



ارزیابی خطرات ساینز میکی بلاک کابل

پوهنیار عبدالرب بهرام پور

دپارتمنت جیولوجی پوهنځی انجنیرۍ پوهنتون بدخشان

Bahrampoor444.a@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-9228-9678>

نویسنده

نشانی برقی

نشانی ارکاید

انجنیر عبدالصور غفوری

مدیر ۍ معلومات موسسه IMMAP

Mosawer.ghafury@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0003-7270-0292>

نویسنده

نشانی برقی

نشانی ارکاید

چکیده

افغانستان یکی از زلزله خیزترین کشورهای جهان است که در کمربند اوروجینی فعال آلپ-همالیا، در نقطه اتصال پلیت تکتونیکي هند، یورشیا و پلیت عرب قرار دارد، به همین دلیل، افغانستان در معرض سطوح بلند از فعالیت های ساینز میکی و زلزله ها قرار گرفته و در گذشته زلزله های مخرب زیادی را تجربه کرده است. شهرهای آن در رابطه با این بلای طبیعی آسیب های فراوان دیده اند، کابل به عنوان مرکز کشور نه تنها از این قاعده مستثنی نیست، بلکه با توجه باوجود شکستگی های متعدد، تراکم ساخت و ساز، جمعیت متراکم، عدم رعایت استندردها، توسعه فزیکي نامناسب باخطر جدی مواجه است. با استفاده ارزیابی خطرات زلزله در بلاک تکتونیکي کابل را شامل می شود که خطرات زلزله به اساس مدارک زلزله های گذشته در سال های ۷۳۴ میلادی الی ۲۰۲۱ میلادی در ساحه بوقوع پیوسته است، و شکستگی های فعال که سبب وقوع زلزله ها در ساحه گردیده اند، استفاده ازسیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به میتود ارزیابی خطرات ساینز میکی به روش قطعی یا (DSHA) ارزیابی گردیده است. نتایج بدست آمده از تحقیق ضریب PGA در سراسر نقاط بلاک کابل نظر به دو فکتور زلزله های واقع شده در محدوده مطالعه و شکستگی های تکتونیکي می باشد. نتایج به صورت نقشه های کانتوری نشان داده شده است و بلند ترین رقم PGA در محدوده مطالعه به ۰/۷۷۸ و پایین ترین رقم ۰/۳۳ می باشد که مقادیر بلند تر PGA در قسمت های مرکزی (شهر کابل) را دارد. به همین دلیل بر علاوه نقشه های کانتوری ساحه مورد مطالعه نقشه کانتوری ساحات شهری شهر کابل نیز تهیه شده که ضریب PGA را در نقاط مختلف شهر کابل ارائه می کند.

واژه های کلیدی: ارزیابی خطرات، زلزله، کابل، PGA، DSHA، GIS

Seismic Hazard Analysis Kabul Block

Abdul Rab Bahram Poor

Author Badakhshan University, Faculty of Engineering, Department of Geological
Email and Exploration of Mines, Badakhshan, Afghanistan
Orcid Bahrampoor444.a@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0001-9228-9678>

Abdul Mosawer Ghafury

Author Information Management officer& Mine action Program, IMMAP
Email Mosawer.ghafury@gmail.com
Orcid <https://orcid.org/0009-0003-7270-0292>

Abstract

Afghanistan is one of the most earthquake-prone countries in the world, located in the active orogenic belt of the Alpine-Himalayan region at the junction of the Indian, Eurasian, and Arabian tectonic plates. Due to this positioning, Afghanistan is exposed to high levels of seismic activity and has experienced numerous destructive earthquakes in the past. Its cities have suffered significant damage from these natural disasters. Kabul, as the capital of the country, is not an exception to this rule. On the contrary, due to multiple fault lines, high population density, unregulated construction, and improper urban expansion, it faces serious earthquake hazards. By conducting a seismic hazard assessment within the Kabul tectonic block, this study analyzes earthquake risks based on historical earthquake data from 734 AD to 2021, as well as active faults responsible for seismic events in the region. The study employs Geographic Information System (GIS) technology and applies the Deterministic Seismic Hazard Assessment (DSHA) method for evaluation. The findings indicate that the Peak Ground Acceleration (PGA) coefficient varies across different points within the Kabul block, influenced by two factors: past earthquakes in the study area and tectonic faults. The results are presented in contour maps, showing that the highest PGA value in the study area is 0.778, while the lowest is 0.033. The central part of Kabul exhibits the highest PGA values. Additionally, contour maps specific to urban areas of Kabul have been developed to illustrate PGA variations across different parts of the city.

Keywords: Kabul, hazard assessment, earthquake, PGA, DSHA, GIS

مقدمه

زلزله را می‌توان به عنوان تکان‌های ناشی از عوامل طبیعی زمین تعریف کرد، در بعضی موارد زلزله خفیف است و خسارات به بار نمی‌آورد ولی در موارد دیگر، شدت آن زیاد است و طی آن انرژی فوق‌العاده‌ی آزاد می‌شود و در این حالت خسارات فراوان به بار می‌آورد (مدنی، ۱۳۸۸). زلزله، یک پدیده‌ی جیولوجیکی-تکتونیکی بوده که در سطح زمین به گونه‌ی تکان، لرزش حس می‌شود (آرین و همکاران، ۲۰۱۰). زلزله یا زمین لرزه (به انگلیسی: Earthquake) لرزش، جنبش و تکان خوردن زمین بوده که به دلایل آزاد شدن انرژی ذخیره شده احجار از طریق درزها و شکستگی‌های قشر زمین رخ می‌دهد. جای که منشاء زلزله است و انرژی از آنجا خارج می‌شود را کانون زلزله یا (هایپوسنتر) و نقطه‌ی مستقیم آن‌را در سطح زمین به نام مرکز سطحی زلزله یاد می‌شود. هر قدر که منشاء زلزله عمیق‌تر باشد به همان اندازه تخریبات آن کم‌تر می‌شود. مقدار بزرگی یک زلزله مستقیماً متناسب با انرژی آزاد شده زلزله می‌باشد. زلزله‌های کوچک‌تر کمتر از ۳ ریشتر اکثراً غیر محسوس و بزرگ‌تر از ۶ ریشتر تخریبات زیادی را به بار می‌آورد. در حدود ۹۰ درصد زلزله‌های تکتونیکی و ۱۰ درصد آن مربوط به فعالیت‌های آتشفشانی و رویدادهای غیرجیولوجیکی هستند (آرین و همکاران، ۲۰۱۰).

در این تحقیق خطرات زلزله‌ها در بلاک کابل و ساحات همجوار آن ارزیابی گردیده است. برای ارزیابی خطرات زلزله در ساحه تحت مطالعه از مدارک زلزله‌های تاریخی از ۱۵۰۵ الی ۲۰۲۱ May و شکستگی‌های فعال واقع در ساحه تحت مطالعه استفاده گردیده است که پس از تجزیه و تحلیل این مدارک، مجموعه نقشه‌های را تهیه کردیم که این نقشه‌ها تثبیت میزان خطر پذیری تمام نقاط ساحه مورد مطالعه را با ارقام و پیش‌بینی‌های علمی مبنی بر سطح خطرات زلزله ارائه می‌کند و در ضمن برای سازمان‌های دولتی و خصوصی در سکور ساخت و ساز، ارقام سطح خطرات زلزله در مناطق مختلف ساحه مورد مطالعه و شهر کابل را ارائه می‌دهد. تا با استفاده از این نقشه‌ها در زمان طراحی و دیزاین ساختمان‌ها، مقاومت شان را در برابر خطرات احتمالی زلزله مد نظر گرفته شود و در ضمن تعادل میان ایمن بودن ساختمان و هزینه که برای اعمار و یا ترمیم ساختمان هزینه می‌گردد نیز حفظ شود.

به عنوان مثال از زمین لرزه نهرین یاد آوری می‌کنیم که در ۲۵ ماه مارچ ۲۰۰۲ میلادی، در ساعت ۷:۲۶ به وقت محلی، زمین لرزه به بزرگی ۶.۱ MW ولسوالی نهرین و قریه‌های مجاور آن را در ولایت بغلان در شمال شرق افغانستان را تکان داد که نظر به راپور OCHA/GVA-2002/0076,30March2002 مناطق تا شعاع ۱۵-۱۲ کیلومتری اطراف نهرین ناشی از این زلزله آسیب دیده بود، سایر مناطق آسیب دیده چون بورخا، پینجشیر، لاکنخیل و تولی، در مجموع ۷۸

قریه تحت تاثیر زلزله قرار گرفتند که منجر به کشته شدن در حدود 1200 نفر شد (Ambraseys and BILHAM, 2014).

تبیین مسأله

زلزله اغلب در امتداد شکستگی‌های زمین شناسی، مناطق که توده‌های سنگ ارتباط بیشتری با یکدیگر دارند، رخ می‌دهند. خطوط اصلی شکستگی‌های جهان در حاشیه صفحات تکتونیکی عظیمی واقع شده که پوسته زمین را تشکیل می‌دهند. زلزله یکی از فرایندهای جیومورفیک درونی است که آثار تخریبی زیادی دارد و برخی از شهرهای کلان را نیز تهدید می‌کند و بی توجهی به آن در مکان‌گزینی شهرها، و عدم رعایت نکات فنی و ایمنی در ساخت تاسیسات و ساختمان‌ها می‌تواند اثرات زیان باری را به دنبال داشته باشد (مجیدی نیک، 2023). هیچ نقطه از زمین از حوادث غیرمترقبه در امان نیست و همواره گزارش‌های از سراسر زمین بر فجایع و بلاهای طبیعی دریافت می‌گردد (نظم فر، 1394). به طوری که در طی قرن بیستم بیش از 1100 زلزله مخرب در نقاط مختلف کره زمین روی داده که بر اثر آن بیش از 1000500 نفر جان خود را از دست داده اند (Lantada, 2009).

پرسش‌های تحقیق

پرسش اصلی: چه میزان خطرات زمین‌لرزه‌ای در بلاک کابل وجود دارد و این خطرات چگونه می‌توانند بر مناطق شهری و زیرساخت‌های کلیدی تأثیر بگذارند؟
پرسش‌های فرعی

۱. بلاک کابل از نظر فعالیت‌های زمین‌لرزه‌ای چگونه طبقه‌بندی می‌شود؟
۲. چه خطوط گسل فعال و نیمه‌فعال در منطقه بلاک کابل شناسایی شده‌اند؟
۳. تاریخچه رخداد‌های زمین‌لرزه‌ای در کابل چه روند و الگوهایی را نشان می‌دهد؟
۴. چه روش‌ها و مدل‌های ارزیابی خطر زمین‌لرزه برای بلاک کابل مناسب هستند؟
۵. مناطق با بیشترین آسیب‌پذیری در برابر زمین‌لرزه در بلاک کابل کدامند؟

اهمیت تحقیق

حوادث طبیعی که در جهان رخ می‌دهند اکثراً خسارات را بر طبیعت و حیات بشر وارد می‌کنند. که یکی از حوادث طبیعی عبارت از زلزله است.

از آن‌جا که برخی از شهرهای افغانستان از جمله کابل و مناطق هم‌جوار آن به روی خطوط شکستگی‌ها و یا در حاشیه شکستگی‌ها شکل گرفته‌اند و حرکت‌های افقی و عمودی شکستگی‌ها منجر به بروز زلزله در این گونه شهرها یا نواحی پیرامون آن می‌شوند. از این‌رو ضرورت به پرداختن

زلزله و ارزیابی خطرات زلزله در شهر کابل و راهکار مناسب جهت کاهش خسارات وارده به خوبی احساس می‌گردد.

زمانی این موضوع اهمیت بیشتری پیدا می‌کند که بدانیم در صورت بروز زلزله، کابل به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد خود مانند تمرکز شدید ساخت و ساز، کمبود فضای باز، عدم رعایت استانداردهای لازم در اکثریت ساختمان‌ها، جمعیت زیاد و غیره با مشکلات عدیده و متفاوت نسبت به سایر شهرها مواجه است. هم‌چنان بر بنیاد مطالعات و تحقیقات صورت گرفته، تبعات منفی ناشی از یک زلزله بزرگ به ویژه در مناطق شهری به قدری است که می‌تواند زمینه ساز تغییر و تحولات عمیق اجتماعی، اقتصادی و سیاسی گردد. توجه به این نکته ضروری است که از بروز زلزله نمی‌توان جلوگیری کرد، اما می‌توان میزان تلفات و خسارات آن را کاهش داد، حذف فاجعه غیرممکن است، اما کاستن صدمات ناشی از آن ممکن است. یکی از عمده‌ترین عوامل در کاهش خطر زلزله، ارزیابی خطرات و وجود آمادگی قبلی جامعه برای برخورد با پدیده زلزله است.

اهداف تحقیق

هدف اصلی: شناسایی محدوده‌ها و بخش‌های دارای خطر زلزله در بلاک کابل و ارزیابی خطرات آن و تاثیر بر امنیت شهری کابل و مناطق هم‌جوار با استفاده از مدارک زلزله‌های تاریخی و شکستگی‌های فعال می‌باشد.

اهداف فرعی

۱. بررسی شکستگی‌های فعال و زلزله خیز بودن این شکستگی‌ها و تهیه نقشه‌های آن؛
۲. تعیین احتمالی قوه زلزله در نقاط مختلف ساحه مورد مطالعه، تهیه نقشه PGA مبنی بر زلزله‌های تاریخی و شکستگی‌های فعال؛
۳. تهیه نقشه شهر کابل با تثبیت رقم آسیب پذیری نواحی شهر کابل را نیز شامل می‌شود.

پیشینه‌ی تحقیق

زلزله عبارت از اهتزازات و جنبش سطح زمین می‌باشد که عمدتاً در نتیجه‌ی حرکات دوکته مجاور در اعماق قشر زمین ایجاد شده به سطح زمین می‌رسد (روفی، ۱۳۹۷).

شعله گوربوگا محقق استاد پوهنتون در دیپارتمنت انجینیری جیولوجی پوهنتون آق دینیز و گلجان سارپ استاد پوهنتون در دیپارتمنت انجینیری جیولوجی پوهنتون سلیمان دیمیریل در سال ۲۰۱۳ تحقیق خویش را روی ارزیابی خطرات زلزله در شهر گدیز (GEDIZ) ترکیه که در سال ۱۹۷۰ تحت تاثیر شدید زلزله قرار گرفت بود، منتشر کردند. ایشان تحقیق خویش را بر مبنای روش ارزیابی خطرات زلزله به روش قطعی DSHA انجام داده اند که با توجه به مدارک ۲۶۶۷ نقطه مکان زلزله و نزدیک ترین فاصله این مکان‌ها به شکستگی‌های موراتداغی (Muratdağı)، سیماو (Simav)،

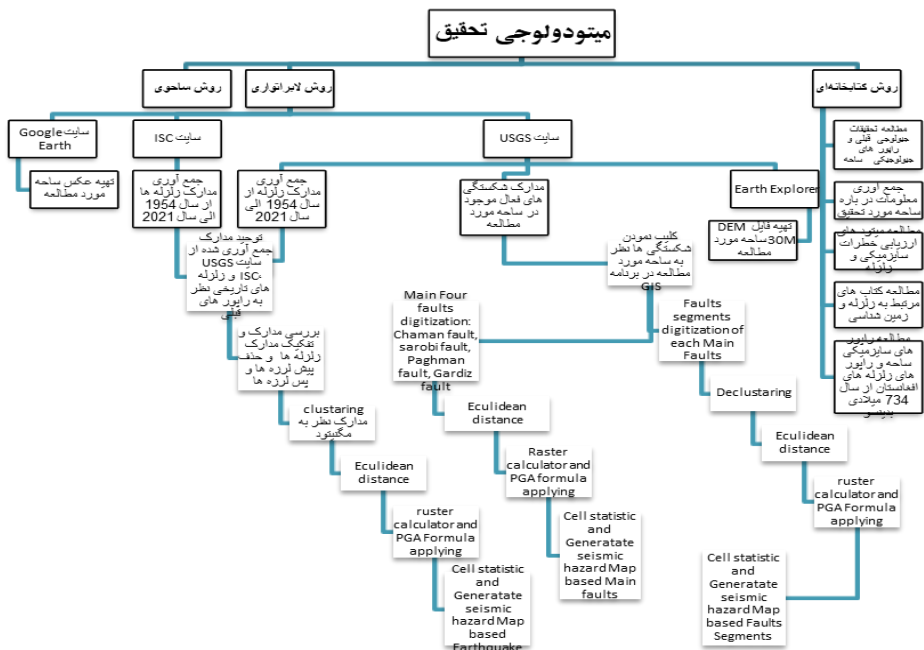
شافانه (Şaphane) و شکستگی یشیلوا (Yeşilova) که منبع زلزله‌ها اند، محاسبات خود را انجام دادند. و در نتیجه تحقیق ایشان، رقم PGA در اتروال ۲۳۳/۰ الی ۳۶۶/۰ متغیر بوده و ارقام بلند PGA در ساحات که به امتداد شکستگی‌های یاد شده قرار دارد مربوط می‌باشد. و هم‌چنان از نتایج عمده این تحقیق این است که منبع زلزله که شهر گدیز را در سال ۱۹۷۰ لرزاند مربوط به شکستگی یشیلوا می‌باشد (Gurbuga and Sarp, 2013).

مهم‌ترین مطالعات جیولوجیکی در افغانستان از سال ۱۹۷۰ به بعد شروع گردید. مثلاً ترتیب دادن نقشه جیولوجیکی سرتاسری افغانستان در مقیاس ۱/۵۰۰۰۰۰ و نقشه تکتونیکی آن به مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰۰ نشان دهنده آن است که افغانستان در سال‌های اخیر از لحاظ جیولوجیکی کم‌تر مورد مطالعه قرار گرفته است (سهاک، ۱۳۹۲). در قسمت زلزله و جلوگیری از خطرات در افغانستان مطالعات ناچیزی صورت گرفته است. (Boyd et al, 2007) مقاله‌ی را تحت عنوان "Preliminary Earthquake hazard Map of Afghanistan"، (Rao et al, 2022) در یک تحقیق زیرعنوان "Deadliest Earthquake in 2022: the Afghanistan Earthquake on June 22"، (Akhundzada, 2023) تحت عنوان مشابه "Earthquake Risk and lack of Disaster management, in Afghanistan"، و (Akhundzadah, 2024) نیز مقاله‌ی را تحت عنوان "Earthquake Risk increasing severity and Urgent Need for Disaster management in Afghanistan" و سیم‌و دیگران (۲۰۱۸) مقاله تحت عنوان ارزیابی خطرات زلزله افغانستان منتشر نمودند و تحقیق ایشان با میتود ارزیابی خطر زلزله به روش احتمالی یا PSHA انجام شده بود و نتیجه کار ایشان در عموم تمام افغانستان را در بر می‌گرفت. اما تاکنون در قسمت ارزیابی خطرات سائزمیکی در بلاک تکتونیکی کابل می‌باشد که خطرات زلزله به اساس مدارک زلزله‌های تاریخی که در بین سال‌های ۷۳۴ میلادی الی ۲۰۲۱ میلادی در ساحه مورد مطالعه بوقوع پیوسته است، و شکستگی‌های فعال که مسبب وقوع زلزله‌ها در ساحه مورد مطالعه گردیده اند، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و میتود ارزیابی خطرات سائزمیکی به روش قطعی یا Deterministic seismic hazard analysis (DSHA) مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفته است.

روش تحقیق

پس از بررسی نقشه تکتونیکی بلاک کابل و بازدید از آن به منظور جمع‌آوری اطلاعات، عکس برداری ساحات آسیب پذیر زمین می‌باشد، هم‌چنان مشخصات جیولوجیکی، عناصر موقعیت یاد داشت گردیده، برعلاوه آن ساحات که تحت تأثیر بلند خطر زمین لغزش وجود دارد، از این ساحات (GPS Points) ها نیز اخذ گردیده است.

در این تحقیق از مدارک زلزله‌ها به وقوع پیوسته از سال‌های ۱۵۰۵ الی ماه می سال ۲۰۲۱ میلادی و مدارک شکستگی‌های فعال پغمان- چمن، سروبی و گردیز استفاده گردیده است که مدارک یاد شده از منابع معتبر تهیه گردیده و تحت پروسس قرار گرفته اند. هم‌چنان در این تحقیق از تکنالوجی معاصر سیستم اطلاعات جغرافیایی (Geographical Information System)، تثبیت و ارزیابی خطرات زلزله کار گرفته شده است. در تحقیق یاد شده از روش ارزیابی خطرات زلزله به روش قطعی Deterministic seismic hazard assessment استفاده شده است.

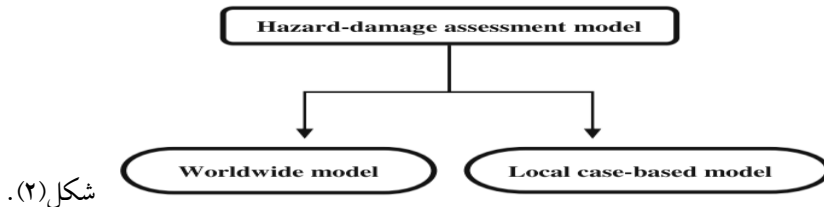


شکل (۱). فلوجارت مواد و روش تحقیق

مدل های ارزیابی خطرات زلزله: ارزیابی خطرات زلزله بر مبنای دریافت عامل زلزله ها در یک موقعیت خاص موثریت دارد و هدف از ارزیابی خطرات زلزله، به حداقل رسانیدن آسیب های ناشی از زلزله به انسان ها و محیط می باشد. بنا بر این در مناطق مختلف پارامترها و مدل های ارزیابی زلزله متفاوت می باشد و نظر به تعداد نفوس منطقه، موقعیت جغرافیایی و محیطی منطقه و غیره پارامترها، مدل مناسب به محیط منطقه انتخاب می گردد.

بمنظور ارزیابی خطرات سازه‌های مدلی وجود دارد که از پارامترها و فرمول‌های ریاضیکی مختلفی غرض ارزیابی خطرات سازه‌های سازه‌های استفاده می‌گردد که این مدل‌ها به روش

های مختلف عمل می کنند و می توان به طور کل به دو بخش جامع آن را دسته بندی کرد. در این تحقیق از میتودهای مختلط که در ذیل تذکر به عمل آمده استفاده شده است.



شکل (۲).

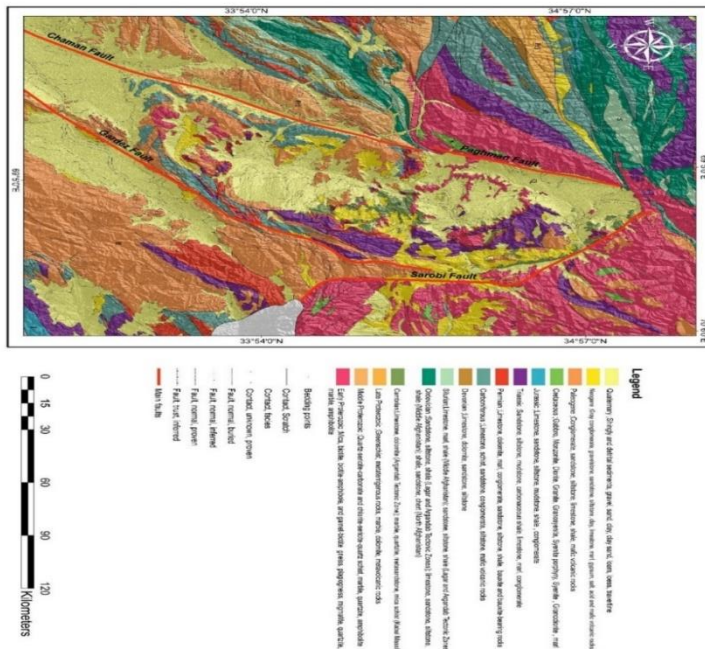
تقسیمات میتود های ارزیابی خطرات سائزمیکی

ارزیابی و تحلیل خطرات زلزله ها با استفاده از (GIS) ایده ها و فرصت های جدید را غرض تحقیق بیشتر فراهم ساخته است که با استفاده از میتودهای ارزیابی خطرات زلزله توسط GIS بر علاوه اتلاف زمان تحقیق، با مصارف کم نتایج با دقت بالا نیز حاصل می گردد.

روش دیگر ارزیابی خطرات زلزله استفاده از سنجش از راه دور است. ارزیابی و خطر زلزله با استفاده از سنجش از راه دور یا (Remote sensing) قبل از وقوع زلزله ارزیابی می گردد. تجزیه و تحلیل خطرات زلزله با استفاده از (RS) برای توصیف ارزیابی خطرات به مقیاس کوچک و اندازه گیری حرکت سطح زمین و نقشه برداری مناطق در معرض خطر قرار دارد مانند مناطق که در آنجا تراکم ساختمان ها زیاد است، استفاده شده می تواند. در ضمن با استفاده از سنجش از راه دور می توان تحلیل و ارزیابی خطر را پس از مدت کوتاهی از زلزله در طیف وسیع از مناطق انجام داد

جیولوجی منطقه مورد مطالعه: به اساس نتایج این تحقیقات، قدیمی ترین احجار در ساحه کابل تحت نام (سیری کابل) با ضخامت بیشتر از ۷۰۰۰ متر مربوط به عمر پروتروزوییک شناسایی شد. این سیری، از پایین به طرف بالا به فارمیشن های شیردروازه، قروغ، ولایتی و لوی خوار تقسیمات شد. سیری متذکره متشکل از احجار گنایس ها، سلانس های کرسستالین، مرمرها، امفیولیت ها. کوارسیت ها می باشد، بر علاوه طبقات ستراتیگرافیکی عمرهای پالئوزوییک، میوزوییک، تکتونیک، مگماتیزم و منرالیزیشن مس در ساحه کابل مورد مطالعه قرار گرفته است (رحمانی، ۲۰۰۸).

تحقیقات سال های (۱۹۷۹-۱۹۸۱) در مورد ساختمان جیولوجیکی کابل از طرف متخصصین ریاست سروی و معادن و جیولوجستان روسی، از جمله دست آوردهای قابل توجه درعرصه مطالعات جیولوجیکی ساحه مورد مطالعه است. در نتیجه این تحقیقات نقشه های بزرگ مقیاس (1:25000) شهر کابل ترتیب گردید که نقشه های جیولوجی و مواد مفیده معدنی، نقشه کوآرترنری، نقشه جیومورفولوجی، نقشه هایدروجیولوجی، شیمای تکنونیک و غیره را در بر دارد. با تفاوت به تحقیقات قبلی در بلاک کرسالتین کابل، از طرف کرایتوف و دیگران طبقات ارخین - پروتروزویک تحسانی به سیری های خیرخانه، قروغ، شیر دروازه ولایتی جدا گردید، که هر کدام نظربه خصوصیات لیتولوجی - پتروگرافیکی به تولش های جداگانه تقسیمات شد (رحمانی، 2008).



شکل ۳. نقشه جیولوجیکی بلاک کابل

به اساس یافته های این تحقیقات، سویت لوی خور در تهداب چین خورده زون ساختمانی - فاسیالی عینک با پوش پلاتفورمی آهکی، عمر پرمین فوقانی - تریاسیک وسطی قرار دارد و احجار نیوجن به حیث سیری لته بند به دو تولش علیحده ازهم تفکیک می گردد. مواردی جدید در رابطه به انکشاف تکنونیک ساحه کابل و شرایط هایدروجیولوجی و جیوانجنیری شهر کابل مورد تحقیق قرار گرفت. که نتایج ملموس از ان استنباط گردید (رحمانی، 2008).

تکتونیکي ساحه مورد مطالعه: بلاک کابل به باور اکثر محققین عبارت از ساختمان واحد تکتونیکي است که از طرف غرب توسط شکستگی پغمان و از طرف شرق با شکستگی التیمور محدود می‌گردد. عده از جیولوجیستان این ساختمان را منحنی کتله مستقر در ناحیه پایین وسطی و یک تعداد دیگر به صفت برجستگی جیوسنکلینالی در سیستم پایین تحتانی می‌دانند. جیولوجیستان بر آن نظر اند که کمپلکس میتامورفیکی در تمام ساحات تهداب این ساختمان را تشکیل داده و احجار بالایی یعنی ویند - جوراسیک و بعضاً تباشیر به قسم پوش ترسباتی گسترش دارد (فیروز، 1978).

ساحه بلاک کابل از نظر تکتونیکي از طرف شمال به جنوب متشکل از ساختمان‌های ذیل می‌باشد: بلاک خاص کابل قبل از کمبرین تحتانی، زون ساختمانی - فاسیالی عینک، زون جیوسنکلینالی ماهیپر و بلاک تلور قبل از کمبرین تحتانی. بلاک خاص کابل و تلور مربوط ناحیه چین و تاب خوردگی قبل از بایکال بوده که عدم موجودیت احجار قبل از کمبرین فوقانی و فایروزوئیک به آنها اختصاص دارد. زون عینک مربوط چین و تاب خوردگی بایکال است که متشکل از تهداب چین و تاب خورده ریفی و پوش ترسباتی پرمین - جوراسیک می‌باشد. زون ماهیپر ساختمان ریفی است که به ناحیه چین و تاب خوردگی کریتاشیس تحتانی تعلق داشته و کمپلکس نوع بحری آن به سطح ظاهر گردیده است. به اساس مطالعات جیوفزیکي ساختمان غیر متجانس کتله وسطی کابل خصوصیات مختلفه ساحه مقناطیسی را دارا می‌باشد (فیروز، 1978).

ناحیه چین و تاب خورده قبل از بایکال: اصطلاح بلاک کریستالین کابل نیز به این ناحیه به کار می‌رود، این ساختمان قسمتی بزرگ از ساحه مورد مطالعه را تشکیل داده و به طرف شمال تا حوزه دریایی پنجشیر ادامه دارد. ناحیه چین و تاب خوردگی بایکالید: اصطلاح زون ساختمانی فاسیالی عینک نیز برای این ناحیه به کار می‌رود، خصوصیات عمده ساختمان این زون در بین شکستگی باتوخیل در شمال و شکستگی آب پران در جنوب محدود می‌گردد. زون ساختمان - فارمیشنی حاجیگگ: به عقیده برخی از جیولوجیستان این زون عبارت از ساختمان واحد تکتونیکي بزرگ است که از غرب به طرف شرق افغانستان امتداد داشته و توسط شکستگی پغمان قطع می‌گردد. کمپلکس ساختمانی - فارمیشنی نیوجن - کوارترنری: احجار کمپلکس موصوف دارای ساحه انتشار وسیع بوده و برای تمام زون‌های تکتونیکي ساحه کابل مشترک می‌باشد. تمام احجار قدیمی ساحه با ناموافقت شدید زاووی توسط آنها پوشانیده می‌شود. فرو رفتگی نیوتکتونیکي کابل و ساختمان آن: طوری که قبلاً گفته شد کمپلکس کوارترنری - نیوجن فرو رفتگی‌های بین کوه‌ها کابل را مملو نموده و از نقطه نظر خصوصیات تکتونیکي ساختمان گرابین را که توسط کوه‌های پغمان - قروغ و شاخ برتنی احاط می‌گردد، تشکیل می‌دهد (پویا، 2016).

شکستگی‌ها: در زون تکنونیکي کابل بی نظم‌ی‌های انفصالی دارای انکشاف وسیع بوده که تمام کمپلکس‌های ساختمانی-فارمیشنی فوق‌الذکر را به استثنای نیوجن و کوارترنری قطع می‌کنند، بدین اساس عمر آنها قبل از نیوجن تعیین گردیده است. زمان بوجود آمدن آن ارتباط به مرحله تکتوجنیز پایین دارد. ساختمان‌های دیگر انفصالی گروپ شکستگی‌های عمیق جدا می‌گردند که آنها زون حاجیگگ، بلاک کابل و زون عینک را ازهم جدا می‌نماید (Shnizai, 2020). شکستگی پغمان یکی از همین ساختمان‌های بزرگ بوده که کناری بلاک کابل را از شمال جدا می‌نماید.

نتایج و یافته‌ها

ارزیابی، تحلیل و تجزیه مدارک زلزله‌های تاریخی: از اینکه مدارک زلزله‌های تاریخی را از منابع مختلف بدست آوردیم بناً لازم است که قبل از تحلیل و تجزیه مدارک، این مدارک را نظر به مگنیتودهای آن سورت‌بندی نمایم. و احتمال ثبت شدن یک مورد زلزله در چندین منبع وجود داشت فلذا مدارک مشابه آن تشخیص گردیده و از دیتابیس زلزله‌ها حذف گردید. در مجموع ۳۹۵ مورد زلزله از اتروال سال‌های ۷۳۴ میلادی الی سال ۲۰۲۱ میلادی تفکیک گردید. از آن جمله به تعداد ۳۱۹ مورد زلزله‌های ثبت شده شامل ساحه مورد مطالعه می‌شود. البته نا گفته نماند که مدارک فوق شامل زلزله‌های اندک و وسعت و بزرگی آنها بالاتر از ۴ مگنیتود باشد. برای انجام محاسبات روی مدارک نیاز بر آن شد که تمام مدارک زلزله‌ها به یک مقیاس اندازه گیری واحد مبدل گردد. واحد اندازه گیری را مگنیتود لحظه‌یی یا (Moment magnitude) را مد نظر گرفتیم و مدارک زلزله‌های که به واحد سرعت انتشار امواج زلزله نظر به جسم، سرعت انتشار امواج طولی زلزله و یا سرعت امواج عرضی زلزله ثبت شده بودند، را به سرعت امواج لحظه‌یی زلزله مبدل گردیده است که برای تبدیل نمودن واحداث از فورمول ذیل استفاده گردیده است (Shnizai, 2020).

$$\begin{array}{ll}
 M_w = 0.67 M_s + 2.07 (\sigma = 0.17) & 3.0 \leq M_s < 6.2 & M_s \\
 M_w = 0.99 M_s + 0.08 (\sigma = 0.20) & 6.2 \leq M_s \leq 8.2 & \\
 M_w = 0.85 m_b + 1.03 (\sigma = 0.29) & 3.5 \leq m_b \leq 5.5 & m_b \\
 M_w = 1.46 m_b - 2.42 & 5.5 < m_b \leq 7.3 & \\
 M_w = M_L & M_L \leq 6 & M_L
 \end{array}$$

M_s = مگنیتود زلزله نظر به امواج سطحی، M_L = مگنیتود زلزله نظر به امواج طولی، m_b = مگنیتود زلزله نظر به سرعت انتشار موج در جسم، M_w = مگنیتود زلزله نظر به انتشار موج لحظه‌یی

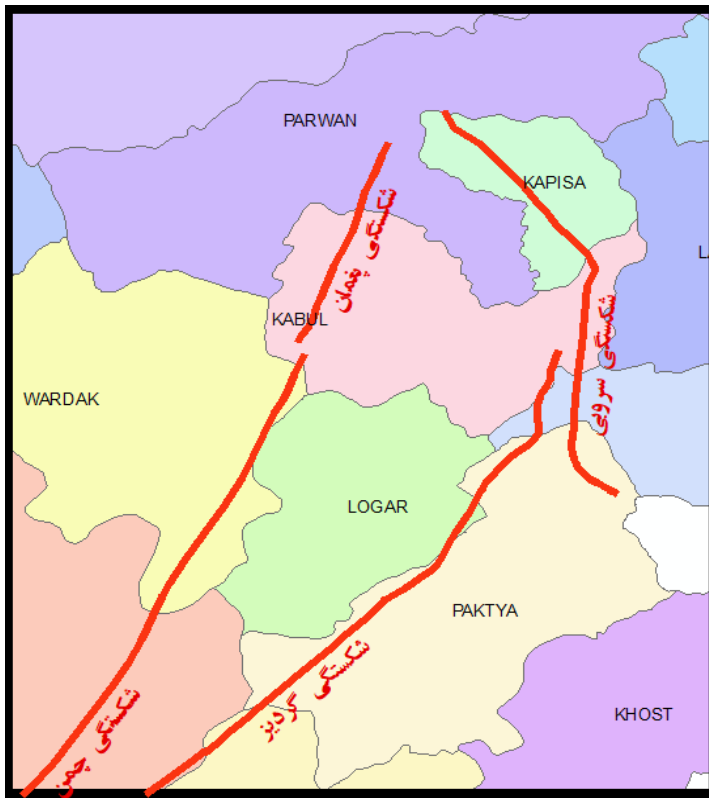
مدارک زلزله‌های فوق شامل ساحه مورد مطالعه می‌شود که روی مدارک بزرگتر از مگنیتود 4 الی مگنیتود 7.2 Mw محاسبات صورت گرفته است که یک مورد زلزله به بزرگی 7.2 مگنیتود در ساحه مورد مطالعه رخ داده است که از جمله زلزله‌های کشنده بشمار می‌رود.

Date	Time	latitude	longitude	depth	Mag_Mw	place	Source
13-Dec-2010	6:04:15 AM	34.0032	69.2629	19	4.3		ISC
1-Jan-2007	8:59:04 AM	34.2176	70.0983	35	4.3		ISC
6-Sep-2000	12:19:03 PM	35.1048	69.7732	35	4.3		ISC
18-Jan-1998	4:19:00 PM	34.8859	70.0675	100	4.3		ISC
28-Aug-1998	9:34:00 PM	34.385	69.406	50	4.3	central Afghanistan	USGS
1-Sep-2004	3:46:09 AM	33.402	69.77	44.2	4.3	central Afghanistan	USGS
14-Dec-1986	6:32:19 AM	35.037	70.0551	150	4.3		ISC
12-Feb-1999	12:55:12 AM	34.3462	69.0927	35	4.3		ISC
30-Nov-2002	9:55:05 PM	33.9707	69.4904	19	4.3		ISC
27-Oct-2003	12:33:15 PM	34.9514	69.6915	35	4.3		ISC
11-Oct-2004	4:53:59 AM	33.536	69.819	61.2	4.3	central Afghanistan	USGS
20-Jan-2004	3:56:08 AM	33.7562	69.5997	19	4.3		ISC
21-Aug-2017	12:02:13 AM	33.6322	69.3886	26	4.2		ISC
11-May-2009	10:51:04 AM	35.0888	69.1575	50	4.2		ISC
27-Jun-2015	3:21:57 PM	33.4597	69.6853	26	4.2		ISC
5-Apr-2009	7:39:03 PM	34.0503	69.869	35	4.2		ISC
18-Mar-2009	12:43:22 PM	33.419	69.5584	26	4.2		ISC
18-Feb-2021	6:18:43 PM	34.0145	68.8554	10	4.2	10 km WNW of Baraki Barak, Afghani	USGS
21-Jan-1992	4:09:08 AM	34.386	69.527	34	4.2	central Afghanistan	USGS
10-May-2009	3:49:11 AM	34.1253	69.9363	35	4.2		ISC
3-Dec-2009	5:34:31 AM	34.0401	70.0568	35	4.2		ISC
24-May-2017	12:40:17 PM	34.1411	69.027	9.95	4.2	16km N of Pu-e 'Alam, Afghanistan	USGS
28-Oct-2009	2:18:43 AM	33.7026	69.5101	28.8	4.2		ISC
25-Mar-1972	8:26:20 PM	35.4	69.9	160	4.2		ISC
7-Oct-2011	9:41:22 PM	34.698	69.5584	24	4.2		ISC
25-Nov-2016	6:22:24 PM	34.2849	69.6737	24	4.2		ISC
28-Jul-2012	10:57:40 AM	34.15	70.0889	35	4.2		ISC
27-Feb-2014	2:21:36 PM	34.6574	69.6234	10	4.2		ISC
13-Feb-2016	8:01:19 AM	34.3537	69.7173	24	4.2		ISC
5-Aug-2014	1:03:34 PM	35.4484	69.6138	90	4.2		ISC
26-Oct-2014	5:13:40 AM	34.4211	68.9861	9.54	4.2	11km ENE of Maldan Shahr, Afghanistan	USGS
26-Dec-2014	3:20:53 AM	35.3422	68.7176	35	4.2		ISC
7-Jan-2010	5:08:26 AM	34.4313	69.5586	24	4.2		ISC
14-Jul-2004	2:25:54 PM	35.2581	69.4717	50	4.2		ISC
18-Jul-1998	2:29:25 PM	34.706	69.066	33	4.2	central Afghanistan	USGS
15-Oct-2002	12:31:18 AM	34.571	69.672	33	4.2	Hindu Kush region, Afghanistan	USGS
13-Aug-2002	7:56:39 PM	34.569	69.697	33	4.2	Hindu Kush region, Afghanistan	USGS
12-Apr-2002	4:50:20 AM	35.1746	69.8931	35	4.2		ISC
24-Oct-1997	5:28:32 PM	35.4713	69.6902	90	4.2		ISC
5-Feb-2006	10:51:20 PM	34.658	69.843	35	4.2	Hindu Kush region, Afghanistan	USGS
6-May-2000	7:25:18 PM	34.444	69.6945	24	4.2		ISC
22-Jul-2007	7:09:32 PM	34.836	69.55	32.8	4.2	Hindu Kush region, Afghanistan	USGS
7-Mar-2006	5:20:15 AM	35.2223	69.0597	35	4.1		ISC
16-Oct-2010	1:47:50 AM	34.5185	69.8616	63	4.1		ISC
27-Dec-2010	8:07:53 AM	33.4905	68.4827	35	4.1		ISC
9-May-2004	1:27:56 AM	35.4867	69.9645	87	4.1		ISC
29-Dec-2005	8:20:59 AM	34.5223	69.2898	35	4.1		ISC
15-May-2010	1:31:20 PM	34.3532	69.4577	24	4.1		ISC
22-Apr-2012	12:19:12 PM	34.3784	70.0154	63	4.1		ISC
4-Nov-1978	2:17:29 AM	35.3553	69.7666	190	4.1		ISC
18-Sep-2012	4:21:45 AM	35.0103	69.1937	10	4.1		ISC
20-Jun-2013	11:23:30 PM	34.0366	70.0161	35	4.1		ISC
25-Oct-2005	4:07:42 AM	34.7052	68.8987	35	4.1		ISC
31-Jan-2016	11:35:57 AM	33.3481	68.5563	35	4.1		ISC
27-Jan-2016	8:56:49 PM	33.2431	68.5867	35	4.1		ISC
20-Nov-2014	4:04:04 PM	35.2871	68.1159	10	4.1		ISC

ارزیابی خطرات سائزمیکی نظر به شکستگی‌های فعال

شکستگی‌ها از فکتورهای اساسی ایجاد کننده زلزله‌ها می‌باشد که امواج زلزله‌ها از طریق درزهای شکستگی‌ها به مسیر سطح زمین انتشار می‌کنند. طوریکه واضح است بیشتر زلزله‌ها در اثر ایجاد شکستگی‌ها یا حرکت و جابجایی احجار در امتداد شکستگی‌های قدیمی تر ایجاد می‌شود(پویا، ۲۰۱۶).

در ساحه مورد مطالعه شکستگی‌های پغمان، چمن، گردیز و سروبی موقعیت دارد.



شکل (۴). شیما شکستگی های بلاک تکتونیک کابل

شکستگی چمن: این شکستگی که در گذشته بنام شکستگی تکتونیک چمن-مقر نیز مسمی بود. این شکستگی در قسمت غربی بلاک کابل موقعیت داشته از جمله شکستگی های است که از مناطق چین تاب خورده عبور می نماید و تا صدها کیلومتر داخل خاک پاکستان عبور می نماید (رحمانی، ۲۰۰۸). طول این شکستگی در ساحه مورد مطالعه به ۱۶۶ کیلومتر می رسد. طول مجموعی شکستگی چمن در حدود ۸۰۰ کیلومتر می باشد و از شمال شرق به جنوب غرب امتداد دارد (Shnizai, 2020).

شکستگی سروبی: این شکستگی قسمت شمال شرقی بلاک کابل را از بلاک نورستان جدا می سازد. این شکستگی در سال ۱۹۶۹-۱۹۷۰ میلادی توسط کارمندان هیئات جیولوجیستان افغان-شوروی به عنوان سترکچر مستقل شناسایی گردیده است. این شکستگی در پلان شکل قوسی مانند را دارا می باشد و سمت امتداد عمومی آن از شمال به شرق می باشد (رحمانی، ۲۰۰۸). طول این

شکستگی در ساحه مورد مطالعه به ۱۴۸ کیلومتر می‌رسد که ۵۵ کیلومتر آن را سرحد بلاک کابل و بلاک نورستان تشکیل می‌دهد.

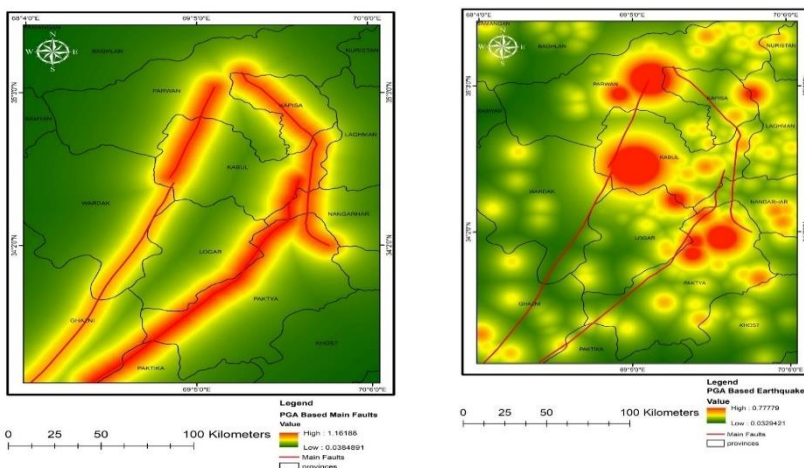
شکستگی پغمان: شکستگی تکتونیکی پغمان در قسمت شمال غربی بلاک کابل موقعیت دارد که بلاک کابل را از زون پاراپامیز جدا می‌نماید طول این شکستگی در حدود ۷۰ کیلومتر می‌باشد.

شکستگی گردیز: این شکستگی در قسمت جنوب شرقی و جنوبی بلاک کابل موقعیت دارد که بلاک تکتونیکی کابل را از زون کتواز و بلاک تکتونیکی ترنک جدا می‌سازد. مسیر این شکستگی از شمال به طرف غرب می‌باشد و در حدود ۱۹۱ کیلومتر طول آن شامل ساحه مورد مطالعه هذا می‌باشد.

پس از انجام محاسبات روی مدارک زلزله با مگنیتودهای متفاوت ارقام PGA بدست آمده را توحید نموده و نتیجه بدست آمده از محاسبات روی مدارک زلزله‌های تاریخی و زلزله‌های واقع شده در ساحه مورد مطالعه را به صورت یک نقشه کنٹوری نشان داده شده است.

نتیجه محاسبات نشان دهنده آن است که از نظر زلزله‌های واقع شده بلندترین رقم PGA بدست آمده در ساحه مورد مطالعه ۰.۷۷۷۷۹ و پایین‌ترین رقم PGA ۰.۰۳۲۹۴۲۱ می‌باشد. ارقام فوق توضیح دهنده ارزیابی خطر زلزله نظر به فکتور زلزله‌های واقع شده در ساحه مورد مطالعه می‌باشد. جدول فوق نشان دهنده قدرت تولید زلزله‌ها از منبع شکستگی‌های تکتونیکی می‌باشد. فلہذا برای ارزیابی خطرات زلزله‌ها نیاز بر آن است تا رقم PGA را بدست آید.

۵. ۱۷) :۲۰۰۰ کنٹوری PGA نظر به شکستگی‌های تکتونیکی

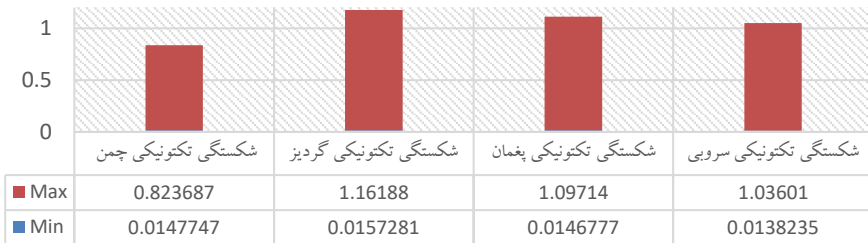


شکل (۵). نقشه کنٹوری PGA نظر به زلزله‌ها

شکل (۶). چارت مقایسوی ایجاد زلزله از منبع شکستگی‌های تکتونیکی

بلندترین رقم بدست آمده PGA از منبع شکستگی‌های تکتونیکی ۱/۱۶۱۸۸ و کوچکترین رقم PGA بدست آمده از منبع شکستگی‌های تکتونیکی ۰/۳۸۴۸۹۱ می باشد. ارقام PGA نظر به هر شکستگی به شکل مقایسوی در چارت ذیل درج گردیده است..

ارقام PGA نظر به شکستگی‌ها

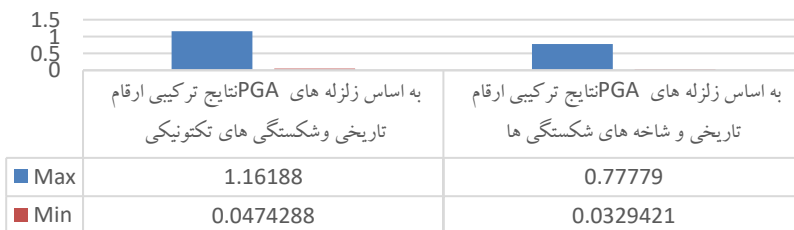


شکل (۸). چارت مقایسوی ارقام PGA نظر به شکستگی‌های تکتونیکی

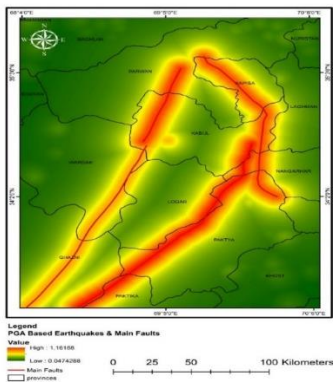
نتایج ترکیبی ارزیابی خطرات سائز میکی

برای رسیدن به نتیجه نهایی ایجاب می نماید که اعداد و ارقام که در نتیجه تحلیل دیتاها و محاسبات آن بدست آمده است، نتایج ترکیبی ارقام PGA به اساس زلزله‌ها و ارقام PGA با اساس شکستگی‌های فعال نشان دهنده بلندترین رقم PGA ۱/۱۶۱۸۸ و پایین‌ترین رقم PGA ۰/۴۷۴۲۸۸ بوده که این نتایج به شکل ترکیبی در چارت ذیل نشان داده شده است. در مرحله بعدی نتایج ترکیبی PGA به اساس زلزله‌های تاریخی و شاخه‌های شکستگی‌های فعال تکتونیکی واقع در ساحه مورد مطالعه به منظور دقت بیشتر تحقیق انجام گردیده است که در نتیجه نقشه کنوری PGA به اساس مدارک زلزله‌های تاریخی و شاخه‌های شکستگی‌ها، تهیه گردیده است که

نتایج ترکیبی PGA به اساس مدارک زلزله‌های تاریخی و شکستگی‌های تکتونیکی و شاخه‌های شکستگی‌های تکتونیکی

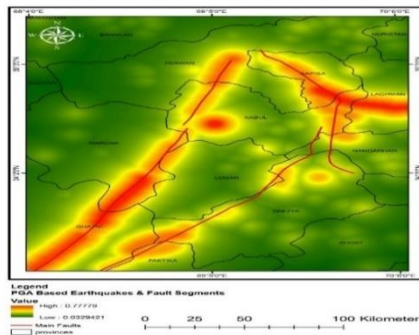


شکل (۹). چارت نتایج ترکیبی PGA به اساس مدارک زلزله‌های تاریخی و شکستگی‌های تکتونیکی



بلندترین رقم PGA نظر به زلزله‌های تاریخی و شاخه‌های شکستگی‌ها ۰/۷۷۷۷۹ و پایین‌ترین رقم ۰/۳۲۹۴۲۱ می‌باشد که در چارت ذیل به شکل مقایسوی نشان داده شده است. نتایج ترکیبی PGA به اساس مدارک زلزله‌های تاریخی و شکستگی‌های تکتونیکی به شکل نقشه کتوری در ذیل انعکاس داده شده است:

شکل (۱۱). نقشه ترکیبی کتوری PGA به اساس مدارک زلزله‌های تاریخی و شاخه‌های



شکل (۱۰). نقشه ترکیبی کتوری PGA به اساس مدارک زلزله‌های تاریخی و شکستگی

های تکتونیکی

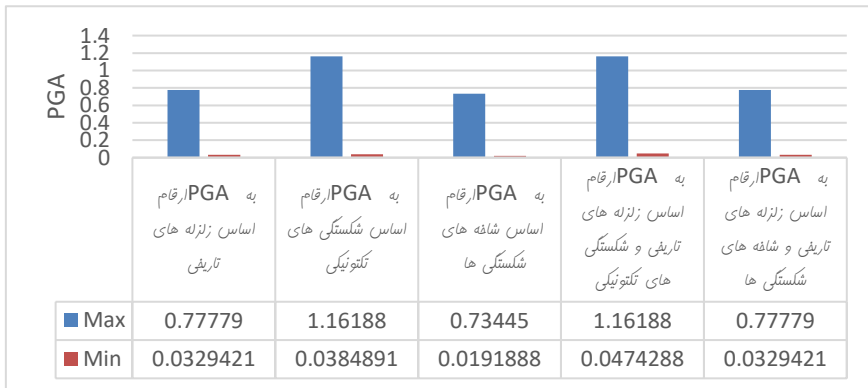
شکستگی‌های تکتونیکی

نتایج ترکیب شده از ارقام PGA زلزله‌های تاریخی و ارقام PGA نظر به شاخه‌های شکستگی‌ها نشان دهنده آن است که مناطق لغمان، کاپیسا، قسمت‌های شرقی و غربی کابل و قسمت‌های شرقی وردک و غزنی بیشتر در معرض خطرات سائزمیکی قرار دارند که نقشه کتوری آن قرار ذیل است:

نتیجه‌گیری

مناطق شمال شرقی و مرکزی افغانستان به شمول بلاک تکتونیکی کابل از لحاظ تکتونیکی در موقعیت فعال سائزمیکی قرار دارد. در کل برای ارزیابی خطرات سائزمیکی استفاده از یک فکتور کافی نمی‌باشد فلذا در این تحقیق غرض ارزیابی خطرات سائزمیکی بر علاوه استفاده از مدارک زلزله‌های تاریخی، از مدارک شکستگی‌های تکتونیکی فعال استفاده گردیده و برای دقت بیشتر از

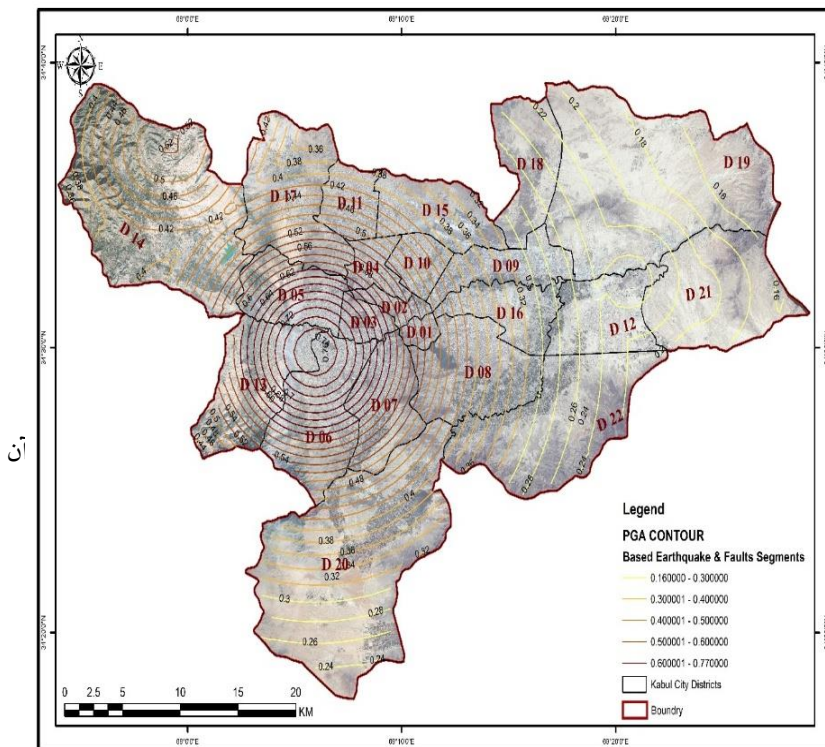
فکتور سوم که همانا شاخه‌ها و مقاطع شکستگی‌های فعال تکتونیکی می‌باشد غرض محاسبات ارقام و ارزیابی خطرات ساینمیک استفاده گردیده است تا نتیجه قابل اطمینان حاصل گردد. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین احتمال وقوع زلزله‌ها در قسمت‌های شمال شرقی، مرکزی و جنوب غربی بلاک کابل می‌باشد. نتایج بدست آمده از تحقیقات هذا در چارت ذیل به طور خلاصه انعکاس داده شده است.



شکل (۱۲). چارت مقایسوی نتایج محاسبات PGA نظر به فکتورهای زلزله‌های تاریخی، شکستگی‌های فعال تکتونیکی، شاخه‌های شکستگی‌های تکتونیکی، ترکیب نتایج زلزله‌های تاریخی با شکستگی‌های فعال تکتونیکی، و ترکیب نتایج زلزله‌ها با شاخه‌های شکستگی‌های تکتونیکی

از نتایج فوق استنباط می‌گردد که ارقام PGA محاسبه شده نظر به زلزله‌های تاریخی نسبت با ارقام PGA نظر به شکستگی‌های فعال تکتونیکی با هم مغایرت اندکی دارند که بلندترین رقم PGA محاسبه شده نظر به شکستگی‌های فعال تکتونیکی بلندترین رقم ۱/۱۶۱۸۸ و پایین‌ترین رقم ۰/۳۸۴۸۹۱ می‌باشد اما این رقم نظر به زلزله‌های تاریخی بلندترین رقم ۰/۷۷۷۷۹ و پایین‌ترین رقم ۰/۳۲۹۴۲۱ می‌باشد. بنابر همین اختلاف ارقام ضرورت بر آن شد تا محاسبات غرض حصول PGA در ساحه مورد مطالعه نظر به شاخه‌های شکستگی‌ها نیز صورت گیرد. و در نتیجه ارقام PGA محاسبه شده نظر شاخه‌های شکستگی‌های تکتونیکی بلندترین رقم ۰/۷۳۴۴۵ و پایین‌ترین رقم ۰/۰۹۱۸۸۸ بدست آمد که این ارقام با ارقام PGA نظر به زلزله‌های تکتونیکی بسیار نزدیک بود و منطقی به نظر می‌رسد.

بناً بر اساس مقایسه ارقام فوق گفته می‌توانم که نتایج ترکیبی نظر به فکته‌های زلزله‌های تاریخی و شاخه‌های شکستگی‌های تکتونیکي نسبت به نتایج ترکیبی نظر به فکته‌های زلزله با شکستگی‌های فعال منطقی‌تر به نظر می‌رسد. با اینحال ناگفته نباید گذاشت که شاخه‌های شکستگی‌ها یا مقطوعات شکستگی‌ها در حقیقت همان شکستگی‌های تکتونیکي فعال اند که نظر به فعالیت‌های شان به مرور زمان گسترش یافته و به شکل قطعات و بخش بخش مورد بررسی و محاسبه قرار گرفته اند.



شهر کابل پایتخت افغانستان بوده و از نظر انکشاف شهری و ساخت و ساز در حال انکشاف است. یکی از لازمه‌ها برای اعمار ساختمان‌ها و ساخت و ساز، در نظر گرفتن مقاومت ساختمان در مقابل خطرات زلزله‌ها می‌باشد. برای ایمن بودن ساختمان و هزینه مصرف جهت اعمار ساختمان باید ضریب خطرات سیزمیکي مناسب به مکان ساختمان در نظر گرفته شود تا تعادل میان ایمن بودن ساختمان و هزینه ساخت آن حفظ گردد. بناً لازم دانستیم نقشه کنترولی ارزیابی خطرات سیزمیکي شهر کابل را تهیه نمایم تا خطرات زلزله در نقاط و نواحی مختلف شهر قابل درک باشد.

پیشنهادات

- افغانستان از نظر تکتونیکی منطقه فعال در برابر خطرات زلزله بسیار آسیب پذیر است باید قبل از ساخت وساز منطقه از دید تکتونیکی و شکستگی ها مورد مطالعه قرار گیرد
- ایمن سازی ساختمان ها و تاسیسات شهری، ممنوعیت یا محدود سازی ساخت در شکستگی های فعال
- پیش بینی و تعیین مکان خاص برای اسکان موقت بعداز زلزله وحفاظت از زلزله زدگان و مقابله با ناامنی ها.

منابع

- سهاك، نقيب الله. (1400). جيولوجي عمومي، كابل: انتشارات مستقبل.
- مدني، حسن. (1388). زمين شناسي عمومي، تهران: انتشارات پوهنتون صنعتي اميركبير
- روءفي، فضل مولا. (1395). جيولوجي عمومي قوه هاي داخلي، تهران: انتشارات سمت
- مجيدى نيك و ديگران (2023). ارزايي و پهنه بندي خطر زلزله در استان بوشهر. مديريت بحران (11). ويژه نامه پدافند. 11-24. قابل دسترس در <https://www.joem.ir>
- بهاروند و ديگران (2018). اولويت بندي عوامل موثر بر زمين لغزش و پهنه بندي خطر آن با استفاده از روش تركيب خطي وزن دار (مطالعه موردی: حوضه وارک). مخاطرات محيط طبيعي، 7(16): 195-210.
- آرين و ديگران (2010). لرزه زمين ساخت و برآورد خطر زمين لرزه ساختگاه سد جرياني، در فصلنامه پژوهشي زمين و منابع واحد لاهيجان. قابل دسترس در <https://www.sid.ir>
- پويا، محمد زکريا (2016) تعيين جهت شکستگی های بلاك كابل با اساس مدارک سيسميكي. پولي تخنيک كابل.
- رحماني، عبدالباقی (2008). شکستگی های عميق و رول آنها در تشكيل معادن مواد مفیده، مجله علمي علم و تكنالوجي، پوهنتون پولي تخنيک. pp. 97-108.
- سلاوين، و. (1984). جيولوجي عمومي با اساسات جيولوجي افغانستان. انتشارات، مير: مسكو.
- فيروز، نور محمد (1978). جيولوجي منطقوي افغانستان، انتشارات پولي تخنيک
- Eidivandi, A., & Khosravi, G. (2019). Zarin Shahr Earthquake Risk Assessment using GIS. *Geography and Environmental Planning*, 30(1), 55-74. <https://doi.org/10.22108/gep.2019.115371.1114>
- Ambraseys, N., & Bilham, R. (2003). Earthquakes in afghanistan. *Seismological Research Letters*, 74(2), 107-123. <https://doi.org/10.1785/gssrl.74.2.107>
- Rao, K. S., Ansari, A., & Zaray, A. H. (2022). Deadliest Earthquake in 2022: The Afghanistan Earthquake on June 22nd, 2022. *IGS News*, 54, 10-11.
- Lantada, N., Pujades, L., & Barbat, A. (2009). Vulnerability index and capacity spectrum based methods for urban seismic risk evaluation. A comparison, *Nat Hazards* 51:501-524. <https://doi.org/10.1007/s11069-007-9212-4>
- Ambraseys, N. and Bilham, R. (2014) 'The Tectonic Setting of Bamiyan and Seismicity in and Near Afghanistan for the Past Twelve Centuries', in Springer, pp. 101-152. doi: 10.1007/978-3-642-30051-6_6.

- Akhundzadah, N. A. (2024). Earthquake Risk Increasing Severity and Urgent Need for Disaster Management in Afghanistan.
- Bilham, R. and Ambraseys, N. (2016) 'The tectonic setting of Bamiyan and seismicity in and near Afghanistan for the past 12 centuries', (January 2014). doi: 10.1007/978-3-642-30051-6.
- Collett, S. P. (2015) 'Metamorphism and Geodynamics of The Proterozoic Kabul Block: Preservation and Modification of Crustal Fragments within an Orogenic Zone'.
- Gurbuga, S. and Sarp, G. (2013) 'Application of Deterministic Seismic Hazard Analysis on the Area of 1970 Gediz Earthquake', International Journal Of Engineering & Applied Sciences, 5(2), pp. 18–37.
- Jena, R. et al. (2020) 'Seismic hazard and risk assessment: a review of state-of-the-art traditional and GIS models', Arabian Journal of
- Sari, A. M. and Fakhrrurozi, A. (2018) 'Earthquake Hazard Analysis Methods: A Review', IOP Conference Series