

حساسیت سنجی پارامترهای دینامیکی تونل های انتقال آب سد تلمبه ذخیره ای با استفاده از روش دیمتل



فصلنامه علمی تخصصی

مهندسی و مدیریت ساخت

سال اول، شماره دوم، تابستان

۱۳۹۵

نویسنده مسئول: فاطمه مددی

آدرس ایمیل:

madadi.fm@gmail.com

فاطمه مددی

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

حمیدرضا وثوقی فر*

عضو هیئت علمی، گروه مهندسی عمران، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

چکیده:

هر اطمینان از پایداری و عملکرد مناسب تونل های انتقال آب که جزو شریانهای حیاتی می باشند، در تمامی شرایط به خصوص در شرایط پس از زلزله بسیار حائز اهمیت می باشد. در این مقاله وضعیت پایداری تونل های انتقال آب سد سیاه بیشه تحت ۶ زلزله حوزه دور و نزدیک با بزرگی های مختلف و با لحاظ نمودن فشار آب داخل تونل ها مورد ارزیابی قرار گرفته است. سپس به منظور حساسیت سنجی و ارزیابی تاثیر پارامترهای مختلف در طراحی تونل ها و ارزیابی تاثیرات آنها از روش دیمتل استفاده شده است. کد طراحی شده در این مقاله در محیط متلب آماده شده است و میزان تاثیرگذاری و تاثیرپذیری هر یک از پارامترها را بخوبی نشان می دهد. نتایج این روش نشان می دهد که بترتیب ارتفاع آب داخل تونل ها (۱۵٪)، مدول الاستیسیته (۱۱٪)، زاویه ورودی زلزله (۱۰٪) و شدت زلزله (۹٪) تاثیرگذارترین پارامترها و جابجایی (۲۰٪)، کرنش (۲۰٪) و تنش (۱۸٪) از تاثیرپذیرترین پارامترها بوده اند.

کلمات کلیدی: تونل دوقلو، حساسیت سنجی، روش دیمتل، زلزله حوزه دور و نزدیک

Sensitivity Analysis Of Dynamic Parameters Of Pumped Storage Dams, Water Transfer Tunnels Using DEMATEL Method



V. 01 No. 02 - Summer 2016

Corresponding author:

fatemeh madadi

Email address:

madadi.fm@gmail.com

Fatemeh Madadi

Graduate student, Department of Civil Engineering, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran

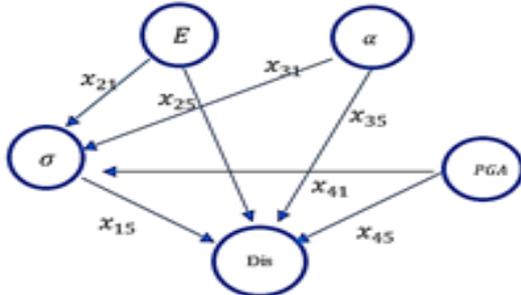
Hamidreza Vosughifar*

Assistant Professor, Department of Civil Engineering, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran

۱- مقدمه:

اثربخیز مقدار عددی صفر، برای پارامترهایی با اثر گذاری کم مقدار عددی یک، برای پارامترهایی با اثرگذاری متوسط مقدار عددی دو، برای پارامترهایی با اثرگذاری زیاد مقدار عددی سه و برای پارامترهایی با اثرگذاری بسیار زیاد (کاملاً اثر گذار) مقدار عددی چهار برای x_{ij} در نظر گرفته شده است. دیاگرام رابطه بین پارامترها همانطور که در شکل (۱) به صورت خلاصه نشان داده شده است، رسم خواهد شد همچنین مطابق با رابطه (۱) تأثیر هر پارامتر بر روی خودش صفر است [۱۴].

$$\text{if: } i=j \Rightarrow x_{ij}=0 \quad (1)$$



شکل ۱. نمایشی از دیاگرام رابطه بین پارامترهای مؤثر در سیستم [۱۴].

با استفاده از مقادیر عددی x_{ij} ، ماتریس اولیه (ماتریس X) تشکیل خواهد شد. همانند رابطه (۲) که سطرها و ستون های ماتریس اولیه را مقادیر عددی x_{ij} تشکیل داده است.

$$X = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & \dots & a_n \\ a_1 \begin{bmatrix} 0 & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ a_2 \begin{bmatrix} x_{21} & 0 & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_n \begin{bmatrix} x_{n1} & \dots & \dots & 0 \end{bmatrix} \end{bmatrix} \end{bmatrix} \quad (2)$$

سپس ماتریس نرمال سازی شده (ماتریس K) با استفاده از رابطه شماره (۳) تشکیل، خواهد شد.

$$K = \frac{x}{\max_i \sum_{j=1}^n x_{ij}} = (K_{ij})_{n \times n}, \quad (1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n) \quad (3)$$

پس از تشکیل ماتریس نرمال شده، ماتریس رابطه اصلی (ماتریس G) با استفاده از رابطه شماره (۴) تشکیل خواهد شد [۱۴].

$$G = K + K^2 + \dots + K^n = (G_{ij})_{n \times n} \quad (4)$$

زمانی که n به اندازه کافی بزرگ باشد، رابطه (۵) ارائه می شود (ماتریس E): واحد):

$$G = K(K - E)^{-1} \quad (5)$$

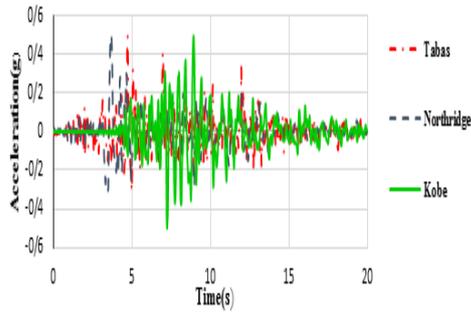
پس از تشکیل ماتریس G ، باید مجموع سطرها و ستون های ماتریس G ، با استفاده از روابط (۶) و (۷) محاسبه شوند [۱۴]:

نظریه دیمتل یا به عبارتی تصمیم سازی بر اساس آزمون و ارزیابی آزمایشگاهی، برای اولین بار توسط گایوس و فونتلا در سال ۱۹۷۰ در پژوهشگاه باتل در ایالات متحده، ارائه شد. این نظریه برای تجزیه و تحلیل فاکتورهای سیستم با استفاده از ابزار ماتریس و نظریه گراف می باشد. مهم ترین مزیت این روش، بررسی و تجزیه و تحلیل رابطه بین پارامترهای تشکیل دهنده یک سیستم، با توجه به نوع رابطه بین آنها (مستقیم / غیرمستقیم) هست [۱]. در سال ۲۰۱۰ لیانگ و همکارانش با استفاده از تکنیک دیمتل به بررسی و تجزیه و تحلیل خطرات موجود در ساخت و ساز در مهندسی پی پرداخته اند [۲]. یکی دیگر از تحقیقات اخیر در این زمینه، ترکیب دو روش DEMATEL & ANP جهت ارزیابی و تصمیم گیری در راستای توسعه سیستم هست. سورمینت و همکارانش نیز با تجزیه و تحلیل روابط علت و معلولی در قابلیت های نوآوری و فن آوری و استفاده از تکنیک دیمتل به بررسی پارامترهای مؤثر در شرکت های مبتنی بر تکنولوژی در تایلند پرداختند. این تحقیق از نقطه نظر نحوه انجام تکنیک دیمتل حائز اهمیت هست [۳]. زنگ و همکارانش با نتایج دو مثال عددی حاصل از تحلیل به روش دیمتل و تصمیم گیری فازی را در سال ۲۰۱۰ مورد بررسی قرار داده اند و نشان داده اند که تحلیل دیمتل حالت خاصی از روش تصمیم گیری فازی (FDM) بوده است [۴]. گیندا و همکارانش در تحقیقات خود به ضرورت استفاده از دیمتل فازی، به جای دیمتل اولیه در مسائل سخت تر و پیچیده تر پرداخته اند [۵]. سامانی و همکارانش با استفاده از تکنیک دیمتل فازی به بررسی خطر پذیری در عملیات ساخت و ساز در سال ۲۰۱۲ پرداخته اند [۶]. در سال ۲۰۱۳ عوامل مؤثر بر کیفیت رویداد نیز با استفاده از روش دیمتل توسط Yang و همکارانش انجام شد [۷]. فلاونیتوسی و همکارانش در سال ۲۰۱۴ به بررسی کاربرد دیمتل گسترده، برای تعیین روابط علت و معلولی در روابط دوطرفه پرداخته اند [۸]. در سال ۲۰۱۴ Yang و همکارانش در زمینه تجزیه و تحلیل با استفاده از تکنیک دیمتل برای معیارهای تعامل سیستم های انتقال مواد با ANP تحقیقاتی انجام داده اند [۹]. سانگ و همکارانش با استفاده از تکنیک دیمتل به بررسی خطرات ناشی از زلزله در سیستم های ترافیکی واقع در مناطق کوهستانی پرداخته اند [۱۰]. YAN و همکارانش در سال ۲۰۱۴ با استفاده از تکنیک های مختلف بر پایه دیمتل همچون ANP و VIKOR به ارزیابی عوامل مؤثر در بهبود ساخت ساختمان های سبز پرداخته اند [۱۱]. هروی و همکارانش در سال ۲۰۱۴ به بررسی و پیش بینی تغییر شکل در پروژه های ساختمانی پرداخته اند [۱۲]. زو و همکارانش در سال ۲۰۱۴ به بررسی یک روش ترکیبی برای ارزیابی خطرات موجود در سازه های برق آبی پرداخته اند [۱۳]. در این تحقیق نتایج تحلیل دینامیکی تونل دو قلو انتقال آب با استفاده از تکنیک دیمتل بررسی و ارزیابی شده اند پارامترهای تأثیرگذار و تأثیر پذیر بر طراحی لرزه ای تونل ها ارائه شده است.

۲- مواد و روش ها:
۲-۱- روش دیمتل:

جهت استفاده از تکنیک دیمتل ابتدا باید پارامترهای تأثیرگذار بر سیستم (ai) را شناسایی کنیم. پارامترهای مورد بررسی در این تحقیق، شامل: مدول الاستیسیته (E)، ضخامت لاینینگ (T)، ارتفاع آب داخل تونل (H)، فاصله مرکز به مرکز دو تونل (L)، شعاع تونل (R)، ضرایب رایلی (aR, BR)، زاویه ورودی زلزله (alpha)، ماکزیمم شتاب زلزله (PGA)، جابجایی (Dis)، تنش (سیگما) و کرنش (E) گره های روی مقطع تونل ها می باشند [۱۴].

پس از مشخص شدن پارامترهای مورد نظر، تأثیرگذاری یا تأثیرپذیری هر پارامتر نسبت به پارامترهای دیگر به صورت زوجی، بررسی و نسبت به میزان تأثیرگذاری پارامتر مورد بررسی قرار می گیرند. پارامترها به مقدار x_{ij} وزن دهی می شوند که x_{ij} مقدار تأثیر گذاری پارامتر نام بر پارامتر نام می باشد. بدین صورت که برای پارامترهای بدون اثر (کاملاً



شکل ۲. نمودار شتابنگاشت سه زلزله طبس، کوبه و نورتریج مقیاس شده.

۲-۴- اعتبار سنجی:

در جدول شماره (۱) نتایج بدست آمده از حسگرهای واقع بر روی تونل ها با نتایج بدست آمده در حالات مختلف اندازه مش ها نشان داده شده اند. با مقایسه نتایج بدست آمده از نرم افزار المان محدود و میزان جابجایی ماکزیمم قرائت شده از حسگرهای واقع بر روی دو تونل میزان مش با اندازه ریز (fine) دقت بیشتری داشته و پاسخ های نزدیک تری با واقعیت موجود را ارائه می نماید.

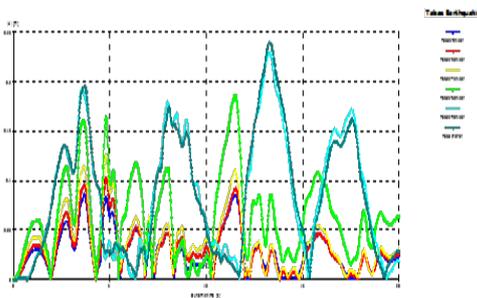
جدول ۱. نتایج حساسیت سنجی ابعاد مش مختلف

Mesh Size	تاج تونل اول	تاج تونل دوم
	Dis(cm)	Dis(cm)
very coarse	۹	۹.۵
coarse	۸.۷	۹
medium	۸	۸.۲
fine	۶.۳	۷
very fine	۶.۲	۷.۱
Real sensor	۶.۴	۶.۸

۳- نتایج:

۳-۱- نتایج تحلیل دینامیکی:

در این تحقیق با توجه به محل نصب ابزار دقیق بر روی تونل ها در ابتدا مقطعی در کیلومتر ۰.۴/۷۲۴+۱ متری مدلسازی شده است و پاسخ دینامیکی تونل ها تحت زلزله های معرفی شده و با زاویه انتشار مختلف بررسی و تحلیل شده است. در شکل های (۳) تا (۵) میزان جابجایی تاج تونل را تحت زلزله های طبس، نورتریج و کوبه نشان می دهند.



شکل ۳. جابجایی دینامیکی تاج تونل ها تحت زلزله طبس حوزه نزدیک و دور با زوایای مختلف

همانطور که در شکل (۳) نشان داده شده است، بیشترین میزان جابجایی تونل ها تحت زلزله طبس مربوط به زلزله حوزه دور با زاویه

$$m_i = \sum_{j=1}^n g_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

که در رابطه (۶)، m_i ، مجموع سطرهای ماتریس G می باشد.

$$n_i = [\sum_{j=1}^n g_{ij}] \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

در رابطه (۷) n_i ، مجموع ستون های ماتریس G می باشد. برای محاسبه تاثیرگذاری پارامتر نام طبق رابطه (۸) کافی است تا مقدار درجه تاثیرگذاری به مقدار درجه تاثیر پذیری اضافه شود. به همین شکل، برای محاسبه تاثیر پذیری پارامتر نام طبق رابطه (۹) کافی است تا مقدار درجه تاثیرگذاری از مقدار درجه تاثیر پذیری کسر شود [۱۴].

$$P_i = m_i + n_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

$$q_i = m_i - n_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (9)$$

در نهایت، نمودار علت و معلولی، به شکل یک نمودار دو بعدی، که محور عمودی آن، پارامترهای اثر گذار و محور افقی آن را نیز پارامترهای اثر پذیر تشکیل می دهند رسم خواهد شد. با تجزیه و تحلیل این نمودار می توان تصمیم مناسب را در رابطه با سیستم اتخاذ نمود [۱۴].

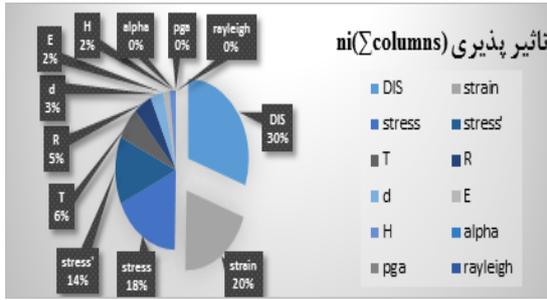
۲-۲- مشخصات فنی تونل انتقال آب و توده سنگ اطراف:

سد و نیروگاه سیاهبیشه در ۱۲۵ کیلومتری شمال تهران و ده کیلومتری شمال تونل کندوان و در مسیر رودخانه چالوس (۳۶/۱۳۰۴ شمالی، ۵۱/۱۸۱۸ شرقی) با ظرفیت تولید ۱۰۰۰ مگاوات که شامل چهار واحد ۲۵۰ مگاواتی است. این طرح دارای دو سد سنگریزه ای با رویه بتنی (CFRD) و یک نیروگاه تلمبه ذخیره ای است. سد پائین پروژه نیز با ارتفاعی معادل ۱۰۲ متر و طول تاج حدود ۳۳۲ متر، پائین تر از محل اتصال رودخانه گرم رودبار با رودخانه چالوس و بر روی رودخانه چالوس بنا شده است. حجم مفید مخزن سد پائین حدود ۳/۷۴ میلیون متر مکعب می باشد. آب مورد نیاز نیروگاه از طریق دو دهانه تونل آبرسان به فاصله مرکز به مرکز ۲۵ متر و با قابلیت گذر دهی ۱۳۰ متر مکعب آب در ثانیه، انتقال می یابد. قطر داخلی و تمام شده تونل ها به ترتیب ۲/۸۵ و ۳/۰۵ متر می باشند. طول تونل آبرسان سمت چپ از دهانه آبگیر تا مخزن ضربه گیر ۲۰۱۵ متر؛ و طول تونل آبرسان سمت راست از دهانه آبگیر تا مخزن ضربه گیر ۱۹۷۳ متر می باشد.

۳-۲- شتابنگاشت زلزله ها:

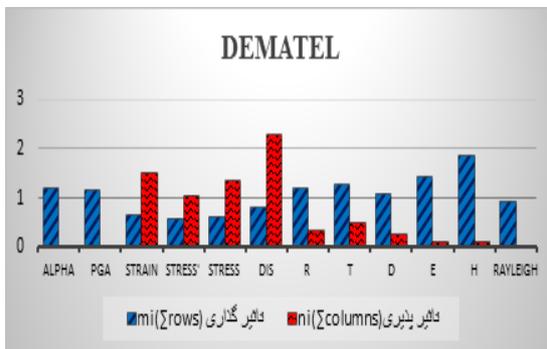
جهت بدست آوردن رکورد زلزله مناسب باید اطلاعات ژئوتکنیکی محل احداث پروژه را دانست. در این تحقیق از سه زلزله طبس، کوبه و نورتریج برای حوزه های نزدیک و دور استفاده شده است. نوع سنگ در محل تونل های سد سیاهبیشه از نوع رسوبی می باشند که با توجه به طبقه بندی آیین نامه ۲۸۰۰ از نوع کلاس II محسوب می شوند و سرعت برشی در محدوده m/s ۳۷۵-۷۵۰ است.

پس از دریافت زلزله ها از سایت، باید زلزله ها براساس محل پروژه مقیاس شوند. با توجه به این موضوع که شتاب ساختگاه در محل پروژه (MCL) برابر با $g/5.0$ بوده است و ماکزیمم شتاب منطقه براساس آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله $g/3.5$ می باشد در تحقیق حاضر تصمیم بر آن شد که از شتاب ساختگاه برای مقیاس کردن زلزله استفاده شود. شکل شماره (۲) نمودار شتابنگاشت زلزله های طبس، کوبه و نورتریج را پس از مقیاس کردن مطابق با شرایط منطقه نشان می دهد.



شکل ۷. میزان تأثیرپذیری هر پارامتر با استفاده از کد دیمتل

در شکل (۸) به منظور بیان روشن تر، تأثیرپذیری و تأثیرگذاری هر پارامتر در کنار هم نشان داده شده اند. که با توجه به آنچه نشان داده شده است، بترتیب ارتفاع آب داخل تونل‌ها (۱۵٪)، مدول الاستیسیته (۱۱٪)، زاویه ورودی زلزله (۱۰٪) و شدت زلزله تأثیرگذارترین پارامترها بوده اند. همچنین جابجایی (۳۰٪)، کرنش (۲۰٪) و تنش (۱۸٪) از تأثیرپذیرترین پارامترها بوده اند.



شکل ۸. مقایسه میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر پارامتر با استفاده از کد دیمتل

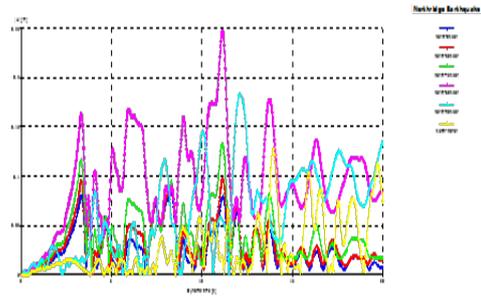
۴- بحث و نتیجه گیری:

به بیان روشنتر میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر کدام از پارامترهای مورد بررسی، در شکل شماره (۸) نتایج کد طراحی شده دیمتل در نموداری کنار یکدیگر نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می شود پارامترهایی که بیشترین تأثیرگذاری را داشته اند (مانند ارتفاع آب داخل تونل و مدول الاستیسیته) کمترین تأثیرپذیری را داشته و به عبارتی دیگر این پارامترها همواره مستقل بوده و تابع تغییر سایر پارامترها نمی باشند. به عنوان مثال تغییرات شدت زلزله ورودی بر میزان مدول الاستیسیته خاک که از طریق محیط اطراف تونل‌ها تعریف می شود یا سطح آب داخل تونل تأثیری نخواهد داشت. با توجه به بررسی های انجام گرفته ما بین عملکرد کد طراحی شده دیمتل میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری پارامترهای بیان شده در بخش ۲ نشان می دهد که بترتیب ارتفاع آب داخل تونل، مدول الاستیسیته، شدت زلزله و زاویه ورودی زلزله تأثیرگذارترین پارامترها و همچنین جابجایی، کرنش و تنش از تأثیرپذیرترین پارامترها بوده اند.

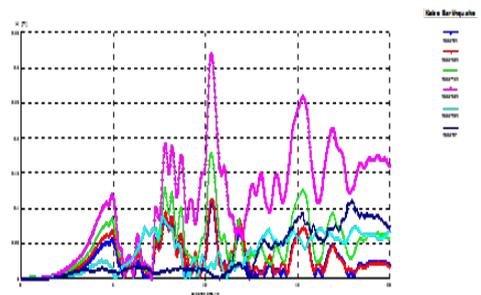
مراجع

- [1] K.-H. Chang and C.-H. Cheng, "Evaluating the risk of failure using the fuzzy OWA and DEMATEL method," J Intel Manuf, pp. 113-129, 2011.
- [2] Y.-k. LIANG و Z.-d. MA, "Construction Risk Analysis of Foundation Engineering Based on DEMATEL Method," Journal of Engineering Management, 2010, vol 2.
- [3] D. Sumrit and P. Anuntavoranich, "Using DEMATEL Method to Analyze the Causal Relations on Technological Innovation Capability Evaluation Factors in Thai Technology-Based Firms," International Transaction

صفر می باشد. مطابق با نتایج تحلیل دینامیکی بیشترین تغییر مکان تاج تونل ۲۴ cm بوده است. در شکل (۴) بیشترین تغییر مکان تاج تونل‌ها تحت زلزله کوبه با زاویه ورودی زلزله ۶۰ درجه ۲۵ cm بوده است. همچنین کمترین تغییر مکان‌ها مربوط به زلزله حوزه دور با زاویه ورودی صفر بوده است.



شکل ۴. جابجایی دینامیکی تاج تونل‌ها تحت زلزله نورتریج حوزه نزدیک و دور با زوایای مختلف

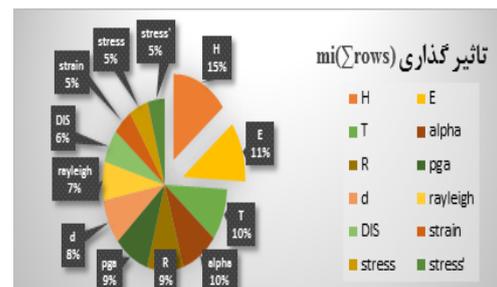


شکل ۵. جابجایی دینامیکی تاج تونل‌ها تحت زلزله کوبه حوزه نزدیک و دور با زوایای مختلف

در نهایت تحت زلزله کوبه همانطور که در شکل (۵) نشان داده شده است، بیشترین جابجایی مربوط به زاویه ۶۰ درجه در حدود ۲۲ cm بوده است. با توجه به نتایج بدست آمده بیشترین تغییر مکان مربوط به زلزله طلس با ۲۴ cm بوده است.

۳-۲- نتایج حساسیت سنجی با استفاده از روش دیمتل:

در این تحقیق به منظور بررسی تأثیر پارامترهای گوناگون کدی در محیط متلب با توجه به تکنیک دیمتل طراحی و نوشته شده است. در این کد تأثیر پارامترهایی نظیر مدول الاستیسیته (E)، ضخامت لاینینگ (T)، تراز آب داخل تونل (H)، فاصله مرکز به مرکز دو تونل (L)، شعاع تونل (R)، ضرایب رابلی (BR, aR)، زاویه ورودی زلزله (alpha)، ماکزیمم شتاب زلزله (PGA)، جابجایی (Dis)، تنش (سیگما)، تنش موثر (σ) و کرنش (E) گره های روی مقطع تونل‌ها مورد بررسی قرار گرفته است که نتایج بدست آمده در شکل های (۶) و (۷) نشان داده شده است.



شکل ۶. میزان تأثیرگذاری هر پارامتر با استفاده از کد دیمتل

Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies., vol. 4, no. 2, pp. 81-103, 2013.

[4] G.-H. Tzeng, W.-H. Chen, R. Yu و M.-L. Shih. "Fuzzy decision maps : a generalization of the DEMATEL methods." Soft Comput. p. 1141-1150, 2010, vol 14.

[5] M. Dytczak and G. Ginda, "Is explicit processing of fuzzy direct influence evaluations in DEMATEL indispensable?," Expert Systems with Applications, vol. 40, no. 12, pp. 5027-2013, 5032.

[6] B. A. Samani و F. Shahbodaghlou. "A Fuzzy Systematic Approach to Construction Risk Analysis." Journal of Risk Analysis and Crisis Response. No4. pp. 275-284., 2012- vol 2.

[7] W.-T. Yang, W.-H. Liu, H.-H. Liu و Lanasari . "Evaluating Influential Factors in Event Quality Using DEMATEL Method." International Journal of Trade, Economics and Finance. No3-2013, vol4.

[8] E. Falatoonitoosi, S. Ahmed and S. Sorooshian, "Expanded DEMATEL for Determining Cause and Effect Group in Bidirectional Relations," The Scientific World Journal, 2014.

[9] I. Golcuk and A. Baykasoglu, "An Analysis of DEMATEL Approaches for Criteria Interaction Handling within ANP," Expert Systems With Application, 2015.

[10] Y.-c. SONG, G.-x. YAN و Z.-n. XIONG . "Study on traffic system structure model of mountain city for earthquake disaster based on DEMATEL method." Journal of Shandong University of Technology(Natural Science Edition)2014, vol4.

[11] A.-T. Yan, . M.-J. Lai and C.-Y. Lin , IEE(Computer, Consumer and Control (IS3C)), pp. 729-732, 2014.

[12] G. Heravi و . M. H. Charkhakan. "Predicting and Tracking Change-Formation Scenarios in Construction Projects Using the DEMATEL Technique." Journal of Management in Engineering, No6, pp. 1-8-2014, vol30.

[13] J.-L. Zhou, Z.-H. Bai و Z.-Y. Sun. "A hybrid approach for safety assessment in high-risk hydropower-construction-project work systems." Safety Science. pp. 163-172, 2014, vol64.

[14] G. Wei, D. Qi and P. Xiaodong , "Risk Evaluation of Highway Tunnel Construction Based on DEMATEL Method," Applied Mechanics and Materials vols., Vols. 368-370, pp. 1472-1476, 2013.