

# تطبیق پهنه‌بندی خطر لرزه‌ای آیین‌نامه طراحی لرزه‌ای تاسیسات شرکت نفت با

## آیین‌نامه طراحی لرزه‌ای ایران

نیما شهیازی<sup>۱</sup>، ایمان عشایری<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری تخصصی گرایش سازه، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران (نویسنده مسئول)

[n.shahbazi@razi.ac.ir](mailto:n.shahbazi@razi.ac.ir)

۲- دانشیار مهندسی زلزله، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

[i.ashayeri@razi.ac.ir](mailto:i.ashayeri@razi.ac.ir)

### چکیده

طیف طرح ارائه شده در آیین‌نامه طرح لرزه‌ای تاسیسات شرکت نفت (نشریه ۰۳۸)، برگرفته از طیف طرح آیین‌نامه ASCE 7-02 آمریکا بوده و بر پایه دو شتاب طیفی  $S_1$  و  $S_2$  است. با توجه به اینکه مقادیر شتاب طیفی  $S_1$  و  $S_2$  برای مناطق لرزه‌خیزی ایران موجود نیست و از آنجاییکه طیف طرح متداول مورد استفاده در ایران، طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ بوده که بر پایه حداکثر شتاب سنگ بستر A می‌باشد، لذا در این مقاله به نحوی طیف طرح نشریه ۰۳۸ با طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ تطبیق داده شد و مقادیر  $S_1$ ،  $S_2$  و  $S_{DS}$  و  $S_{D1}$  متناسب با مناطق چهارگانه لرزه‌خیزی ایران محاسبه و طیف‌های طراحی ارائه شد. در بخش دیگر، به ارزیابی ضرایب انتقال شتاب به سطح زمین ( $F_a$  و  $F_v$ ) ارائه شده در نشریه ۰۳۸ پرداخته شد. مشاهده شد که بازه بندی این ضرایب، متناسب با شرایط لرزه‌خیزی ایران نیست. لذا بازه پیشنهادی برای ضرایب ذکر شده، براساس مقادیر  $S_1$ ،  $S_2$  و متناسب با شرایط لرزه‌خیزی ایران ارائه شد. در بخش دیگر این پژوهش، به ارزیابی ضرایب و روابط مورد استفاده در نشریه ۰۳۸ پرداخته شد. بررسی‌ها نشان داد که تعدادی از روابط و ضرایب مورد استفاده در نشریه ۰۳۸، مستقیماً و بدون تغییر از آیین‌نامه ASCE 7-02 آمریکا گرفته شده‌اند و بر اساس نتایج این مطالعه، مناسب شرایط لرزه‌خیزی ایران نیستند. در این مطالعه، برای ارزیابی ضریب تبدیل طیف با دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال به طیف با دوره بازگشت ۴۷۵ سال، از نتایج تحلیل خطر شهر کرمانشاه استفاده شد.

**کلمات کلیدی:** طیف طرح، آیین‌نامه طرح لرزه‌ای تاسیسات شرکت نفت، استاندارد ۲۸۰۰، شتاب طیفی.

# Adapting Seismic Risk Zonation of The Seismic Design Code of Oil Company Facilities with The Seismic Design Code of Iran

Nima Shahbazi<sup>1\*</sup>, Iman Ashayeri<sup>2</sup>

1- Ph.D. Student, Civil Engineering Department, Razi University, Kermanshah, Iran (Corresponding author)  
n.shahbazi@razi.ac.ir

2 – Ph.D., Associate Professor, Civil Engineering Department, Razi University, Kermanshah, Iran  
i.ashayeri@razi.ac.ir

---

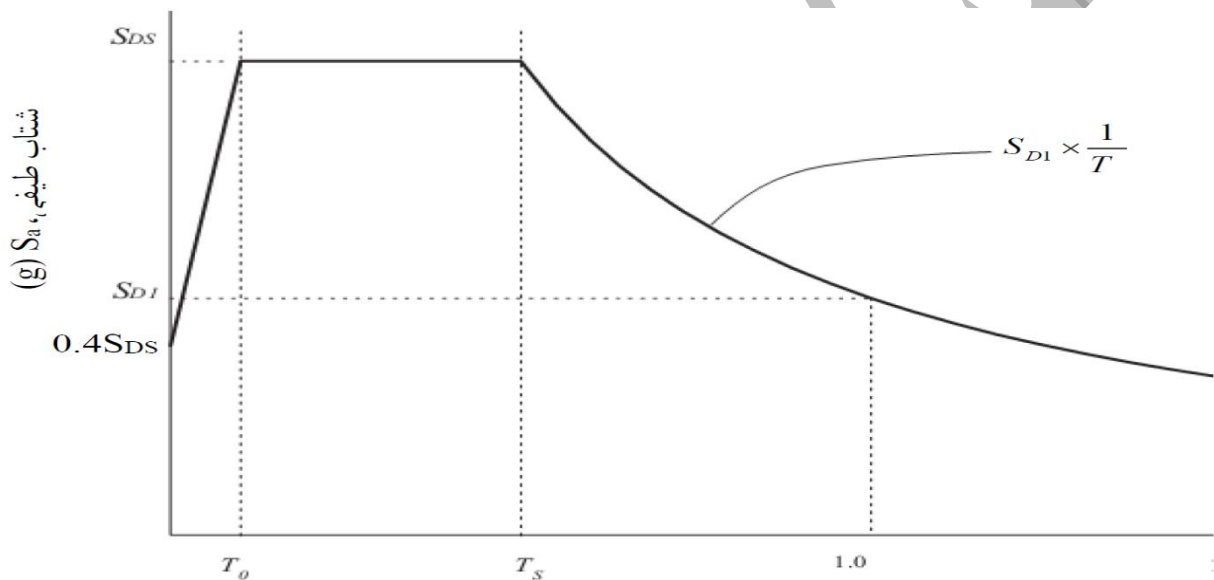
## ABSTRACT

The design spectrum presented in the Iranian Seismic Design Code for Petroleum Facilities (Publication-038) is derived from the design spectrum of the US ASCE 7-02 code. It is based on two spectral accelerations  $S_S$  and  $S_I$ . Considering that the spectral acceleration values of  $S_S$  and  $S_I$  are not available for the seismic regions of Iran and since the seismic design spectrum in Iran is the standard design spectrum of the code-2800, which is based on the maximum acceleration of bedrock  $A$ . In this article, we adapt the seismic design spectrum of Publication-038 with the seismic design spectrum of the code-2800. Thereby, we calculate the values of  $S_S$ ,  $S_I$ ,  $S_{DS}$  and  $S_{D1}$  according to the four seismic zones of Iran and based on the four classifications of ground condition in Iranian seismic design code-2800 and provide the design spectra. In the other part, the evaluation of acceleration transfer coefficients to the ground surface ( $F_a$  and  $F_v$ ) presented in publication-038 is discussed. The results show that the range of these coefficients is not appropriate to the seismic conditions of Iran. Therefore, the suggested range for the mentioned coefficients is presented based on the values of  $S_S$ ,  $S_I$  and according to the seismic conditions of Iran. In the other part of this research, the coefficients and relationships used in the publication-038 are evaluated. Investigations show that some of the relations and coefficients used in publication-038 are taken directly and without change from the American ASCE 7-02 regulations and based on the results of this study, they are not suitable for the seismic conditions of Iran.

**Keywords:** Design Spectrum, Iranian Seismic Design Code for Petroleum Facilities, Standard 2800, Spectral acceleration

## ۱- مقدمه:

آیین نامه طرح لرزه‌ای تاسیسات شرکت نفت (نشریه ۰۳۸) [۱] طیفی را بر اساس آیین نامه ASCE7-02 [۲] و بر پایه دو شتاب طیفی  $S_D$  و  $S_1$  ارائه می‌دهد.  $S_D$  و  $S_1$  بترتیب برابر پارامترهای شتاب طیفی (برحسب شتاب گرانش زمین) نظیر زلزله نادر (سطح خطر سوم) در زمان تناوب های کوتاه و یک ثانیه، روی بستر سنگی (سرعت موج برشی بین ۷۵۰ تا ۱۵۰۰ متر بر ثانیه) حاصل از مطالعه ویژه ساختگاه با میرایی ۵٪ هستند. این در حالی است که در ایران، معمولاً از طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ [۳] استفاده می‌شود که بر پایه حداکثر شتاب طیفی در سنگ بستر (A) تنظیم شده است. به دلیل عدم وجود پهنه‌بندی مقادیر  $S_D$  و  $S_1$  برای مناطق مختلف ایران، در این مطالعه به تطبیق طیف نشریه ۰۳۸ با طیف استاندارد ۲۸۰۰ پرداخته شد. هدف این مقاله، محاسبه مقادیر  $S_D$  و  $S_1$  و در نهایت مقادیر  $S_{D1}$  و  $S_{D5}$  برای مناطق چهارگانه لرزه خیزی ایران، بر اساس دسته‌بندی چهارگانه نوع ساختگاه است. در شکل (۱)، طیف طرح نشریه ۰۳۸ ارائه شده است. مشاهده می‌شود که این طیف، همان طیف ارائه شده در آیین نامه ASCE7-02 آمریکا است.



شکل (۱): طیف طرح نشریه ۰۳۸ [۱]

امیدی‌نسب به ارزیابی نیروهای طراحی لرزه‌ای مخازن هوایی ذخیره مایعات براساس طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ و نشریه شماره ۰۳۸ در پهنه باخطر نسبی خیلی زیاد زلزله پرداخت. بر اساس مطالعات ایشان، در استاندارد ۲۸۰۰، نسبت ضریب برش پایه مخزن به ضریب برش پایه ساختمان شکل پذیر در پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد به ترتیب برای مخازن با ضریب رفتار ۳ و ۲ در پریودهای کوتاه، برابر با ۳/۵ و ۵/۲۵ بوده در حالیکه این مقدار در نشریه ۰۳۸ به ترتیب ۴ و ۶ حاصل شده است. همچنین نتایج مطالعات ایشان نشان داد که مقدار نسبت ضریب برش پایه مخازن به ساختمان، برای هر دو ضریب رفتار و چهار نوع خاک در نشریه ۰۳۸ به مقدار ۱۴ درصد بیشتر از نتایج ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ در پریودهای کوتاه و به مقدار حداکثر ۳۶ درصد کمتر از نتایج ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ در پریودهای بلند است [۴]. برخورداری و همکاران به مقایسه آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله با ضوابط عمومی آیین نامه طراحی لرزه‌ای تاسیسات و سازه های صنعت نفت پرداختند و پیشنهادهایی برای اصلاح ضوابط این آیین نامه ارائه کردند [۵]. در آیین نامه ASCE7-02، برای انتقال شتاب از سنگ بستر به سطح زمین، از دو ضریب  $F_v$  و  $F_a$  استفاده شده که در نشریه ۰۳۸ نیز مستقیماً از این

ضرایب و بدون تغییر استفاده شده است. در جدول (۱)، مقادیر ضریب  $F_v$  و  $F_a$  ارائه شده توسط نشریه ۰۳۸ ارائه شده است. در این جدول، برای محاسبه مقادیر ضریب  $F_v$  و  $F_a$ ، از چندین بازه عددی برای مقادیر  $S_1$  و  $S_s$  استفاده شده است که در هر دو آیین نامه یکسان هستند.

جدول (۱): مقادیر  $F_v$  و  $F_a$  بر حسب نوع ساختمان و مقادیر شتاب طیفی ارائه شده در نشریه ۰۳۸ [۱]

مقدار $F_a$ بر حسب نوع خاک و مقدار $S_s$					
نوع خاک	مقدار شتاب طیفی روی بستر سنگی در زمان تناوب کوتاه				
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s \geq 1.25$
I	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
II	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۱۰	۱/۰۰	۱/۰۰
III	۱/۶۰	۱/۴۰	۱/۲۰	۱/۱۰	۱/۰۰
IV	۲/۵۰	۱/۷۰	۱/۲۰	۰/۹۰	۰/۹۰

مقدار $F_v$ بر حسب نوع خاک و مقدار $S_1$					
نوع خاک	مقدار شتاب طیفی روی بستر سنگی در زمان تناوب یک ثانیه				
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 \geq 0.50$
I	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
II	۱/۷۰	۱/۶۰	۱/۵۰	۱/۴۰	۱/۳۰
III	۲/۴۰	۲/۰۰	۱/۸۰	۱/۶۰	۱/۵۰
IV	۳/۵۰	۳/۳۰	۲/۸۰	۲/۴۰	۲/۴۰

در نشریه ۰۳۸، تبدیل طیف با دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال به طیف با دوره بازگشت ۴۷۵ سال یا استفاده از یک ضریب  $\frac{2}{3}$  اعمال شده است. بر اساس مطالعات انجام شده، این فرض که میان شتاب طیفی زلزله طرح و نادر یک نسبت  $\frac{2}{3}$  وجود دارد از نظر علم تحلیل خطر احتمالاتی صرفاً یک تخمین بوده و نادقیقی آن در بسیاری از مناطق جهان (بویژه در ایران) اثبات شده است [۶]. در این مقاله برای بررسی اثر این ضریب  $\frac{2}{3}$ ، از نتایج تحلیل خطر شهر کرمانشاه استفاده شد [۷] و اثر این مورد در بازه های پیشنهادی ارائه شده برای مقادیر  $S_1$  و  $S_s$  لحاظ شده است. تعدادی از روابط و ضرایب نشریه ۰۳۸ نیز مستقیماً و بدون تغییر از آیین نامه ASCE 7-02 گرفته شده است لذا در این مقاله به بررسی و ارزیابی این ضرایب در بحث سازگاری با شرایط لرزه خیزی ایران نیز پرداخته می شود.

## ۲- روش تحقیق و محاسبه ضرایب

بر اساس بند ۳-۷-۱ آیین نامه طراحی لرزه ای شرکت نفت (ویرایش ۱۳۹۵)، با داشتن مقادیر  $S_1$ ،  $S_s$  و استفاده از روابط (۱) و (۲) می توانیم مقادیر  $S_{D1}$  و  $S_{DS}$  را محاسبه کنیم.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} F_a S_s \quad (1)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} F_v S_1 \quad (2)$$

در این روابط،  $S_{D1}$  و  $S_{DS}$  بترتیب پارامترهای شتاب طیف طراحی در زمان تناوب کوتاه و زمان تناوب یک ثانیه روی ساختمان، حاصل از تحلیل خطر به روش احتمالاتی در سطح خطر دوم با نسبت میرایی ۵٪ می‌باشند.  $S_1$  و  $S_s$  بترتیب برابر پارامترهای شتاب طیفی (برحسب شتاب گرانش زمین) نظیر زلزله نادر (سطح خطر سوم) در زمان تناوب های کوتاه و یک ثانیه، روی بستر سنگی (سرعت موج برشی بین ۷۵۰ تا ۱۵۰۰ متر بر ثانیه) حاصل از مطالعه ویژه ساختمان با میرایی ۵٪ می‌باشند.  $F_v$  و  $F_a$  بترتیب برابر مقادیر ضریب اصلاح طیف در بازه‌ی شتاب ثابت و سرعت ثابت، با توجه به نوع ساختمان و بر اساس جدول (۱) می‌باشند.

با توجه به اینکه ضرایب  $F_v$  و  $F_a$  برای ساختمان نوع یک، برابر ۱ هستند و  $S_{D1}$  و  $S_{DS}$  پارامترهای شتاب طیف طراحی در سطح خطر دو هستند، لذا می‌توانیم با تطبیق دادن پارامترهای شتاب طیفی استاندارد ۲۸۰۰ (A.B) با مقادیر طیف طراحی تاسیسات شرکت نفت، مقادیر  $S_1$  و  $S_s$  را مطابق روابط (۳) و (۴) برای مناطق ایران بدست بیاوریم. از آنجایی که  $S_1$  و  $S_s$  بترتیب برابر پارامترهای شتاب طیفی (برحسب شتاب گرانش زمین)، روی بستر سنگی هستند، لذا بر اساس شدت لرزه‌ای، برای مناطق ایران ثابت هستند.

$$AB(\text{for soil type } \nu \text{ and } T = \nu s) = S_{D1} = \frac{2}{3} F_v S_1 \quad (3)$$

$$AB(\text{for soil type } \nu \text{ and } T = \text{Short period}) = S_{DS} = \frac{2}{3} F_a S_s \quad (4)$$

پس از محاسبه مقادیر  $S_1$  و  $S_s$  برای مناطق چهارگانه ایران، ضرایب  $F_v$  و  $F_a$  برای انواع خاک‌ها با استفاده از درونیابی خطی از جدول (۱) محاسبه شدند. سپس با استفاده از روابط (۱) و (۲)، مقادیر  $S_{D1}$  و  $S_{DS}$  متناسب با ساختمان‌های خطر لرزه‌ای ایران محاسبه شد. در این مرحله مقادیر  $S_1$  و  $S_s$  ثابت و بر اساس روابط (۳) و (۴) در گام قبلی محاسبه شده است. در این روابط، منظور از زمان تناوب کوتاه، پارامتر  $T_s$  در جدول (۲-۲) و ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ [۳] بوده که برای زمین نوع I برابر ۰/۴ است.

در گام بعدی، با داشتن مقادیر  $S_{D1}$  و  $S_{DS}$  طیف طرح لرزه‌ای متناسب با پهنه خطرپذیری ایران و بر اساس نوع ساختمان رسم شده و با طیف استاندارد ۲۸۰۰ مقایسه می‌شود. برای ارزیابی ضریب  $\frac{2}{3}$  در روابط (۱) و (۲) که ارتباط دهنده زلزله سطح خطر ۲ و ۳ هست، از نتایج تحلیل خطر شهر کرمانشاه استفاده می‌شود. پس از ارزیابی این ضریب، به محاسبه ضرایب  $S_1$  و  $S_s$  بر اساس نتایج تحلیل خطر کرمانشاه می‌پردازیم. سپس ضرایب و روابط ارائه شده در نشریه ۰۳۸ را بر اساس نتایج بدست آمده بررسی می‌کنیم. در انتها هم بازه پیشنهادی برای مقادیر  $S_1$ ،  $S_s$  و ضرایب  $F_v$  و  $F_a$  ارائه می‌کنیم. لازم به ذکر است که محاسبات انجام شده در این مقاله، صرفاً محدود به ساختمان نوع I نیست. در واقع همانطور که ذکر شد،  $S_1$  و  $S_s$  پارامترهای شتاب طیفی روی بستر سنگی (سرعت موج برشی بین ۷۵۰ تا ۱۵۰۰ متر بر ثانیه) حاصل از مطالعه ویژه ساختمان با میرایی ۵٪ می‌باشند. لذا با داشتن مقدار این دو پارامتر و ضرب آنها در پارامترهای  $F_a$  و  $F_v$ ، مقادیر  $S_{D1}$  و  $S_{DS}$  متناسب با ساختمان‌های خطر لرزه‌ای ایران محاسبه می‌شود. از نتایج تحلیل خطر شهر کرمانشاه، تنها برای ارزیابی ضریب  $\frac{2}{3}$  ارتباط دهنده طیف ۲۴۷۵ سال به طیف ۴۷۵ سال و بازه پیشنهادی ضرایب  $S_1$  و  $S_s$  در بحث تحلیل خطر استفاده شد. لذا ضرایب  $S_1$  و  $S_s$ ،  $F_v$  و  $F_a$  مقادیر  $S_{D1}$  و  $S_{DS}$  محاسبه شده در این تحقیق محدود به شهر کرمانشاه نیستند.

در جدول (۲)، مقادیر  $S_1$ ،  $S_s$  برای مناطق چهارگانه لرزه‌خیزی ایران ارائه شده است. این ضرایب با تطبیق دادن طیف استاندارد ۲۸۰۰ با طیف آیین‌نامه شرکت نفت محاسبه شده و ثابت هستند. در قسمت دیگر این جدول، ۸۰ درصد مقادیر  $S_1$ ،  $S_s$  محاسبه شده است. بر اساس بند ۳-۴-۲ نشریه شماره ۰۳۸، کران پایین طیف طرح نباید از ۸۰ درصد طیف استاندارد ۲۸۰۰ کمتر باشد. در جداول (۳) و (۴)، مقدار  $F_v$  و  $F_a$  بر اساس مقادیر  $S_1$ ،  $S_s$  و انواع خاک با استفاده از درونیابی خطی محاسبه شده است. در جداول (۵) و (۶) نیز مقدار  $S_{DS}$  و  $S_{D1}$  بر اساس مناطق چهارگانه لرزه‌خیزی ایران و انواع خاک محاسبه شده است.

جدول (۲): مقادیر شتاب طیفی  $S_s$  و  $S_1$  برای مناطق چهارگانه لرزه‌خیزی ایران

A	$S_s$	$S_1$	$0.8*S_s$	$0.8*S_1$
0.35	1/313	0/586	1/05	0/469
0.3	1/125	0/503	0/9	0/402
0.25	0/938	0/4	0/75	0/32
0.2	0/75	0/32	0/6	0/256

جدول (۴): مقدار  $F_v$  برحسب نوع خاک و مقدار  $S_1$

نوع خاک	$S_1 = 0.32$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 = 0.59$
I	1/0	1/0	1/0	1/0
II	1/48	1/4	1/3	1/3
III	1/76	1/6	1/5	1/5
IV	2/72	2/4	2/4	2/4

جدول (۳): مقدار  $F_a$  برحسب نوع خاک و مقدار  $S_s$

نوع خاک	$S_s = 0.75$	$S_s = 0.94$	$S_s = 1/13$	$S_s = 1/31$
I	1/0	1/0	1/0	1/0
II	1/1	1/024	1/0	1/0
III	1/2	1/124	1/05	1/0
IV	1/2	0/9744	0/9	0/9

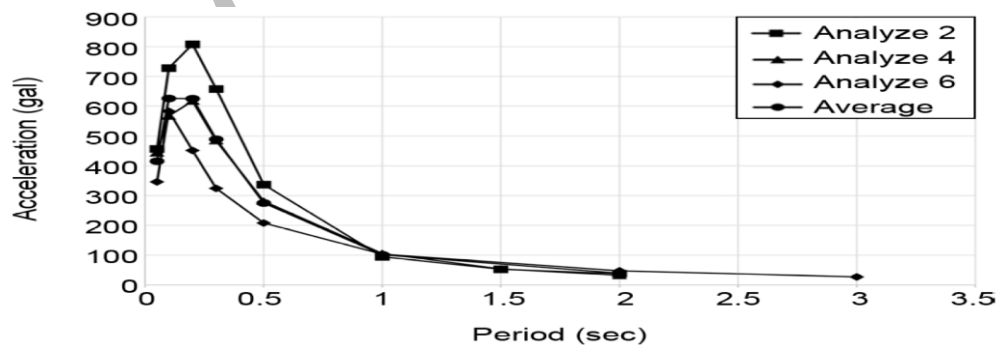
جدول (۶): مقدار  $S_{D1}$  برحسب نوع خاک و مقدار  $S_1$

نوع خاک	$S_1 = 0.32$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 = 0.56$
I	0/213	0/2666	0/335	0/3908
II	0/3157	0/3733	0/4355	0/5080
III	0/3754	0/4266	0/5025	0/5862
IV	0/5802	0/64	0/804	0/938

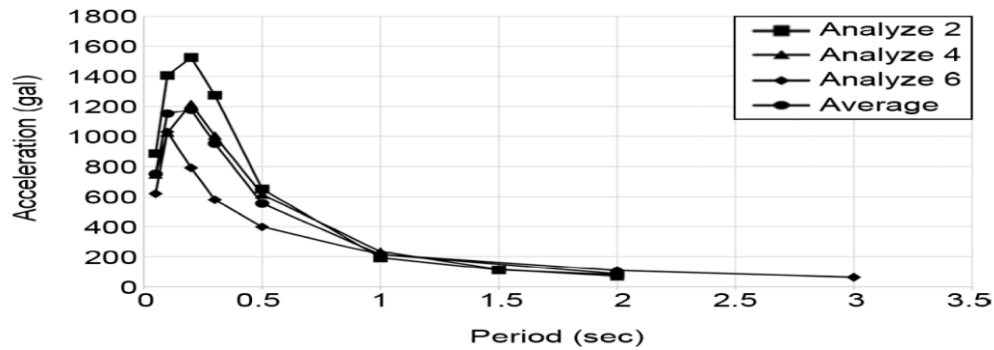
جدول (۵): مقدار  $S_{DS}$  برحسب نوع خاک و مقدار  $S_s$

نوع خاک	$S_s = 0.75$	$S_s = 0.94$	$S_s = 1/13$	$S_s = 1/31$
I	0/50	0/625	0/75	0/875
II	0/550	0/6405	0/75	0/875
III	0/60	0/703	0/7875	0/875
IV	0/60	0/609	0/675	0/7875

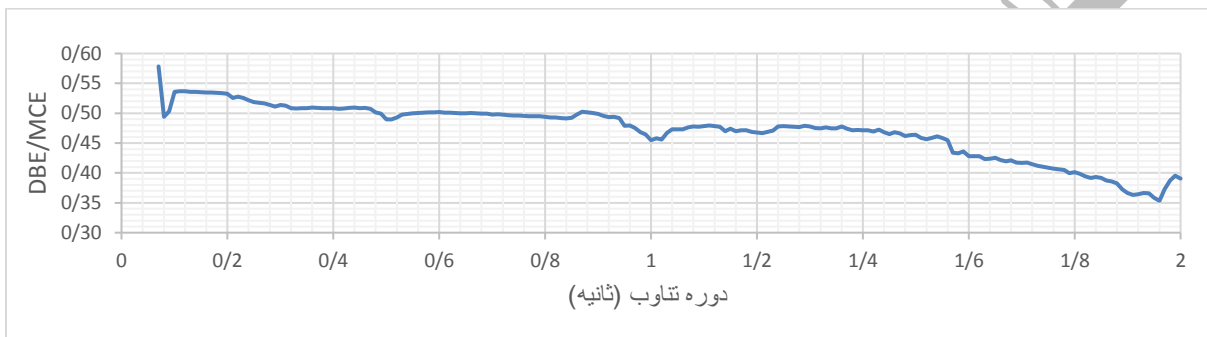
در شکل‌های (۲ و ۳)، برتیب نمودار شتاب طیفی شهر کرمانشاه بر روی سنگ بستر با دوره بازگشت ۴۷۵ سال و ۲۴۷۵ سال ارائه شده است. در این شکل‌ها، منظور از تحلیل ۲، ۴ و ۶، استفاده از روابط کاهندگی امپراسیس، زارع و قاسمی [۸-۱۰] و منظور از Average، میانگین مقادیر این سه تحلیل است. در شکل (۴) نیز نسبت شتاب سنگ بستر با دوره بازگشت ۴۷۵ سال (DBE) به ۲۴۷۵ سال (MCE) در زمان تناوب‌های مختلف براساس نتایج تحلیل خطر شهر کرمانشاه ارائه شده است [۷]. مشاهده می‌شود که در تمام بازه زمان تناوبی، نسبت شتاب کمتر از ضریب  $\frac{1}{3}$  است. در جدول (۷)، مقادیر  $S_s$  و  $S_1$  براساس ضریب میانگین در شکل (۴) که برابر ۰/۴۷ است، محاسبه شده است.



شکل (۲): نمودار شتاب طیفی شهر کرمانشاه با دوره بازگشت ۴۷۵ سال [۷]



شکل (۳): نمودار شتاب طیفی شهر کرمانشاه با دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال [۷]



شکل (۴): نمودار نسبت شتاب طیفی شهر کرمانشاه با دوره بازگشت ۴۷۵ به ۲۴۷۵ سال

جدول (۷): مقادیر شتاب طیفی  $S_s$  و  $S_1$  برای مناطق چهارگانه لرزه خیزی ایران براساس ضریب ۰/۴۷

A	$S_s$	$S_1$
۰/۳۵	۱/۸۷۳	۰/۸۳۶
۰/۳۰	۱/۶۰۵	۰/۷۱۷
۰/۲۵	۱/۳۳۸	۰/۵۷۱
0/20	1/070	0/457

### ۳- طیف‌های طراحی

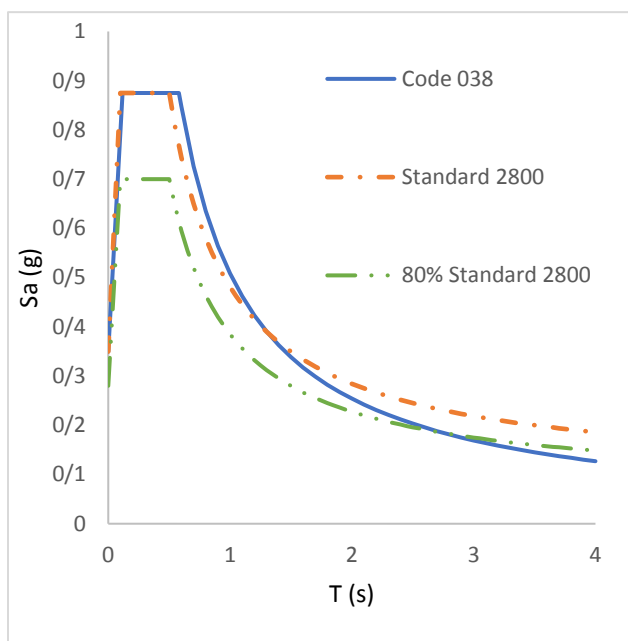
در شکل‌های (۵) تا (۸)، بترتیب طیف طرح لرزه‌ای DBE برای انواع خاک و سطوح خطر بسیار زیاد، زیاد، متوسط و کم ارائه شده است. در این نمودارها منظور از Code 038، طیف طرح محاسبه شده نشریه ۰۳۸ براساس شرایط لرزه خیزی ایران بوده که در این مقاله محاسبه شده است. منظور از Standard 2800 نیز همان طیف استاندارد ۲۸۰۰ ایران است. همچنین در این نمودارها، ۸۰ درصد مقادیر طیف استاندارد ۲۸۰۰ برای مقایسه رسم شده است. همانطور که در بخش‌های قبلی ذکر شد، براساس بند ۳-۴-۲ نشریه شماره ۰۳۸، کران پایین طیف طرح نباید از ۸۰ درصد طیف استاندارد ۲۸۰۰ کمتر باشد. لذا در قسمت‌هایی که طیف محاسبه شده براساس نشریه ۰۳۸ و شرایط لرزه‌خیزی ایران، کمتر از ۸۰ درصد طیف ۲۸۰۰ باشد، باید از همان ۸۰ درصد طیف ۲۸۰۰ در آن بازه دوره تناوبی استفاده شود. برای رسم طیف نشریه ۰۳۸، از شکل (۱) ارائه شده در این مقاله استفاده شد. براساس بند ۳-۷-۱ آیین‌نامه طراحی لرزه‌ای شرکت نفت

(ویرایش ۱۳۹۵) [۱]، در این شکل پارامترهای  $T_0$  و  $T_s$ ، ضرایب مربوط به خاک و براساس زمان تناوب بوده که در این مقاله بترتیب براساس روابط (۵) و (۶) محاسبه می‌شوند.

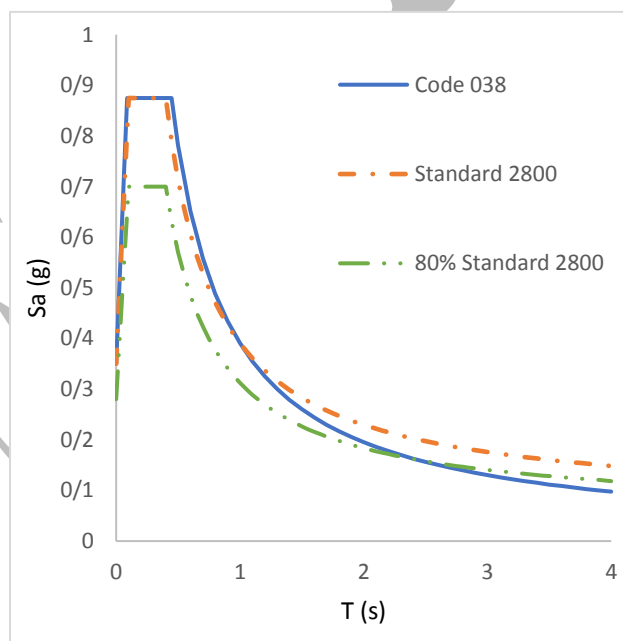
$$T_0 = 0.2 \times \frac{SD_1}{SD_s} = 0.2 \times \frac{SM_1}{SM_s} = 0.2 \times \frac{F_p S_1}{F_a S_s} \quad (5)$$

$$T_s = \frac{SD_1}{SD_s} = \frac{SM_1}{SM_s} = \frac{F_p S_1}{F_a S_s} \quad (6)$$

از آنجاییکه در روابط (۱) و (۲)، برای تبدیل طیف با دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال به ۴۷۵ است از یک ضریب ثابت دو سوم استفاده شده، لذا در این روابط می‌توانیم از  $S_{MS}$  و  $S_{M1}$  به جای  $S_{DS}$  و  $S_{D1}$  استفاده کنیم. منظور از  $S_{MS}$  و  $S_{M1}$  بترتیب پارامترهای شتاب طیف طراحی در زمان تناوب کوتاه و زمان تناوب یک ثانیه روی ساختمان، حاصل از تحلیل خطر به روش احتمالاتی در سطح خطر سوم (زلزله نادر) با نسبت میرایی ۵٪ است.

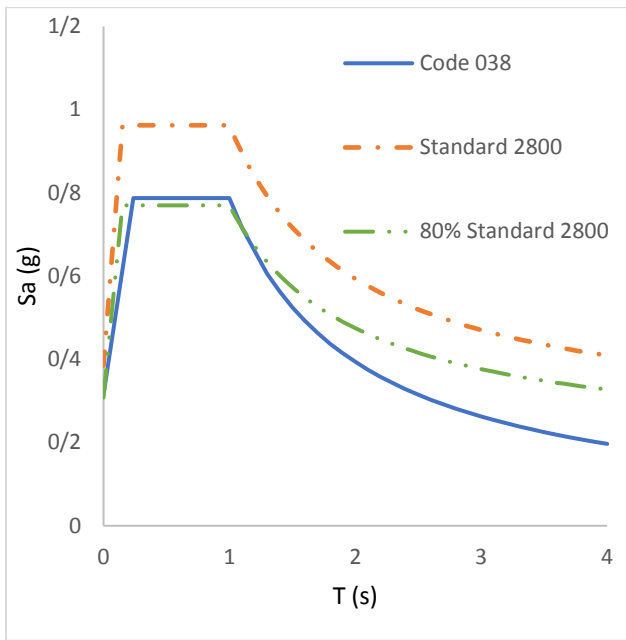


(ب)

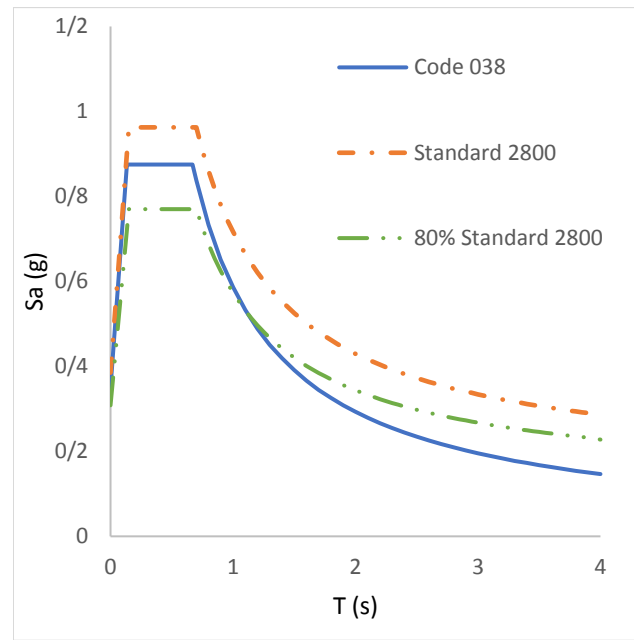


(الف)



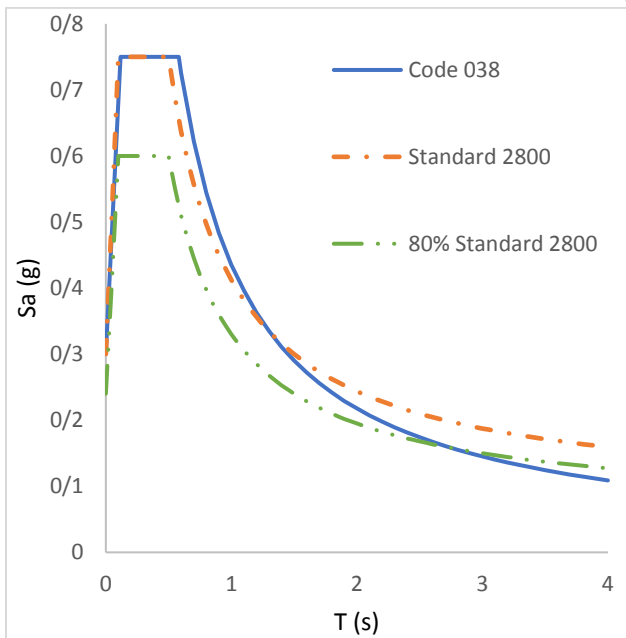


(د)

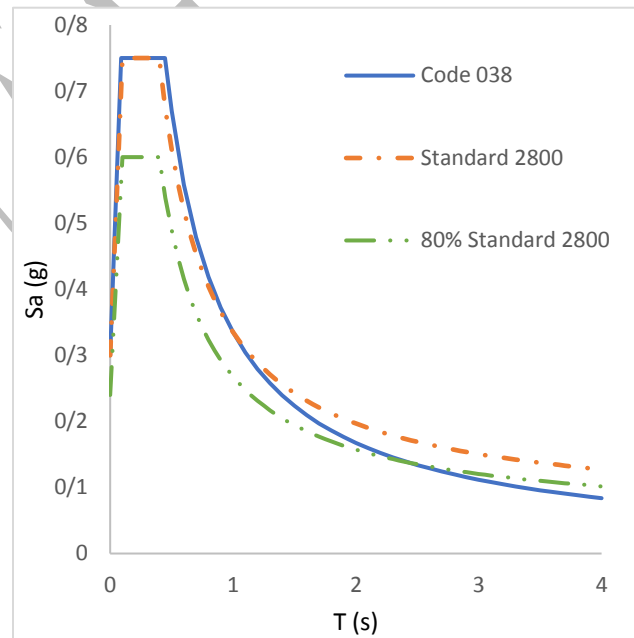


(ج)

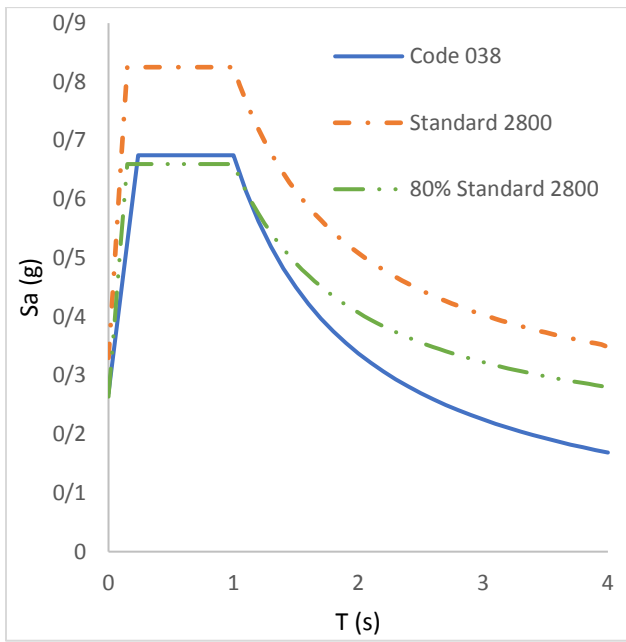
شکل (۵): طیف لرزه‌ای DBE در سطح خطر بسیار زیاد و ساختمان‌گاه نوع: الف) I، ب) II، ج) III، د) IV



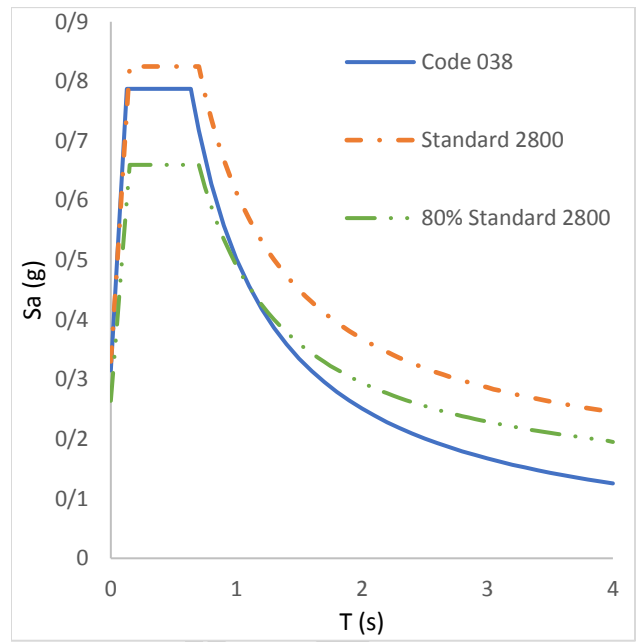
(ب)



(الف)

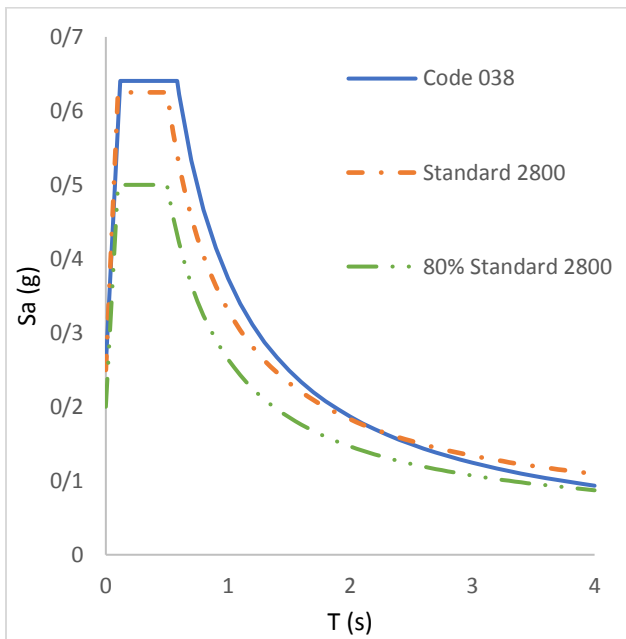


(د)

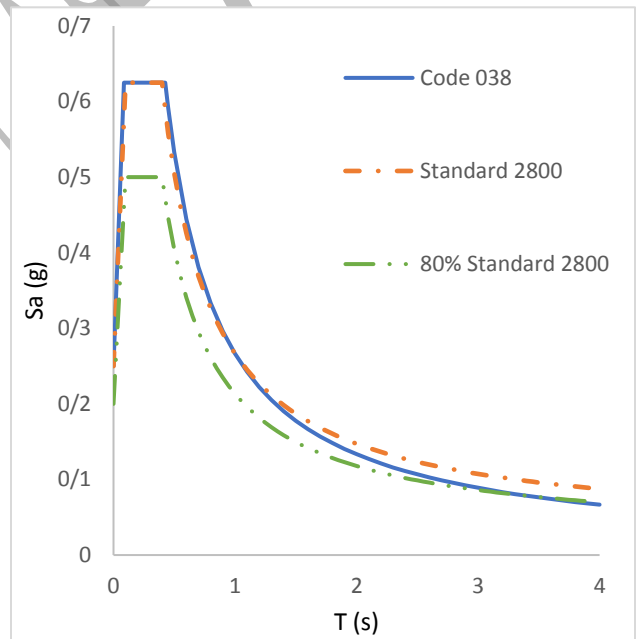


(ج)

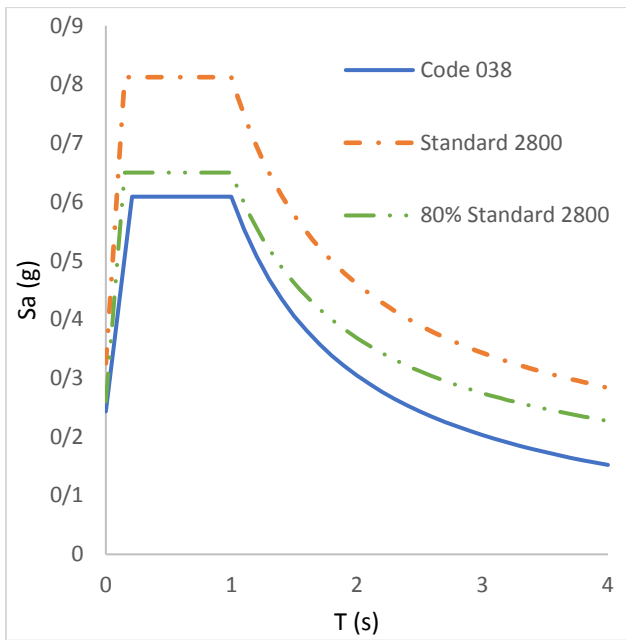
شکل (۶): طیف طرح لرزه‌ای DBE در سطح خطر زیاد و ساختمان‌گاه نوع: الف) I، ب) II، ج) III، د) IV.



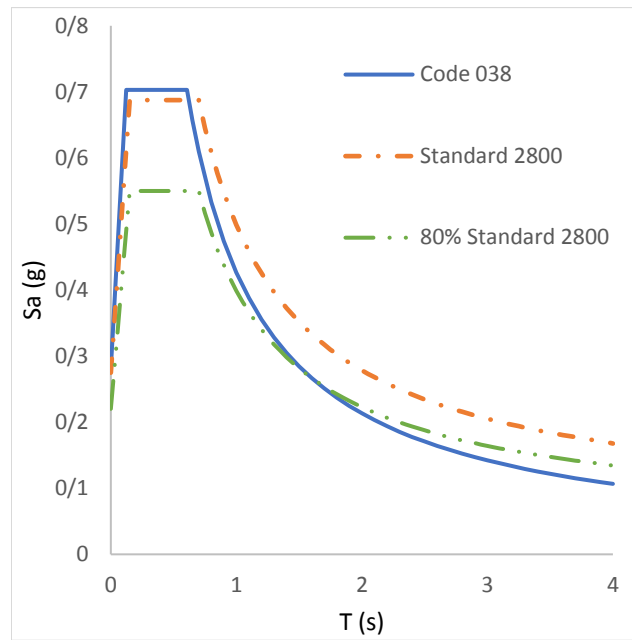
(ب)



(الف)

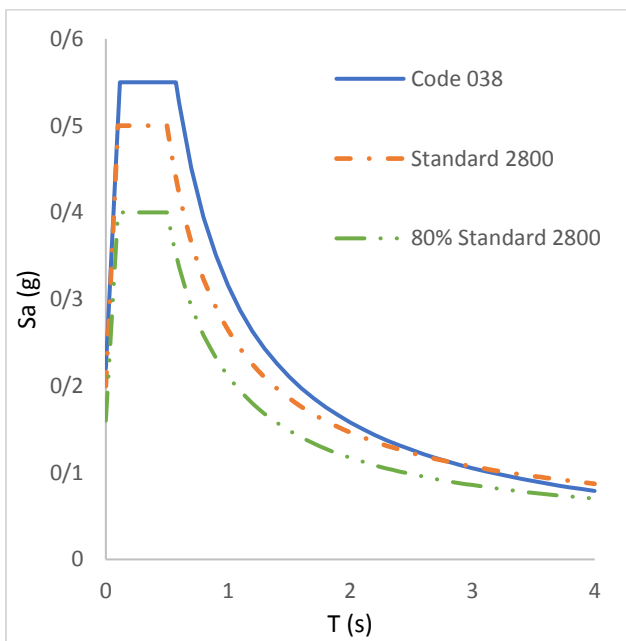


(د)

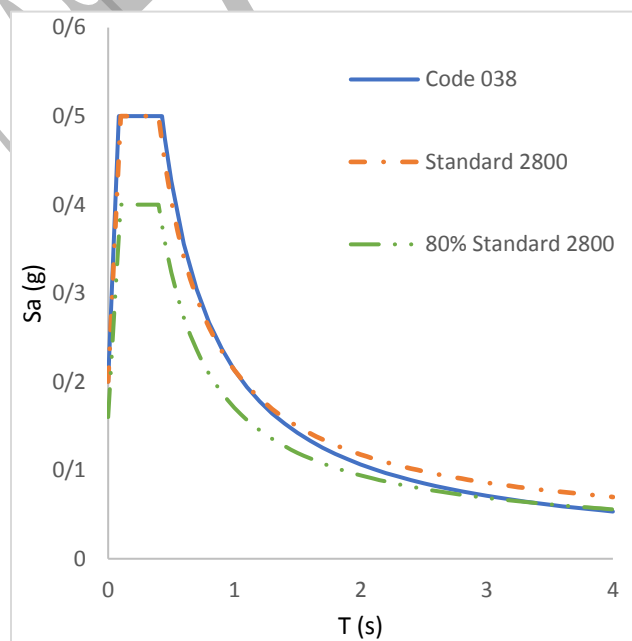


(ج)

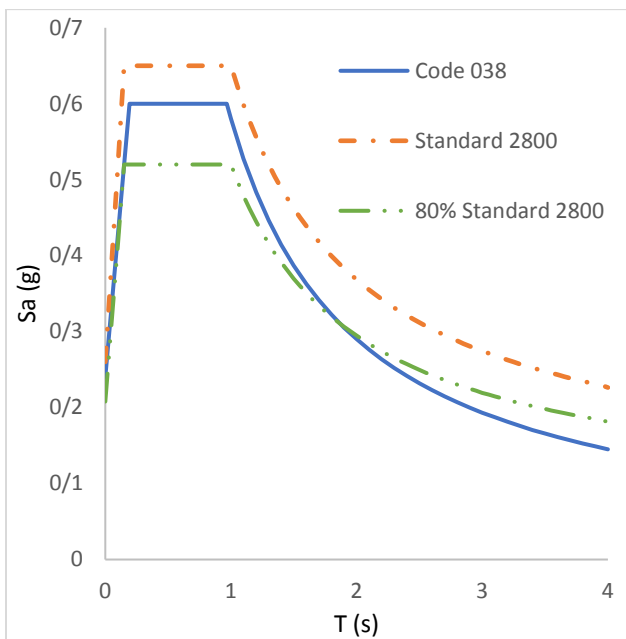
شکل (۷): طیف طرح لرزه‌ای DBE در سطح خطر متوسط و ساختمان‌گاه نوع: الف) I، ب) II، ج) III، د) IV.



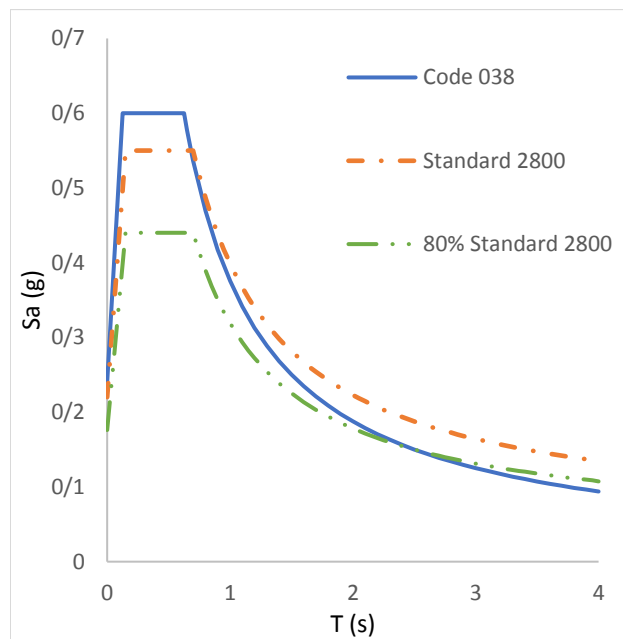
(ب)



(الف)



(د)



(ج)

شکل (۸): طیف طرح لرزه‌ای DBE در سطح خطر کم و ساختگاه نوع: الف (I، ب (II، ج (III، د (IV

مشاهده می‌شود که در پهنه با خطر لرزه‌خیزی بسیار زیاد، در زمان تناوب‌های بالا، مقادیر طیف تطبیقی نشریه ۰۳۸ از مقادیر استاندارد ۲۸۰۰ کمتر می‌شود و برای ساختگاه نوع ۱ و ۲، تقریباً از پیوند  $2/5$  ثانیه به بعد از ۸۰ درصد مقادیر طیف ۲۸۰۰ نیز کمتر می‌شود. در ساختگاه‌های نوع ۳ و ۴، شرایط متفاوت‌تر بوده و تقریباً از زمان تناوب  $1/25$  ثانیه به بعد طیف تطبیقی نشریه ۰۳۸ از ۸۰ درصد مقادیر طیف استاندارد ۲۸۰۰ کمتر است. لذا در نواحی که مقادیر طیف تطبیقی ۰۳۸ از ۸۰ درصد کمتر است، باید از همان ۸۰ درصد طیف ۲۸۰۰ استفاده شود.

در پهنه با خطر لرزه‌خیزی زیاد نیز تقریباً شرایط مشابه بوده و در ساختگاه نوع ۱ و ۲، تقریباً از زمان تناوب  $2/5$  ثانیه به بعد طیف تطبیقی نشریه ۰۳۸ از ۸۰ درصد استاندارد ۲۸۰۰ کمتر شده است. در ساختگاه‌های نوع ۳ و ۴ نیز تقریباً از زمان تناوب ۱ ثانیه به بعد مقادیر طیف تطبیقی ۰۳۸ کمتر شده است.

در پهنه با خطر لرزه‌خیزی متوسط و در ساختگاه‌های نوع ۱ و ۲، مقادیر طیف تطبیقی ۰۳۸ از ۸۰ درصد استاندارد ۲۸۰۰ کمتر نشده و در زمان تناوب‌های بالا تقریباً با این طیف برابر است. در ساختگاه نوع ۳، تقریباً از زمان تناوب  $1/5$  ثانیه به بعد مقادیر طیف ۰۳۸ از ۸۰ درصد استاندارد ۲۸۰۰ کمتر شده است. در ساختگاه نوع ۴ شرایط متفاوت بوده و در تمام بازه زمان تناوبی، مقادیر طیف تطبیقی ۰۳۸ از ۸۰ درصد مقادیر طیف استاندارد ۲۸۰۰ کمتر است.

در پهنه با خطر لرزه‌خیزی کم و در ساختگاه‌های ۱ و ۲، در تمامی بازه زمان تناوبی، مقادیر طیف تطبیقی ۰۳۸ از ۸۰ درصد استاندارد ۲۸۰۰ بیشتر است. در ساختگاه نوع ۳ و ۴ برتریب از زمان تناوب ۳ و ۲ ثانیه مقادیر طیف تطبیقی ۰۳۸ از ۸۰ درصد مقادیر طیف استاندارد ۲۸۰۰ کمتر است.

در ساختگاه‌های نوع ۱ تا ۳، با کاهش مقدار بیشینه شتاب (PGA) از ۰/۳۵ به ۰/۲، مقادیر طیف تطبیقی ۰/۳۸ نسبت به طیف استاندارد ۲۸۰۰ بالاتر می‌رود و هر چقدر که به شتاب کمتر نزدیک می‌شویم (۰/۲)، این اختلاف بیشتر می‌شود. در ساختگاه نوع ۴ و در بیشینه شتاب ۰/۲۵، این موضوع نقض شده که دلیل آن کمتر بودن مقدار  $F_a$  جدول (۱) نسبت به ساختگاه نوع ۳ است.

#### ۴- بررسی ضرایب ارائه شده در نشریه ۰۳۸

##### ۴-۱- مدول برشی خاک

در جدول (۸)، ضریب کاهش مدول برشی خاک در اثر زلزله که در جدول شماره ۵-۱ نشریه ۰۳۸ ارائه شده، مشاهده می‌شود. در این جدول مقدار این ضریب، براساس مقدار نسبت  $S_{DS}$  به ۲/۵ در سه بازه کمتر از ۰/۱، ۰/۴ و بیشتر از ۰/۸ ارائه شده است. در جدول (۹) نیز مقدار نسبت  $S_{DS}$  به ۲/۵ برحسب نوع ساختگاه و مقدار  $S_s$  محاسبه شده در این مقاله ارائه شده است. مشاهده می‌شود که حداقل این ضریب برابر ۰/۲ و حداکثر آن برابر ۰/۳۵۰ است. در نتیجه بازه ارائه شده در نشریه ۰۳۸، مناسب مناطق لرزه‌خیزی ایران نیست.

جدول (۸): ضریب کاهش مدول برشی خاک در اثر زلزله،  $(f_e)$  [۱]

طبقه بندی نوع زمین بر اساس استاندارد ۲۸۰۰	نسبت $S_{DS}$ به ۲/۵		
	$\leq 2/5$	۰/۴	$\geq 0.8$
I	۱/۰۰	۰/۹۵	۰/۹۰
II	۰/۹۵	۰/۷۵	۰/۶۰
III	۰/۹۰	۰/۵۰	۰/۱۰
IV	۰/۶۰	۰/۰۵	*

\* انجام مطالعات ویژه ساختگاه الزامی است.

جدول (۹): نسبت  $S_{DS}$  به ۲/۵ برحسب نوع ساختگاه و مقدار  $S_s$

نوع خاک	$S_s = 0.75$	$S_s = 0.94$	$S_s = 1.13$	$S_s = 1.31$
I	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳	۰/۳۵
II	۰/۲۲	۰/۲۵۶	۰/۳	۰/۳۵۰
III	۰/۲۴	۰/۲۸۱	۰/۳۱۵	۰/۳۵۰
IV	۰/۲۴	۰/۲۴۴	۰/۲۷	۰/۳۵۰

##### ۴-۲- ضریب کرانه بالای زمان تناوب محاسباتی

در جدول (۱۰)، ضریب کرانه بالای زمان تناوب محاسباتی ارائه شده در جدول ۴-۷ نشریه ۰۳۸ مشاهده می‌شود. در جدول (۱۱) نیز مقادیر متناظر ارائه شده توسط آیین‌نامه ASCE 7-02 مشاهده می‌شود. مشاهده می‌شود که این جدول نیز مستقیماً از آیین‌نامه ASCE 7-02 گرفته شده است. در جدول نشریه ۰۳۸، ضریب کران بالای زمان تناوب محاسباتی  $C_{TII}$  بر اساس چهار بازه  $S_{D1}$  کمتر از ۰/۱، ۰/۱۵، ۰/۲ و بیشتر از ۰/۳ ارائه شده است. این درحالی است که مقدار  $S_{D1}$  محاسبه شده در این مقاله در بازه ۰/۲۱۳ تا ۰/۹۳۸ است و بازه ارائه شده در نشریه ۰۳۸، مناسب مناطق لرزه‌خیزی ایران نیست.

جدول (۱۰): ضریب کرانه بالای زمان تناوب محاسباتی ( $C_{Tu}$ ) ارائه شده توسط نشریه ۰۳۸ [۱]

$C_{Tu}$	$S_{D1}$
۱/۴	$\geq 0.3$
۱/۵	۰/۲
۱/۶	۰/۱۵
۱/۷	$\leq 0.1$

جدول (۱۱): ضریب کرانه بالای زمان تناوب محاسباتی ( $C_u$ ) ارائه شده توسط آیین نامه ASCE 7-02 [۲]

Design Spectral Response Acceleration at 1 Second, $S_{D1}$	Coefficient $C_u$
$\geq 0.4$	1.4
0.3	1.4
0.2	1.5
0.15	1.6
0.1	1.7
$\leq 0.05$	1.7

#### ۳-۴- حد اقل برش پایه

بر اساس بند ۴-۸-۲-۱ نشریه ۰۳۸ [۱]، مشاهده می شود در صورتیکه مقدار  $S_1$  برابر یا بیشتر از مقدار ۰/۶ باشد، باید رابطه ۳-۴ ارائه شده در نشریه ۰۳۸ نیز در بحث برش پایه کنترل شود این موضوع در حالی است که بر اساس نتایج این مقاله و بدون در نظر گرفتن ضریب حاصل از تحلیل خطر شهر کرمانشاه، مقادیر  $S_1$  در ایران کمتر از ۰/۶ است. این موضوع در بند ۷-۲-۱-۲ مربوط به روش بار جانبی معادل، بند ۱۱-۳-۱ مربوط به روش تحلیل استاتیکی معادل و در پیوست ۳ مربوط به روندنمای طراحی سازه غیرساختمانی و اعضای غیرسازه ای نیز تکرار شده و بازه بندی روابط این بندها نیز به دو دسته  $S_1$  کمتر از ۰/۶ و بیشتر یا مساوی ۰/۶ تقسیم شده است.

#### ۴-۴- طراحی لرزه ای خط لوله زمینی

بر اساس بند ۱۳-۴-۶-۱ نشریه ۰۳۸، در بحث طراحی تجویزی لوله ها، ملاحظات لازم برای طراحی به دو دسته  $S_{DS}$  کمتر مساوی ۰/۳ و بیشتر از ۰/۳ تقسیم شده است. بر اساس نتایج این مقاله، بازه  $S_{DS}$  متناسب با شرایط لرزه خیزی ایران بین ۰/۵ تا ۰/۸۷۵ بوده و بازه بندی ارائه شده در این بند، متناسب با شرایط لرزه خیزی ایران نیست. این موضوع در بند ۸-۶-۵ مربوط به خطوط خدماتی و بند ۱۲-۳-۱۳ مربوط به فاصله آزاد از سطح مایع مخازن نیز مشاهده می شود.

#### ۴-۵- بازه بندی ضرایب $F_v$ و $F_a$

در جدول (۱)، بازه بندی مقادیر ضرایب تبدیل شتاب روی بستر سنگی به سطح خاک ساختگاه نشریه ۰۳۸ مشاهده شد. با توجه به ضرایب محاسبه شده در این مقاله، بازه بندی این ضرایب مناسب شرایط لرزه خیزی ایران نیست. لذا در جدول (۱۲)، بازه پیشنهادی برای دسته بندی مقادیر ضرایب تبدیل شتاب روی بستر سنگی به سطح خاک ساختگاه ارائه شده است. پیشنهاد می شود برای تطابق مناسب تر با مناطق لرزه خیزی ایران، از این بازه بندی برای محاسبه مقدار  $F_v$  و  $F_a$  و سایر ضرایب استفاده شود. بازه پیشنهادی با در نظر گرفتن مناطق چهارگانه لرزه خیزی ایران، ضریب ۰/۸ کران پایین و ضریب ۰/۴۷ حاصل از تحلیل خطر شهر کرمانشاه ارائه شده است.

جدول (۱۲): بازه پیشنهادی برای دسته بندی مقادیر ضرایب تبدیل شتاب روی بستر سنگی به سطح خاک ساختگاه

$S_s$	$\leq 0/6$	0/8	1	1/2	1/4	1/6
$S_1$	$\leq 0/25$	0/35	0/45	0/55	0/65	0/75

## ۵- نتیجه گیری

با توجه به اینکه طیف طرح ارائه شده در نشریه ۰۳۸ بر پایه دو شتاب طیفی  $S_1$  و  $S_s$  است و از آنجایی که پهنه بندی مقادیر  $S_1$  و  $S_s$  برای مناطق ایران موجود نیست، لذا در این مقاله به تطبیق طیف نشریه ۰۳۸ با طیف طرح متداول مورد استفاده در ایران (استاندارد ۲۸۰۰) پرداخته شد. این موضوع با تطبیق روابط شتاب طیفی بر روی سنگ بستر انجام شد. سپس ضرایب ارائه شده در نشریه ۰۳۸ مورد بررسی قرار گرفت. از نتایج تحلیل خطر شهر کرمانشاه نیز برای بررسی دقیقتر ضرایب استفاده شد. با توجه به تاکید آیین نامه های زلزله به ملاحظات خاص ژئوتکنیک لرزه ای در ساختگاه های خاص، کلیه تفاسیر و نتایج این مقاله بر شرایطی که در آیین نامه ها انجام مطالعات ویژه ساختگاه توصیه شده است، وارد نمی باشند. در ادامه نتایج ارائه می شوند:

- مشاهده شد که طیف طرح نشریه ۰۳۸، برگرفته از طیف آیین نامه ASCE 7-02 آمریکا بوده و متناسب با شرایط لرزه ای ایران نیست.
- مقدار ضرایب  $S_s$ ،  $S_1$ ،  $F_a$  و  $F_v$ ،  $S_{DS}$  و  $S_{D1}$  بر اساس مناطق چهارگانه لرزه خیزی ایران محاسبه و ارائه شد.
- طیف های طرح لرزه ای متناسب با شرایط لرزه خیزی ایران رسم و با طیف استاندارد ۲۸۰۰ مقایسه شد.
- ضریب  $\frac{1}{3}$  ارتباط دهنده طیف ۲۴۷۵ سال به طیف ۴۷۵ سال، بر اساس نتایج تحلیل خطر شهر کرمانشاه مورد ارزیابی قرار گرفت و مشخص شد این ضریب برای این منطقه دقت کافی را ندارد. در نتیجه بر اساس میانگین ضریب تحلیل خطر شهر کرمانشاه (۰/۴۷)، مقادیر  $S_s$  و  $S_1$  مجدداً محاسبه شد.
- مشاهده شد که بازه بندی انجام شده ضرایب در نشریه ۰۳۸، مناسب مناطق چهارگانه لرزه خیزی ایران نیست.
- بازه پیشنهادی برای دسته بندی مقادیر ضرایب تبدیل شتاب روی بستر سنگی به سطح خاک ساختگاه، متناسب با شرایط لرزه خیزی ایران ارائه شد.

## واژه نامه

۱. طیف طرح Design Spectrum
۲. شتاب طیفی Spectral Acceleration
۳. میرایی Damping
۴. دوره بازگشت Return Period
۵. زمان تناوب (مود اصلی) Fundamental Period
۶. تحلیل خطر احتمالاتی (PSHA) Probabilistic Seismic Hazard Analysis
۷. بیشینه شتاب Peak Ground Acceleration – (PGA)
۸. تحلیل استاتیکی معادل Equivalent Static Analysis

- [1] *Iranian Seismic Design Code for Petroleum Facilities, (No.038-16), National Iranian Oil Company, Tehran, Iran, NIOC, 3th edition 2016. [ in Persian] [Online]. available: <https://oilindustry.ir/Home/downloadpdf/1073>*
- [2] ASCE, "Minimum design loads for buildings and other structures. (ASCE 7-02), American Society of Civil Engineers.," 2002. [Online]. Available: <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/003/asce.7.2002.pdf>.
- [3] *Iranian Code of Practice for Seismic Resistant Design of Buildings (Standard No. 2800) 4th edition, Building and Housing Research Center, BHRC, Tehran, Iran, 2015. [in Persian] [Online]. available: <https://www.nezammohandesi.ir/uploads/2800-v4.pdf>*
- [4] F. Omidinasab, "Evaluation of Seismic Design Forces of Liquid Storage Elevated Tanks based on Standard Design 2800 and Publication No. 38 in the Area with very High Relative risk of Earthquake," *Journal of Concrete Structures and Materials*, vol. 8, no. 1, pp. 212-231, 2023, [in Persian]. [Online]. Available: <https://doi.org/10.30478/jcsm.2023.404123.1333>.
- [5] M. A. Barkhordari, M. Zaheri, and M. Ghafarinia, "Comparison of the design code of buildings against earthquakes with the general rules of the code of seismic design of facilities and structures in the oil industry and providing suggestions for modifying the rules," presented at the An Attitude Towards Earthquake Design Regulations (Standard 2800); Present and future, 17 November 2009. [in Persian] [Online]. Available: <https://en.civilica.com/doc/87417/>.
- [6] E. V. Leyendecker, R. J. Hunt, A. D. Frankel, and K. S. Rukstales, "Development of maximum considered earthquake ground motion maps," *Earthquake Spectra*, vol. 16, no. 1, pp. 21-40, 2000. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1193/1.1586081>.
- [7] M. Biglari, I. Ashayeri, and R. Moftizadeh, "Urban planning of Kermanshah city based on the seismic geotechnical hazards," *Journal of Seismology and Earthquake Engineering*, vol. 17, no. 3, pp. 203-211, 2015. [Online]. Available: [https://www.jsee.ir/article\\_240719.html](https://www.jsee.ir/article_240719.html).
- [8] N. N. Ambraseys, J. Douglas, S. Sarma, and P. Smit, "Equations for the estimation of strong ground motions from shallow crustal earthquakes using data from Europe and the Middle East: horizontal peak ground acceleration and spectral acceleration," *Bulletin of earthquake engineering*, vol. 3, pp. 1-53, 2005. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s10518-005-0183-0>.
- [9] M. Zare, "An introduction to applied seismology," *Tehran: International Institute of Earthquake Engineering and Seismology* 2005. [In Persian].
- [10] H. Ghasemi, M. Zare, Y. Fukushima, and K. Koketsu, "An empirical spectral ground-motion model for Iran," *Journal of seismology*, vol. 13, pp. 499-515, 2009. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s10950-008-9143-x>.