

АҚПАРАТТЫҚ-КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

DOI 10.51885/1561-4212_2023_1_90

MFTAA 28.23.29

М. Карменова¹, А. Тлебалдинова²¹С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен қ., Қазақстан

E-mail: mmm_0582@mail.ru*

²Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан

E-mail: a_tlebaldinova@mail.ru

**КЕҢІСТІКТІК СЕЙСМИКАЛЫҚ МӘЛІМЕТТЕРГЕ БАРЛАУЛЫҚ ТАЛДАУ ЖАСАУ
РАЗВЕДОЧНЫЙ АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ
EXPLORATORY ANALYSIS OF SPATIAL SEISMIC DATA**

Аңдатпа. Мақалада тіркелген сейсмикалық оқиғалардың, жер сілкіністерінің деректерін өңдеудің интеллектуалды талдау құралдары бойынша жасалған зерттеу нәтижелері келтірілген. Зерттеу екі кезеңде жүргізілді. Бастапқы кезеңде тіркелген сейсмикалық оқиғалар деректеріне статистикалық өңдеу жүргізілді. Уақыт аралықтары мен уақыт бойынша жер сілкіністерінің таралуына қатысты сандық нәтижелер алынды, сондай-ақ магнитудалық кластар бойынша жер сілкіністері тығыздықтарының графиктері тұрғызылды. Келесі кезеңде магнитудалар кластары бойынша жер сілкіністерінің геокеңістіктік нүктелеріне қатысты визуалды талдаулар жүргізілді және Қазақстан Республикасы (ҚР) аумағына тиесілі ошақтар анықталды. Зерттеудің бұл түрі сейсмикалық аймақтарға бөлу карталарын жаңартуда, заманауи құрылыстарды жобалауда, сондай-ақ жер сілкінісі туралы жинақталған тарихи деректерге тереңірек және салыстырмалы түрде талдау жасауда пайдалы болады. Сонымен қатар, зерттеу нәтижелері кейіннен деректерге машиналық оқыту әдістерімен талдау жасап, жер сілкінісі кластерлерін құруда қолданылады.

Түйін сөздер: деректерге интеллектуалды талдау жасау, деректерге статистикалық талдау жасау, кеңістіктік талдау, визуализация

Аннотация. В статье представлены результаты исследования по анализу данных зафиксированных сейсмических событий, землетрясений инструментарием интеллектуального анализа данных. Исследование проведено в два этапа. На первоначальном этапе проводилась статистическая обработка данных зафиксированных сейсмических событий. Получены количественные результаты распределения землетрясений по временным промежуткам и времени, а также построены графики плотности землетрясений по классам магнитуд. На следующем этапе проведен визуальный анализ геопространственных точек землетрясений по классам магнитуд и определены очаги, принадлежащие территории РК. Данного рода исследования будут полезными при обновлении карт сейсмического зонирования, при проектировании современного строительства, а также для проведения более углубленного и сравнительного анализа данных с накопленными историческими данными о землетрясениях. Кроме того, полученные результаты исследования будут использованы при дальнейшем анализе данных для построения кластеров землетрясений методами машинного обучения.

Ключевые слова: интеллектуальный анализ данных, статистический анализ данных, пространственный анализ, визуализация.

Abstract. This paper presents the results of a study on data analysis of recorded seismic events, earthquakes using data mining tools. The research was carried out in two stages. At the initial stage, statistical

processing of the data of recorded seismic events was carried out. The quantitative results of the distribution of earthquakes over time intervals are obtained, and graphs of the earthquake density by magnitude classes are also constructed. At the next stage, a visual analysis of the geospatial points of earthquakes by magnitude classes was carried out and the sources belonging to the territory of the Republic of Kazakhstan were determined. This kind of research will be useful when updating seismic zoning maps when designing modern construction, as well as for conducting a more in-depth and comparative analysis of data with accumulated historical data on earthquakes. Besides, the obtained research results will be used in further data analysis to build earthquake clusters using machine learning methods.

Keywords: data mining, statistical data analysis, spatial analysis, visualization.

Kіpіcne. Сейсмикалық қауіп жағдайында қазіргі заманғы құрылыс мәселелері бүгінгі күнге дейін өзекті болып қала береді. Осы типтегі зерттеулерде жер сілкінісі туралы мәліметтер зерттеуге қажетті бастапқы және маңызды ақпарат болып табылады. Жер сілкінісі туралы мәліметтерді егжей-тегжейлі зерттеу тек сейсмологтар үшін ғана емес, сонымен қатар жер сілкінісіне төзімді құрылыс мамандары үшін де үлкен қызығушылық тудырады.

Жер сілкінісі – бұл жер қыртысындағы тау жыныстары қабаттарының жойылуымен ерекшеленетін жердегі энергияның кенеттен бөлінуінен туындаған жерді дүр сілкіндіретін оқиғалар. Жер сілкінісі энергиясының жинақталуы тектоникалық плиталардың қозғалысы нәтижесінде пайда болады [1].

Белгілі болғандай, Қазақстан Республикасының аумағы 9 және одан да жоғары балл қарқындылығымен сейсмикалық әсерлерге ұшырайды (MSK-64 шкаласы бойынша). Сонымен қатар, бұрын болған бірқатар ауыр және апатты жер сілкіністері туралы фактілер де жоқ емес. Жер сілкінісінен болатын үлкен шығындардың алдын алу мақсатында олар туралы жинақталған тарихи деректер зерттеліп, тәуекелдердің сейсмикалық карталары жаңартылуда. Осыған байланысты ҚР-да тіркелген жер сілкінісі туралы кеңістіктік деректерді мұқият зерттеу және талдау қажеттілігі туындайды.

Әдеби шолу. Тіркелген сейсмикалық оқиғаларды интеллектуалды талдау, әсіресе жер сілкінісі жиі кездесетін елдерде маңызды рөл атқарады [2-4]. Сейсмикалық оқиғаларды талдау үшін деректерді кеңістіктік талдау әдістері қолданылатын көптеген жұмыстар бар. Бұл тұрғыда геостатистикалық тәсілді қолдану әртүрлі факторлар арасындағы кеңістіктік және статистикалық корреляцияны жүзеге асыруға мүмкіндік береді [5]. [6] жұмыста кеңістіктік-уақыттық кластерлеу әдістері және ассоциативті байланыс алгоритмдері арқылы Индонезия аймақтарының тәуекелдерін картаға түсіру үшін жер сілкінісі деректері таралуының себеп-салдарлық байланыстарына талдау жасауға арналған жаңа жүйе ұсынылған. Жүйе жер сілкінісі туралы деректерді алып, оларды түрлендіріп, кейін априорлық алгоритмді қолдану негізінде ассоциативті ережелерді құрастыра отырып, қызықты заңдылықтарды табады, содан кейін тәуекелдерді картаға түсіреді. Жер сілкінісі нүктелері туралы мәліметтерге кеңістіктік талдаудың ұқсас қолданылуын [7] жұмыстан да көруге болады. [8] жұмыста Анкараның солтүстік-батысындағы жер сілкінісінің эпицентріне кеңістіктік талдау жасалады. Зерттеу екі кезеңде жүргізілді. Бірінші кезеңде соңғы онжылдықтағы жер сілкінісі эпицентрлерінің кеңістіктік таралуы талданады. Екінші кезеңде жер сілкінісі болуы мүмкін ақаулардың сегменттерін болжау үшін геоақпараттық жүйелер әдістерін қолдана отырып, жер сілкінісі эпицентрлері мен зерттелетін аймақтың ақаулары арасындағы байланыс талданады. [9] жұмыста авторлар Қырғызстандағы және оның айналасындағы жер сілкіністерінің эпицентріне кеңістіктік статистикалық талдау жүргізген. Сонымен қатар, зерттеушілер магнитудалар бойынша орташа орталық және бағытталған таратылым әдістері көмегімен кластерлерді анықтаған. [10] жұмыста жер

сілкінісінің геостатистикалық талдауы ұсынылған. Авторлар ұсынған инновациялық тәсіл геоақпараттық жүйелердің кеңістіктік статистикалық құралдарына негізделген. Авторлардың пікірінше, алынған нәтижелер болашақта сейсмикалық әсерді азайтудың жақсартылған стратегиясын жасауға мүмкіндік береді.

Әдіснама. Деректерді интеллектуалды талдау ақпаратты өңдеумен және ондағы модельдер мен тенденцияларды анықтаумен айналысатындығы белгілі, бұл өз кезегінде дұрыс шешім қабылдауға көмектеседі. Деректерді интеллектуалды талдау қағидаттары көптеген жылдар бойы белгілі болғанымен, үлкен көлемдегі деректердің пайда болуымен олардың қолданылу аясы одан әрі арта түсті. Ал кеңістіктік деректерді интеллектуалды талдау саласы енді ғана дамып келе жатыр.

«Кеңістіктік деректерді интеллектуалды талдау дәстүрлі кеңістіктік талдау салаларында (мысалы, кеңістіктік статистика, аналитикалық картография, деректерге зерттеулік талдау жасау) және статистика мен информатикадағы деректерді интеллектуалды талдаудың әртүрлі салаларында (мысалы, кластерлеу, классификациялау, ассоциативті ережелерді талдау, ақпаратты визуализациялау және визуалды аналитика) да тамырын терең жайып келеді. Оның мақсаты – үлкен және күрделі кеңістіктік деректерді талдау үшін әртүрлі салалардағы әдістерді біріктіру және оларды одан әрі дамыту. Кеңістіктік деректерді интеллектуалды талдау бойынша жүргізіліп жатқан ғылыми-зерттеу жұмыстарының көбі кеңістіктік статистика, геокомпутация, геовизуализация сияқты әртүрлі ғылыми салаларды қамтиды, яғни жасалатын зерттеуге байланысты нақтылы әдістердің түрі таңдалып алынады» [11].

Кеңістіктік деректерді интеллектуалды талдаудағы кіріс деректер қарапайым деректерге қарағанда күрделі құрылымға ие. «Кеңістіктік деректерді интеллектуалды талдаудың кіріс деректері екі түрлі атрибуттарға ие: кеңістіктік емес атрибут және кеңістіктік атрибут. Кеңістіктік емес атрибуттар қаланың атауы, халық саны және жұмыссыздық деңгейі сияқты объектілердің кеңістіктік ерекшеліктерін сипаттау үшін қолданылады. Олар классикалық деректерді өндіруде қолданылатын атрибуттармен сәйкес келеді. Кеңістіктік атрибуттар кеңістіктік объектілердің кеңістіктік орналасуы мен ауқымын анықтау үшін қолданылады (Болстад, 2002). Кеңістіктік объектінің кеңістіктік атрибуттары көбінесе бойлық, ендік және биіктік және пішін сияқты кеңістіктік орналасуға қатысты ақпаратты қамтиды» [12].

Деректер жиынтығының сипаттамасы. Осы зерттеуде деректер көзі «Сейсмологиялық бақылау және зерттеу ұлттық орталығы» АҚ «СТӘЭ» ЖШС тіркейтін сейсмикалық деректер болып табылады. Жер сілкінісі туралы мәліметтер жиынтығы бірнеше атрибуттардан тұрады, мысалы, оқиғаның болған күні (күні/айы/жылы), Гринвичтің нақты уақыты (сағат/минут/секунд), ендік, бойлық, тереңдік, энергетикалық класс және магнитуда. Деректер жиынтығындағы жазбалардың жалпы саны 1742 жазбаны құрайды (2012 жылдан 2020 жылға дейінгі аралықта). 1-кестеде деректер жиынтығынан үзінді берілген.

1-кесте. Деректер жиынтығынан үзінді

Мерзімі	Гринвич бойынша уақыты	Ендік, с.е.	Бойлық, ш.б.	Тереңдігі, км	Энергия класы, Кр	Магнитуда MPVA
14.10.2012	16:30:00	40,88	74,17	15	10,8	4,7
12.10.2012	18:08:00	40,82	76,97	0	9,8	4,2
12.10.2012	7:18:00	43,05	78,22	20	9	4,4

11.10.2012	10:58:00	44,13	78,95	20	8,1	3,6
------------	----------	-------	-------	----	-----	-----

Жер сілкінісі таралуының кеңістіктік деректерін талдаудың бастапқы кезеңінде деректерге алдын ала өңдеу жүргізілді. Күн мен уақыт сияқты факторлық айнымалылар тиісті date және POSIX форматтарына ауыстырылды. Сондай-ақ, ендік, бойлық, тереңдік, энергия класы, магнитудалар сандық форматтарға түрлендірілген.

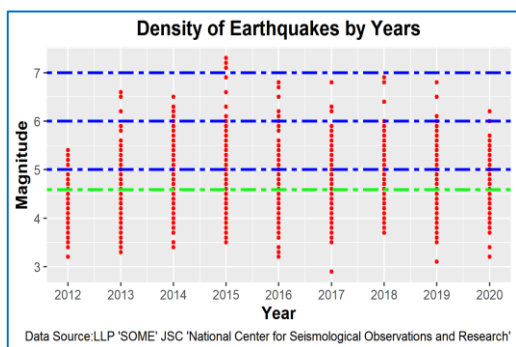
Магнитуданың қысқаша сипаттамасы. Жер сілкінісінің магнитудасы (M, латын тілінен magnitudo-шама) – жер сілкінісі ошағы шамасының сандық сипаттамасы. ISC-GEM каталогында, Орталық Азия каталогында, Қазақстан каталогындағыдай анықтау үшін әртүрлі шкалалар қолданылатын жер сілкіністерінің энергетикалық және магнитудалық сипаттамаларының тұтас жиынтығын көруге болады [13]. MPVA-қысқа мерзімді аспаптармен тіркелген P-толқынымен анықталатын көлемді толқындар бойынша аймақтық магнитуда. 1000 км-ге дейінгі қашықтықта Солтүстік Тянь-Шань [14] үшін аймақтық калибрлеу қисығы арқылы амплитуда мен периодтық ығысу мәндері бойынша анықталады. «Сейсмологиялық бақылау және зерттеу ұлттық орталығы» АҚ «СТӘЭ» ЖШС мен Геофизикалық зерттеулер институты деректер орталығының тәжірибесінде қолданылады.

Нәтижелер. Жер сілкінісі ошағы шамасының сандық сипаттамасы бойынша деректерді интеллектуалды талдау келесі магнитудалық кластарды [15] және олардың сандық көрсеткіштерін анықтады. Сандық көрсеткіштері бар осы магнитудалық кластар 2-кестеде көрсетілген. Осыған сүйене отырып, деректерді талдау нәтижелері анағұрлым жиі тіркелген сейсмикалық оқиғалардың магнитудалары сәйкесінше 4-5, 3-4 және 5-6 болып келетінін көруге болады.

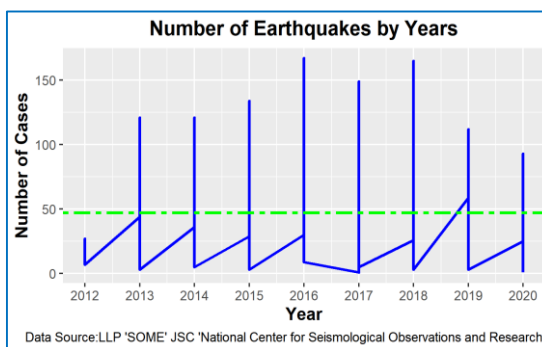
2-кесте. Магнитуда кластары

Магнитуда кластары	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8
n	1	311	1089	303	35	3

Тіркелген сейсмикалық оқиғалар деректерін талдау бойынша зерттеудің жалғасы ретінде уақыт аралығы бойынша деректердің таралуы қарастырылды. 1-суретте (a,b) бейнеленген тығыздық графигі 2012 жылдан 2020 жылға дейінгі үздіксіз аралықтардағы деректердің таралуын көрсетеді.



a



b

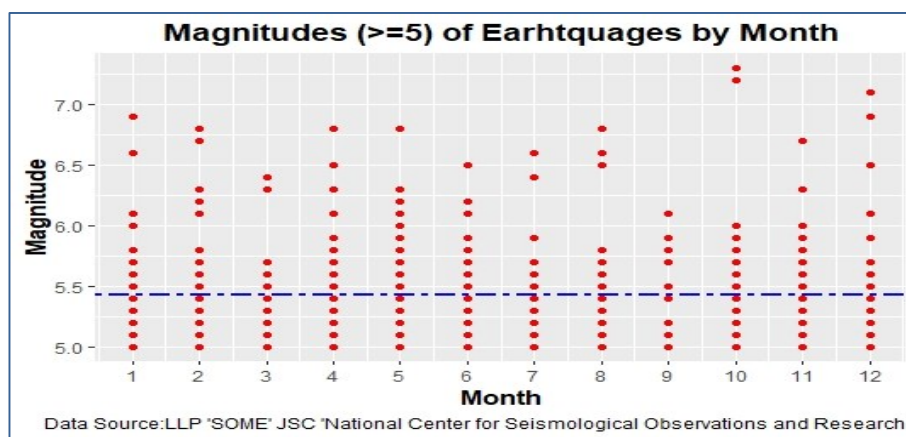
1-сурет. Жер сілкінісі деректерінің таралу тығыздығы

Жер сілкінісінің жыл бойынша таралу тығыздығы графиктерінің толығырақ интерпретациясы 3-кестеде де келтірілген. Диаграммалар мен кестелік ақпараттан 2013-2019 жылдары аралығында магнитудасы 4-5-ке тең 100-ден астам сейсмикалық оқиға тіркелген. Ал 2015 жылы магнитудасы 7-8 болатын 3 жер сілкінісі болған. 2012 жылды есепке алмағанда магнитудалар класы 6-7 болатын сейсмикалық оқиғалар саны 1-ден 9-ға дейін. Деректер жиынтығының барлық уақыт аралықтарында магнитудасы 3-4 және 5-6 болатын да жер сілкіністері тіркелгенін байқауға болады.

3-кесте. Сейсмикалық оқиғалар санының жылдар бойынша таралымы

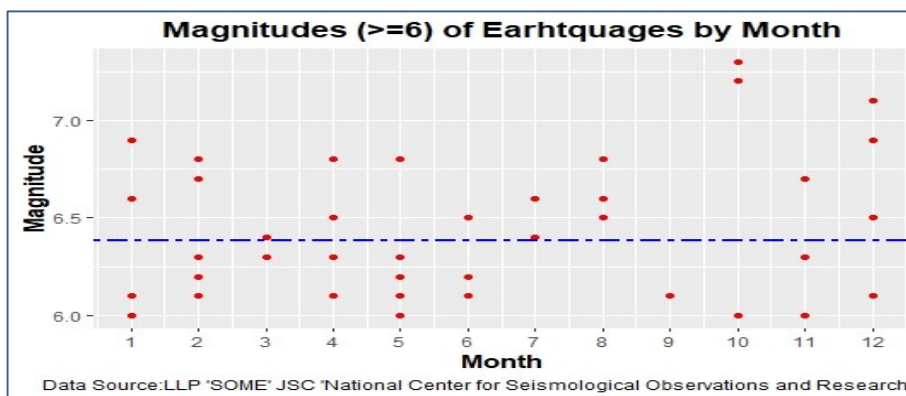
Жыл	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
n	59	200	189	220	249	229	246	210	140

Сондай-ақ, деректерді интеллектуалды талдау құралдары көмегімен 2-суретте көрсетілгендей, тіркелген сейсмикалық оқиғаларға анағұрлым терең және егжей-тегжейлі талдау жүргізілді.



2-сурет. Тіркелген сейсмикалық оқиғалардың айлар мен магнитудалар класы ' ≥ 5 ' бойынша визуализация графигі

Демек, бұл талдаудан көріп тұрғанымыздай, сейсмикалық оқиғалар сәйкес магнитуда класымен ай сайын тіркеледі екен және оның толыққанды айғағын 3-суреттен де көруге болады.



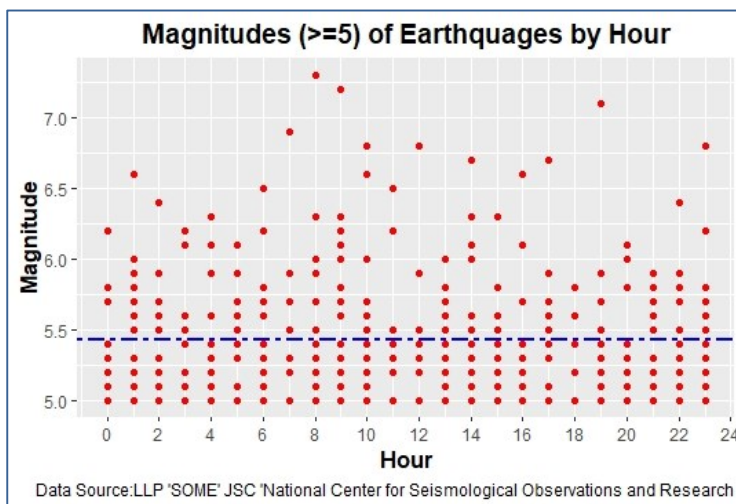
3-сурет. Тіркелген сейсмикалық оқиғалардың айлар мен магнитудалар класы '≥6' бойынша визуализация графигі

Сейсмикалық оқиғалардың айлар бойынша таралымдар саны 4-кестеде көрсетілген, мұнда 150-ден астам оқиғалар 1, 4, 5, 8, 11, 12 айларына тиесілі болса, олардың ішінде ең көп тіркелгендері қысқы айларға тиесілі екендігі байқалды, ал қалған сейсмикалық оқиғалар жылдың басқа айларында орын алған.

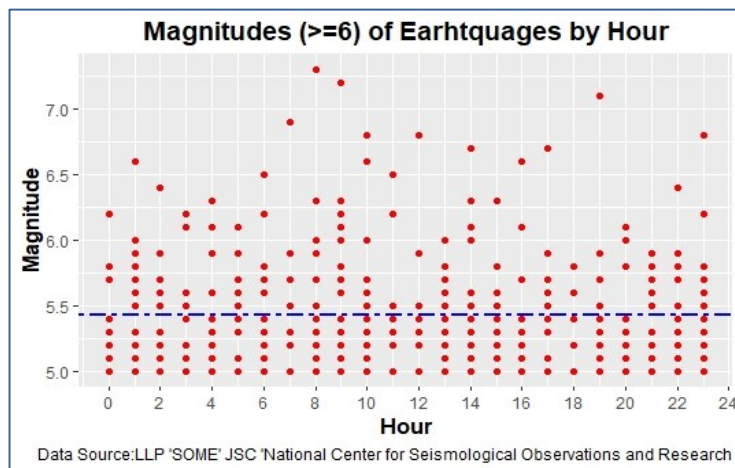
4-кесте. Сейсмикалық оқиғалар санының айлар бойынша таралымы

Ай нөмірі	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
n	170	145	125	151	151	129	128	152	113	129	167	182

Уақыт бойынша бір тәулікте тіркелген сейсмикалық оқиғаларға да зерттеу жүргізілді. Оларға жасалған салыстырмалы талдауы мен визуализациясы 4 және 5-суреттерде сәйкесінше келтірілген.



4-сурет. Уақыт бойынша бір тәулікте тіркелген сейсмикалық оқиғалардың уақыт пен магнитудалар класы '≥5' бойынша визуализация графигі



5-сурет. Уақыт бойынша бір тәулікте тіркелген сейсмикалық оқиғалардың уақыт пен магнитудалар класы '≥6' бойынша визуализация графигі

Магнитуда кластары бойынша таралуы мен пайда болу уақыты бойынша тіркелген сейсмикалық оқиғалардың санына қатысты толығырақ ақпарат 5-кестеде келтірілген.

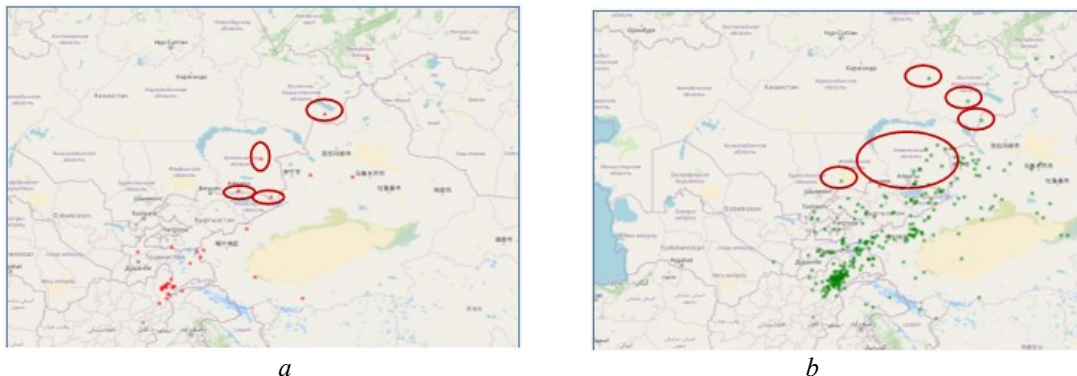
5-кесте. Магнитудасы класы бар уақыт бойынша тіркелген сейсмикалық оқиғалардың саны

Уақыты	Магнитуда класы					
	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8
0		18	46	17	1	
1		17	53	13	1	
2		17	50	12		
3		13	50	7	2	
4		20	46	13	2	
5		7	51	15	1	
6		17	56	9	2	
7		9	35	11	2	
8		13	42	17	1	1
9		16	43	15	4	1
10		10	46	15	3	
11		15	45	6	4	
12		12	45	16	1	
13		12	47	19		
14		17	42	13	4	
15		17	57	11	1	
16		16	55	11	2	
17	1	9	44	12		
18		6	45	7		
19		4	42	13	1	
20		9	40	11	1	
21		7	27	18		

22	18	37	13	1
23	12	45	9	2

Зерттеудің бастапқы кезеңінде жер сілкінісі магнитудасының класына, олардың жылдар, айлар және тәулік уақытына қарай таралуына қатысты сейсмикалық оқиғалар деректері бойынша статистикалық талдау нәтижелері алынды. Себебі, сейсмикалық оқиға болғаннан кейінгі бірінші белгілі болатын ақпарат ол оның – магнитудасы. Жер сілкінісінің магнитудасы жер бетіндегі белгілі бір нүктеде сезілетін жер сілкінісінің қарқындылығының көрсеткіші емес. Белгілі бір аймақтағы жер сілкінісінің қарқындылығы жер сілкінісінің магнитудасына, гипоцентрдің тереңдігіне, тау жыныстарының түріне және ошаққа дейінгі қашықтыққа байланысты.

Зерттеу жұмысының келесі кезеңінде географиялық координаттардың орналасуы талданды, яғни визуалды талдау жүргізіліп, аймақтар анықталды. Магнитуда класы 7-8 болатын жер сілкіністерінің таралуын визуалды талдау олардың ҚР өңірлеріне қатыстылығын анықтаған жоқ. Алайда, картада магнитудасы 6-7-ге тең жер сілкіністерінің таралуына жасалған кеңістіктік талдау ҚР аумағына тиесілі жер сілкіністері эпицентрлерінің саны 3 нүкте екендігін және Қырғызстан Республикасы шекарасында 1 нүкте екенін көрсетті. Бұл эпицентрлер географиялық аймақ бойынша Шығыс Қазақстан облысы, Алматы облысы және Алматы қаласына тиесілі. Жер сілкінісі эпицентрлерінің кеңістіктік нүктелерінің орналасуы 6, а-суретте көрсетілген.



6-сурет. а – магнитудалар класы 6-7, b – магнитудалар класы 5-6

Магнитудалар класы 5-6 болатын жер сілкіністері таралуының визуалды талдауы картада ҚР-на тиесілі аумақтардың эпицентрлерін де көрсетеді. Мұндай өңірлер Шығыс Қазақстан облысы, Алматы облысы, Алматы қаласы, Жамбыл облысы болып табылады. Жер сілкінісі эпицентрлерінің кеңістіктік нүктелерінің орналасуы 6, б-суретте көрсетілген.

Қорытынды. Бүгінгі таңда деректерді интеллектуалды талдау және деректерді өңдеу құралдарының әртүрлілігі зерттеушіге деректерге сапалы талдау жүргізудің көптеген мүмкіндіктерін ұсынады. Есептеу алгоритмдері эксперименттік деректерден білім алуға, сондай-ақ пайдалы ақпаратты алу және шешім қабылдау мақсатында деректерді түрлендіруге және модельдеуге мүмкіндік береді. Сонымен, деректерді интеллектуалды талдау құралдарының көмегімен бұл мақалада тіркелген сейсмикалық оқиғалар мен жер сілкіністерінің тіркелген деректеріне талдау жасалды. Зерттеу кезеңдері екі кезеңде жүргізілді. Зерттеудің бірінші кезеңінде деректерге статистикалық өңдеу жүргізілді. Екінші кезеңде интерактивті картада деректерге визуалды талдау жасалды. Сейсмикалық

оқиғалардың деректеріне статистикалық талдау жер сілкінісінің магнитуда класы, мерзімі және уақыты сияқты атрибуттары негізінде жүргізілді. Картадағы жер сілкінісі эпицентрлері деректерінің таралу визуализациясы осы нүктелердің тиесілі географиялық аумақтарын анықтауға көмектесті. Кейінгі жұмыстарда сейсмикалық оқиғалар сипаттамаларының тәуелділіктерін анықтауға қатысты зерттеулер жүргізу үшін кластерлік талдау әдістерін қолдану жоспарланып отыр.

Әдебиеттер тізімі

1. Gempa Bumi. (n.d.). Retrieved July 8, 2015, from Baand Meteorologi, limatologi, and Geo_sika, <https://www.bmkg.go.id/>. Last accessed 15 July 2020
2. Liu, M., Grana, D. Accelerating geostatistical seismic inversion using TensorFlow: A heterogeneous distributed deep learning framework. *Comput. Geosci.* 2(124), 37-45 (2019)
3. Zhou, Y., Gao L. An Apriori Based Algorithm Associated Point Line Pattern Applied in Seismic Spatial Data. In: *International Conference on Artificial Intelligence: Technologies and Applications*. on Proceedings. Atlantis Press(2016)
4. Karmenova, M., Nugumanova A., Tlebaldinova A., Beldeubaev A., Popova G., Sedchenko A. Seismic Assessment of Urban Buildings Using Data Mining Methods. In: *96th International Conference on Computer and Technology Applications*, pp. 154-159., Turkey (2020)
5. Garcia-Ayllon, S., Tomas, A., Rodenas J.: Accelerating geostatistical seismic inversion using TensorFlow: A heterogeneous distributed deep learning framework. *Appl. Sci.*, 29(15), 3182 (2019)
6. Edelani, R., Barakbah A., Harsono T., Sudarsono A. Association Analysis Of Earthquake Distribution in Indonesia For Spatial Risk Mapping. In: *International Electronics Symposium on Knowledge Creation and Intelligent Computing*, pp. 23-238., Indonesia (2017)
7. Shodiq, M., Barakbah A., Harsono T. Spatial analysis of earthquake distribution with Automatic Clustering for prediction of earthquake seismicity in Indonesia. In: *The Fourth Indonesian-Japanese Conference on Knowledge Creation dan Intelligent Computing*, pp. 47-55., Indonesia (2015)
8. Sarp, G., Duzgun S., Toprak V. Spatial Analysis of Earthquake Epicenters in North-West of Ankara. In: *The Fourth Indonesian-Japanese Conference on Knowledge Creation dan Intelligent Comp International Conference on Environment: Survival and Sustainability*, pp. 4619-4633., Nicosia-Northern Cyprus (2007)
9. Djenaliev, A., Kada, M., Chymyrov A., Helwich O., Muraliev A. Spatial statistical analysis of earthquakes in Kyrgyzstan. *International Journal of Geoinformatics*, 214(1), 11-20 (2018)
10. Aslam, B., Naseer F.: A statistical analysis of the spatial existence of earthquakes in Balochistan: clusters of seismicity. *Environmental Earth Sciences*, 279(1), 41 (2020)
11. Mennis, J., Diansheng G. Calibration function $s(d)$ for determining the MPVA of the Northern Tien Shan earthquakes *Data Mining and Geographic Knowledge Discovery – An Introduction*. *Computers Environment and Urban Systems*, 233(6), 403-408 (2009)
12. Shekhar, S., Zhang, P., Huang, Y. *Spatial Data Mining. Data Mining and Knowledge Discovery Handbook*. Springer, Boston, MA, USA (1999)
13. Мукамбаев, А., Михайлова Н. Решение проблемы неоднородности магнитудв работах по сейсмическому зонированию территории Республики Казахстан. *Вестник НЯЦ РК*, 24, 86-92. (2014)
14. Mikhailova, N., Neverova N. Calibration function $s(d)$ for determining the MPVA of the Northern Tien Shan earthquakes. *Comprehensive research at the Alma-Ata prognostic site*, 41-47 (1986)
15. Bulut T. Exploratory Data Analysis of Turkey Earthquakes II, https://tev_kbulut.com/2020/02/02/exploratory-data-analysis-of-turkeyearthquakes-ii/. Last accessed 20 July 2020

References

1. Gempa Bumi. (n.d.). Retrieved July 8, 2015, from Baand Meteorologi, limatologi, and Geo_sika, <https://www.bmkg.go.id/>. Last accessed 15 July 2020
2. Liu, M., Grana, D. Accelerating geostatistical seismic inversion using TensorFlow: A heterogeneous distributed deep learning framework. *Comput. Geosci.* 2(124), 37-45 (2019)
3. Zhou, Y., Gao L. An Apriori Based Algorithm Associated Point Line Pattern Applied in Seismic Spatial

- Data. In: International Conference on Artificial Intelligence: Technologies and Applications. on Proceedings. Atlantis Press(2016)
4. Karmenova, M., Nugumanova A., Tlebaldinova A., Beldeubaev A., Popova G., Sedchenko A. Seismic Assessment of Urban Buildings Using Data Mining Methods. In: 96th International Conference on Computer and Technology Applications, pp. 154-159., Turkey (2020)
 5. Garcia-Ayllon, S., Tomas, A., Rodenas J. Accelerating geostatistical seismic inversion using TensorFlow: A heterogeneous distributed deep learning framework. Appl. Sci., 29(15), 3182 (2019)
 6. Edelani, R., Barakbah A., Harsono T., Sudarsono A. Association Analysis Of Earthquake Distribution in Indonesia For Spatial Risk Mapping. In: International Electronics Symposium on Knowledge Creation and Intelligent Computing, pp. 23-238., Indonesia (2017)
 7. Shodiq, M., Barakbah A., Harsono T. Spatial analysis of earthquake distribution with Automatic Clustering for prediction of earthquake seismicity in Indonesia. In: The Fourth Indonesian-Japanese Conference on Knowledge Creation dan Intelligent Computing, pp. 47-55., Indonesia (2015)
 8. Sarp, G., Duzgun S., Toprak V.: Spatial Analysis of Earthquake Epicenters in North-West of Ankara. In: The Fourth Indonesian-Japanese Conference on Knowledge Creation dan Intelligent Comp International Conference on Environment: Survival and Sustainability, pp. 4619-4633., Nicosia-Northern Cyprus (2007)
 9. Djenaliev, A., Kada, M., Chymyrov A., Helwich O., Muraliev A. Spatial statistical analysis of earthquakes in Kyrgyzstan. International Journal of Geoinformatics, 214(1), 11-20 (2018)
 10. Aslam, B., Naseer F. A statistical analysis of the spatial existence of earthquakes in Balochistan: clusters of seismicity. Environmental Earth Sciences, 279(1), 41 (2020)
 11. Mennis, J., Diansheng G. Calibration function $s(d)$ for determining the MPVA of the Northern Tien Shan earthquakes Data Mining and Geographic Knowledge Discovery – An Introduction. Computers Environment and Urban Systems, 233(6), 403-408 (2009)
 12. Shekhar, S., Zhang, P., Huang, Y. Spatial Data Mining. Data Mining and Knowledge Discovery Handbook. Springer, Boston, MA, USA (1999)
 13. Mukambayev, A., Mikhaylova N. Resheniye problemy neodnorodnosti magnitudv rabotakh po seismicheskomu zonirovaniyu territorii Respubliki Kazakhstan. Vestnik NYATS RK, 24, 86-92 (2014)
 14. Mikhailova, N., Neverova N. Calibration function $s(d)$ for determining the MPVA of the Northern Tien Shan earthquakes. Comprehensive research at the Alma-Ata prognostic site, 41-47 (1986)
 15. Bulut T. Exploratory Data Analysis of Turkey Earthquakes II, https://tev_kbulut.com/2020/02/02/exploratory-data-analysis-of-turkeyearthquakes-ii/. Last accessed 20 July 2020
-
-