies in epidemiology. MSc Thesis, University of the Western Cape.
78. Salisbury A. (2011). Mathematical models in population dynamics. BA Thesis, New College of Florida.
79. Thomas R. (2011). Knowledge aware and culturally sensitive SIR models for infectious disease spread. MSc Thesis, University of Windsor, Canada.
80. The World Bank (2013) <http://data.worldbank.org/indicator/SH.DYN.AIDS.ZS>. page=2. Accessed July 20.
81. Knippl D. H. (2014). Transmission dynamics of infectious diseases on transportation networks. PhD Dissertation, University of Szeged, Bolyai Institute, Hungary.
82. Okrinya A. B. (2014). Mathematical modeling of malaria transmission and pathogenesis. PhD Dissertation, Loughborough University.
83. Mancy R. (2015). Modeling persistence in spatially explicit ecological and epidemiological systems. PhD Dissertation, University of Glasgow.



84. Ashrafur Rahman SM (2016). Study of infectious diseases by mathematical models: predictions and controls. Dissertation, University of Western Ontario.
85. Muglenga J., and Mubila L. (2016). Mathematical modeling of epidemiology of malaria: a case study of Luapula province of Zambia. *American Journal of Applied Mathematics*. 4(6): 289-295.
86. Malakhovskaia V. (2017). Modeling approaches for epidemiological models. BSc Thesis, Lappeenranta University of Technology, Finland.
87. Baez Sanchez A. D. (218). A mathematical model for behavioral epidemiology: a numerical approach. *Proc. Series of the Brazilian Society of Computational Mathematics* 6(1): 1-7.
88. Karong'oi A. N. (2018). Comparing different approaches of epidemiological modeling. MSc Thesis, Lappeenranta University of Technology, Finland.
89. Newman M. J. (2018). Using mathematical biology to model a revolution. BSc Thesis, Wake Forest University.
90. Loprinzi C. L., Laurie J. A., Wieand H. S., Krook J. E., Novotny P. J., Kugler J. W., Bartel J., Law M., and Klatt N. E. (1994). Prospective evaluation of prognostic variables from patient completed questionnaires. *Journal of Clinical Oncology*, 12(3): 601-607.