



## بررسی آماری فوران چاه‌های نفت و گاز در فراساحل

هادی ابراهیم‌فتح‌آبادی<sup>۱</sup> ■ مدیریت برنامه‌ریزی تلفیقی شرکت ملی نفت ایران

### مقدمه

در هنگام حفاری چاه‌های نفت و گاز، سازنده‌های نفتی و گازی که فشار زیادی دارند، تحت کنترل قرار می‌گیرند. این عمل به طور مرسوم به وسیله کنترل چگالی گل حفاری انجام می‌گیرد؛ به طوری که فشار هیدرواستاتیکی اعمال شده از طرف سیال حفاری در حدی است که بر فشار سازندی غلبه کرده و مانع از ورود سیالات سازند به داخل دهانه چاه می‌شود. وقتی این هدف محقق نشود، ممکن است در برخی حالات نیاز به کنترل‌های ثانویه چاه باشد و در صورتی که این اقدامات نیز مؤثر نباشند، فوران رخ خواهد داد. این فوران‌ها ممکن است سطحی، زیرسطحی و یا زیرزمینی باشند. امروزه با آغاز فعالیت‌های حفاری در فراساحل، کنترل فوران چاه‌ها، اهمیت ویژه‌ای یافته است. مرور تحقیقات ارائه شده

در رابطه با فوران‌های فراساحلی چاه‌های نفت و گاز می‌تواند شروع خوبی برای گسترش تحقیقات به منظور دست‌یافتن به روش‌های مناسب برای کنترل چاه‌های فوران کرده باشد. مقالات و گزارشات متعددی وجود دارند که حوادث گذشته را بررسی کرده‌اند.

در اوایل سال ۱۹۷۰، کمی بعد از نشست Santa Barbara (۱۹۶۹)، تحقیقاتی در خصوص داده‌های آماری نشست نفت منتشر شد [۱-۳]. این داده‌ها نتایج تحقیقات گارد ساحلی ایالات متحده آمریکا (USCG)<sup>۲</sup> طی سال‌های ۱۹۷۱ تا ۱۹۷۵ بود. در سال ۱۹۸۰ یک گزارش در رابطه با فوران‌ها منتشر شد که داده‌های این گزارش بر اساس مطالعات مؤسسه تحقیقات زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا (USGS)<sup>۳</sup> بود [۴]. در سال ۱۹۹۰ سه مقاله در مورد فوران منتشر شد که تمامی

این مقالات از اطلاعات مؤسسه تحقیقات زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا (USGS) استفاده کرده بودند [۵-۷]. لازم به ذکر است که بیشتر این مقالات حوادث مشابهی را به عنوان مرجع بررسی‌های خود انتخاب کرده بودند. کتابی در سال ۱۹۹۷ در کشور هلند منتشر شد که فوران‌های پیشین را مورد مطالعه قرار داده بود [۸]. این کتاب روی علل و خصوصیات فوران‌ها تمرکز کرده بود که شامل منبع شروع فوران، آلودگی ایجاد شده، مدت زمان حادثه و ... می‌باشند.

اسکال و پودویو [۷] در تحقیقات خود در خلیج مکزیک نتیجه گرفتند که تقریباً تعداد فوران‌ها در حفاری‌های اکتشافی و توسعه‌ای، برابر بوده است. این آمار در ایران متفاوت است؛ یعنی اغلب فوران‌های رخ داده در ایران در حفاری‌های توسعه‌ای بوده است که دلیل آن را می‌توان تعداد کم حفاری‌های اکتشافی



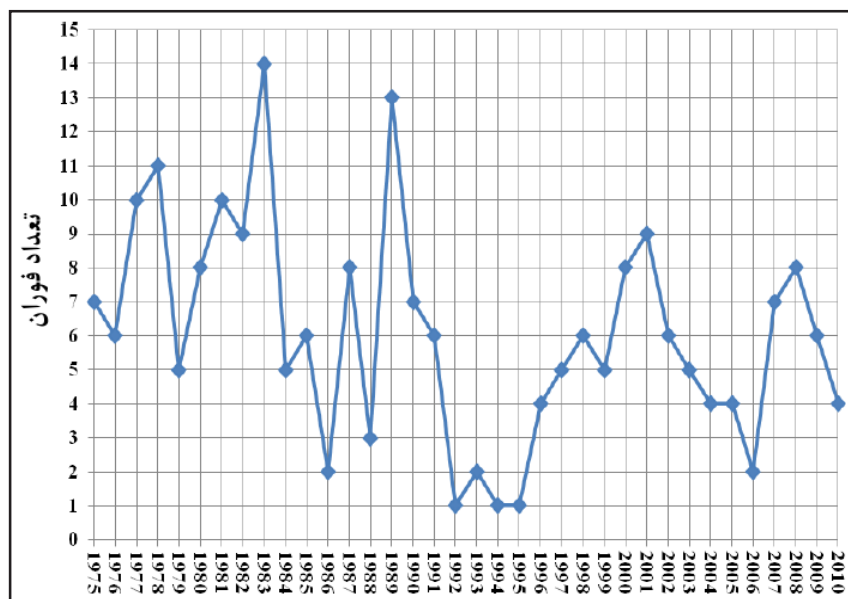
افزایش تعداد فوران‌ها در سال‌های آتی برای آب‌های عمیق خواهد بود، اما می‌توان گفت تعداد فوران‌های سال‌های اخیر در آب‌های کم‌عمق ثابت بوده یا کاهش یافته است. به نظر می‌رسد در سال‌های آینده روند تحقیقات باید به سمت بررسی فوران در آب‌های عمیق گسترش یابد زیرا حفاری در آب‌های عمیق روبه گسترش بوده و با افزایش فعالیت‌ها نیز احتمال بروز فوران‌ها افزایش خواهد یافت. در حفاری آب‌های عمیق به علت مواجهه با سازندهای پرفشار در زمان‌های طولانی‌تر و در اعماق بیشتر، فشارهای بالاتری تجربه می‌شود و به همین علت احتمال فوران در آنها افزایش می‌یابد. ویلی و ویسرام، در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که چاه‌های عمیق‌تر،

و یا عدم تعیین مناسب مکان چاه‌های تولیدی در مخزن و دیگر عوامل مرتبط دانست. هم‌چنین تعداد فوران چاه‌ها در هنگام عملیات تعمیر و عملیات تکمیل، تقریباً یکسان و کمتر از تعداد فوران چاه‌های در حال حفاری است. کمترین تعداد فوران نیز در هنگام خدمات چاه پیمایی رخ داده است.

ویلی و ویسرام، به این نتیجه رسیدند که احتمال رخ دادن فوران در حفاری‌های اکتشافی، ۱/۸ برابر حفاری‌های توسعه‌ای می‌باشد [۹].

### ۱- بررسی آماری

در آوریل سال ۲۰۱۰ با بروز حادثه Macondo در خلیج مکزیک، صنعت نفت دنیا دوباره به این نکته پی‌برد که با وجود پیشرفت تکنولوژی حفاری و بهبود سطح ایمنی عملیات آن، باز هم امکان رخ دادن فوران وجود دارد. شکل ۱- نشان می‌دهد که در خلیج مکزیک از سال ۱۹۷۵ تا کنون هر ساله شاهد فوران بوده‌ایم.

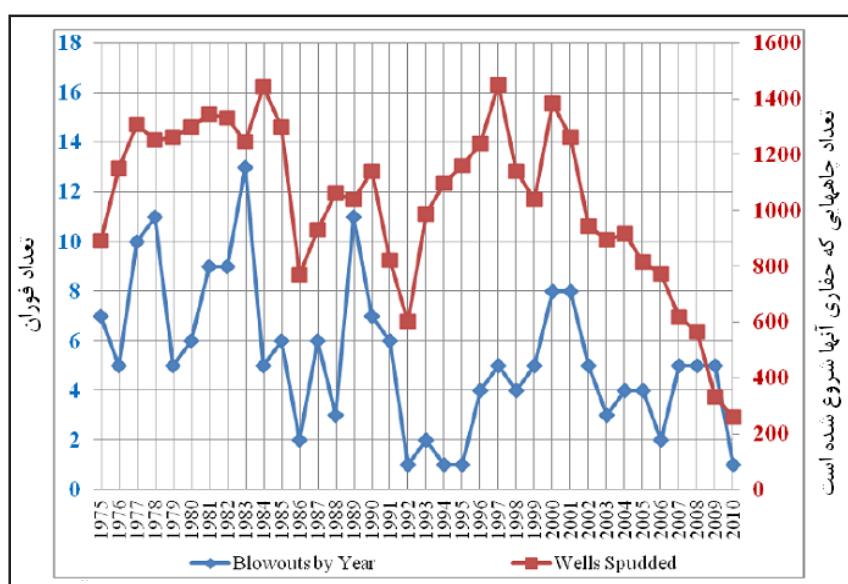


شکل ۱ | تمامی فوران‌های رخ داده در خلیج مکزیک

تعداد فوران‌ها در ۳۵ سال گذشته در یک بازه محدود ۲ تا ۱۰ حادثه بوده است. تعداد سالیانه فوران‌ها در طی فعالیت‌های حفاری معمولاً با افزایش تعداد فعالیت‌ها، افزایش می‌یابد (شکل ۲-).

زمانی که تعداد فوران در هر فوت حفاری شده از چاه برای آب‌های عمیق و کم‌عمق بررسی می‌شود، نتیجه قابل تأملی به دست می‌آید (شکل ۳-).

شکل ۳- نشان می‌دهد که به جز روندی که نمودار در سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ طی کرده، تعداد فوران‌ها در هر میلیون فوت چاه حفاری شده برای آب‌های عمیق و کم‌عمق تقریباً ثابت بوده است. به طور دقیق نمی‌توان اظهار نظر کرد که این روند نشان‌دهنده



شکل ۲ | تعداد فوران‌های رخ داده در عملیات حفاری در مقابل تعداد چاه‌هایی که حفاری آنها شروع شده

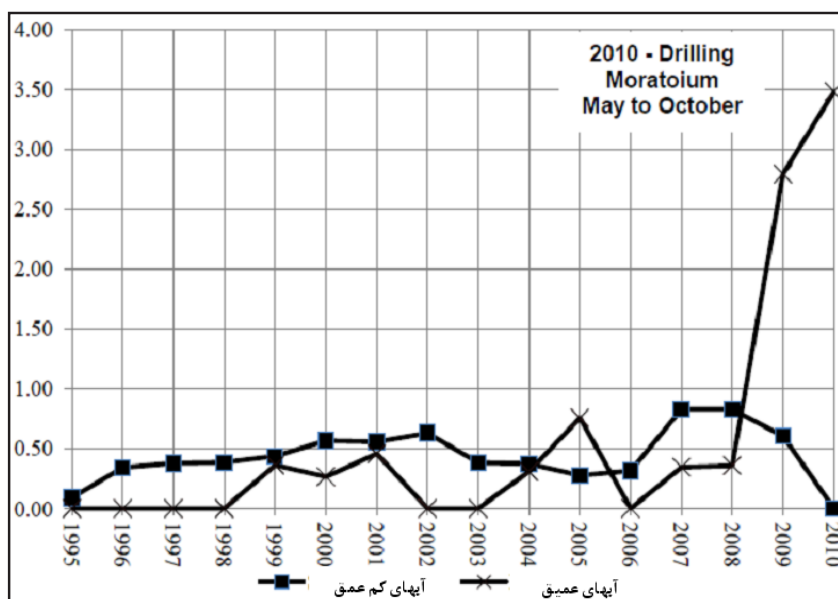
رخ داد و بیشتر محصولات بلافاصله پس از حادثه سوخت و یا تبخیر شد و بنابراین تخمینی از خسارت وارده انجام نشد. این نکته حائز اهمیت است که از ۶ حادثه بزرگ آلوده کننده، تنها ۲ مورد فوران بوده، ۳ مورد از آنها حوادث مربوط به حمل و نقل و یک حادثه ناشی از جنگ یا تروریسم بوده است. در مدیریت ریسک انجام شده در سال ۲۰۰۹، ارزش تمامی دکل‌ها و سکوهای فعال در خلیج مکزیک، ۷۰ میلیارد دلار و ارزش کل چاه‌ها ۱۵۰ میلیارد دلار تخمین زده شد. حادثه Macondo به عنوان یکی از حوادث به تنهایی به اندازه بیش از نیمی از ارزش کل دکل‌ها و سکوهای خلیج مکزیک خسارت وارد کرد. این نشان می‌دهد که فوران‌های شدید بار مالی بسیار سنگینی را به شرکت‌ها تحمیل می‌کند

حفاری‌های طولانی‌تر و عملیات‌های بیشتری دارند و بنابراین ریسک فوران بالاتری دارند. هم‌چنین هدررفت گل در حفاری این چاه‌ها، احتمال فوران را افزایش می‌دهد. شکل-۴ نشان می‌دهد که با افزایش عمق حفاری، تعداد فوران‌ها افزایش یافته است [۹].

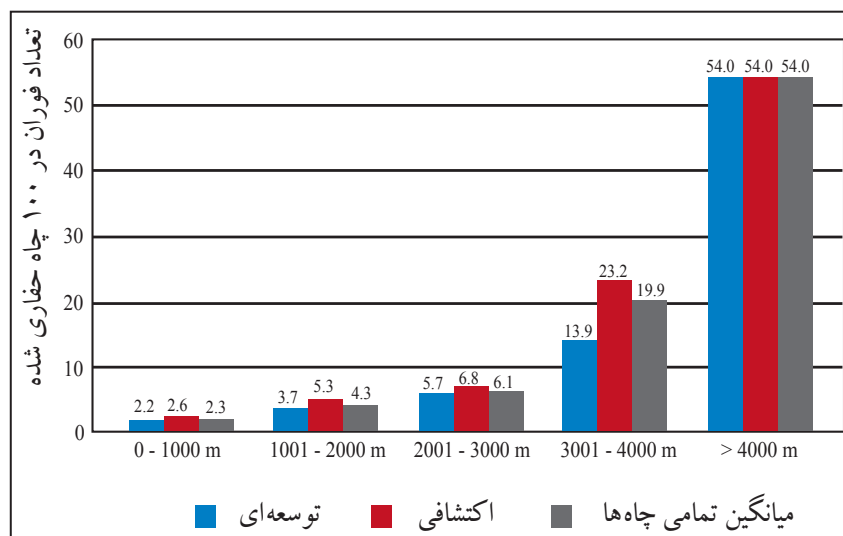
### ۳- تبعات زیست‌محیطی و اقتصادی

فوران‌ها معمولاً باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی بسیار وخیم نمی‌شوند؛ اگرچه هزینه‌های هنگفت اقتصادی به بار می‌آورند. تا ماه می سال ۲۰۱۰، شش حادثه آلوده کننده که بیشترین هزینه را تحمیل کرده‌اند شامل موارد زیر بوده‌اند [۱۰] (جدول-۱ و شکل-۵).

- فوران Deepwater Horizon (Macondo)
- نشت تانکر Exxon Valdez
- نشت تانکر Amoco Cadiz
- فوران Ixtoc
- فوران‌های میدان نفتی کویت در جنگ اول خلیج فارس
- نشت تانکر Aegean Captain/Atlantic Empress



شکل ۳ | تعداد فوران‌های رخ داده در هر میلیون فوت حفاری شده در هر سال (حوادث آب‌های عمیق و کم‌عمق)



شکل ۴ | رابطه تعداد فوران‌ها با افزایش عمق حفاری - نتایج تحقیقات در آلبرتا کانادا از ۱۹۷۹ تا ۱۹۸۸

بر اساس داده‌های Huffington Post هزینه تخمینی حادثه Deepwater Horizon (Macondo) که در اواخر سال ۲۰۱۰ رخ داد ۴۰ میلیارد دلار بوده است [۱۱ و ۱۲]. این مبلغ هزینه‌های قضایی که دولت‌ها مشخص کرده‌اند را شامل نمی‌شود و فقط نشان‌دهنده مبالغی است که شرکت‌ها برای حادثه متحمل شده‌اند. هزینه ذکر شده برای حادثه جنگ خلیج فارس پایین است زیرا دولت کویت فقط پاک‌سازی برخی از مناطق را بر عهده گرفت و بسیاری از مناطق پاک‌سازی نشدند. هم‌چنین هزینه ذکر شده برای حادثه تانکر Aegean Captain/Atlantic Empress مشخص ماند؛ زیرا این حادثه در خارج از ساحل توباگو



شش حادثه آلوده کننده که بیشترین هزینه را تحمیل کرده اند

و بنابراین تحقیقات در زمینه جلوگیری از رخ دادن چنین فوران‌هایی ضروری است.

### نتیجه گیری

حادثه Macondo خلیج مکزیک در سال ۲۰۱۰ نشان داد که با وجود پیشرفت گسترده صنعت حفاری هم چنان امکان بروز فوران‌های فاجعه آمیز وجود دارد. با توجه به گسترش فعالیت‌ها در زمینه استحصال نفت و گاز در آب‌های عمیق، می‌توان انتظار داشت که تعداد حوادث و از جمله فوران‌ها افزایش یابد. بنابراین باید جهت پیشگیری از حوادثی هم چون حادثه خلیج مکزیک، اتفاقات پیشین با دقت و موشکافانه مورد بررسی قرار گیرند و با هدف به حداقل رساندن مضرات اقتصادی و زیست محیطی، روش‌های مختلف برای کنترل چاه‌هایی که فوران می‌کنند در کمترین زمان و با صرف حداقل هزینه مورد بررسی قرار گیرند و روش‌های بهینه مشخص شوند.

نام حادثه	هزینه (دلار آمریکا ۲۰۱۰)	نشت نفت (بشکه)
Deepwater Horizon (Macondo)	۴۰ میلیارد	۴۹۰۰۰۰۰
Exxon Valdez	۶/۳ میلیارد	۲۸۴۹۰۰
Amoco Cadiz	۳ میلیارد	۱۶۷۹۸۰۰
Ixtoc	۱/۳ میلیارد	۳۵۵۲۰۰۰
Gulf War (Kuwait Oil Fields)	۵۴۰ میلیون	۱۱۱۰۰۰۰۰
Aegean Captain/Atlantic Empress	نامشخص	۲۱۲۳۸۰۰

### پانویس‌ها

<sup>1</sup> hadifathabadi@yahoo.com

<sup>2</sup> United States Coast Guard (USCG)

<sup>3</sup> United States Geological Survey (USGS)

### منابع

- [1] Devaney III, J.W., and R.J. Stewart. 1974. Analysis of Oil Spill Statistics. Massachusetts Institute of Technology.
- [2] Stewart, R.J. 1975. Oil Spillage Associated with the Development of Offshore Petroleum Resources. Massachusetts Institute of Technology.
- [3] Stewart, R.J., and Michael B. Kennedy. 1978. An Analysis of U.S. Tanker and Offshore Petroleum Production Oil Spillage Through 1975. Massachusetts Institute of Technology.
- [4] Danenberger, Elmer P. 1980. Outer Continental Shelf Oil and Gas Blowouts. United States Department of the Interior Geological Survey.
- [5] Danenberger, E.P. 1993. Outer Continental Shelf Drilling Blowouts 1971 - 1991. Minerals Management Service.
- [6] Podio, A.L., and Pal Skalle. 1998. "Trends Extracted From 800 Gulf Coast Blowouts During 1960-1996." In IADC/SPE Drilling Conference. Dallas, Texas.
- [7] Skalle, P., and AL Podio. 1999. "Killing Methods and Consequences of 1120 Gulf Coast Blowouts During 1960-1996." In Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference.
- [8] Holand, Per. 1997. Offshore Blowouts - Causes and Control. Houston Texas: Gulf Publishing Company.
- [9] Wylie, W.W. and Visram, A.S.: "Drilling Kick Statistics," paper SPE 19914 presented at the 1990 IADC/SPE Drilling Conference, Houston, 27 February-2 March.
- [10] DuBois, Shelley. 2010. "6 Big Oil Spills, and What They Cost - Deepwater Horizon (1) - FORTUNE." CNN Money.com.
- [11] Skoloff, Brian, and Jane Wardell. 2010. "BP Oil Spill Cost Hits \$40 Billion, Company Returns To Profit." Huffington Post.
- [12] Smith, Dannie. 2011. "Subsea Production". Shell Training Center presented at the Subsea Concepts, August 10, Robert, LA.