

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آو ساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی

تهیه نقشه لرزه خیزی ایران بر اساس قوانین چند متغیره

احمد زمانی ، بخش علوم زمین، دانشکده علوم ، دانشگاه شیراز

اشکان سامی، عضو هیئت علمی بخش مهندسی کامپیوتر، دانشکده مهندسی برق و فناوری اطلاعات ، دانشگاه شیراز

چکیده:

تهیه نقشه های خطر لرزه خیزی یا تعیین مناطقی که از نظر لرزه خیزی دارای ریسک بالایی هستند به منظور برنامه ریزی و کاهش خطر و صدمات ناشی از زلزله دارای اهمیت فراوانی می باشد. تاکنون کلیه نقشه های خطر لرزه خیزی بر مبنای فاکتورهای محدودی همچون شتاب زمین و سرعت زمین و... تهیه شده اند. در این تحقیق برای اولین بار قوانین چند گانه حاکم بر رخداد زلزله تعیین و نقشه لرزه خیزی بر مبنای قوانین چند گانه ایران ترسیم شده است. در این نقشه مناطقی که دارای امکان وقوع تعداد زیاد زلزله با بزرگی مساوی یا بالای ۴.۵ ریشتر را دارند با بهره گیری از روش کارت (CART) پیش بینی شده اند. این مدل بر اساس داده های زلزله (ایران) از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۸ ساخته و با استفاده از داده های لرزه ای سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ اعتبار و صحت آن سنجیده شده است. علاوه بر آن بوسیله این روش پارامترهایی که در رخداد زلزله مهمترین نقش را بازی می کنند تعیین شده است. نتایج نشان می دهند که ناهنجاری ایزوستازی مهمترین نقش را در رخداد زلزله بازی می کند و سایر پارامترها به ترتیب کاهش اهمیت عبارتند از: شدت مغناطیس، ناهنجاری بوگه ناحیه ای ، ناهنجاری بوگه و گراویتی.

واژه های کلیدی: لرزه خیزی ، داده کاوی ،درخت تصمیم ، ایران

مقدمه:

ایران یکی از مناطق فعال و لرزه خیز جهان است که همواره وقوع زلزله های بزرگ و مخرب باعث بروز خسارات مالی و جانی فراوانی شده است. موقعیت خاص زمین شناسی منطقه (قرار گیری در کمربند کوهزایی آلپ - هیمالیا) و تکتونیک فعال آن که با توپوگرافی مرتفع، آتشفشانهای زنده و گسلهای فعال شاخص شده، باعث گشته که این منطقه همواره مورد توجه محققان قرار گیرد. بطور مثال نوری ۱۹۷۹ ایران را بر اساس داده های لرزه ای و زمین شناسی و اشکال جغرافیایی به ۲۳ ایالت لرزه ای تقسیم نمود. شجاع-طاهری و نیازی ۱۹۸۱ بر اساس انرژی رها شده از زلزله ها به سه زون اصلی تقسیم نمودند. کاراکاسیاس ۱۹۹۴ ایران را به ۲۱ زون لرزه ای و توکلی ۱۹۹۶ بر اساس داده های ژئوفیزیکی به ۲۰ زون لرزه ای تقسیم نمود. زمانی و دیگران ۲۰۱۱ با استفاده از داده های ژئوفیزیکی و زمین شناسی ایران را به ۱۱ زون لرزه زمین ساختی تقسیم نمودند. در این مطالعه از طیف وسیعی از داده های ژئوفیزیکی و زمین شناسی به منظور تهیه یک مجموعه داده چند متغیره عددی مورد استفاده قرار گرفته است. سپس روش داده کاوی (Data Mining) به منظور روشن نمودن الگوی لرزه خیزی ایران مورد استفاده قرار گرفت. استفاده از روش داده کاوی و آموزش ماشین مانند روش شبکه عصبی و درخت تصمیمدر مطالعات علوم محیطی رایج بوده ، همانگونه که روشهای بر مبنای قانون (Rule-based method) جدید نیستند، اما

کاربرد این روش برای پیش بینی خطر زمین لرزه نو و بدیع است. مهمترین مزیت استفاده از چنین روشهایی آن است که این روشها بدون نیاز به پیش فرض و تنها بر پایه داده هستند و قوانین مشتق از ماهیت و ارتباط داده ها هستند. در طی چند سال اخیر برخی از محققان از روش آموزش ماشین برای پیش بینی زلزله استفاده کرده اند مانند Zmazek et al (2003) که با استفاده از روش مدل درخت و بر اساس داده های رادون خاک اقدام به پیش بینی زلزله نمود. همچنین Iftikhar et al (2009) با استفاده از روش درخت تصمیم فعالیت لرزه ای کم شدت را پیش بینی نمود، اما هیچکدام از این روشها پارامترهای موثر بر زلزله را بدست نیاورده اند. در این تحقیق برای اولین بار در دنیا با بهره گیری از روش کارت (CART) نقشه الگوی لرزه خیزی چند متغییره بر مبنای قانون ایران را تولید نموده و مهمترین پارامترهای موثر بر زلزله با بزرگی $m_b \geq 4.5$ را بدست آوردیم.

روشها و مواد

دانش داده کاوی (Data Mining) فرآیند کشف دانش پنهان درون داده ها است که با برخورداری از دامنه وسیع زیرزمینه های تخصصی با توصیف، تشریح، پیش بینی و کنترل پدیده های گوناگون پیرامونی، امروزه دارای کاربرد بسیار وسیع در حوزه های مختلف از جمله صنعتی، پزشکی، ارتباطات و ... است. داده کاوی با پردازش جامع داده و انجام فرایند تصمیم سازی از طریق استخراج دانش با ارزش از داده، تصمیم گیری را برای محققان تسهیل می نماید. روش کارت یکی از روشهای داده کاوی است که برای اولین بار توسط Breiman et al (1984) ارائه شد. این روش بطور موثری برای پیش بینی و استخراج قوانین از داده ها استفاده می شود. بدین منظور از روش کارت برای پیش بینی خروجی عددی بر اساس پارامترهای مختلف استفاده شده است. در ابتدا منطقه مورد مطالعه (ایران) را به چهار گوشه های یک درجه در یک درجه تقسیم نموده (۱۷۵ خانه) و برای هر چارگوش طیف وسیعی از داده های ژئوفیزیکی و زمین شناسی را صورت عددی استخراج نمودیم (جدول شماره ۱). در ادامه از داده های ژئوفیزیکی و زمین شناسی (۴۷ پارامتر) به عنوان پیش گو کننده واز پارامتر تعداد زلزله های مساوی یا بزرگتر ۴.۵ ریشتر ($m_b \geq 4.5$) به عنوان هدف استفاده شده است.

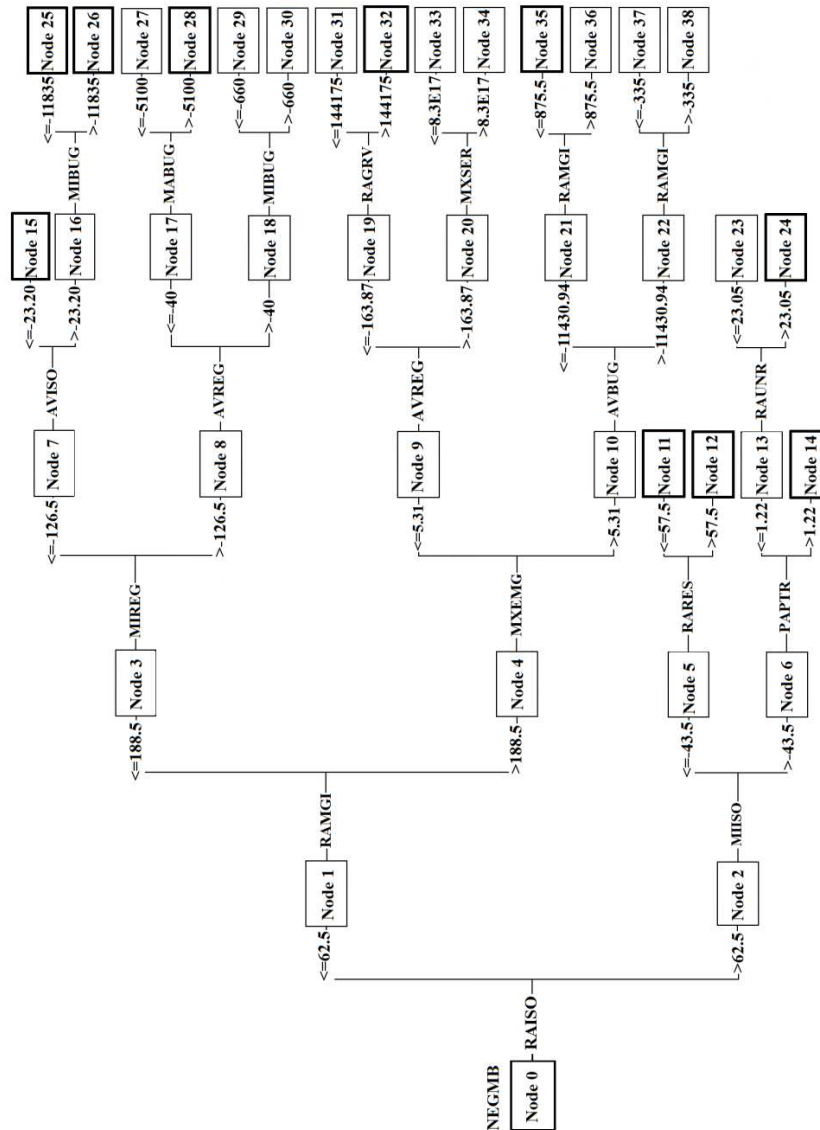
جدول شماره ۱: داده های زمین شناسی از نقشه های زمین شناسی ایران (سازمان زمین شناسی ۲۰۰۴ و آقا نباتی ۱۹۸۶) استخراج شده است و داده های لرزه ای از سایت های (NEIC 2012) بدست آمده است. داده های ژئوفیزیکی از دهقانی و مکرسی ۱۹۸۳ استخراج شده است.

نام پارامتر	نام پارامتر	نام پارامتر	نام پارامتر
۱ دامنه تغییرات ناهنجاری باقیمانده بوگه	۱۷ حداکثر شدت مغناطیس	۳۳ حداقل ناهنجاری ناحیه ای بوگه	
۲ میانگین ناهنجاری باقیمانده بوگه	۱۸ حداقل شدت مغناطیس	۳۴ حداکثر ناهنجاری ناحیه ای بوگه	
۳ حداقل ناهنجاری باقیمانده بوگه	۱۹ میانگین شدت مغناطیس	۳۵ میانگین ناهنجاری ناحیه ای بوگه	
۴ حداکثر ناهنجاری باقیمانده بوگه	۲۰ دامنه تغییرات شدت مغناطیس	۳۶ دامنه تغییرات ناهنجاری ناحیه ای بوگه	
۵ حداکثر ناهنجاری بوگه	۲۱ حداکثر ناهنجاری ایزوستازی	۳۷ درصد پوشش سنگهای دگرگونی	
۶ میانگین ناهنجاری بوگه	۲۲ میانگین ناهنجاری ایزوستازی	۳۸ درصد پوشش سنگهای رسوبی	
۷ حداقل ناهنجاری بوگه	۲۳ دامنه تغییرات ایزوستازی	۳۹ درصد پوشش سنگهای آذرین	
۸ دامنه تغییرات ناهنجاری بوگه	۲۴ میانگین ناهنجاری ایزوستازی	۴۰ درصد رسوبات سخت نشده	
۹ حداقل ارتفاع	۲۵ میانگین ناهنجاری هوای آزاد	۴۱ درصد پوشش سنگهای افیویتی	
۱۰ میانگین ارتفاع	۲۶ حداکثر ناهنجاری هوای آزاد	۴۲ درصد پوشش سنگهای پری کامبرین	
۱۱ حداکثر ارتفاع	۲۷ حداقل ناهنجاری هوای آزاد	۴۳ درصد پوشش سنگهای پالئوزوئیک	
۱۲ دامنه تغییرات ارتفاع	۲۸ ثابت گوتنبرگ- ریشتر a	۴۴ درصد پوشش سنگهای مزوزوئیک	
۱۳ حداقل جاذبه	۲۹ انرژی ناشی از زلزله	۴۵ درصد پوشش سنگهای سنوزوئیک	
۱۴ حداکثر جاذبه	۳۰ تعداد زلزله های $m_b \geq 4.5$	۴۶ میانگین عمق موهو	
۱۵ میانگین جاذبه	۳۱ حداکثر بزرگی زلزله ها منطقه	۴۷ چگالی طول گسلها	
۱۶ دامنه تغییرات جاذبه	۳۲ ثابت گوتنبرگ- ریشتر b	۴۸ دامنه تغییرات ناهنجاری هوای آزاد	

نتایج و بحث

تهیه نقشه هایی که بتوانند میزان خطر لرزه خیزی مناطق مختلف را مشخص کنند همواره مورد توجه محققین و برنامه ریزان شهری بوده است، چرا که با در اختیار داشتن چنین اطلاعاتی می توان میزان تلفات مالی و جانی ناشی از زمین لرزه را به حداقل رساند. تا کنون مطالعات گسترده ای در این زمینه انجام شده و نقشه های مخاطره زمین لرزه برای نقاط مختلف جهان ارائه شده است. در تمامی این مطالعات یک یا چند پارامتر خاص (بنا بر تشخیص و نظر شخصی محقق) مبنای تهیه نقشه بوده است. بدلیل آنکه زلزله یک پدیده بسیار پیچیده بوده و پارامترهای مختلفی در وقوع آن موثر می باشد، هنوز بشر موفق به پیش بینی این پدیده نگشته است. در این تحقیق برای اولین بار، با استفاده از طیف وسیعی از داده های زمین شناسی و ژئوفیزیکی (داده های سطحی و زیر سطحی) و بهره گیری از الگوریتم های پیشرفته داده کاوی اقدام به تهیه مدل چند متغیره برای الگوی لرزه خیزی ایران نموده است. هدف در این مقاله پیش بینی مناطقی از ایران است که در آینده احتمال وقوع تعداد زلزله با بزرگی مساوی یا بیشتر از ۴.۵ ریشتر در آنها بیشتر است. بدین منظور از روش کارت برای استخراج قوانین معتبر از داده ها استفاده شده است. خروجی قوانین به صورت درختی بوده و پارامترهایی که دارای اهمیت بیشتری باشند در سر شاخه ها قرار می گیرند (شکل شماره ۱). در هر درخت به اجزای آن نود (node) گفته می شود که نودهای انتهایی را نود برگ گویند. قوانین استخراج شده همراه با این نودهای انتهایی یا برگ می باشند. قانونهانشانگر آن هستند که برای رخ دادن یک پدیده چه عواملی در یک مکان موثر تر هستند، حال آنکه ممکن است برای وقوع زلزله ایی با همان ویژگی اما در محیط دیگر با شرایط زمین شناسی و ژئوفیزیکی متفاوت پارامترهای دیگری موثر باشند. روش کارت یکسری قانون را به صورت درخت تصمیم به ما ارائه می دهد که تنها قانونهایی قابل اعتماد هستند که دارای مقدار ایندکس بالاتر از صد باشند. در این مدل ما ۲۰ قانون بدست آمد که تنها ۱۰ قانون قابل اعتماد بودند (جدول شماره ۲). برای نمونه قانون شماره ۱ را در اینجا می آوریم:

۱) اگر مقدار دامنه تغییرات آنومالی ایزوستازی در منطقه بزرگتر از ۶۲.۵ باشد و مقدار مینیمم آنومالی ایزوستازی کوچکتر یا مساوی ۴۳.۵- باشد و همچنین دامنه تغییرات آنومالی باقیمانده بوگه بزرگتر از ۵۷.۵ باشد آنگاه در آینده در نقاط و یا مکانهایی که این ویژگی را داشته باشند حداقل ۶۷ زلزله بزرگتر از ۴.۵ ریشتر در آن منطقه می آید.



شکل شماره ۱: نمودار درخت تصمیم تولید شده توسط مدل

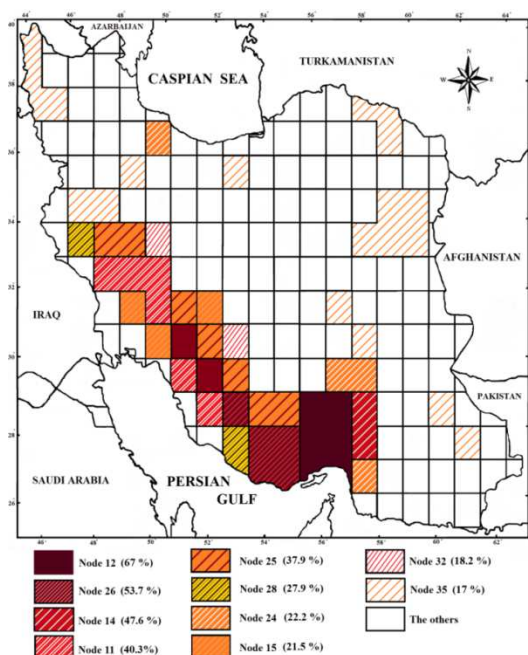
با استفاده از داده های ژئوفیزیکی و زمین شناسی عددی و بهره گیری از الگوریتم کارت درخت تصمیم آنرا تولید نموده و قوانین معتبر را به صورت مدل و نقشه ارائه نمودیم (شکل شماره ۲). مدل تولید شده نشان می دهد که ناحیه بندر عباس در جنوب ایران پر خطر ترین منطقه برای وقوع تعداد زیاد زلزله با بزرگی بالای ۴.۵ ریشتر می باشد. بعد از آن ناحیه زاگرس چین خورده و بخش شمالی بلوک لوت در شرق ایران دارای ریسک بالای لرزه خیزی می باشند.

جدول شماره ۲: ده قانون مهم قابل اعتماد درخت تصمیم که دارای مقدار ایندکس بالاتر از ۱۰۰٪ می باشند.

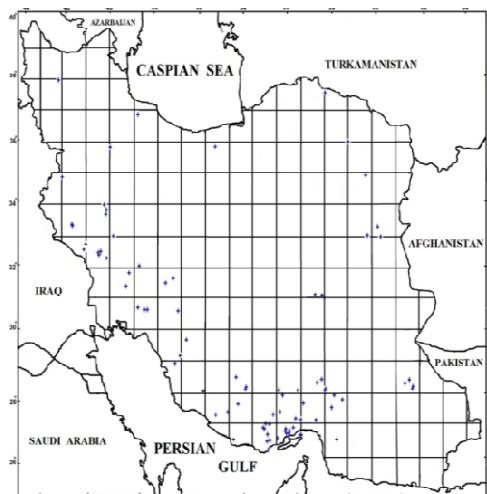
مقدار ایندکس %	مقادیر پیش بینی شده	درصد نود	تعداد مشاهدات در هر نود	شماره نود	شماره قانون
436.6	67	3.4	6	12	1
349.7	54	1.7	3	26	2
310.1	48	1.1	2	14	3
262.7	40	3.4	6	11	4
247.1	38	4	7	25	5
181.6	28	1.1	2	28	6
144.4	22	2.3	4	24	7
140.2	21	1.7	3	15	8
118.3	18	1.1	2	32	9
110.5	17	10.9	19	35	10
94.1	14	1.1	2	31	11
92.7	14	4.6	8	37	12
85.5	13	4	7	27	13
75.3	12	7.4	13	36	14
59.1	9	2.9	5	23	15
57.7	9	14.9	26	38	16
36.9	6	23.4	41	34	17
31.3	5	1.7	3	29	18
19.9	3	8	14	33	19
9.7	1	1.1	2	30	20

در ادامه برای آنکه صحت مدل ارائه شده سنجیده شود داده های زلزله سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ را در مدل قرار داد و نتیجه تطابق جالبی با پیش بینی زلزله ها داشت (شکل شماره ۳).

علاوه بر آن ، با استفاده از این روش پارامترهایی کهبیشترین وابستگی با زلزله در ایران را دارند مشخص شدند. نتایج نشان می دهند که ناهنجاری ایزوستازی مهمترین نقش را در رخداد زلزله بازی می کند و سایر پارامترها به ترتیب کاهش اهمیت عبارتند از: شدت مغناطیس، ناهنجاری بوگه ناحیه ای ، ناهنجاری بوگه و گراویتی.



شکل شماره ۲: نقشه خطر لرزه خیزی ایران بر اساس تعداد زلزله بالای ۴.۵ ریشتر (مناطق با ریسک بالاتر رنگ تیره تر دارند)



شکل شماره ۳. لرزه خیزی ایران در سالهای ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰

نتیجه گیری

این تحقیق برای اولین بار، با استفاده از طیف وسیعی از داده های زمین شناسی و ژئوفیزیکی (داده های سطحی و زیر سطحی) و بهره گیری از روش کارت، مدل و نقشه ای برای الگوی لرزه خیزی ایران ارائه نموده است. مدل تولید شده نشان می دهد که ناحیه بندر عباس در جنوب ایران پر خطر ترین منطقه برای وقوع تعداد زیاد زلزله با بزرگی بالای ۴.۵ ریشتر می باشد. بعد از آن ناحیه زاگرس چین خورده و بخش شمالی بلوک لوت در شرق ایران دارای ریسک بالای لرزه خیزی می باشند. علاوه بر آن نتایج نشان می دهند که ناهنجاری ایزوستازی مهمترین نقش را در رخداد زلزله بازی می کند و سایر پارامترها به ترتیب کاهش اهمیت عبارتند از: شدت مغناطیس، ناهنجاری بوگه ناحیه ای، ناهنجاری بوگه و گراویتی.



تشکر و قدردانی:

این تحقیق توسط قطب مطالعات خطرات زمین محیطی و معاونت پژوهشی دانشگاه شیراز حمایت می گردد.

مراجع

- Aghanabati A (1986) 1/5,000,000 Sheet, Geological Map of the Middle East. Commission Map of the World, *GeolSuev Iran*
- Breiman L, Friedman JH, Olshen RA, Stone CJ (1984) Classification and regression trees. Wadsworth, Inc. *Monterey, Calif, USA*
- Dehghani GA, Makris J (1983) The gravity field and crustal structure of Iran, in Geodynamic Project (Geotraverse) in Iran. *GeolSuev Iran*, pp 51-68
- Geological Survey of Iran (2004) 1/5,000,000 Sheet, Geological map of Iran. *Ministry of Industries and Mines*
- Ifitikhar U. S, Toshinori M (2009) Application of rough set and decision tree for characterization of premonitory factors of low seismic activity. *Expe Sys Applic* 36:102-110
- NEIC (2012) *National Earthquake Information Center*. Colorado, USA
- Nowroozi A (1979) Reply to M. Berberian comparison between instrumental and macroseismic epicenter. *Bull SeismolSoc Am* 69: 641-649
- Shoja-Taheri J, Niazi M (1981) Seismicity of Iranian Plateau and bordering regions. *Bull SeismolSoc Am* 71:477-489
- Tavakoli B (1996) Major Seismetectonic Provinces of Iran. unpublished map, *IIEES, inter doc*
- Zamani A, Khalili M, Gerami A (2011) Computer-based self-organized zoning revisited: scientific criterion for determining the optimum number of zones. *Tectonophys* 510:207-216
- Zmazek B, Todorovski L, Dzeroski S, Vaupotic J, Kobal I (2003) Application of decision trees to the analysis of soil radon data for earthquake prediction. *ApplRadiIsotop* 58: 697-706

SID



سرویس های
ویژه



سرویس ترجمه
تخصصی



کارگاه های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی



عضویت در
خبرنامه



فیلم های
آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آوساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی