

# اثر ضریب تغییرات پارامترهای اصلی بر شاخص قابلیت اعتماد اعضای سازه ای در آبا

محسنعلی شایانفر<sup>i</sup>؛ احسان جهانی<sup>ii</sup>

## چکیده

آیین نامه آبا، بار و مقاومت را در ضرایب اطمینان جزئی ضرب می‌کند تا قابلیت اعتماد سازه را افزایش دهد. در این مقاله به محاسبه و بررسی شاخص قابلیت اعتماد سازه های طراحی شده براساس آبا پرداخته شده و نشان داده می‌شود که به ازای ضریب تغییرات مختلف برای پارامترهای طراحی، شاخص قابلیت اعتماد متفاوتی برای سازه بدست می‌آید. این امر اهمیت تدوین آیین نامه بر اساس تئوری قابلیت اعتماد را بیان می‌کند. به عبارت دیگر برای بدست آوردن ضرایب اطمینان مناسب برای پارامترهای طراحی سازه در آیین نامه می‌بایستی آنالیز قابلیت اعتماد با توجه به داده های آماری محلی پارامترها (در ایران) انجام شود.

## کلمات کلیدی

تئوری قابلیت اعتماد، آنالیز مونت کارلو، الگوریتم ژنتیک، ضرایب اطمینان جزئی

## *Reliability Index in ABA Design Code*

Mohsenali Shayanfar; Ehsan Jahani

### ABSTRACT

ABA design code increases the reliability of a structure by means of multiplying the partial safety factors by load and resistant. In this paper, the reliability index of code-based designed structures are calculated and investigated. Also it is shown that the different values of reliability index are calculated for the different values of the coefficient of variation. This result expresses the importance of the code design collection on basis of reliability theory. In other words, the partial safety factors of design parameters for ABA must be calculated on basis of the local statistical data (in favor of Iran) of the parameters.

### KEYWORDS

Reliability theory, Monte Carlo Analysis, Genetic algorithm, Partial safety factors

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۶/۱۱/۲

تاریخ اصلاحات مقاله: ۱۳۸۶/۱۱/۲۹

Email : shayanfar@iust.ac.ir

<sup>i</sup> استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت، تهران.

<sup>ii</sup> \* نویسنده مسئول و دانشجوی دکتری سازه دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت، تهران.

Email : ehsan\_jahani@iust.ac.ir

همچون یک آزمایشگاه کامپیوتری به شبیه سازی یک آزمایش در کامپیوتر می‌پردازد. در این روش براساس نوع توزیع و پارامترهای آماری همچون میانگین و انحراف معیار برای هر یک از متغیرهای تصادفی مقادیر تصادفی را تولید کرده و به ازای آنها مقدار تابع حالت حدی بدست می‌آید. مقدار منفی تابع حالت حدی به معنای برآورده نشدن حالت حدی مانند تخریب تیر با تکیه گاه ساده می‌باشد.

احتمال خرابی از تقسیم تعداد دفعاتی که تابع حالت حدی منفی شده به تعداد کل آزمایشات کامپیوتر می‌باشد. دقت پاسخ بدست آمده در روش مونت کارلو به تعداد آزمایشات کامپیوتری (نمونه های) انجام شده در این شبیه سازی وابسته می‌باشد بطوری که هر چقدر تعداد نمونه ها بیشتر باشد پاسخ بدست آمده به جواب واقعی نزدیکتر خواهد بود. Shooman فرمول (۱) را برای بیان درصد خطای پاسخ بدست آمده از روش مونت کارلو بر حسب تعداد نمونه های استفاده شده (n) و احتمال خرابی ( $P_f$ ) ارائه کرده است.

$$\% \text{خطا} = 200 \cdot \sqrt{\frac{1-P_f}{nP_f}} \quad (1)$$

الگوریتم ژنتیک یک روش قدرتمند جستجو می‌باشد که می‌تواند بدون داشتن فرم ریاضی تابع و فقط با داشتن مقدار این تابع در نقاط مختلف، اکسترمم تابع را بدست آورد. الگوریتم ژنتیک از سه عملگر اساسی reproduction، crossover و mutation استفاده می‌کند. به منظور کسب اطلاعات بیشتر در مورد الگوریتم ژنتیک به مرجع [۶] مراجعه نمایید. بنا به تعریف Hasofer-Lind شاخص قابلیت اعتماد یک سازه در فضای نرمال استاندارد برابر با فاصله نزدیکترین نقطه گسیختگی تا مبدا دستگاه مختصات می‌باشد و لذا تعیین شاخص قابلیت اعتماد تبدیل به یک مسئله مینیمم یاب می‌شود که می‌توان با استفاده از الگوریتم ژنتیک این نقطه بر روی سطح گسیختگی را بدست آورده و فاصله آن تا مبدا را به عنوان شاخص قابلیت اعتماد بیان کرد [۷]. در مسئله قابلیت اعتماد پارامترهای متغیر، اعضای جمعیت الگوریتم ژنتیک هستند و تابع شایستگی رابطه ای عکس با شاخص قابلیت اعتماد دارد به عنوان مثال می‌توان تابع  $\frac{1}{\beta}$  را به عنوان تابع شایستگی در نظر گرفت. همچنین این روش قادر به تعیین شاخص قابلیت اعتماد برای تابع حالت حدی غیر خطی می‌باشد.

## ۱- مقدمه

آیین نامه های مختلف با استفاده از تئوری قابلیت اعتماد ضرابی را برای بار و مقاومت ارائه می‌دهند تا با این کار احتمال خرابی را از حد مشخصی کمتر کرده و سازه را در محدوده ایمنی مشخص قرار دهند.

تئوری قابلیت اعتماد با محاسبه شاخص قابلیت اعتماد میزان اعتمادی را که می‌توان به یک سازه داشت را بیان کرده و براساس آن احتمال خرابی سازه را محاسبه می‌کند. در این مقاله شاخص قابلیت اعتماد ( $\beta$ ) برای تیر، ستون و قاب تحت بار مرده و زنده که براساس آبا طراحی شده محاسبه می‌شود. با تغییر در ضریب تغییرات متغیرهای تصادفی مسئله، میزان تغییر در شاخص قابلیت اعتماد را محاسبه کرده و به این ترتیب آنالیز حساسیتی برای شاخص قابلیت اعتماد بیان می‌شود.

در هر طراحی سازه ای، پارامترهایی هندسی همچون ابعاد سطح مقطع و پارامترهای فیزیکی مانند مقاومت مصالح مطرح هستند. این پارامترها مقادیر ثابت و دقیقی ندارند بلکه دارای توزیع های آماری متفاوتی هستند. البته برخی از این پارامترها دارای ضرایب تغییر کوچکی هستند بطوری که می‌توان آنها را مقادیر ثابتی در نظر گرفت. به پارامترهای دیگر که متغیر در نظر گرفته می‌شوند، متغیرهای اصلی می‌گویند.

در تئوری قابلیت اعتماد احتمال تجاوز از یک حالت حدی بررسی می‌شود که این حالت حدی توسط یک تابع ریاضی به نام تابع حالت حدی که براساس پارامترهای طراحی می‌باشد بیان می‌شود.

اولین روش قابلیت اعتماد توسط Cornell [۴] در سال ۱۹۶۹ تحت عنوان روش کرنل مطرح شده و بعدها روش Hasofer-Lind [۵] در سال ۱۹۷۴ مطرح شده که در این روش- های تحلیلی به دلیل اینکه تقریب مرتبه اول از سری تیلور برای تابع حالت حدی در نظر گرفته می‌شوند تنها برای توابع حالت حدی خطی پاسخ دقیق را می‌دهند و در زمانی که تابع حالت حدی، تابعی غیر خطی بر حسب متغیرهای اصلی باشد پاسخ تقریبی را بیان می‌کنند.

و به همین خاطر در این مقاله از روش مونت کارلو و الگوریتم ژنتیک که محدودیت بالا را ندارند استفاده می‌شود که در دو بخش بعدی بیانی کلی از این دو روش ارائه می‌شود. برای کسب اطلاعات بیشتر درباره تئوری قابلیت اعتماد به مراجع [۱] و [۲] و [۳] مراجعه نمایید.

شبیه سازی مونت کارلو (Monte Carlo Simulation)

اگر مشخصات مکانیکی بتن و فولاد به قرار زیر باشد:

میانگین مقاومت کششی فولاد (تنش تسلیم) = 400 Mpa

میانگین مقاومت فشاری بتن = 20 Mpa

براساس آیین نامه آبا مقطع تیر مزبور با مشخصات زیر بدست می‌آید:

مساحت سطح مقطع فولاد کششی = 21/2 cm<sup>2</sup>

عرض مقطع تیر = 30 cm

عمق مقطع تیر = 35 cm

جدول (۱) مقادیر متفاوت ضریب تغییرات پارامترهای طراحی را نشان می‌دهد و جدول (۲) میزان شاخص قابلیت اعتماد چنین سازه ای را برحسب مقادیر متفاوت ضریب تغییرات برای چهارپارامتر اصلی مقاومت فولاد، مقاومت بتن و بار مرده و بار زنده نشان می‌دهد.

برای بدست آوردن شاخص قابلیت اعتماد در هر یک از وضعیت های مزبور از آنالیز مونت کارلو استفاده گردید که در جدول (۲) مقدار  $\beta$  به ازای مقادیر متفاوتی از تعداد نمونه های آنالیز مونت کارلو نیز بیان شده است. تابع حالت حدی در آنالیز مونت کارلو بصورت رابطه (۲) می‌باشد:

$$g = 21.2 \times f_s \left( 35 - \frac{f_s \times 21.2}{0.85 f_c \times 30 \times 21.2 \times 2} \right) - \frac{D \times 250000}{8} - \frac{L \times 250000}{8} \quad (2)$$

جدول (۱): وضعیت های مختلف برای ضرایب تغییر پارامترهای طراحی

متغیرهای اصلی	حالت ۱	حالت ۲	حالت ۳	حالت ۴	حالت ۵
$f_s$	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
$f_c$	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۲
D	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
L	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۴	۰/۴

جدول (۲): مقدار شاخص قابلیت اعتماد برای حالت های مختلف با استفاده از مونت کارلو و GA

تعداد نمونه های آنالیز مونت کارلو	حالت ۱	حالت ۲	حالت ۳	حالت ۴	حالت ۵
۱۰ <sup>۵</sup>	بی نهایت	بی نهایت	۲/۸۷۶۶	۳/۱۸۶۵	۲/۵۷۷۲
۱۰ <sup>۶</sup>	بی نهایت	۴/۵۲۶۴	۲/۸۵۸۷	۳/۲۰۸۶	۲/۶۰۶۴
۱۰ <sup>۷</sup>	۴/۸۲۵	۴/۳۶۰۱	۲/۸۶۷۴	۳/۲۰۴۳	۲/۶۰۵۲
۱۰ <sup>۸</sup>	۴/۸۵۶	۴/۳۶۷۶	۲/۸۶۴۶	۳/۲	۲/۶۰۶۳
با استفاده از GA	۴/۸۶۸	۳/۳۹۶	۲/۹۰۲	۳/۲۴۸	۲/۷۷

متوسط بار مرده و بار زنده بدون اعمال ضرایب اطمینان بصورت روابط (۳) می‌باشد:

$$M_{\mu_D} = 1/0.4 \text{ KN.m} \quad \text{لنگر خمشی ناشی از متوسط بار مرده}$$

$$M_{\mu_L} = 1/0.4 \text{ KN.m} \quad \text{لنگر خمشی ناشی از متوسط بار زنده} \quad (3)$$

## ۲- بررسی شاخص قابلیت اعتماد اعضای سازه ای مختلف

در این بخش به محاسبه شاخص قابلیت اعتماد تیر، ستون و قاب طراحی شده بر اساس آبا پرداخته می‌شود و به ازای وضعیت های مختلف از ضریب تغییرات (C.O.V) پارامترهای طراحی، شاخص قابلیت اعتماد با استفاده از دو روش الگوریتم ژنتیک و آنالیز مونت کارلو بدست آورده می‌شود. در این بررسی تنش حد تسلیم فولاد، مقاومت فشاری بتن، بار مرده و بار زنده بعنوان پارامترهای اصلی در نظر گرفته شده است.

### ۲-۱- شاخص قابلیت اعتماد تیر

تیر دو سر ساده ایی به طول ۵ متر تحت شرایط بارگذاری زیر در نظر گرفته می‌شود. (در تمام این مثال ها توزیع نرمال برای متغیرها در نظر گرفته شده است)

$$\mu_D = 20 \text{ KN/m} \quad \text{متوسط بار مرده}$$

$$\mu_L = 20 \text{ KN/m} \quad \text{متوسط بار زنده}$$

### ۲-۲- شاخص قابلیت اعتماد ستون

در این مثال به تعیین شاخص قابلیت اعتماد ستون طراحی شده براساس آبا پرداخته می‌شود. لنگر خمشی ناشی از مقدار

که در آن چهار پارامتر متغیر عبارتند از:

l: بار زنده

DI: بار مرده

$f_c$ : مقاومت فشاری بتن

$f_y$ : تنش حد تسلیم فولاد

این پارامترها دارای توزیع نرمال می‌باشند. و سایر پارامترهای طراحی که به عنوان پارامترهای ثابت در نظر گرفته

می‌شوند عبارتند از:

d: عمق مقطع ستون

b: عرض مقطع ستون

h: ارتفاع مقطع ستون

$A_s$ : مساحت سطح مقطع فولاد

بقیه پارامترهای ارائه شده در تابع حالت حدی ستون که پارامترهای محاسباتی هستند عبارتند از:

$N_u$ : نیروی محوری نهایی

$M_u$ : لنگر خمشی نهایی

$a_b$ : عمقی از ستون که در حالت بالانس تحت فشار قرار

می‌گیرد

$N_{rb}$ : نیروی محوری ستون در حالت بالانس

$M_r$ : لنگر خمشی مقاوم

e: فاصله مرکز ثقل پلاستیک تا نقطه اعمال نیروی محوری

معادل

$e_b$ : فاصله مرکز ثقل پلاستیک تا نقطه اعمال نیروی محوری

معادل در مقطع بالانس

g: تابع حالت حدی

مقدار شاخص قابلیت اعتماد این ستون به ازای ه حالت مختلف از ضریب تغییرات با استفاده از روش مونت کارلو و الگوریتم ژنتیک محاسبه شده است نتایج حاصل از روش مونت کارلو و احتمال خرابی ستون در جدول (۳) نمایش داده شده است. جدول (۴) نتایج بدست آمده از روش الگوریتم ژنتیک را نشان می‌دهد. بر اساس جداول (۳) و (۴) دیده می‌شود که با افزایش ضریب تغییرات پارامترهای اصلی، مقدار شاخص قابلیت اعتماد کاهش می‌یابد.

نیروی محوری ناشی از مقدار متوسط بار مرده و بار زنده

بدون اعمال ضرایب اطمینان بصورت روابط (۴) می‌باشد:

$$\begin{aligned} N_{\mu_D} &= 25 \text{ KN} \\ N_{\mu_L} &= 25 \text{ KN} \end{aligned} \quad (4)$$

مشخصات فیزیکی این ستون به قرار زیر می‌باشد:

میانگین مقاومت کششی فولاد (تنش تسلیم) =  $400 \text{ Mpa}$

میانگین مقاومت فشاری بتن =  $20 \text{ Mpa}$

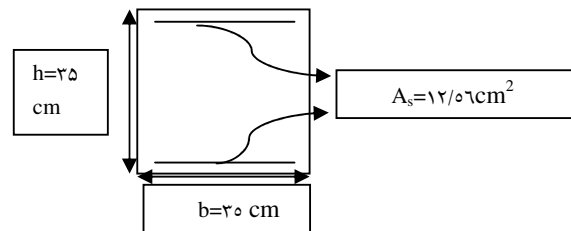
براساس آیین نامه آبا مقطع شکل (۱) با مشخصات زیر بدست می‌آید:

مساحت کل فولاد مقطع که بصورت متقارن و متمرکز در

مقطع قرار می‌گیرد =  $26/2 \text{ cm}^2$

عرض مقطع ستون =  $35 \text{ cm}$

ارتفاع مقطع ستون =  $35 \text{ cm}$



شکل (۱): مقطع ستون

این ستون را برای ه حالت ارائه شده در جدول (۱) بررسی

شده است. تابع حالت حدی برای این ستون بصورت روابط (۵)

می‌باشد:

$$\begin{aligned} N_u &= (1/25 \times N_{\mu_D} + 1/5 N_{\mu_L}); \\ M_u &= (1/25 \times M_{\mu_D} + 1/5 \times M_{\mu_L}); \\ a_b &= 0.02 / (0.02 + f_y / E_s) \times 0.85 \times d; \\ N_{rb} &= 0.85 \times f_c \times b \times a_b; \end{aligned} \quad (5)$$

if  $N_u < N_{rb}$

$$a = N_u / (0.85 b / f_c);$$

$$M_r = 0.5 \times N_u \times (h - a) + A_s \times f_y \times (d - 5);$$

end

if  $N_u > N_{rb}$

$$e_b = (0.2 + 0.77 \times 2 \times A_s / b \times h \times f_y / (0.85 f_c)) \times h;$$

$$N_{ro} = 0.85 \times f_c \times (b \times h - 2 \times A_s) + f_y \times 2 \times A_s;$$

$$e = nro / (1 + (N_{ro} / nrb - 1) \times N_u / e_b);$$

$$M_r = N_u \times e;$$

end

جدول (۳): شاخص قابلیت اعتماد احتمال خرابی

حالت ۵	حالت ۴	حالت ۳	حالت ۲	حالت ۱	
۱/۷۷	۱/۷۱	۲/۴۲۶	۲/۴۴	۳	مونت کارلو با ۱۰ <sup>۶</sup> نمونه
۰/۰۲۸	۰/۰۴۲	۰/۰۰۷۶	۰/۰۰۷۳	۰/۰۰۰۱۴	احتمال خرابی

جدول (۴): شاخص قابلیت اعتماد با استفاده از الگوریتم ژنتیک

حالت ۵	حالت ۴	حالت ۳	حالت ۲	حالت ۱	GA
۱/۴۸	۱/۵۸	۲/۱۵۳	۲/۴۲۶	۳/۰۱	

$$M_u = 1/25 \times M_{\mu_D} + 1/5 \times M_{\mu_L} = 20.6 \text{ KN.m}$$

$$M_r = 0.185 \times 0.6 \times f_c \times b \times a \times (d - a/2)$$

$$M_u = M_r \implies a = 18/88 \text{ cm}$$

$$A_s = 0.185 \times 0.6 \times f_c \times b \times a / 0.185 / f_y \implies A_s = 19/8 \text{ cm}^2$$

محاسبه شاخص قابلیت اعتماد تیر:

تابع حالت حدی تیر بصورت رابطه (۸) می باشد در این فرمول ضرایب اطمینان جزئی اعمال نمی شوند:

$$g(f_y, f_c, DI, L) = A_s \times f_y \times (d - A_s \times f_y / 0.185 / f_c / b / 2) - M_u \quad (8)$$

با تولید اعداد تصادفی بر اساس میانگین و انحراف معیار چهار پارامتر  $f_y, f_c, DI, L$  در آنالیز مونت کارلو و با جستجو کوتاهترین فاصله سطح گسیختگی  $g(f_y, f_c, DI, L)$  تا مرکز دستگاه مختصات نرمال استاندارد در روش الگوریتم ژنتیک شاخص قابلیت اعتماد این تیر برای ۴ حالت ارائه شده در جدول (۱) محاسبه شده که جدول (۵) نمایانگر مقادیر قابلیت اعتماد می باشد.

شاخص قابلیت اعتماد ستون:

لنگر خمشی نهایی اعمال شده به ستون

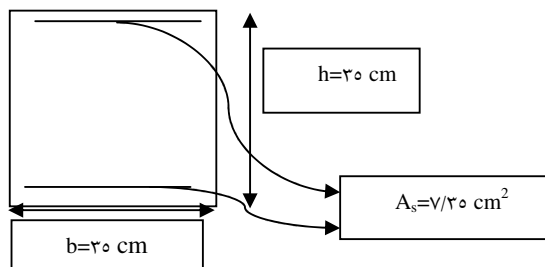
$$M_u = 1/25 \times M_{\mu_D} + 1/5 \times M_{\mu_L} = 10.3 \text{ KN.m}$$

نیروی محوری نهایی اعمال شده به ستون

$$N_u = 1/25 \times N_{\mu_D} + 1/5 \times N_{\mu_L} = 412/5 \text{ KN}$$

بر اساس آبا مقطع شکل (۳) می تواند این بارگذاری را تحمل

نماید:



شکل (۳): مقطع ستون طراحی شده

جدول (۶) مقادیر شاخص قابلیت اعتماد را برای این ستون

نمایش می دهد. جدول (۷) شاخص قابلیت اعتماد را برای کل

قاب بیان می کند که ترکیبی از تیر و قاب می باشد.

جدول (۵): مقدار شاخص قابلیت اعتماد تیر قاب

حالت ۵	حالت ۴	حالت ۳	حالت ۲	حالت ۱	
۲/۷۵۹۷	۲/۹۶۸	۲/۲۸	۳/۹۸	۴/۴۶۵	آنالیز مونت کارلو با ۱۰ <sup>۶</sup> نمونه
۲/۹۳۲	۲/۹۹	۳/۲۷۵	۴/۰۱	۴/۴۹	GA

### ۳-۲- شاخص قابلیت اعتماد قاب

در این مثال به بررسی شاخص قابلیت اعتماد یک قاب یک دهانه یک طبقه که بر اساس آبا طراحی شده پرداخته می شود. بارگذاری اعمال شده بر این قاب بگونه ای می باشد که مقدار لنگر خمشی تیر ناشی از مقدار متوسط بار مرده و زنده بصورت رابطه (۶) می باشد:

$$M_{\mu_D} = 75 \text{ KN / m} \quad \text{لنگر خمشی ناشی از متوسط بار مرده}$$

$$M_{\mu_L} = 75 \text{ KN / m} \quad \text{لنگر خمشی ناشی از متوسط بار زنده} \quad (6)$$

و مقدار لنگر خمشی و نیروی محوری ستون ناشی از مقدار متوسط بار مرده و زنده بصورت رابطه (۷) می باشد:

$$N_{\mu_D} = 150 \text{ KN / m} \quad M_{\mu_D} = 37/5 \text{ KN / m}$$

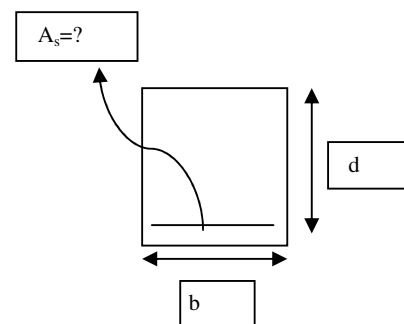
$$N_{\mu_L} = 150 \text{ KN / m} \quad M_{\mu_L} = 37/5 \text{ KN / m} \quad (7)$$

برای بررسی شاخص قابلیت اعتماد این قاب ابتدا تیر و ستون این قاب را بصورت مجزا بررسی کرده و سپس کل قاب مورد بررسی قرار می گیرد.

طراحی تیر بر اساس آبا (محاسبه فولاد)

عرض مقطع تیر  $b=30 \text{ cm}$

عمق مقطع تیر  $d=40 \text{ cm}$



شکل (۲): مقطع تیر طراحی شده

جدول (۶) : مقدار شاخص قابلیت اعتماد ستون قاب

حالت ۵	حالت ۴	حالت ۳	حالت ۲	حالت ۱	
۱/۶۴۸۷	۱/۷۱۵۵	۲/۳۹۱۱	۲/۶۲۲۹	۳/۱۸۱۳	آنالیز مونت کارلو با $10^6$ نمونه
۱/۶۶	۱/۷۳	۲/۴۲۶	۲/۶۴۷	۳/۲۳	GA

جدول (۷) : مقدار شاخص قابلیت اعتماد قاب و تعداد دفعاتی که تیر و ستون قاب خراب شده اند

حالت ۵	حالت ۴	حالت ۳	حالت ۲	حالت ۱	
۴۹۶۷۳	۴۳۴۶۷	۸۳۶۷	۴۴۵۴	۶۹۶	تعداد دفعاتی که ستون خراب شده
۲۹۴۱	۱۵۳۲	۵۱۶	۳۴	۴	تعداد دفعاتی که تیر خراب شده
۱/۶۴	۱/۷۱	۲/۳۷	۲/۶۱	۳/۱۹	شاخص قابلیت اعتماد با آنالیز مونت کارلو با $10^6$ نمونه

### ۳- نتیجه

با توجه به اینکه آیین نامه آبا بدون توجه به توزیع های آماری پارامترهای طراحی در جامعه ساخت و ساز ایران تدوین شده و آنالیزی براساس C.O.V پارامترهای طراحی برای تعیین ضرایب اطمینان جزئی صورت پذیرفته لذا نتایج بدست آمده در مثال های این مقاله نیاز به چنین بررسی هایی را نشان می دهد. و اهمیت این بررسی ها را برای رسیدن به سازه های ایمن بیان می کند. نتیجه دیگری که می توان از این بررسی ها گرفت این است که قابلیت اعتماد بدست آمده برای ستون کمتر از تیر می باشد در حالی که ستون عضو مهمتری نسبت به تیر می باشد و این خود دلیل دیگری بر اهمیت بررسی آیین نامه آبا بر اساس قابلیت اعتماد می باشد.

همانگونه که دیده می شود به ازای C.O.V های مختلف قابل تصور در جامعه مهندسی ایران میزان شاخص قابلیت اعتماد ( $\beta$ ) متغیر می باشد بطوری که شاخص قابلیت اعتماد برای تیر مثال ۱ بین دو مقدار  $4/868$  و  $2/77$  و برای ستون مثال ۲ بین دو مقدار  $3/77$  و  $1/77$  و برای تیر مثال ۳ بین دو مقدار  $4/49$  و  $2/932$  و برای ستون مثال ۳ بین دو مقدار  $3/18$  و  $1/648$  متغیر می باشد که این اختلاف بیانگر این واقعیت می باشد که C.O.V پارامترهای طراحی در مقدار  $\beta$  بسیار اثر گذار بوده و تنها با داشتن مقادیر میانگین از پارامترهای اصلی بدون توجه به C.O.V پارامترها نمی توان سازه قابل اعتمادی را طراحی کرد.

### ۴- مراجع

- |     |   |     |  |
|-----|---|-----|--|
| [۵] | Hasofer, A.M.; N.C. Lind; "An Exact and Invariant First Order Reliability Format", Journal of Engineering Mechanics Division, ASCE, Vol. 100, EM-1, pp. 111-121, Feb. 1974. | [۱] | R. Ranganathan; Structural reliability: analysis and design, Jico Publishing House, 2000.  |
| [۶] | D.E. Goldberg; Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning, Addison-Wesley, New York, 1989.  | [۲] | R.E. Melchers; Structural reliability analysis and prediction, Second Edition, John Wiley & Sons, 1999.  |
| [۷] | Shao S.; Murotsu Y.; "Approach to failure mode analysis of large structures". Probabilistic Eng Mech; 14:169-77, 1999.  | [۳] | H.O. Madsen; S. Krenk; N.C. Lind; Methods of structural safety, International Series in Civil Engineering and Engineering Mechanics Prentice-Hall, 1986. |
| [۸] | Deng L; Ghosn M.; Shao S.; "Shredding genetic algorithm for reliability analysis of structural systems". J Struct Safety 2004.  | [۴] | Cornell, C. A.; "A Probability Based Structural Code", Journal of ACI, Vol. 66, pp. 975-985, Des. 1969.  |