



اصول فلسفه تغییر حالت

عبدالرسول رنجبران^{۱*}، محمد رنجبران^۲، فاطمه رنجبران^۳

۱- دانشیار مهندسی عمران، دانشگاه شیراز

۲- دکترای مهندسی شیمی، دانشگاه شریف

۳- دانشجوی مهندسی مکانیک، دانشگاه شیراز

*ranjbarn@shirazu.ac.ir

ارسال: اسفند ماه ۹۸ پذیرش: فروردین ماه ۹۹

چکیده

گروه پژوهشی هنر، در دو دهه گذشته پژوهش دامنه داری در زمینه رفتار پدیده های طبیعی انجام دادند. آنها دریافتند که ساز و کار همه دانش بشری در چند قدم مشخص انجام می شود. قدم اول انجام فرض ها. قدم دوم تشکیل معادلات حاکم. قدم سوم حل معادلات و راست آزمایی آنها است. از آن جا که آگاهی (به عمد و یا به سهو) از رفتار درست پدیده، اغلب در دسترس نیست، هر یک از قدم ها و در نتیجه حاصل کار دارای عدم قطعیت معرفتی است. این عدم قطعیت ها گاه هزینه های هنگفتی را به جامعه بشری تحمیل کرده است. پژوهش های گروه هنر منجر به کشف و گسترش فلسفه تغییر حالت (فتح) شد. فتح بر مبنای منطقی و منطق دقیق ریاضی ساخته شده، در نتیجه عاری از هر گونه عدم قطعیت معرفتی است. حاصل کار در چند معادله ساده و دقیق، بر حسب دو متغیر هادی، گنجانده شده است. متغیرهای هادی با تنظیم روی داده های معتبر (آزمایشگاهی) محاسبه می گردند. در نتیجه حاصل دارای عدم قطعیتی در حد داده هاست، که آن هم با افزایش داده ها به تدریج کم می شود. هدف این مقاله معرفی فلسفه تغییر حالت و کاربرد آن در زمینه های مختلف علم بشری در قالب چند اصل می باشد.

کلید واژه: پدیده طبیعی، اصول فلسفه تغییر حالت، عدم قطعیت معرفتی، متغیرهای هادی، منحنی فارسی-فسا، منحنی فارسی-شیراز، اتحاد فارسی، روش عناصر محدود فارسی، مکانیک شکست فارسی.

۱- مقدمه

گروه پژوهشی هنر، در دو دهه گذشته پژوهش دامنه داری در زمینه رفتار پدیده های طبیعی انجام دادند. آنها دریافتند که ساز و کار همه دانش بشری در چند قدم مشخص انجام می شود. قدم اول انجام فرض ها. قدم دوم تشکیل معادلات حاکم. قدم سوم حل معادلات و

راست آزمایی آنها است. از آن جا که آگاهی (به عمد و یا به سهو) از رفتار درست پدیده، اغلب در دسترس نیست، هر یک از قدم ها و در نتیجه حاصل کار دارای عدم قطعیت معرفتی است. این عدم قطعیت ها گاه هزینه های هنگفتی را به جامعه بشری تحمیل کرده است. نمونه چشمگیر آن، هزینه بسیار زیاد تهیه منحنی شکنندگی سازه ها برای ایمنی در مقابل بلایای طبیعی و غیر طبیعی مثل زلزله، سیل، انفجار، و غیره می باشد [۱-۱۵]. مثلاً تهیه منحنی شکنندگی با اعتماد قابل قبول، در مقابل زلزله، مستلزم انجام صدها هزار تحلیل، گران قیمت، دینامیکی غیر خطی است [۶]. علی الرغم این هزینه های سرسام آور، منحنی های حاصل باز دارای عدم قطعیت می باشد [۱۴]! پژوهش های گروه هنر منجر به کشف و گسترش فلسفه تغییر حالت (فتح) شد. فتح بر مبنای منطقی و منطقی دقیق ریاضی ساخته شده، در نتیجه عاری از هرگونه عدم قطعیت معرفتی است. حاصل کار در چند معادله ساده و دقیق، بر حسب دو متغیر هادی، گنجانده شده است. متغیرهای هادی با تنظیم روی داده های معتبر (آزمایشگاهی) محاسبه می گردند. در نتیجه حاصل دارای عدم قطعیتی در حد داده هاست، که آن هم با افزایش داده ها به تدریج کم می شود. هدف این مقاله معرفی فلسفه تغییر حالت و کاربرد آن در زمینه های مختلف علم بشری در قالب چند اصل به شرح زیر می باشد. اصل اول توابع حالت. اصل دوم مشتق در ناپوستگی. اصل سوم توابع پدیده. اصل چهارم منحنی فارسی-فسا. اصل پنجم منحنی فارسی-شیراز. اصل ششم روش عناصر محدود فارسی. اصل هفتم اتحاد فارسی. اصل هشتم منحنی شکنندگی فارسی. اصل نهم منحنی ظرفیت و اعتماد فارسی. اصل دهم مکانیک شکست فارسی.

۲- اصل اول: توابع حالت

تابع مبدا (O) و تابع مقصد (D)، توابعی از متغیر حالت ($\xi \in [0, 1]$) هستند، که با هم توابع حالت نامیده می شوند [۱۶-۵۰]. توابع حالت تغییرات واحد پدیده را بر حسب متغیر حالت طوری بیان می کنند که مصون از خارج از دامنه متغیر حالت باشد. در نتیجه باید دارای شرایط مندرج در معادله (۱) باشند، که در آن (\max) علامت بیشینه، و (\min) علامت کمینه است.

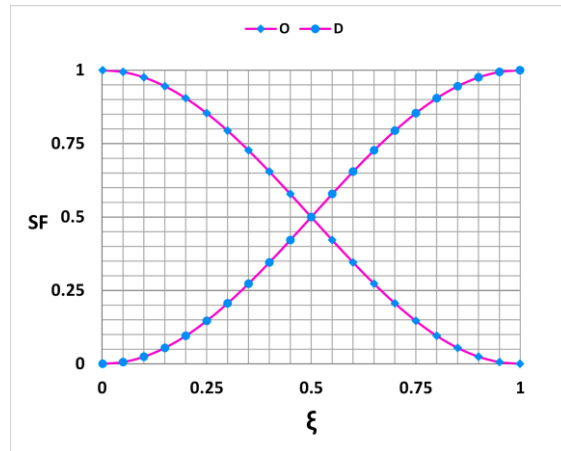
$$D = \begin{cases} \min = 0 & @ \xi = 0 \\ \max = 1 & @ \xi = 1 \end{cases} \quad O = \begin{cases} \max = 1 & @ \xi = 0 \\ \min = 0 & @ \xi = 1 \end{cases} \quad (1)$$

توابع پدیده معتبر با شرایط معادله (۱) در معادله (۲) و نسبت حالت ($R = D/O$) در معادله (۳) تعریف می شوند.

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

$$R = (1 + 6\xi^2 - 4\xi^2 - \cos \pi\xi) / (3 - 6\xi^2 + 4\xi^2 + \cos \pi\xi) \quad (3)$$

توابع حالت در شکل ۱ نشان داده شده است.

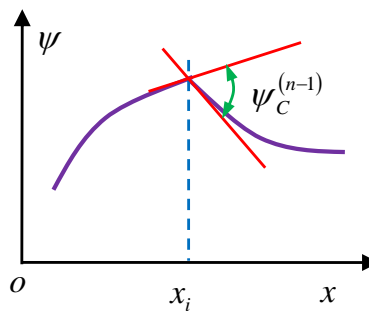


شکل ۱- توابع حالت بر حسب متغیر حالت

۳- اصل دوم: مشتق در ناپیوستگی

معادله حاکم بر یک دستگاه بر حسب مشتق هسته جابجایی $(\psi^{(n)})$ که در آن تابع جابجایی و (n) درجه مشتق هسته نسبت به متغیر کار x است که در سمت چپ معادله (۴) نشان داده شده است. تغییر در نقطه x_i باعث ایجاد ناپیوستگی در تابعی از جابجایی $(\psi_C^{(n-1)})$ مثل شکل ۲ می شود. مقدار پرش بر حسب مشتق هسته، نرمی تغییر (c_S) ، و تابع هویساید $(H(x-x_i))$ به صورت طرف راست معادله (۴) تعریف می گردد [۱۶-۵۰].

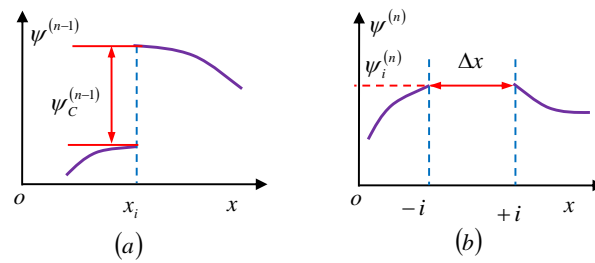
$$(\psi^{(n)})^{(n)} + \dots = 0 \quad \psi_C^{(n-1)} = c_S H(x-x_i) \psi^{(n)} \quad (4)$$



شکل ۲- تغییر در جابجایی

مشتق تابع سمت راست معادله (۴) به صورت معادله (۵) نوشته می شود که در آن $(\delta(x-x_i))$ دلتای دیراک با خاصیت انتگرال-آزاد است (انتگرال هر تابع در دلتای دیراک برابر خود تابع می شود).

$$\psi_C^{(n)} = c_S \psi^{(n)} \delta(x-x_i) + c_S \psi^{(n+1)} H(x-x_i) \quad (5)$$



شکل ۳- مشتق در ناپیوستگی

با توجه به شکل ۳ جمله سمت راست معادله (۵) صفر شده و حاصل (مشتق در ناپیوستگی) به صورت معادله (۶) در می آید. صحت این معادله با توجه به تعریف اولیه مشتق به صورت شکل ۴ نیز تایید می گردد.

$$\psi_C^{(n)} = c_S \psi^{(n)} \delta(x - x_i) \quad (6)$$

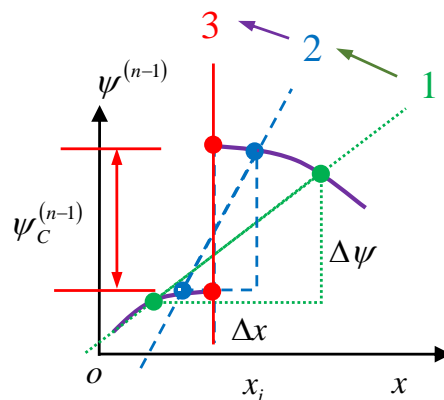
با تعریف مشتق در ناپیوستگی، مشتق تابع بدون محدودیت پیوستگی را می توان به صورت معادله (۷) نوشت.

$$(\psi^{(n-1)})^{(1)} = (\psi^{(n)} @ x \neq x_i - c_S \psi^{(n)} \delta(x - x_i) @ x = x_i) \quad (7)$$

با ترکیب معادله (۶) و معادله سمت چپ (۴) معادله حاکم سازه تغییر یافته به صورت معادله (۸) در می آید.

$$(\psi^{(n)} - c_S \psi^{(n)} \delta(x - x_i))^{(n)} + \dots = 0 \quad (8)$$

صحت معادله (۸) در جای دیگر به تایید رسیده است [۱۷].

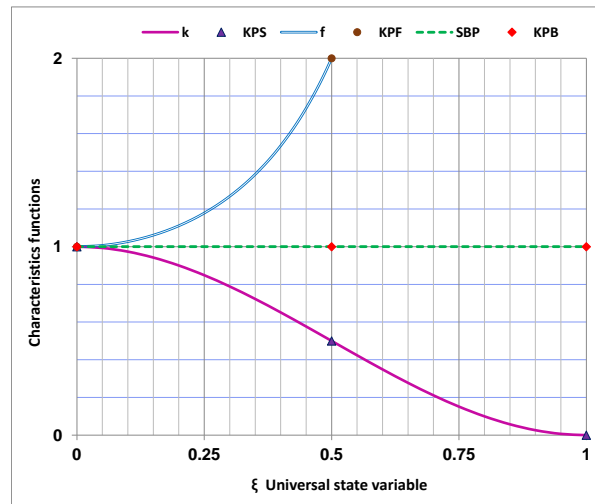


شکل ۴- مشتق در ناپیوستگی معمول

۴- اصل سوم: توابع پدیده

روش های محاسبه تغییر در دستگاه ها (سازه ها) به دو دسته سختی و نرمی تقسیم می شود. روش سختی با سختی اولیه معین شروع شده، و در طول عمر، سختی به تدریج کاهش یافته و به سمت صفر می رود. در اواخر به خاطر کوچک شدن سختی، نتایج با خطای زیاد همراه است! به طریق مشابه روش نرمی (وارونه سختی) با نرمی اولیه معلوم شروع شده، و در طول عمر، نرمی به تدریج افزایش می یابد. در انتها، نرمی خیلی بزرگ شده و خطا وارد نتایج می کند. به این ترتیب هر دو روش در نواحی انتهایی (که ناحیه حساس در محاسبه ظرفیت است) با خطا همراه و قابل اعتماد نیستند! این مشکل را می توان به وضوح در حجم زیاد پژوهش ها خصوصا در زمینه مکانیک شکست (که به روش نرمی کار می کند) مشاهده کرد [۵۱-۵۸]. پژوهش های گروه هنر در دو دهه اول قرن ۲۱ میلادی منجر به تولد

فلسفه تغییر حالت (فتح) شد. شروع فتح با معادله بدیهی (۹)، که در آن حاصلضرب سختی فعلی ($k_{SS} = k_S - k_C$) و نرمی فعلی ($f_{SS} = f_S + c_S$) برابر یک است، آغاز می شود. در این معادله (k_{SS}) سختی فعلی، (k_S) سختی اولیه، (k_C) سختی تغییر، (f_{SS}) نرمی فعلی، (f_S) نرمی اولیه، و (c_S) نرمی تغییر است. معادله (۹) به صورت تصویر در شکل ۵ نیز نشان داده شده است.



شکل ۵- پایه تصویری فلسفه تغییر حالت

$$(k_S - k_C)(f_S + c_S) = 1 \quad (9)$$

معادله (۹) را می توان به صورت معادله (۱۰) نوشت.

$$k_C = F_R k_S \quad k_{SS} = S_R k_S \quad (10)$$

که در آن (F_R) تابع تخریب، (S_R) تابع تثبیت، هر دو با هم توابع پدیده، نام گرفته و در معادله (۱۱) تعریف شده است.

$$F_R = c_S / (f_S + c_S) \quad S_R = f_S / (f_S + c_S) \quad (11)$$

نرمی (اولیه دستگاه) (f_S)، سختی (اولیه دستگاه) (k_S)، نرمی عیب (c_S)، و سختی عیب (k_C) بر حسب مقادیر بی بعد (f_N, k_N, c_N, c_N) و بعد دار (F_S, K_S) در معادله (۱۲) نشان داده شده است. جمله سمت راست معادله (۱۲) از کشف های طلایی هنر است!

$$f_S = f_N F_S \quad k_S = k_N K_S \quad c_S = c_N F_S \quad k_C = c_N K_S \quad (12)$$

با جاگذاری معادله (۱۲) در معادله (۱۱) توابع پدیده به صورت معادله (۱۳) در می آیند.

$$F_R = c_N / (f_N + c_N) \quad S_R = f_N / (f_N + c_N) \quad (13)$$

برای مقدار ($f_N = 1$)، ($c_N = R$)، ($F_R = D$)، و ($S_R = O$) تبدیل، و معادله (۱۳) به توابع حالت به شکل معادله (۱۴) در می آید.

$$D = R / (1 + R) \quad O = 1 / (1 + R) \quad R = D / O \quad (14)$$

با توجه به تعریف توابع حالت طبق معادله (۱۴) و مساوی قرار دادن نسبت (c_N / k_N) با (R)، معادله طلایی (۱۵) حاصل می شود.

$$c_N = k_N D / O \quad (15)$$

با جاگذاری معادله (۱۵) در معادله (۱۳) توابع پدیده بر حسب توابع حالت به معادله (۱۶) تبدیل می گردند. با توجه به این که (k_N) برای بعضی شرایط خاص معلوم است، توابع پدیده بر حسب دو متغیر هادی $(a_M \& b)$ در معادله (۱۷) نوشته، و مشتق آن ها نسبت به متغیر حالت به نام تابع چگالی (f_R) در معادله (۱۸) تعریف شده است. متغیرهای هادی با استفاده از داده های معتبر، به نحوی که بعداً گفته می شود، بدست می آیند [۱۶-۵۰].

$$F_R = k_N^2 D / (O + k_N^2 D) \quad S_R = O / (O + k_N^2 D) \quad (۱۶)$$

$$F_R = a_M D^b / (O^b + a_M D^b) \quad S_R = O^b / (O^b + a_M D^b) \quad (۱۷)$$

$$F_R^{(1)} = +f_R \quad S_R^{(1)} = -f_R \quad f_R = (ba_M D^{b-1} O^{b-1} D^{(1)}) / (O^b + a_M D^b)^2 \quad (۱۸)$$

توابع پدیده و توابع حالت بر پایه منطقی و منطق ریاضی دقیق گسترش یافتند، در نتیجه می توانند برای همه پدیده ها بدون توجه به اندازه، جنس، و غیره قابل استفاده است.

۵- اصل چهارم: منحنی فارسی- فسا

برای یک پدیده خاص، طول عمر پدیده در یک بازه قابل کاربرد $(\lambda \in [\lambda_O, \lambda_T])$ ، در معادله (۱۹) بر متغیر حالت $\xi \in [0, 1]$ منطبق می شود، که در آن (λ) متغیر طول عمر، (λ_O) شروع طول عمر، و (λ_T) انتهای طول عمر است.

$$\xi = (\lambda - \lambda_O) / (\lambda_T - \lambda_O) \quad (۱۹)$$

در بازه طول عمر انتخابی، تابع تخریب (F_R) به نام تابع فارسی- فسا (P_F) ، و تابع چگالی (f_R) به نام تابع فارسی- زاهدان (P_Z) نامگذاری، و در معادله (۲۰) تعریف شده اند.

$$P_F = (P_T a_M D^b) / (O^b + a_M D^b) \quad P_Z = (ba_M D^{b-1} O^{b-1} D^{(1)}) / (O^b + a_M D^b)^2 \quad (۲۰)$$

که در آن (P_T) مقدار تابع در انتهای پدیده، و $(a_M \& b)$ متغیرهای هادی هستند که بر حسب مختصات نقاط کلیدی در معادله (۲۱) تعریف شده اند. نقاط کلیدی با نام ابتدا (O) ، اختیاری (N) ، وسط (M) ، و انتها (T) در معادله (۲۲) آمده اند.

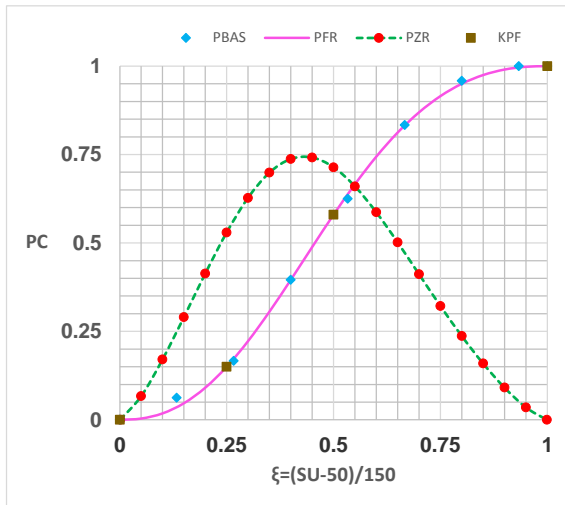
$$a_N = P_N / (P_T - P_N) \quad a_M = P_M / (P_T - P_M) \quad b = \text{Log}(a_N / a_M) / \text{Log}(D_N / O_N) \quad (۲۱)$$

$$O(0.00, 0.00) \quad N(\xi_N, P_N) \quad M(0.50, P_M) \quad T(1.00, P_T) \quad (۲۲)$$

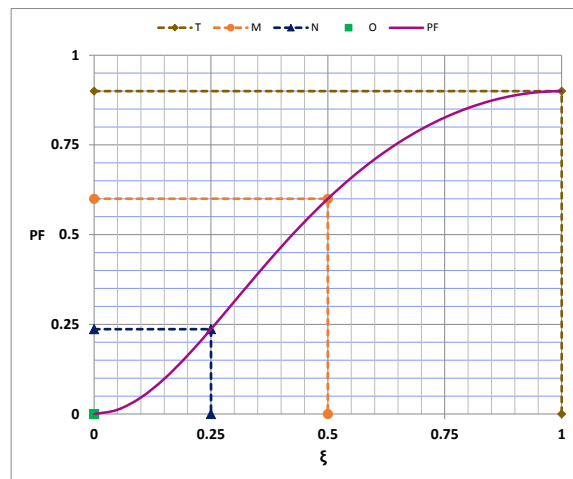
نقاط کلیدی و منحنی فارسی- فسا در شکل ۶ و یک منحنی نمونه فارسی- فسا نظیر نقاط کلیدی معادله (۲۳) و متغیرهای هادی معادله (۲۴)، که از داده های سیوئی و همکاران [۸] انتخاب شده، در شکل ۷، نمایش داده شده است. همخوانی منحنی فسا با داده نشانه درستی آن است.

$$O(0.00, 0.00) \quad N(0.25, 0.15) \quad M(0.50, 0.58) \quad T(1.00, 1.0) \quad (۲۳)$$

$$a_M = 1.38 \quad b = 1.19 \quad (۲۴)$$



شکل ۷- منحنی توزیع تجمعی و چگالی مقاومت سنگ سیوئی و همکاران [۸]



شکل ۶- منحنی فارسی-فسا و نقاط کلیدی

۶- اصل پنجم: منحنی فارسی-شیراز

برای یک پدیده خاص، طول عمر پدیده در یک بازه قابل کاربرد $(\lambda \in [\lambda_0, \lambda_T])$ ، در معادله (۲۵) بر متغیر حالت $\xi \in [0, 1]$ منطبق می شود، که در آن (λ) متغیر طول عمر، (λ_0) شروع طول عمر، و (λ_T) انتهای طول عمر است.

$$\xi = (\lambda - \lambda_0) / (\lambda_T - \lambda_0) \quad (25)$$

در بازه طول عمر انتخابی، تابع تثبیت (S_R) به نام تابع فارسی-شیراز (P_S) ، و تابع چگالی (f_R) به نام تابع فارسی-زاهدان (P_Z) نامگذاری و در معادله (۲۶) تعریف شده اند.

$$P_S = (O^b + P_T a_M D^b) / (O^b + a_M D^b) \quad P_Z = (b a_M D^{b-1} O^{b-1} D^{(1)}) / (O^b + a_M D^b)^2 \quad (26)$$

که در آن (P_T) مقدار تابع در انتهای پدیده، و $(a_M \& b)$ متغیرهای هادی هستند که بر حسب مختصات نقاط کلیدی در معادله (۲۷) تعریف شده اند. نقاط کلیدی با نام ابتدا (O) ، اختیاری (N) ، وسط (M) ، و انتها (T) در معادله (۲۸) آمده اند.

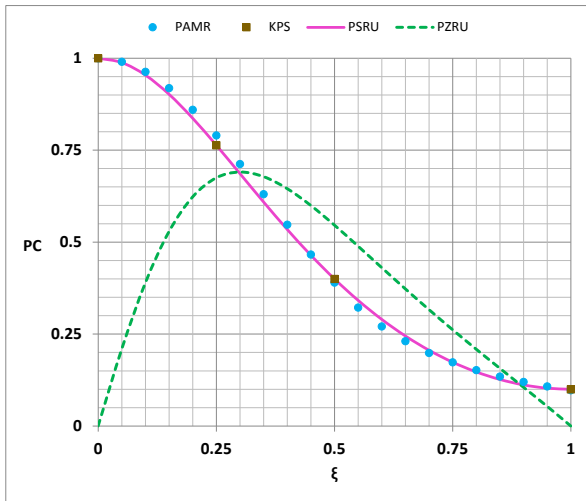
$$a_N = (1 - P_N) / (P_N - P_T) \quad a_M = (1 - P_M) / (P_M - P_T) \quad b = \text{Log}(a_N / a_M) / \text{Log}(D_N / O_N) \quad (27)$$

$$O(0.00, 1.00) \quad N(\xi_N, P_N) \quad M(0.50, P_M) \quad T(1.00, P_T) \quad (28)$$

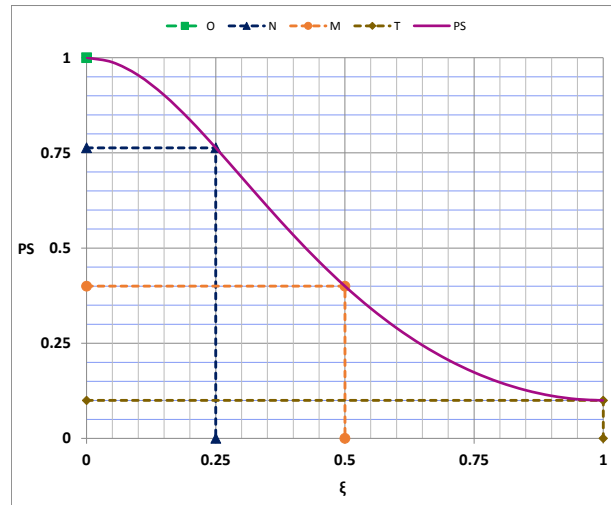
نقاط کلیدی و منحنی فارسی-شیراز در شکل ۸ و یک منحنی نمونه فارسی-شیراز نظیر نقاط کلیدی معادله (۲۹) و متغیرهای هادی معادله (۳۰)، که از داده های آیین نامه فولاد آمریکا [۵۹] انتخاب شده، در شکل ۹، نمایش داده شده است. همخوانی منحنی شیراز با داده نشانه درستی آن است.

$$O(0.00, 1.00) \quad N(0.25, 0.753) \quad M(0.50, 0.40) \quad T(1.00, 0.1) \quad (29)$$

$$a_M = 2.00 \quad b = 1.00 \quad (30)$$



شکل ۹- منحنی فارسی-شیراز و آیین نامه طراحی فولاد آمریکا [۵۹]



شکل ۸- نقاط کلیدی و منحنی فارسی-شیراز

۷- اصل ششم: روش عناصر محدود فارسی

معادله حاکم تایید شده برای دستگاه تغییردار در سمت چپ معادله (۳۱) نشان داده شده، که در آن (ψ) تابع جابجایی، $(\psi^{(n)})$ مشتق هسته، (n) درجه مشتق هسته نسبت به متغیر کار (x) ، (x_i) محل تغییر، (c_s) نرمی تغییر، و $(\delta(x-x_i))$ دلتای دیراک با خاصیت انتگرال آزاد در سمت راست معادله (۳۱) است.

$$(\psi^{(n)} - c_s \psi^{(n)} \delta(x-x_i))^{(n)} + \dots = 0 \quad \int \psi(x) \delta(x-x_i) = \psi(x_i) \quad (31)$$

با استفاده از روش مانده های وزن دار [۴۸]، فرم ضعیف معادله حاکم (۳۱) به صورت معادله (۳۲) در می آید، که در آن (W) تابع وزن است. محاسبات عددی فراوان نشان داد که معادله (۳۲) غلط است، و به صورت معادله (۳۳) و یا (۳۴) اصلاح شد [۲۱ و ۲۲]، که در آن (F_R) و (S_R) توابع پدیده اند که در اصل سوم تعریف شدند [۱۶-۵۰].

$$\int W^{(n)} (\psi^{(n)} - c_s \psi^{(n)} \delta(x-x_i)) dx + \dots = 0 \quad (32)$$

$$\int W^{(n)} (\psi^{(n)} - S_R c_s \psi^{(n)} \delta(x-x_i)) dx + \dots = 0 \quad (33)$$

$$\int W^{(n)} (\psi^{(n)} - F_R f_s \psi^{(n)} \delta(x-x_i)) dx + \dots = 0 \quad (34)$$

جالب است بدانید که اصلاح معادله (۳۲) به صورت زیر انجام شد. با محاسبات عددی فراوان ضریب اصلاحی برای تیر با طول های مختلف، و برای میله محوری با طول های متفاوت، به شکل مندرج در جدول ۱ محاسبه گردید. بعد با روشی ابتکاری (که در جدول نشان داده شده، اول اعداد به کسر متعارفی و سپس به معادله تبدیل شده و معادلات تابع تثبیت (S_R) را ساختند) این داده ها به معادله تبدیل شد. این معادله ها تولد توابع پدیده را کلید زدند. با اصلاح شکل ضعیف معادله حاکم زمینه برای تشکیل معادله عناصر محدود فراهم گردید. در ادامه تابع جابجایی (ψ) و تابع وزن (W) بر حسب مقادیر گرهی (ψ_O, W_O) و (ψ_D, W_D) و توابع شکل (N_O, N_D) برای (nen) گره در معادله (۳۵) تعریف شدند.

$$W = W_O N_O(x), O=1, nen \quad \psi = \psi_D N_D(x), D=1, nen \quad (35)$$

معادله عناصر محدود (۳۶) با جاگذاری معادله (۳۵) در معادله (۳۳) حاصل می شود، که در آن ماتریس های سختی در معادله (۳۷) تعریف شده اند. معادله عناصر محدود (۳۶) برای اولین بار تهیه شده و قبلا سابقه نداشته است! این معادله می تواند جایگزین روش عناصر محدود گسترش یافته (XFEM) شود [۶۸-۷۰].

$$k_{OD}^{SS} \psi_D + \dots = 0 \quad k_{OD}^{SS} = k_{OD}^S - k_{OD}^C \quad (36)$$

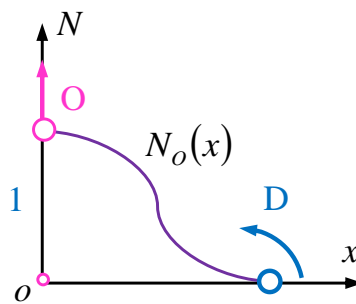
$$k_{OD}^{SS} = S_R \int N_O^{(n)} N_D^{(n)} dx \quad k_{OD}^S = \int N_O^{(n)} N_D^{(n)} dx \quad k_{OD}^C = F_R f_S \int N_O^{(n)} \delta(x - x_i) N_D^{(n)} dx \quad (37)$$

تابع شکل (N_O) برای گره (O) تابعی است با مقدار یک در این گره و مقدار صفر در گره های دیگر (D)، مثل شکل ۱۰. درایه سختی (k_{DO}) نیروی لازم در گره (D) نظیر جابجایی واحد در گره (O) است، در نتیجه تنها تابع (N_O) می باشد. با توجه به این که نیروی (k_{DO}) مشتق طبیعی درجه (m_D) در محل (x_D) می باشد، در نتیجه ضریب سختی در سمت چپ معادله (۳۸) محاسبه می شود. این معادله می تواند جانشین معادله سنتی، که در طرف راست معادله (۳۸) درج شده، شود. مثلا برای لنگر ($m_D = 2$) و برای برش ($m_D = 3$) است. استفاده از سمت چپ معادله (۳۸) محاسبه سختی را خیلی آسان و دقیق می کند [۱۶-۵۰].

$$k_{OD}^S = N_O^{(m_D)}(x_D) \quad k_{OD}^S = \int N_O^{(n)} N_D^{(n)} dx \quad (38)$$

جدول ۱- مقادیر عددی تابع تثبیت SR

Flexural, C _S =1				Axial, C _S =2			
L	SFA	SFB	SFC	L	SAA	SAB	SAC
0.50	0.1111	2/18	0.50/(0.50+4)	0.50	0.1999	2/10	0.50/(0.50+2)
0.75	0.1575	3/19	0.75/(0.75+4)	0.75	0.2766	3/11	0.75/(0.75+2)
1.00	0.1999	4/20	1.00/(1.00+4)	1.00	0.3344	4/12	1.00/(1.00+2)
1.25	0.2393	5/21	1.25/(1.25+4)	1.25	0.3844	5/13	1.25/(1.25+2)
1.50	0.2761	6/22	1.50/(1.50+4)	1.50	0.4283	6/14	1.50/(1.50+2)
1.75	0.3111	7/23	1.75/(1.75+4)	1.75	0.4666	7/15	1.75/(1.75+2)
2.00	0.3444	8/24	2.00/(2.00+4)	2.00	0.4999	8/16	2.00/(2.00+2)
S _F =L/(L+4 C _S)				S _A =L/(L+ C _S)			



شکل ۱۰- تابع شکل و گره ها

۸- اصل هفتم: اتحاد فارسی

سختی تغییر در اصل سوم (k_C)، و در اصل ششم (k_{OD}^C) به ترتیب از چپ به راست در معادله (۳۹) تعریف شدند.

$$k_C = F_R k_S \quad k_{OD}^C = F_R k_S \times f_S^2 \int N_O^{(n)} \delta(x - x_i) N_D^{(n)} dx \quad (39)$$

تجربه و آزمایش های عددی تساوی این دو را به تایید رسانده است. در این اصل صحت تساوی این دو در قالب اتحاد فارسی با منطق دقیق به اثبات می رسد. تعریف جابجایی (ψ) بر حسب مقادیر گرهی، مشتق هسته جابجایی ($\psi^{(n)}$)، و رابطه با نرمی ($f_S = \psi_O / \psi^{(n)}$) برای گره نمونه (O) در معادله (۴۰) و برای گره نمونه (D) در معادله (۴۱) نشان داده شده است.

$$\psi = \psi_O N_O(x) \quad \psi^{(n)} = \psi_O N_O^{(n)} \quad f_S N_O^{(n)} = 1 \quad (40)$$

$$\psi = \psi_D N_D(x) \quad \psi^{(n)} = \psi_D N_D^{(n)} \quad f_S N_D^{(n)} = 1 \quad (41)$$

حاصلضرب جمله سمت راست معادله های (۴۰) و (۴۱)، ترکیب با دلتای دیراک ($\delta(x-x_i)$)، و انتگرال حاصلضرب به ترتیب از چپ به راست در معادله (۴۲) درج شده است. جمله سمت راست معادله (۴۲) اتحاد فارسی نام گرفته است!

$$f_S^2 N_O^{(n)} N_D^{(n)} = 1 \quad f_S^2 N_O^{(n)} \delta(x-x_i) N_D^{(n)} = \delta(x-x_i) \quad f_S^2 \int N_O^{(n)} \delta(x-x_i) N_D^{(n)} dx = 1 \quad (42)$$

با استفاده از اتحاد فارسی و با توجه به معادله (۳۹) معادله (۴۳) حاصل می شود، که نشان دهنده تساوی عناصر محدود (k_{OD}^C) و فلسفه تغییر حالت (k_C) است. این تساوی عام است، یعنی برای همه عناصر محدود های، خطی، غیر خطی، و غیره برقرار است! منبع می توان همه جا فتح را به جای عناصر محدود بکار گرفت (کشف بزرگ)!

$$k_C = F_R k_S \quad k_{OD}^C = F_R k_S \times f_S^2 \int N_O^{(n)} \delta(x-x_i) N_D^{(n)} dx \quad k_C = k_{OD}^C \quad (43)$$

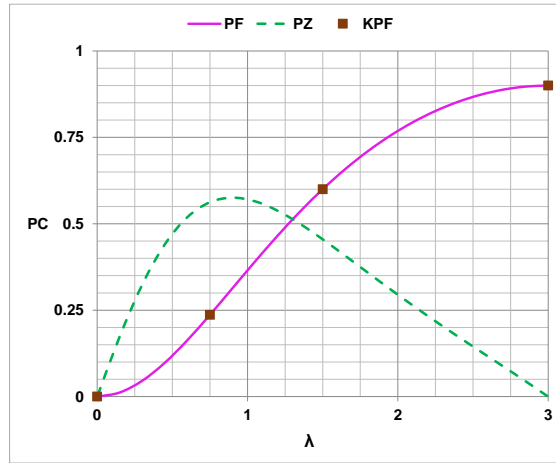
۹- اصل هشتم: منحنی شکنندگی

یکی از مدارک مورد نیاز، برای بیمه کردن سازه های مهم، منحنی شکنندگی است [۱-۱۵]. منحنی شکنندگی، احتمال خرابی سازه را نسبت به یک شناسه عامل تخریب (مثل شتاب بیشینه زلزله) نشان می دهد. روش مرسوم برای تهیه آن به صورت زیر است. ابتدا با استفاده از مدل کردن سازه، و انجام تحلیل های دینامیکی فراوان داده لازم فراهم می شود. برای هر داده ابتدا یک منحنی چگالی احتمال (از بین صد ها) انتخاب می شود. متغیر های منحنی با استفاده از داده تعیین می شود. سپس با انتگرال گیری تابع چگالی، منحنی توزیع تجمعی احتمال محاسبه و به نام منحنی شکنندگی برای سازه مورد نظر بکار می رود. با این که بیش از نیم قرن از شروع کار می گذرد، ولی هنوز تهیه منحنی شکنندگی از عنوان های مهم پژوهشی در دانشگاه ها و موسسه های پژوهشی در سراسر دنیا است! مهم ترین علت داغ بودن موضوع، وجود عدم قطعیت معرفتی در روش های تهیه این منحنی است [۱۴]. مثلاً برای تهیه منحنی شکنندگی نرم افزارهایی تهیه شده که سازه را بطور دقیق مدل سازی می کند. صدها هزار رکورد زلزله تولید و تک تک به سازه وارد می شود. با استفاده از ابر رایانه سازه را تحت یک رکورد قرار داده و تحلیل دینامیکی غیر خطی تا مرحله خرابی انجام می شود. نتایج حاصل از همه رکوردها مورد استفاده قرار گرفته و منحنی شکنندگی مربوطه تهیه می شود [۶]. متأسفانه نشان داده می شود که نتیجه (علی الرغم گرانی، وقت گیری، و خسته کننده بودن) باز دارای عدم قطعیت معرفتی است و اعتماد کاملی نسبت به آن وجود ندارد [۱۴]. این عدم قطعیت باعث شده که اگر پژوهش گر برای یک سازه دوبار منحنی شکنندگی رسم کند دو منحنی یکی نمی شوند! پژوهش های گروه هنر نیاز توجه به تهیه منحنی شکنندگی را کشف کرد. پژوهش ها نشان داد که منحنی فارسی-فسا همه شرایط لازم برای منحنی شکنندگی، و منحنی فارسی-زاهدان شرایط لازم برای منحنی چگالی توزیع را دارند. این کشف به فال نیک گرفته شد، و روش ساده و دقیقی برای تهیه منحنی شکنندگی ابداع شد. نحوه تهیه منحنی شکنندگی فارسی در این اصل شرح داده می شود.

پژوهش ها نشان دادند که منحنی شکنندگی، نشان دهنده ظرفیت از دست رفته سازه، و در نتیجه برای همه سازه ها یکی است! معادله (۴۴) منحنی شکنندگی فارسی (P_F)، منحنی چگالی (P_Z)، و ضریب لاغری نسبی سازه (λ) را نشان می دهد.

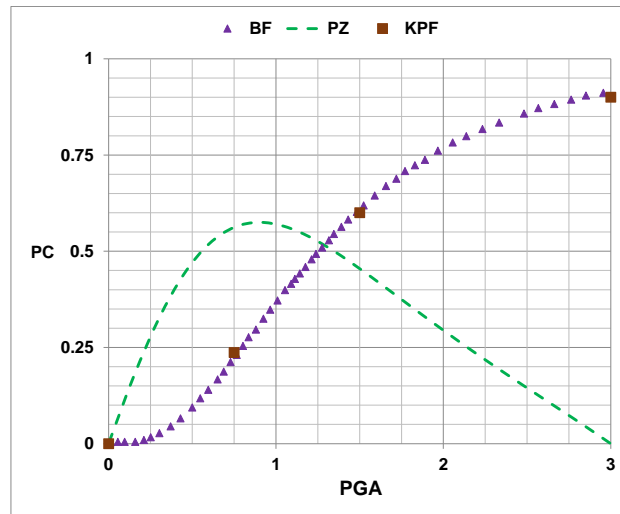
$$P_F = (1.8D)/(1+D) \quad P_Z = (2D^{(1)})/(1+D)^2 \quad \lambda = (L/r)\sqrt{F_y/\pi^2 E} \quad (44)$$

منحنی شکنندگی فارسی و منحنی چگالی نظیر در شکل ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۱ - منحنی شکنندگی فارسی و منحنی چگالی

بالتراپولوس [۶] نرم افزار مفصلی تهیه کرده و به کمک صدها هزار تحلیل دینامیکی غیر خطی (گران و خسته کننده) اقدام به تهیه منحنی شکنندگی کرده است. یکی از این منحنی ها، که برای یک سازه بتنی شش طبقه تهیه شده (BF)، در شکل ۱۲ نشان داده شده است. در شکل ۱۱ و شکل ۱۲ منحنی های چگالی (P_Z) و نقاط کلیدی (KPF) یکی هستند. در نتیجه منحنی ها هم انطباق عالی دارند! مقایسه این دو نشان می دهد که همه چیز یکسان است. تنها تفاوت در نام محور افقی است، که در منحنی فارسی-فسا (λ) و در منحنی بالتراپولوس (PGA) است. با توجه به این که منحنی فارسی دارای مبنای منطقی و دقیق است، ولی منحنی (BF) دارای عدم قطعیت است [۱۴]، منبعد منحنی فارسی را انتخاب و محور افقی آن ضریب لاغری نسبی (λ) در نظر گرفته می شود! این نتیجه (کشف بزرگ) به این معنی است که اولاً منحنی شکنندگی مشخصه سازه است و ارتباطی به عامل تخریب (زلزله، باد، سیل، انفجار، و غیره) ندارد! در ثانی منحنی شکنندگی برای همه سازه ها یکی و همان است که در معادله (۴۴) و شکل ۱۱ نشان داده شده است!



شکل ۱۲ - منحنی شکنندگی بالتراپولوس [۵]

گرچه گروه هنر به دست آوردهای فتح اعتماد کامل دارد، ولی به منظور قانع کردن جامعه علمی به درستی فتح، از طریق خود آن ها، در زیر مراحل ساخت منحنی شکنندگی برای داده های موجود با استفاده از منحنی فارسی (به جای منحنی احتمال موجود) در زیر شرح داده شده است. منحنی شکنندگی برای داده در دسترس در قدم های زیر انجام می شود.

قدم اول: نقاط کلیدی (O, N, M, T) طبق معادله (۴۵) انتخاب می گردد. محل این نقاط در شکل ۱۳ نشان داده شده است.

$$O(0.00, 0.00) \quad N(\xi_N, P_N) \quad M(0.50, P_M) \quad T(1.00, P_T) \quad (45)$$

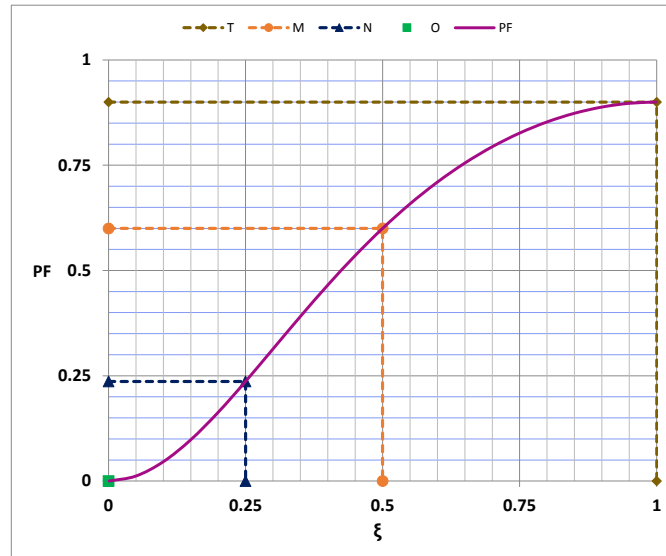
قدم دوم: با بکار گیری نقاط کلیدی متغیر های هادی $(a_M \& b)$ با استفاده از معادله (۴۶) بدست می آیند.

$$a_N = P_N / (P_T - P_N) \quad a_M = P_M / (P_T - P_M) \quad b = \text{Log}(a_N / a_M) / \text{Log}(D_N / O_N) \quad (46)$$

قدم سوم: با داشتن متغیر های هادی منحنی شکنندگی (P_F) و منحنی چگالی (P_Z) در معادله (۴۷) تعریف می شود.

$$P_F = (P_T a_M D^b) / (O^b + a_M D^b) \quad P_Z = (b a_M D^{b-1} O^{b-1} D^{(1)}) / (O^b + a_M D^b)^2 \quad (47)$$

لازم به ذکر است که توابع حالت $(D \& O)$ در اصل اول معرفی شدند.

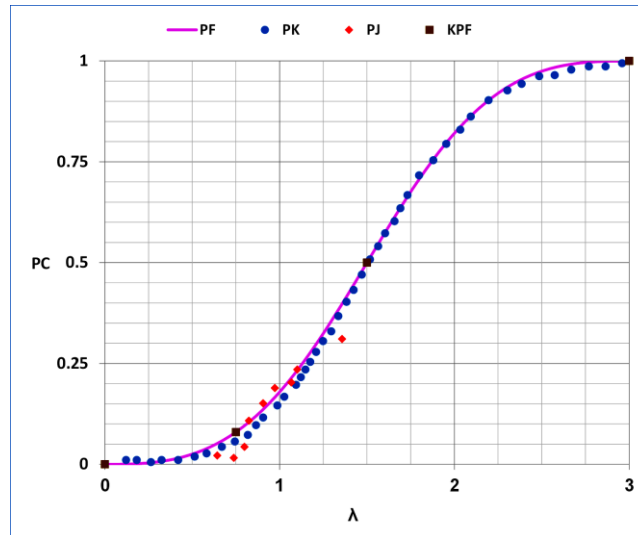


شکل ۱۳- نقاط کلیدی روی منحنی فارسی-فسا

کواگ و هام [۱۵] بر اساس داده های حاصل از اندازه گیری لغزش زمین (PJ) توسط جیسون و همکاران [۹] برای سازه یک نیروگاه اتمی منحنی شکنندگی (PK) تهیه کردند. با استفاده از داده های (PJ) ، نقاط کلیدی در معادله (۴۸) انتخاب شدند. با استفاده از این نقاط کلیدی، متغیر های هادی و منحنی شکنندگی (PF) و منحنی چگالی (PZ) در معادله (۴۹) محاسبه گردیدند. داده های اندازه گیری شده (PJ) ، منحنی شکنندگی کواگ و هام (PK) ، و منحنی فارسی-فسا (PF) در شکل ۱۴ با هم نمایش داده شده اند. همخوانی عالی نتایج درستی فتح در این مورد هم تایید می نماید.

$$O(0.00, 0.00) \quad N(0.75, 0.08) \quad M(1.50, 0.50) \quad T(3.00, 1.00) \quad (48)$$

$$a_M = 1.00 \quad b = 1.42 \quad P_F = (P_T a_M D^b) / (O^b + a_M D^b) \quad P_Z = (b a_M D^{b-1} O^{b-1} D^{(1)}) / (O^b + a_M D^b)^2 \quad (49)$$



شکل ۱۴- مقایسه منحنی فارسی-فسا با منحنی شکندگی کراگک و هام [۱۵]

۱۰- اصل نهم: ظرفیت و اعتماد فارسی

پژوهش های گروه هنر در دو دهه اول قرن ۲۱ میلادی منجر به کشف و ساخت منحنی فارسی-شیراز، برای محاسبه منحنی ظرفیت و منحنی اعتماد سازه ها گردید. مطالعه ممتد و دقیق داده های آزمایش گاهی موجود در فرهنگ علمی منجر به، منحنی فارسی-شیراز (P_S) برای ظرفیت (یا اعتماد) و منحنی چگالی (P_Z) در معادله (۵۰) گردید.

$$P_S = (1 - 0.8D)/(1 + D) \quad P_Z = (2D^{(1)})/(1 + D)^2 \quad \lambda = (L/r)\sqrt{F_y/\pi^2 E} \quad (50)$$

به منظور اقلان بیشتر جامعه علمی، منحنی فارسی-شیراز (PS) با نتایج محاسبه هایی چند در فرهنگ علمی در زیر مقایسه شده است. روش معمول محاسبه ظرفیت در فرهنگ علمی روش پری-رابرتسون [۷۱-۷۷] است که در دو مرحله انجام می شود. در مرحله اول، بار بحرانی (P_E) و شکل مد (ψ_E) سازه از حل معادله مشخصه (۵۱) بدست می آید، که در آن (ψ) تابع جابجایی، (E) مدول اولیه، (I) ممان اینرسی، (L) طول موثر، و (r) شعاع ژیراسیون موثر سازه می باشد. در محاسبه به کمک نرم افزار (مثلا آباکوس) بار بحرانی و شکل مد با حل معادله عناصر محدود نظیر معادله (۵۱) تعیین می گردد.

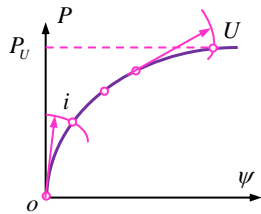
$$EI\psi^{(2)} + P_E\psi = 0 \quad \psi_E = \sin(\pi x/L) \quad P_E = \pi^2 EI/L^2 \quad (51)$$

در مرحله دوم، سازه با جابجایی اولیه (ψ_0) مثل شکل ۱۵ (که مساله نیرو-جابجایی است) منظور و بار نهایی (P_U) از معادله (۵۲) بدست می آید، که در آن (δ_0) جابجایی اولیه، (η) ضریب بار، (λ) لاغری نسبی، (A) سطح مقطع، (F_y) تنش خمیری، و (α) ضریب کاربری است.

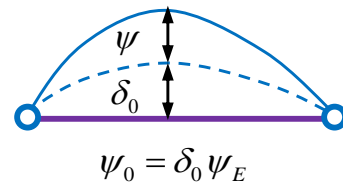
$$EI\psi^{(2)} + P_E(\psi + \psi_0) = 0 \quad \psi_0 = \delta_0\psi_E \quad P_U = \eta P_E \quad (52)$$

با حل معادله (۵۲) ضریب بار از معادله (۵۳) بدست می آید.

$$\eta = \lambda^2 / (\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}) \quad \phi = 0.5(1 + \alpha(\lambda - \lambda_0) + \lambda^2) \quad \lambda^2 = (AF_y)/P_E \quad (53)$$



شکل ۱۶- مراحل روش طول-قوس (ریکس)



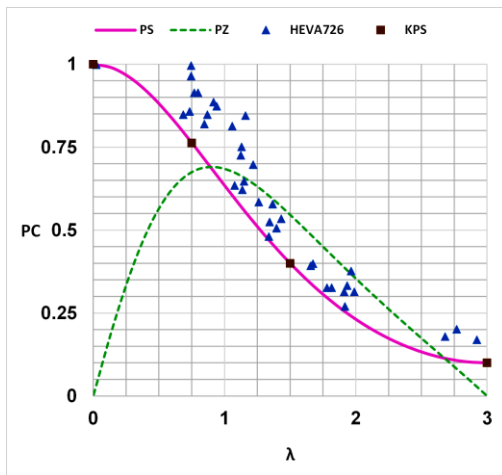
شکل ۱۵- سازه با جابجایی اولیه

محاسبه با نرم افزار (آباکوس) با حل معادله عناصر محدود غیر خطی نظیر معادله (۵۲)، به روش طول قوس (ریکس) [۵۰]، انجام می شود. چون بار نهایی (P_U) کمتر از بار بحرانی (P_E) است. بار بحرانی را به چند قسمت (مثلا ۱۰۰) تقسیم کرده و جزء بارها به تدریج و به صورت افزایشی به سازه وارد می شود. نظیر هر افزایش بار با محاسبات مکرر وضعیت تعادل (نیرو و جابجایی) مربوطه تعیین می گردد. این کار تا رسیدن به بار بیشینه تکرار می شود. روند انجام مراحل روش طول-قوس در شکل ۱۶ نشان داده شده است. با مقایسه روش های فوق، رابطه بین روش های معمول و منحنی فارسی- شیراز در معادله (۵۴) گنجانده شده است. در ادامه منحنی فارسی (PS & PZ) با نتایج دیگران مقایسه می شود.

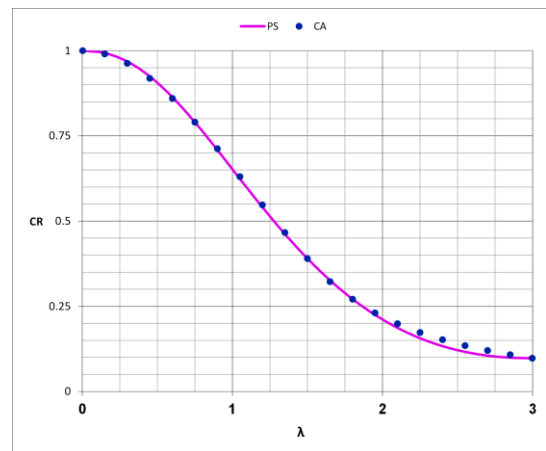
$$\eta = P_S \lambda^2 \quad \lambda^2 = (AF_y) / P_E \quad P_S = (1 - 0.8D) / (1 + D) \quad (54)$$

• آیین نامه استاندارد آمریکا (AISC 360) [۵۹] ظرفیت سازه فولادی (CA) را به صورت معادله (۵۵) بیان کرده است. در شکل ۱۷ ظرفیت (CA) با منحنی فارسی (PS) مقایسه شده است. همخوانی عالی نشانه درستی فتح است.

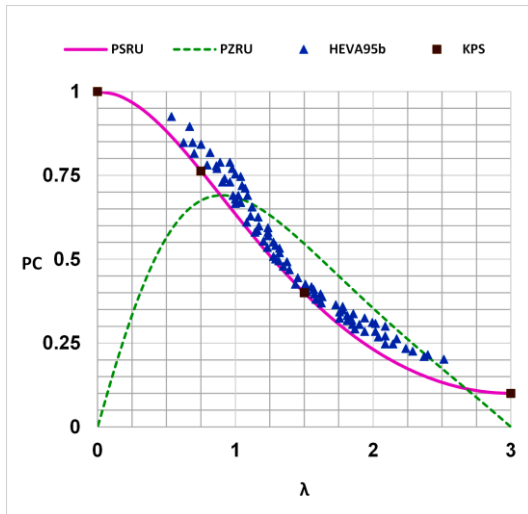
$$C_A = \left(0.658^{\lambda^2} @ \lambda \leq 1.5 \quad 0.877 / \lambda^2 @ \lambda \geq 1.5 \right) \quad \lambda^2 = (AF_y) / P_E \quad (55)$$



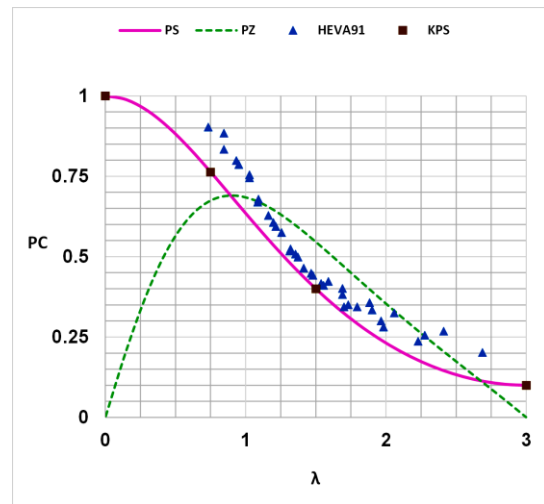
شکل ۱۸- مقایسه منحنی فارسی- شیراز با نتایج آزمایش گاهی حوا [۶۵]



شکل ۱۷- مقایسه منحنی فارسی- شیراز با آیین نامه فولاد آمریکا [۵۹]



شکل ۲۰- مقایسه منحنی فارسی-شیراز با نتایج عناصر محدود هوا [۶۵] در درجه حرارت بالا



شکل ۱۹- مقایسه منحنی فارسی-شیراز با نتایج عناصر محدود هوا [۶۵] در درجه حرارت معمولی

- هوا در رساله دکتری خود [۶۵] کمانش موضعی، کمانش پیچشی، و کمانش خمشی عضوهای ساخته شده از فولاد سرد نورد با مقطع ناودانی لبه دار و بی لبه را مورد آزمایش قرار داده است. او ۹۱ آزمایش کمانش موضعی و ۳۹ آزمایش کمانش پیچش جانبی در درجه حرارت معمولی و بالا را انجام داده است. نتایج آزمایش ها (HEVA26) با منحنی فارسی (PS & PZ) از معادله (۵۰) در شکل ۱۸ مقایسه شده است. وی مدل سازی به روش عناصر محدود را با استفاده از داده های آزمایش گاهی تنظیم و نمونه را مورد تحلیل قرار داده است. نتایج عناصر محدود، در درجه حرارت معمولی (HEVA91) در شکل ۱۹ و در درجه حرارت بالا (HEVA95b) در شکل ۲۰ با منحنی فارسی (PS & PZ) مقایسه شده اند. در این جا نیز همخوانی بسیار خوب نتایج درستی فتح را به نمایش می گذارد.

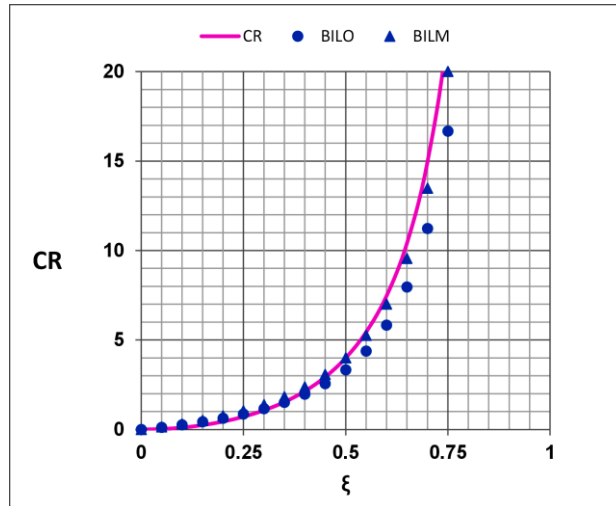
۱۱- اصل دهم: مکانیک شکست فارسی

یکی از شاخه های مهندسی، که از اوایل قرن ۲۰ مورد توجه بوده و هنوز از توجه به آن کاسته نشده، مکانیک شکست می باشد [۵۱-۵۸]. مکانیک شکست، سازه های ترک دار را مورد بررسی قرار می دهد. محاسبات مکانیک شکست سنتی بر اساس روش نرمی انجام می شود. که در آن سازه ترک دار با دو فنر که به صورت سری پشت سر هم قرار می گیرند، جایگزین می شود. در روش نرمی، نرمی سازه (f_s) کمیته شناخته شده است و محاسبه آن برای همه سازه ها به سادگی انجام می گیرد. در نتیجه تمام تلاش مکانیک شکست در محاسبه نرمی ترک (C_S) جمع شده است. علی الرغم سابقه بیش از یک قرن، در مکانیک شکست سنتی هنوز روش قابل اطمینانی برای محاسبه (C_S) وجود ندارد! علت این عدم موفقیت دو تاست. اولی استفاده از روش نرمی است، که خود به سازه مورد نظر وابسته است و قاعده جامعی که برای همه سازه ها قابل تعمیم باشد وجود ندارد. وجود، ده ها کتاب، و ده ها هزار معادله برای محاسبه نرمی ترک و سایر ضرایب، دلیل این مدعاست. دلیل دوم هم در ذات نرمی ترک (C_S) است، که انتهایش در بینهایت است، و ساخت معادله ای در محیط محدود و تعمیم برای بینهایت (مفهوم نامفهوم) ناممکن است! پژوهش های منطقی هنر مشکل را حل، و مکانیک شکست فارسی را به جای سنتی به شرح زیر پیشنهاد می کند.

به طوری که در اصول قبل مطرح شد، نرمی ترک به صورت مضربی از نسبت حالت، در معادله (۵۶) تعریف می شود. که در آن (D) تابع هدف، (O) تابع مبداء، و (k_N) ضریب اصلاح (برای تیر یک سر گیردار یک سر ساده برابر ۴، و برای میله محوری برابر ۱ است، ولی برای شرایط دیگر قابل محاسبه نیست) است. از سمت چپ، جمله اول معادله (۵۶) جانشین همه مکانیک شکست سنتی است! از این

معادله برای مقایسه مکانیک شکست فارسی با نتایج مکانیک شکست سنتی استفاده می شود، و گرنه در لوای فتح شکست در اثر ترک هم یک نوع تغییر است و با سایر پدیده های تغییر تفاوتی ندارد!

$$c_s = k_N D/O \quad G = (\sigma^2 D^{(1)}) / (2EO^2) \quad K = (\sigma \sqrt{2D^{(1)}}) / (2O) \quad (56)$$



شکل ۲۱- مقایسه نرمی ترک فارسی با نرمی ترک بیلولو [۵۵]

کمیت میزان انرژی آزاد شده (G) (مقدار انرژی که برای ایجاد یک واحد سطح ترک لازم است)، و عامل شدت تنش (K) (نوعی تمرکز تنش در نوک ترک را نشان می دهد) به ترتیب در جمله دوم و سوم از سمت چپ معادله (۵۶) تعریف شده اند. معادله (۵۶) شرایط لازم و کافی برای محاسبه همه کمیت های مکانیک شکست برای مقایسه با همتهای سنتی خود را دارد. توجه داشته باشید که در مکانیک شکست سنتی کمیت ها به هم وابسته اند و خطای یکی به دیگری هم منتقل می شود. ولی در معادله (۵۶) کمیت ها کاملاً مستقل از یکدیگر تعریف شده اند! پژوهش ها به نحوی که در معادله (۵۷) آمده، دلیل منطقی برای ناپایدار شدن سازه های ترک دار در عمق نسبی ترک ($\xi = 0.5$) را نمایش می دهد. در این معادله (E_T) چگالی انرژی در نوک ترک، و (E_R) چگالی انرژی آزاد شده است، که نمی تواند بیش از (E_T) باشد. در نتیجه ($\xi = 0.5$) آستانه ناپایداری را نشان می دهد. در فرهنگ مکانیک شکست سنتی به کرات به طور ضمنی به این رفتار (منتها بدون اراده دلیل) اشاره شده است.

$$E_R = E_T D/O \quad E_R \leq E_T \quad \xi \leq 0.5 \quad (57)$$

در مکانیک شکست سنتی، عامل تمرکز تنش (K) مطابق معادله (۵۸)، بر حسب یک عملگر اختیاری (L)، تعریف می گردد. بطوری که از این معادله می توان نتیجه گرفت، (K) یک کمیت ریاضی است که بر حسب تابع وزن (W)، که باز کمیت ریاضی است، تعریف شده و اثری از سازه ترک خورده در آن نیست! این تصویر می تواند دلیل تنوع در عامل شدت تنش توسط پژوهش گران است!

$$LW = \delta(x - x_i) \quad LK = \sigma \quad K = \int \sigma W dx \quad (58)$$

کمیت میزان انرژی آزاد شده (G) به صورت تابعی از عامل شدت تنش (K)، و کمیت نرمی ترک (c_s) بر حسب انرژی آزاد شده (E_R) و بار در انتهای دور (P) در معادله (۵۹) تعریف شده اند. لازم به ذکر است که (c_s) مشخصه سازه ترک دار است و ارتباطی با (P) ندارد. این رابطه ساختگی قطعاً باعث خطا و تنوع در ارائه کمیت (c_s) در مکانیک شکست سنتی است! مکانیک شکست سنتی و فارسی در زیر با هم مقایسه شده اند.

$$G = K^2/E \quad E_R = \int G dx \quad c_s = d^2 E_R / dP^2 \quad (59)$$

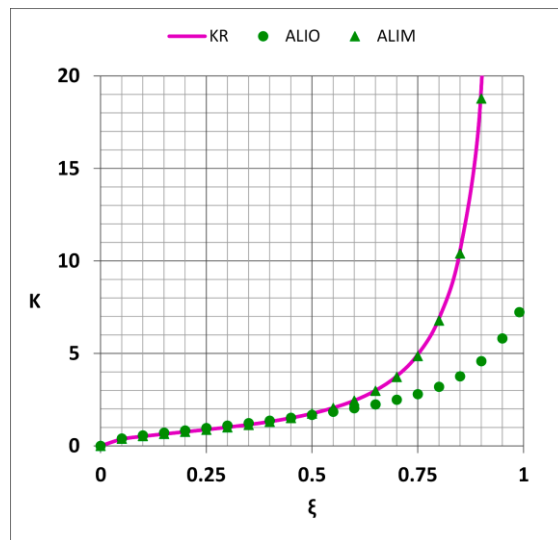
نرمی ترک ارائه شده در رساله دکتری بیللو (BILO) [۵۵]، فرم اصلاح شده آن به کمک فتح (BILM) و نرمی فارسی (CR) در معادله (۶۰) درج شده اند. این سه منحنی در شکل ۲۱ با هم مقایسه و همخوانی خوبی بین آنها مشاهده می شود.

$$BILO = (\xi(2 - \xi)) / (0.90(\xi - 1)^2) \quad BILM = (\xi(2 - \xi)) / (0.75(\xi - 1)^2) \quad CR = 4D/O \quad (60)$$

• علی آبادی [۵۷] عامل شدت تنش (ALIO) مندرج در معادله (۶۱) را برای ترک در مرکز صفحه پیشنهاد کرده است. پاتریشیو [۵۸] نیز در چندین سال بعد با محاسبات عددی نتیجه مشابه بدست آورده است. فرم اصلاح شده نرمی علی آبادی ALIM توسط فتح نیز در معادله (۶۲) آمده است. در شکل ۲۲ (ALIO)، (ALIM) و عامل شدت تنش فارسی (KR) با هم مقایسه شده اند.

$$ALIO = \sqrt{\pi\xi} \left(\frac{1 + 0.043\xi + 0.491\xi^2 + 7.125\xi^3 - 28.403\xi^4}{+ 59.583\xi^5 - 65.278\xi^6 + 29.762\xi^7} \right) \quad (61)$$

$$ALIM = \frac{\sqrt{\pi\xi}}{(1 - \xi)^{1.06}(1 + 2\xi)} \left(\frac{1 + 0.043\xi + 0.491\xi^2 + 7.125\xi^3 - 28.403\xi^4}{+ 59.583\xi^5 - 65.278\xi^6 + 29.762\xi^7} \right) \quad (62)$$



شکل ۲۲ - مقایسه شدت تنش فارسی با شدت تنش علی آبادی [۵۷]

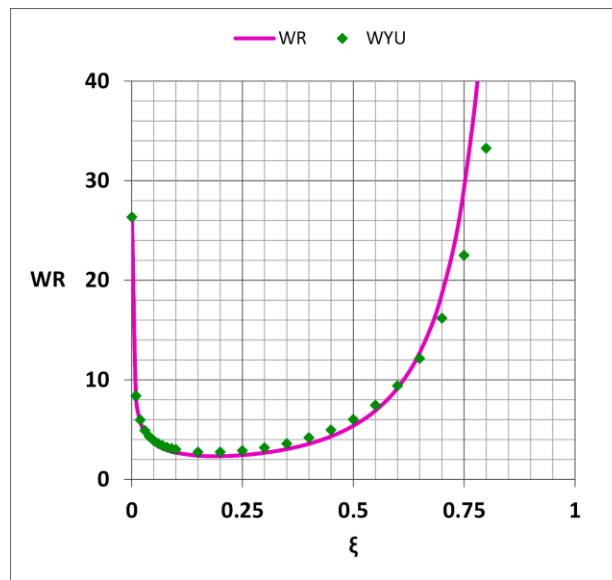
مکانیک شکست فارسی می تواند جانشین مکانیک شکست سنتی باشد. منتها به خاطر ایجاد اطمینان در جامعه علمی و جایگزینی مرحله ای، در لوای فتح تابع وزن فارسی (WR) در معادله (۶۳) درج گردیده است.

$$W_R = (D^{(2)}(\xi)O(\xi) + 2D^{(1)}(\xi)D^{(1)}(\xi)) / (2\sqrt{2}O^2(\xi)\sqrt{D^{(1)}(\xi)}) \quad (63)$$

یوان [۵۶] در رساله دکتری خود، که در دانشگاه برکلی آمریکا انجام شده، تابع وزن (WYU) برای صفحه در یک طرف ترک خورده، مندرج در معادله (۶۴) را ارائه کرده است.

$$\frac{WYU \times (0.5\pi\xi)^2 \times \cos(0.5\pi\xi) / (2 \tan(0.5\pi\xi))^{1/2}}{\xi(1.46 + 1.2 \times 3.42(1 - \cos(0.5\pi\xi))) \times (0.752 + 1.2 \times 2.02\xi + 0.37(1 - \sin(0.5\pi\xi))^3)} = 1 \quad (64)$$

تابع وزن (WYU) در شکل ۲۳ با تابع وزن فارسی (WR) مقایسه شده است. همخوانی نتایج صحت فتح را به تایید می رساند.



شکل ۲۳ - مقایسه تابع وزن فارسی با تابع وزن یوان [۵۶]

۱۲- نتیجه گیری

در این مقاله قسمتی از دست آوردهای فلسفه تغییر حالت (فتح) در ده اصل ارائه شد. در هر مورد معادله های ریاضی لازم و منطق پشتوانه آن ارائه گردید. با مقایسه نتایج فتح با نتایج موجود در فرهنگ علمی صحت، دقت، و برتری فتح به اثبات رسید. به منظور جایگزینی مرحله ای فلسفه موجود با فتح، و ایجاد اعتماد در جامعه علمی امکانات میانی نیز ارائه گردید. با حل مثال های متنوع و مقایسه با نتایج مشابه در فرهنگ علمی نشان داده شد که فتح در عین دقت، بسیار ساده، ارزان، و قابل اعتماد است. همه نتایج ارائه شده قابل باز سازی و صحت سنجی است.

۱۳- فهرست منابع

1. Baker R. (1990). Probability estimation and information principles. *Structural Safety*, 9(2): 97-116.
2. Keelin T. W., and Powley B. W. (2011). Quantile parameterized distributions. *Decision Analysis* 2011; 8(3): 206-219.
3. Powley B. W. (2013). Quantile function methods for decision analysis. PhD Dissertation, The Department of Management Science and Engineering, Stanford University, USA.
4. 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.
5. Keelin T. W. (2016). The metalog distribution. *Decision Analysis* 2016; 13(4): 223-293.
6. 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.
7. Kanwar N. S. (2018). Entropy-based reliability analysis and design in slope engineering. MSc. Thesis, Department of Civil Engineering, Lakehead University, Canada.
8. Cui J., Jiang Q., Li S., Feng X., Zhang M., and Yang B. (2017). Estimation of the number of specimens required for acquiring reliable rock mechanical parameters in laboratory uniaxial compression tests. *Engineering Geology*, 222, 186-200.

9. Jibson R. W., Harp E. L., Michel J. A. (2000). A method for producing digital probabilistic seismic landslide hazard maps Eng. Geol. 58(3): 271-289.
10. Overduin S. (2004). Use of the lognormal distribution for survival data: inference and robustness. MSc Dissertation, Department of Statistics and Actuarial Science, Simon Fraser University, Canada.
11. Baker JW (2015), Efficient analytical fragility function fitting using dynamic structural analysis. Earthq Spectra 31(1): 579-599.
12. Singhal A, Kiremidjian AS (1998) Bayesian updating of fragilities with application to RC frames. J Struct Eng 124(8):922-929.
13. Lallemand D., Kiremidjian A., and Buton H. (2015) Statistical procedures for developing earthquake damage fragility curves. Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 44(9): 1373-1389. DOI: 10.1002/eqe.2522.
14. Lallemand D., and Kiremidjian A. (2017) Accounting for uncertainty in earthquake fragility curves. 16th World Conference on Earthquake Engineering. 16WCEE. Paper No. 2402, Santiago Chile January 2017.
15. Kwag S., and Hahm D. (2018). Development of an earthquake induced landslide risk assessment approach for nuclear power plant. Nuclear Engineering and Technology 50: 1372-1386.
16. Ranjbaran, A., Hashemi, S., Ghaffarian, A.R. (2008), A new approach for buckling and vibration analysis of cracked column. International Journal of Engineering, Transactions A: Basics. 21(3), 225-230.
17. Ranjbaran A. (2010). Analysis of cracked members: The governing equations and exact solutions. Iran. J. Sci. Technol., Trans. B: Eng. 34(4):407-417.
18. Ranjbaran A, Shokrzadeh AR, and Khosravi S. (2011). A new finite element analysis of free axial vibration of cracked bars. Int. J. Numer. Methods. Biomed. Eng. 27(10):1611-1621.
19. Ranjbaran A, and Rousta H. Interaction diagram for dynamic stability by Laplace transform. NED University Journal of Research, 2013; 10(1):31-38.
20. Ranjbaran A, Rousta H, Ranjbaran M, and Ranjbaran M. Dynamic stability of cracked columns; the stiffness reduction method. Scientia Iranica, 2013; 20(1):57-64.
21. Ranjbaran A, and Rousta H. (2013). Finite element analysis of cracked beams innovative weak form equations. NED University Journal of Research 10(1): 39-46.
22. Ranjbaran A, Rousta H, Ranjbaran Mo, Ranjbaran Ma, Hashemi M, and Moravej MT. (2013). A necessary modification for the finite element analysis of cracked members: detection, construction, and justification. Arch. Appl. Mech. 83:1087-1096.
23. Ranjbaran A., Ranjbaran M. (2014). New finite-element formulation for buckling analysis of cracked structures. J. Eng. Mech. 140(5): 04014014(1-10), ASCE, DOI: 10.1061/(ASCE)EM.1943-7889.0000734.
24. Ranjbaran A. (2014). Free-vibration analysis of stiffened frames. J. Eng. Mech. 140(9): 04014071(1-9), ASCE, DOI: 10.1061/(ASCE)EM.1943-7889.0000783.
25. Ranjbaran A. (2015). Buckling analysis of stiffened frames. NED University Journal of Research 12(1): 29-43.
26. Ranjbaran, A., and Ranjbaran, M. (2017). State based buckling analysis of beam-like structures. Archive of Applied Mechanics. 87(9): 1555-1565 DOI 10.1007/s00419-017-1273-6.
27. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., (2017) State based damage mechanics. NED University Journal of Research 14(1), 13-26.
28. Hoseini S., Ranjbaran, A., Roosta S., (2018) Progressive collapse of tall steel buildings designed with outrigger braced systems. NED University Journal of Research 15(1): 1-14.

29. Ranjbaran A. (2016). New generalized weight function for stress intensity factor. NED University Journal of Research 13(1): 33-42.
30. Ranjbaran, A., and Ranjbaran, M. (2016). State functions the milestone of fracture. Archive of Applied Mechanics. 86(7): 1311-1324.
31. Ranjbaran, A., and Ranjbaran, M. (2017). Innovative theory for the compliance computation in rotors. Scientia Iranica A 24(4): 1779-1788.
32. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., (2018) State based method for ultimate strength analysis of stiffened panels. NED University Journal of Research 15(1): 39-50.
33. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., Ranjbaran, F. (2019) State-based fracture mechanics. Journal of Science and Engineering Elites, 1397; 3(6): 79-87. (in Persian).
34. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., Ranjbaran, F. (2019) State-based stability. Journal of Science and Engineering Elites, 1397; 3(6): 106-113. (in Persian).
35. 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).
36. 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).
37. 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).
38. 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).
39. 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).
40. 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).
41. 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).
42. 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).
43. 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): 52-60. (in Persian).
44. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., Ranjbaran, F. (2019) One God one universe and one philosophy the state based philosophy. Journal of Science and Engineering Elites, 1398; 4(3): 60-84. (in Persian).
45. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., Ranjbaran, F. (2019) Slope stability analysis by the Persian Curves. Journal of Science and Engineering Elites, 1398; 4(4): 27-46. (in Persian).
46. Ranjbaran, A., Fattahi M., Ranjbaran, M., Ranjbaran, F. (2019) Review detection and revision of the epistemic uncertainty in Canadian American and Iranian steel design codes. Journal of Science and Engineering Elites, 1398; 4(5): 30-46. (in Persian).
47. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., Baharvand A. (2020). A step toward development of generic fragility curve. NED University Journal of Research 17(1): 1-24.
48. Finlayson B. A. (1972). The method of weighted residuals and variational principles. Academic Press, New York and London.

49. Malekzadeh Y. (2018). Dynamic stability of functionally graded carbon nanotube reinforced composite plate. MSc thesis, Department of Civil Engineering International Unit, Shiraz University, Iran.
50. Ranjbaran A. (1992) A computer program for the stress analysis of reinforced concrete structures. PhD thesis, The Department of Civil and Structural Engineering, University of Manchester Institute of Science and Technology (UMIST), Manchester, UK, 1992.
51. Bueckner HF. A novel principle for the computation of stress intensity factors. *Zeitschrift fur Angewandte Mathematik und Mechanik*, 1970; 50: 529-546.
52. Rice, J. Some remarks on elastic crack-tip stress field. *International Journal of Solids and Structures*, 1972; 8:751-758.
53. Abraham ONL, Brandon JA, and Cohen AM. Remark on the determination of compliance coefficients at the crack section of a uniform beam with circular cross section. *Journal of Sound and Vibration*, 1994; 169(4):570-574.
54. Anderson TL. *Fracture mechanics: fundamentals and applications*. Taylor and Francis Group LLC, USA, 2005.
55. Bilello C. Theoretical and experimental investigation on damaged beams under moving systems. PhD Thesis, Universita degli Studi di Palermo, Palermo, Italy, 2001.
56. Yuan R. (2007). The relationships between weight functions, geometric functions, and compliance functions in linear elastic fracture mechanics. PhD Thesis, Department of Engineering Material Science, University of California, Berkley, 2007.
57. Aliabadi M. H., Lopez J. L. F. (1996). *Data base of stress intensity factors*. Computational Mechanics Publications, Southampton.
58. Patricio Dias M. J. (2008). Crack propagation on highly heterogeneous composite materials. PhD thesis, Eindhoven University of Technology.
59. ANSI/AISC 360-16. *Specification for structural steel buildings*. Chicago: AISC; 2016.
60. EN 1993-1-1. *Eurocode 3: design of steel structures – Part 1-1: general rules and rules for buildings*. Brussels: European Committee for Standardization ; 2005.
61. EN 1993-1-12. *Eurocode 3: design of steel structures – Part 1-12: additional rules for the extension of EN1993 up to steel grades s700*. Brussels: European Committee for Standardization ; 2007.
62. AS4100. *Australian Standards. Steel structures*. NSW, Australia: Standards Australia; 1998.
63. AS4100-A1. *Australian Standards. Amendment No.1 to AS4100-1998 Steel structures*. NSW, Australia: Standards Australia; 2012.
64. Gardner L. A new approach to structural stainless steel design. PhD thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Imperial College London, UK, 2002.
65. Heva Y. B. Behavior and design of cold-formed steel compression members at elevated temperatures. PhD thesis. The School of Urban Development, Queensland University of Technology, Australia; 2009.
66. Landesmann A., Camotim D. On the direct strength method (DSM) design of cold-formed steel columns against distortional failure. *Thin-Walled Structures*. 67: 168-187; 2013.
67. Rasmussen K. J. R. Stability of thin-walled structural members and systems Doctor of Engineering Record (DER) thesis, Faculty of Engineering, the University of Sydney, Sydney, Australia; 2017.
68. Bordas S., Nguyen P. V., Dunant C., Nguyen-Dang H. and Guidoum A. (2006) An extended finite element library. *International Journal for Numerical Methods in Engineering* 2006; 2: 1-33.
69. Khodabakhshnejad A. (2016) An extended finite element method based modeling of hydraulic fracturing. PhD thesis, submitted to the University of Southern California USA, 2016.

70. Toolabi M. (2015) Dynamic extended finite element method (XFEM) analysis of discontinuous media. PhD thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Imperial College of London, UK 2015.
71. Shepherd P. (1999) The performance in fire of restrained columns in steel framed construction. PhD thesis, submitted to the Department of Civil and Structural Engineering, University of Sheffield, UK, 1999.
72. Kristensen T. (2016) Study of production tolerances impact on capacities with regards to EN-1999. MSc thesis, submitted to Faculty of Science and Technology, University of Stavager, Norway, 2016.
73. Ahmed S. (2017) Behavior and design of stainless steel columns. PhD thesis, submitted to the Faculty of Engineering and Information Technology, the University of New South Wales, Australia, 2017.
74. Szalai J. Complete generalization of Ayrton-Perry formula for beam-column buckling problems. *Engineering Structures*, 153:205-223. Doi: 10.1016/j.engstruct.2017.10.031.
75. Alejandro Garcia Humia (2019) Analytical and numerical buckling analysis for cruise vessel specific structures. MSc thesis, submitted to the Chair of Ship Structures, University of Rostock, Germany, 2019.
76. Taras A. (2010) Contribution to the development of consistent stability design rules for steel members. PhD thesis, submitted to the Faculty of Engineering, University of Graz, Portugal 2010.
77. Nseir J. (2015) Development of a new design method for the cross-section capacity of steel hollow sections. PhD thesis, submitted to the University of Lieg and University of Saint-Joseph, Belgium France, 2015.