

## ارتباط میان کشند و زمینلرزه‌های بزرگ

حسین زمریدیان، محمد سعیدی شاه‌کیله\*، آرزو قل‌قصی

واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

© نشریه علمی - پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۸۹، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

### چکیده

این مقاله، پژوهشی در ارتباط با رابطه‌ی میان نیروهای کشندی ماه و خورشید و وقوع زمینلرزه‌های بزرگ در طی سالهای ۱۹۷۷ تا ۲۰۰۷ است. در اولین مرحله ۳۴۷۵ زمینلرزه بزرگ از کاتالوگ جهانی CMT برداشت شد. سپس بسامدهای روزانه، ماهانه و سالانه‌ی رخداد این زمینلرزه‌ها همچنین نیروهای کشندی برای دوره‌ی وقوع این زمینلرزه‌ها محاسبه شد. در سومین مرحله با استفاده از برنامه‌ای به زبان MATLAB همبستگی متقابل بین بسامدهای مختلف رخداد زمینلرزه‌ها با نیروهای کشند خورشیدی و قمری محاسبه شد. نتیجه، همبستگی خوبی بین بسامدهای مختلف رخداد زمینلرزه‌ها با نیروهای کشند خورشیدی و قمری را نشان داد. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که نیروهای کشندی می‌توانند به‌عنوان عامل چکانه‌ای برای نیروهای ایجادکننده زمینلرزه بشمار آیند.

کلمات کلیدی: نیروهای کشندی، چکانه‌ای، زمینلرزه‌های بزرگ، همبستگی - زمینلرزه‌های سطحی

### ۱. مقدمه

به‌وسیله‌ی نیروهای سطحی وابسته به فشار هماهنگهای مختلف کشند اقیانوسی اعمال شده بر روی زمین بارگذاری<sup>۱</sup> کشند را ایجاد می‌کنند. کشند حجمی تغییرات همواری بر روی سطح زمین ایجاد می‌کند و بارگذاری کشند اقیانوسی دارای تغییرات نامنظم‌تری است. اگرچه رفتار ویژه دو اثر کشند کاملاً متفاوت است ولی تشخیص این اثرها از هم دشوار است. زیرا هر دو از یک منشأ نجومی سرچشمه می‌گیرند. کشندها عهده‌دار بزرگترین تغییرات زمانی تنشهای پوسته‌ای هستند. از آنجایی که مشکل پیش‌بینی «چگونگی و زمان و مکان» وقوع زلزله نمی‌تواند فقط بر اساس داده‌های ژئودتیک و لرزه‌ای حل شود (Aki, 1995; Pakiser and Shedlock, 1995; Geller et al., 1997; Main, 1999a,b; Ludwin, 2001). همیشه این تمایل که نیروهای کشندی را به رویداد

نیروی ربایش خورشیدی و قمری نه تنها بر حرکت مداری زمین اثرگذار هستند، بلکه حرکت‌های دوره‌ای کشند زمین را تحت تاثیر قرار می‌دهند. نیروی ربایش خورشیدی و قمری متناسب با عکس مجذور فاصله از خورشید یا ماه تغییر می‌کند و به‌علت لختی حرکتی مداری زمین، در تمام زمین یکسان نیست. اختلاف بین نیروی ربایش و نیروهای لختی همان نیروی کشندی است. که عملاً تمایل به ایجاد تغییر شکل در زمین دارد.

مشهورترین پدیده‌ای که پاسخ زمین به کشندهای خورشیدی و قمری را نشان می‌دهد، کشند اقیانوسی است. تغییر شکل در زمین جامد کشند حجمی نامیده می‌شود. کشند حجمی اضافه شده

\* پست الکترونیکی: Saedimohammad@yahoo.com

<sup>1</sup> loading

زمینلرزه‌های دانشگاه هاروارد، اطلاعات مربوط به زمینلرزه‌های بزرگ ( $M_w \geq 6$ ) برای مدت ۳۰ سال مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با استفاده از این اطلاعات جدول‌هایی که بیانگر بسامد روزانه، ماهانه و سالانه‌ی رخداد زمینلرزه‌های بزرگ بودند ایجاد شد. سپس به محاسبه‌ی نیروهای مولد کشند خورشیدی و قمری پرداخته شد و به کمک برنامه‌ای در MATLAB، که به همین منظور طراحی شد، همبستگی متقابل بسامد رخداد زمینلرزه‌های بزرگ با نیروهای کشند قمری و خورشیدی بررسی شد.

## ۲. مشخصات داده‌های زمینلرزه‌های بزرگ در کل زمین

داده‌های مربوط به زمینلرزه‌ها از سایت Global CMT Catalog دانشگاه هاروارد از ۱۹۷۷ تا ۲۰۰۷ برداشت شده است.

013177A TADZHIK SSR	
Date: 1977/ 1/31	Centroid Time: 14:26:19.4 GMT
Lat= 39.85	Lon= 69.79
Depth= 10.0	Half duration= 3.8
Centroid time minus hypocenter time: 4.6	
Moment Tensor: Expo=25	1.122 -1.007 -0.115 0.427 -0.030 0.381
Mw = 6.0	mb = 6.1 Ms = 5.9
Scalar Moment = 1.21e+25	
Fault plane: strike=296	dip=35 slip=99
Fault plane: strike=104	dip=55 slip=83

## ۳. بررسی آماری تعداد زمینلرزه‌ها

پس از تغییر تاریخ وقوع زمینلرزه‌ها از تقویم میلادی به تقویم ژولین و سپس به تقویم اسلامی به بررسی بسامد رخداد زمینلرزه‌ها به صورت آماری در طی ۳۶۹ ماه قمری در طی سالهای ۱۹۷۷ تا ۲۰۰۷ به صورت روزانه، ماهانه و سالانه پرداخته و نتایج آن به صورت شکل‌های (۱) و (۲) و (۳) ارائه شد. نمودار شکل (۱) نشان‌دهنده‌ی تغییرات تعداد زمینلرزه‌ها در هر روز قمری در طی این سی سال است.

بیشترین تغییرات تعداد زمینلرزه‌ها مربوط به روزهای ابتدایی و انتهایی و وسط ماه است که بر کشندهای نیم ماهانه و ماهانه منطبق است.

نمودار شکل (۲) بیان می‌کند که بیشترین تعداد زمینلرزه‌ها در شانزدهمین و صدویست و پنجمین و سی صد و چهل و چهارمین ماه اتفاق افتاده است که بر دوره‌های ۱۸/۲۵ سال و ۹/۰۸۴ سال دالت دارد که بسیار نزدیک به دوره ۱۸/۸۵ و ۱۸/۶ سالانه‌ی کشند زونال است.

بیشترین تغییرات در بسامد رخداد زمینلرزه‌ها در نمودار شکل

زمینلرزه نسبت دهیم وجود داشته است و احتمال اینکه زمینلرزه به سبب کشند به وقوع بپیوندد برای مدت طولانی مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است (Knopoff, 1964; Tamrazyan, 1967; 1968; Ryabl at al., 1968; Shlein, 1972; Molher, 1980; Sounau et al., 1982; Burton, 1986; Shirley, 1988; Bargin, 1999). در قرن هفدهم کشندهای اقیانوسی را به عنوان دلیلی برای زلزله‌های قبلی بیان کردند. اما با آشکار شدن کشندهای زمین جامد در پایان قرن پیش، چنین تحقیقاتی آسان شد. تخمینها با مدل‌های واقع بینانه‌ی زمین بیانگر این است که کشندهای زمین دلیلی برای بزرگترین تغییرات تنشهای دوره‌ای در داخل پوسته و لایه‌های عمیق‌تر زمین هستند.

تنشهای کشندی با نرخ بزرگشان همیشه حضور دارند و ممکن است آرام آرام موجب افزایش تنشهای تکتونیکی شوند. این تنشها در کل عامل زلزله نیستند، ولی می‌توانند به صورت چکانه‌ای<sup>۱</sup> برای رویداد زلزله‌ای عمل کنند. یک مدل ساده چکانه‌ای تنها وقتی ممکن است عمل کند که در یک زمان بخصوص بخشی از تنشهای تکتونیکی یک ساختار به سطحی از تنشهای بحرانی مناسب رسیده باشد. به هر حال نظریه‌هایی که امکان ارتباط بین کشندها و وقوع زمینلرزه را مورد بحث قرار می‌دهند، وجود دارند (Zahran, 2007). حرکت یا جابجایی‌های ثابت صفحات تکتونیکی زمین نسبت به یکدیگر و پدیده‌های دیگر نظیر فعالیت‌های آتشفشانی به تدریج باعث افزایش تغییر شکل زون گسل‌های زمینلرزه‌زا در سراسر دنیا می‌شوند. زمانی که سطح کرنش (تغییر شکل) به یک نقطه‌ی بحرانی برسد، لایه‌های زون گسل‌دار می‌شکنند و در نتیجه انرژی ذخیره شده ممکن است به صورت زمینلرزه آزاد شود.

به هر حال عقیده‌ی برخی بر این است که تعدادی از زمینلرزه‌های پر قدرت زمانی که مقدار انرژی تغییر شکل (کرنش) انباشته شده در زون گسل به حدی برسد که باعث شکسته شدن خودش شود، فرآیندها یا پدیده‌های مختلف می‌توانند به سرعت مقدار تغییر شکل را افزایش دهند و عامل چکانه‌ای زمینلرزه باشند. این فرآیندها یا پدیده‌ها می‌توانند شامل ضربه‌های امواج حاصل از وقوع زمینلرزه‌های پر قدرت در سایر نقاط جهان باشند. همچنین کشند اقیانوسی و کشند زمین جامد ممکن است به سازوکار چکانه‌ای زمینلرزه‌ها بیانجامد (Zahran, 2007).

در این تحقیق به کمک اطلاعات موجود در کاتالوگ

<sup>۱</sup> Trigger

زمینلرزه وجود دارد. یکی از روشها مقایسه دوره وقوع زمینلرزه‌ها با دوره‌های کشندی است که از مدل مصنوعی کشند آن ناحیه به دست آمده است. روش دیگر، محاسبه همبستگی متقابل بین دو سری زمانی دوره وقوع زمینلرزه‌ها و نیرو یا تنشهای کشندی است. نیروی کشندی امروزه با دقت به صورت یک پدیده جهانی قابل تعیین است. میزان همبستگی بین تنشهای کشندی و وقوع زمینلرزه ارتباط متوسطی را نشان می‌دهد (William and Wilcock, 2001).

در این بخش ابتدا به محاسبه نیروهای کشندی پرداخته می‌شود. سپس همبستگی متقابل بین نیروهای کشندی و بسامد زمینلرزه‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. اگر بتوان بسامد روزانه، ماهانه یا سالانه‌ی زمینلرزه‌ها را با یکی از دوره‌های ۱۴ و ۲۸ روزانه و یا ۶ ماهانه و دوره‌های ۸/۸ و ۱۸/۶ سالانه‌ی کشندی منطبق کرد، می‌توان ادعا نمود که این دو پدیده با هم در ارتباط بوده یا نقش چکانه‌ای کشند را بر روی زمینلرزه‌ها اثبات کرد. نیروی کشند خورشیدی از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$F_s = G \frac{2SE\rho}{r_s^3} \quad (1)$$

$$G = 6.672 \times 10^{-11} \frac{\text{N.m}^2}{\text{Kg}^2}$$

که در آن ثابت جهانی گرانش

$$S = 1.989 \times 10^{22} \text{ Kg}$$

جرم خورشید

$$E = 5.974 \times 10^{24} \text{ Kg}$$

جرم زمین

$$\rho = 6.378164 \times 10^6 \text{ m}$$

شعاع زمین

$r_s$  فاصله‌ی مرکز خورشید تا مرکز زمین بر حسب متر است (Hicks, 2006).

نیروی کشند قمری از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$F_m = G \frac{2ME\rho}{r_m^3} \quad (2)$$

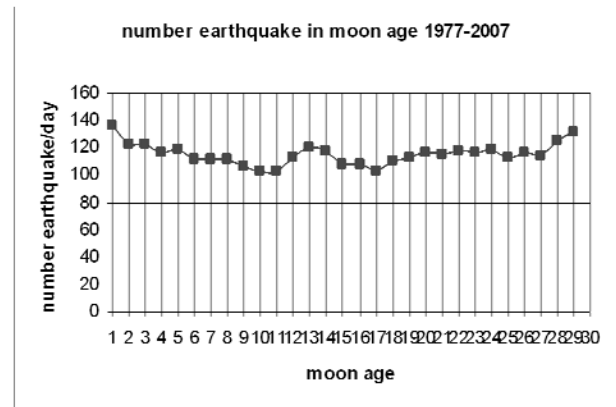
$$G = 6.672 \times 10^{-11} \frac{\text{N.m}^2}{\text{Kg}^2}$$

ثابت جهانی گرانش

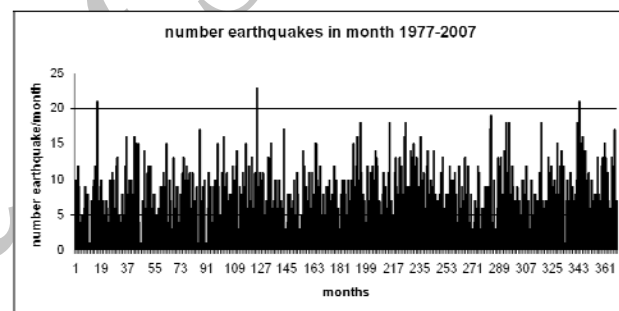
$$E = 7.35 \times 10^{22} \text{ kg}$$

جرم زمین

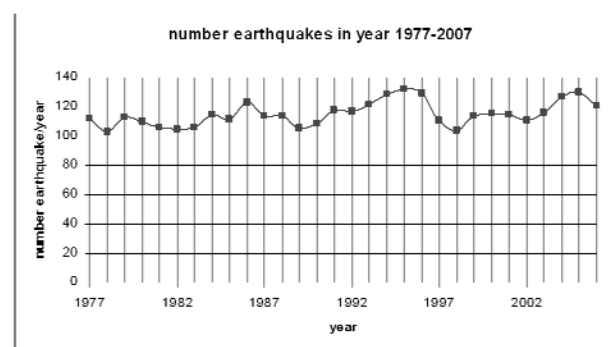
(۳) مربوط به سال‌های ۱۹۷۹ و ۱۹۸۶ و ۱۹۹۵ و ۲۰۰۵ است این دوره، یک دوره ۱۸ تا ۱۹ ساله را پوشش می‌دهد که یادآور همان دوره‌ی کشند زونال است.



شکل ۱- تعداد زمینلرزه‌ها در هر روز قمری از ۱۹۷۷ تا ۲۰۰۷



شکل ۲- بسامد ماهانه‌ی زمینلرزه‌ها از ۱۹۷۷ تا ۲۰۰۷ در ۳۶۹ ماه قمری



شکل ۳- تعداد سالانه‌ی زمینلرزه‌ها از ۱۹۷۷ تا ۲۰۰۷

۴. بررسی همبستگی متقابل بین نیروهای کشندی و بسامد زمینلرزه‌ها

روش‌های زیادی برای مطالعه ارتباط بین تنشهای کشندی و

جرم ماه

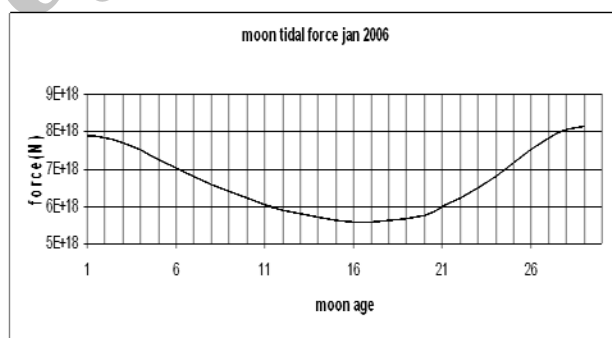
$$M = 5/976 \times 10^{22} \text{ kg}$$

جدول ۱- فاصله‌ی زمین از خورشید و نیروی کشند خورشیدی

روز	فاصله(متر)	نیروی کشند خورشیدی(نیوتن)
0	1.471E+11	17714E+183
20	1.472E+11	3.17067E+18
30	1.474E+11	3.15778E+18
40	1.4765E+11	3.14177E+18
60	1.4835E+11	3.0975E+18
77	1.49E+11	3.05714E+18
90	1.496E+11	3.02051E+18
100	1.5E+11	2.99641E+18
120	1.5085E+11	2.94604E+18
140	1.515E+11	2.90828E+18
150	1.517E+11	2.89679E+18
160	1.5195E+11	2.88252E+18
180	1.522E+11	2.86834E+18
185	1.522E+11	2.86834E+18
200	1.52E+11	2.87968E+18
210	1.5185E+11	2.88822E+18
220	1.517E+11	2.89679E+18
240	1.51E+11	2.93727E+18
260	1.502E+11	2.98445E+18
263	1.501E+11	2.99042E+18
270	1.497E+11	3.01446E+18
280	1.4945E+11	3.02961E+18
300	1.485E+11	3.08813E+18
320	1.4785E+11	3.12904E+18
330	1.475E+11	3.15136E+18
340	1.473E+11	3.16422E+18
360	1.4713E+11	3.1752E+18
365	1.471E+11	3.17714E+18

و  $r_m$  فاصله مرکز زمین تا مرکز ماه بر حسب متر است (Hicks, 2006)

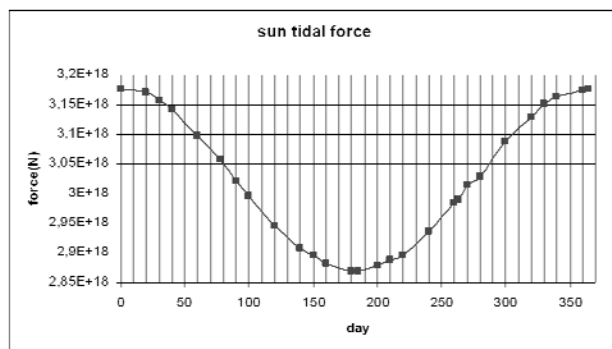
با جای‌گذاری مقادیر فوق و فاصله‌ی بین مرکز جرم زمین از مرکز جرم ماه و خورشید به محاسبه‌ی نیروی کشند خورشیدی و قمری طی روزهای ۲۴۵۳۳۷۵/۵ تا روز ۲۴۵۳۷۶۶/۵ تقویم ژولین که همان ژانویه سال ۲۰۰۷ است، پرداخته شده است (جدول‌های ۱ و ۲). با مقایسه نمودارهای نشان داده شده در شکل‌های (۴) و (۵) می‌توان دریافت که اولاً نیروی کشند قمری ۲/۱۶ برابر نیروی کشند خورشیدی است. پس اثر نیروی کشند قمری بیشتر از اثر نیروی کشند خورشیدی است. ثانیاً در ابتدا و انتهای ماه مقدار این نیرو بیشترین و در نیمه‌های ماه مقدار این نیرو حداقل می‌شود. ثالثاً تغییرات نیروی کشند قمری بین بیشترین و کمترین مقدار خود یعنی در حدود  $10^{18} \times 245249$  نیوتن است که ۷/۹۴۲۰ برابر (تقریباً ۸ برابر) تغییرات نیروی کشند خورشیدی است.



شکل ۴- نیروی کشند قمری از روز ۲۴۵۳۳۷۵/۵ تا روز ۲۴۵۳۷۶۶/۵ تقویم ژولین

۴-۱ همبستگی متقابل بین نیروهای کشند قمری و بسامد روزانه‌ی زمینلرزه‌های بزرگ ( $MW \geq 6$ )

همان‌طور که در نمودار شکل (۶) مشاهده می‌شود، ارتباط خوبی بین نیروی کشند قمری و بسامد روزانه‌ی زمینلرزه‌های بزرگ وجود دارد (ضریب همبستگی  $+0/65$ ). وجود بیشینه‌هایی به فاصله ۱۱ روز بعد از لگ صفر در لگ ۱۱ و در فاصله ۱۳ روز قبل از آن یعنی در لگ ۱۳- و همین‌طور بیشینه‌هایی در لگ ۲۷+ و ۲۶- بیانگر تطابق دوره‌های ۱۴ و ۲۷ روزانه کشندی با بسامد روزانه رخداد زمینلرزه‌های بزرگ از سال ۱۹۷۷ تا پایان سال ۲۰۰۶ است.

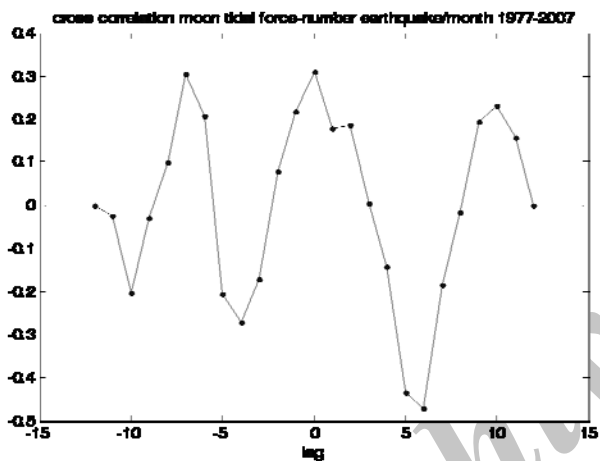


شکل ۵- نمودار نیروی کشند خورشیدی

۲-۴ همبستگی متقابل بین نیروهای کشند قمری و بسامد ماهانه‌ی زمینلرزه‌های بزرگ ( $MW \geq 6$ )

همبستگی بین نیروی کشندی ماه و بسامد ماهانه‌ی زمینلرزه‌ها با بزرگی بیشتر از ۶ را طی سال‌های ۱۹۷۷ تا پایان سال ۲۰۰۶ محاسبه و به صورت نمودار شکل (۷) ارائه شده است. همان طور که مشاهده می‌شود که در لگ صفر همبستگی  $+0/3$  وجود دارد، اما در ۱۰ لگ جلوتر از لگ صفر و ۷ لگ قبل از آن بیشینه‌هایی مشاهده می‌شود.

این ۳ بیشینه ابتدا دارای اختلاف ۷ ماهه و سپس دارای اختلاف ۱۰ ماهه هستند که تقریباً منطبق بر دوره‌های ۶ ماهانه کشندی است.



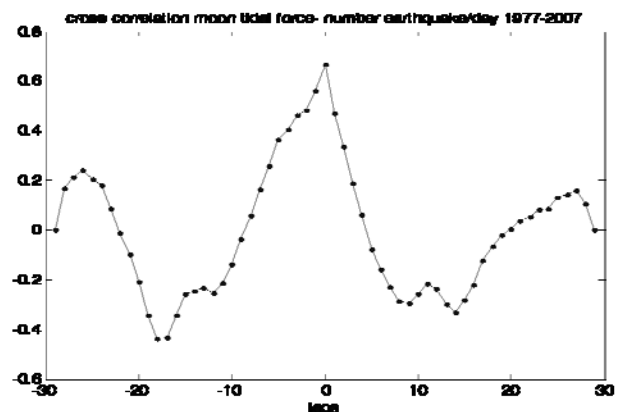
شکل ۷- نمودار همبستگی متقابل بین نیروهای کشند قمری و بسامد ماهانه‌ی زمینلرزه‌های بزرگ از ۱۹۷۷ تا ۲۰۰۷

۳-۴ همبستگی متقابل میان بسامد ماهانه‌ی زمینلرزه‌های بزرگ با نیروی کشند خورشیدی از ۱۹۷۷ تا ۲۰۰۷

همان طور که در شکل (۸) مشاهده می‌شود بیشینه‌ای در نزدیکی لگ صفر وجود دارد و تکرار این بیشینه به فاصله ۹ لگ بیشترین همبستگی بین نیروی کشند خورشیدی و بسامد سالانه رخداد زمینلرزه‌ها با ضریب همبستگی  $+0/55$  در لگ ۱۰ است، یعنی ۵۵٪ زمینلرزه‌های بزرگ ۹ سال بعد از اولین بیشینه اتفاق می‌افتند. وجود مقادیر بیشینه در لگهای  $+10$  و  $+1$  و  $-8$  و  $-16$  و  $-27$  دوره‌های ۸ تا ۹ ساله و ۱۸ تا ۱۹ ساله را نشان می‌دهند که منطبق بر دوره‌های  $8/8$  ساله و  $18/6$  ساله کشند زونال است.

جدول ۲- فاصله‌ی مرکز ماه از سطح و مرکز زمین و نیروی کشندی حاصل از ماه در ژانویه سال ۲۰۰۶ (از روزهای ۲۴۵۳۷۳۷/۵ تا ۲۴۵۳۷۶۶/۵ تقویم ژولین)

روز قمری	فاصله تا سطح زمین (متر)	فاصله تا مرکز زمین (متر)	نیروی کشند قمری (نیوتن)
1	355375000	361753164	7.89347E+18
2	356203000	362581164	7.83952E+18
3	358374000	364752164	7.70037E+18
4	361573000	367951164	7.50127E+18
5	365445000	371823164	7.26935E+18
6	369653000	376031164	7.02803E+18
7	373925000	380303164	6.79384E+18
8	378068000	384446164	6.57656E+18
9	381966000	388344164	6.3805E+18
10	385564000	391942164	6.20639E+18
11	388842000	395220164	6.05324E+18
12	391788000	398166164	5.91987E+18
13	394373000	400751164	5.80605E+18
14	396543000	402921164	5.71275E+18
15	398204000	404582164	5.64267E+18
16	399233000	405611164	5.59984E+18
17	399487000	405865164	5.58933E+18
18	398822000	405200164	5.6169E+18
19	397117000	403495164	5.6884E+18
20	395302000	401680164	5.76586E+18
21	390377000	396755164	5.98325E+18
22	385440000	391818164	6.21229E+18
23	379695000	386073164	6.49376E+18
24	373464000	379842164	6.81861E+18
25	367177000	373555164	7.16871E+18
26	361344000	367722164	7.51529E+18
27	356494000	362872164	7.82067E+18
28	353103000	359481164	8.04409E+18
29	351503000	357881164	8.15246E+18



شکل ۸- نمودار همبستگی متقابل نیروهای کشند قمری و بسامد روزانه‌ی زمینلرزه‌های بزرگ از ۱۹۷۷ تا ۲۰۰۷

Union, <http://www.agu.org/revgeophys/aki00/aki00.html>.

Bragin, Y. A.; Bragin O.A. and Bragin V.Y. 1999. Reliability of Forecast and Lunar Hypothesis of Earthquakes, Report at XXII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics(IUGG), Birmingham, UK.

Burton, P.W. 1986. Is there coherence between Earth tides and earthquakes? Nature (News and Views). 115-321.

Geller, R.J.; Jackson, D.D.; Kagan, Y.Y. and Mulargia, F. 1997. Earthquakes cannot be predicted, Science, 275:1616-0, <http://sccc.ess.ucla.edu/%7Eykagan/perspective.html>.

Geller, R.J. 1996. Debate on evaluation of the VAN method: Editor's introduction, Geophys. Res. Lett., 23(11):1291-1294.

Harvard

<http://www.harvard.gov>.

<http://global.cmt.catalog.com>

Hicks, S. 2006, Understanding Tides. U.S. Department Of Commerce, National Oceanic Administration National Ocean Services.

Knopoff, L. 1964. Earth tides as a triggering mechanism for earthquakes, Bull. Seism. Soc. Am. 54:1865 – 1870.

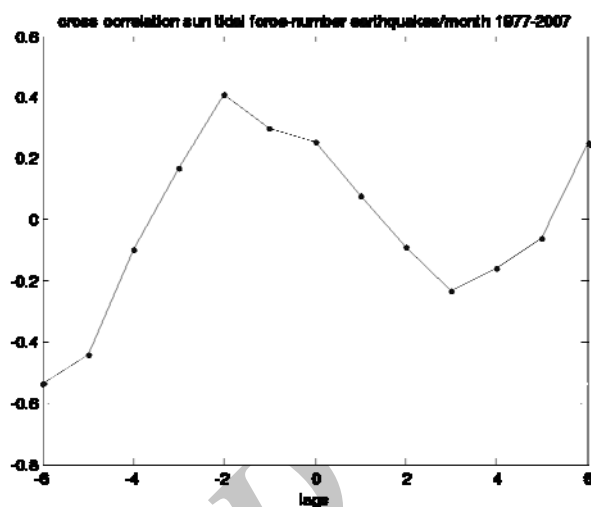
Knopoff, L. 1996. Earthquake prediction: The scientific challenge, and other Papers from an NAS Colloquium on Earthquake Prediction. <http://www.pnas.org/content/vol93/issue9/#COLLOQUIUM>.

Ludwin, R.S. 2001. Earthquake Prediction, Washington Geology, Vol. 28, No. 3. 28(3). 27pp.

Main, I. 1999a. Is the reliable prediction of individual earth-quakes a realistic scientific goal?, Debate in NATURE. [http://www.nature.com/nature/debates/earthquake/equake\\_contents.html](http://www.nature.com/nature/debates/earthquake/equake_contents.html).

Main, I. 1999 b. Earthquake prediction: concluding remarks. Nature debates. Oxford. London, Edinburgh. New York.

Molher, A.S. 1980. Earthquake / earth tide correlation and



شکل ۸- نمودار همبستگی متقابل بین نیروی کشند خورشیدی و بسامد ماهانه زمینلرزه‌ها از ۱۹۷۷ تا ۲۰۰۷

## ۵. نتیجه‌گیری

نتایج آماری تعداد زمینلرزه‌ها در هر روز قمری در طی ۳۶۹ ماه در طی سالهای ۱۹۷۷ تا ۲۰۰۷ نشان می‌دهد که بیشترین تعداد زمینلرزه‌ها مربوط به روزهای ابتدایی، میانی و انتهایی هر ماه است که بر دوره‌های کشند نیم ماهانه و ماهانه منطبق است. بررسی آماری ماهانه تعداد زمینلرزه‌ها، نشان دهنده دوره‌های ۹/۰۸۴ ساله و ۱۸/۲۵ ساله و بررسی آماری سالانه نیز دوره ۱۸ تا ۱۹ ساله کشند زونال را تأیید می‌کند.

محاسبه‌ی همبستگی متقابل نیروی کشند خورشیدی با بسامد ماهانه رخداد زمینلرزه‌ها بر دوره‌های کشند زونال منطبق است. محاسبه همبستگی متقابل نیروی کشند قمری و بسامد روزانه رخداد زمینلرزه‌های بزرگ مطابق با دوره‌های ۱۴ و ۲۸ روزه کشند نیم ماهانه و ماهانه است.

بنابراین می‌توان گفت اگرچه نیروهای کشندی ممکن است عامل زمینلرزه نباشند، ولی ممکن است بتوانند به صورت چکانه‌ای بر روی رویداد زمینلرزه عمل کنند.

## منابع

Aki, K. 1995. Earthquake prediction, societal implications, U.S. National Report to IUGG, 1991-1994, Rev. Geophys. Vol. 33 Suppl., © 1995 American Geophysical

- Aleutian Islands seismic region. Geophysical Journal. 92:403 – 420.
- Sounau, M.; Sounau, A. and Gagnepain, J. 1982. Modeling and detecting interaction between earth tides and earthquakes with application to an aftershock sequence in the Pyrenees. Bull. Seism. Soc. 72:165-180.
- Tamrazyan, D.P. 1967. Tide- Forming Forces and Earthquakes, ICARUS. 7:59-65.
- Tamrazyan, D.P. 1968. Principal Regularities in the Distribution of Major Earthquakes Relative to Solar and Lunar Tides and Other Cosmic Forces. ICARUS. 9:574-592.
- William, S. and Wilcock, D. 2001. Geophysical research letters. 23(20):3999-4002.
- Zahran, K.H. 2007. Mesf cyber journal of geosciences. 5:1-21. <http://www.meseisforum.net>
- other features of the Susanville, California. Bull. Seism. Soc.Am. 70:1583 – 1593.
- Pakiser, L. and Shedlock, K.M. 1995. Predicting earthquakes, USGS. <http://earthquake.usgs.gov/hazards/prediction.html>.
- Ralph, D. 1977. analysis of anomaly correlations geophysics. vol 62. No.1
- Ryabl, A.; Van Wormer, J.D. and Jones, A.E. 1968. Triggering of micro earth-quakes by earth tides and other features of the Truckee, California, earthquake sequence of September 1966. Bull. Seism. Soc. Am. 58:215 – 248.
- Shlien, S. 1972. Earthquake - tide correlation, Geophys. J. R. Astr. Soc. 28:27-34.
- Shirley, J. 1988. Lunar and Solar periodicities of large earthquakes. Southern California and the Alaska