



د بغلان پوهنتون د انجنیري علومو علمي اوڅېړنیزه مجله
مجله علمی - تحقیقی علوم انجنیری پوهنتون بغلان



شماره: ۲ سال: ۱۴۰۳ هـ ش

د بغلان پوهنتون د انجنیري علومو علمي اوڅېړنیزه مجله

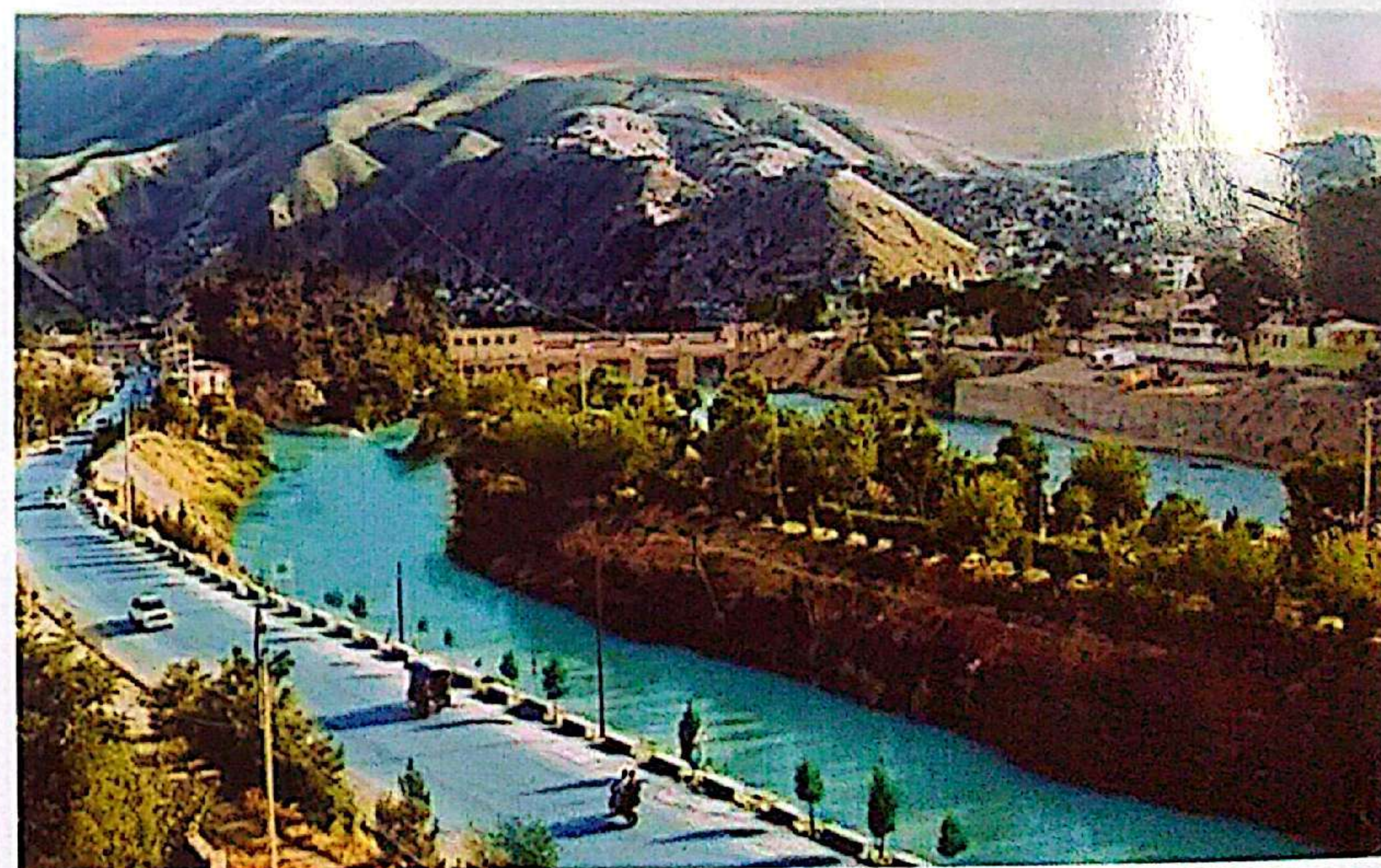
مجله علمی - تحقیقی علوم انجنیری پوهنتون بغلان

سال: ۱۴۰۳ هـ ش

شماره: ۲



Baghlan University Academic
Research Journal of Engineering



Volume: 01 Issue: 02 2024



الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين.



د بغلان پوهنتون د انجنیري علومو علمي او څېړنیزه مجله
مجله علمی - تحقیقی علوم انجنیری پوهنتون بغلان



د بغلان پوهنتون د انجنیري علومو علمي او څېړنیزه مجله
مجله علمی - تحقیقی علوم انجنیری پوهنتون بغلان

شماره ۲ - سال ۱۴۰۳ هـ ش

صاحب امتیاز : پوهنتون بغلان

مدیر مسوول : پوهنمل دیپلوم انجنیر محمد بشیر ایماق

سردبیر : پوهنمل دیپلوم انجنیر صالح محمد صالحی

دیزاین: صالحی

نحمده ونصلی علی رسولہ الکریم ،

اما بعد:

بسم الله الرحمن الرحيم.

سرمقاله:

د اسلام له نظره د څېړنې ارزښت او زموږ ژمنه

د هستۍ جهان له اسرارو او رازونو څخه ډک دی، چې یوه ډېره کوچنۍ برخه یې د انسان په وسیله کشف شوې ده، حال دا چې ډېره ستره برخه یې لا هم همداسې بکړه، مبهمه او ناڅېړل شوې پاتې ده. دا به ډېر خام فکر وي، چې گڼي ننۍ انسان د هستۍ له الف با سره بشپړه اشنایي موندلې ده، بلکې حقیقت دا دی چې انسان یوازې ددغه ستر سمندر تر هغو څپو رسېدلی چې ساحل ته نږدې دي، د هغه د سترگو لید یې ویني، تل او ژور موجهونه یې لا هم په خپل مرموز مسیر کې نا سپرلي روان دي.

د بشریت لارښوود اسماني کتاب قران کریم خپل پیل په «إقراء» یا ولوله کړی دی او بیا په خپل سپېڅلو ارشاداتو کې اسلامي ټولنې ته وایي چې «قل انظروا ما فی السموات والارض و ما تغنی الايات و النذر عن قوم لا یؤمنون». دلته «قل انظروا» جمله هغه الهی امر دی چې له څوارلس نیمو پېړیو راهیسې مسلمانان د ژوند او خپلې هستۍ په اړه کتنې څېړنې ته رابولي. زموږ د اوسېدو نړۍ، اسمانونه او ځمکې د یوې سیکې دوو مخونو ته ورته دي چې یو یې ملکي اړخ دي، طبیعي قوانین او مادي اسرار دي، چې انسان یې د کشف په فکر کې دي، خو بل اړخ یې بیا په ربوبي مقام پورې پراخه تړلې هستي ده، چې بې ځانه او بې نظمه مادي ته یې نظم او ترتیب وربښلی دی، د دنیا له پیدایښت نه تر ننه په منظم ترتیب چلېږي او انساني فکر یې لا هم په بشپړ کشف نه دی توانېدلی.

څېړنه په صدر اسلام او وروستیو پېړیو کې د اسلامي پوهانو یوه ستره مشغولا وه او تر دې حده په کې مخته تللي وو، چې د نړۍ کفري هېوادونو یې د څېړنو پایلو ته انتظار کاوه او ورته محتاج وو، د څوارزمو، محمد بن موسی، ابن سینا، سید جمال الدین افغان، نورو عالمانو، مفسرینو او محدثینو څېړنیز اثار د دنیا د سترو کتابتونونو ښکلا گڼل کېده. له څېړنې سره شوق او علاقه دومره زیاته وه، چې دې ته یې د یوه اسلامي امر په سترگه کتل، د ځمکې حرکتونه، د ستورو او ځمکې فاصلې او قوانین همدې اسلامي علماوو کشف کړي وو، خو د وروستیو اسلامي نسلونو د بې غورۍ په سبب په سقراط، بطلمیوس، فیثاغورث او نورو

پورې وترل شول. اسلامي عالم شيخ طوسی، چې په مسلمانو علماوو کې په شيخ الطائيفه مشهور و، په شپو شپو يې خپرنه کوله او سهار به د خپرنې په خوند کې دومره ډوب و، چې ويل به يې: اين الملوک و أبناء الملوک من هذه اللذة» يعني هغه لذت چې زه يې اوس د حقيقت له کشف وروسته احساسوم، پاچاهان او د هغوی اولادونه ورڅخه بې برخې دي.

خپله قرانکریم او نبوي احاديث هم اسلامي ټولنه هره شېبه خپرنې او پلټنې ته رابولي او عمومي حکم يې دا دی چې هېڅ شی له خپرنې او پلټنې پرته مه قبلوی او له غورو څخه د غوره اقوالو پيروي وکړئ. د ځمکې او اسان د لا غوره پېژندنې لپاره چې نن غربيان کوم روشونه او فرضيې کاروي، دا په حقيقت کې د حضرت ابراهيم عليه السلام کرنلاره ده. «إني وجهت وجهي للذي فطر السموات والارض حنيفا و ما أنا من المشركين» يعني ما خپل مخ د هغه چا خواته کړ چې ځمکه او اسانونه يې پيدا کړي دي، په خپل ايمان کې خالص او له مشرکانو څخه نه يم. دا چې يو مهال مسلمانانو له دې پيغام څخه سترگې پټې کړې، د ځمکې او اسانونو په اړه له ساينسي خپرنو او پرمختگونو څخه بې پروا شول، دا د اسلام نيمگړتيا نه، بلکې د مسلمانانو ټپلي او بې غوري وه، چې بدې او تاريخي پايلې يې هم تجربه کړې.

قران کریم د اوسنيو او پخوانيو يا د بشر په تاريخ کې د ټولو علمي خپرنو تر ټولو دقيق او اصلي ماخذ دی، ځکه خو د هر ډول خپرنو د سرچينو په فهرست کې لومړی ځای لري. په قرانکریم کې د علم کلمه ۸۰ ځله له خپلو مشتقاتو سره تکرار شوې ده او دا يې د پوښتنې په توگه مطرح کړې چې ايا عالمان او ناپوهان سره برابر دي؟ همدا تفاوت د علم او عالم پر اهميت د ټينگار لپاره دی. خپرنه د علم پالنه او د ژوندي پاتې کېدو لاره ده، په همدې سبب علم او علمي خپرنې يو له بل سره نه جلا کېدونکي دي، عالمان د انبياء کرامو عليهم الصلوات وتسليم، وارثان بلل شوي او علم ته يې د محمد صلی الله عليه وسلم د گران بيه او معنوي ميراث په سترگه کتلي دي.

د افغانستان اکاډميک او تحصيلي مرکزونه، چې د ځوان نسل د اسلامي او مسلکي روزنې ستر مسووليت ور په غاړه دی، له شک پرته چې د علمي ميراث د ساتنې او انتقال چاره يې هم له سترو مسووليتونو گڼل کېږي. که چېرته په پوهنتونونو کې علمي او مسلکي خپرنې موجودې نه وي او استادان خپل دغه مسووليت ته ځير نه شي، بيا نو طبيعي ده چې د علمي فقر او احتياج له ناروغۍ سره مخ کېږي، چې دا فقر تر اقتصادي فقر سل چنده خطرناک دی او اسلامي ټولنې د اشغال او استعمار ځولۍ ته غورځوي.

د افغانستان اسلامي امارت د لوړو زده کړو وزير شيخ صاحب ندا محمد نديم همېشه په علمي او اداري ناستو کې پر دې ټکي ټينگار کړی چې د پوهنتونونو ښاغلي استادان بايد خپل وخت له څېړنې پرته تېر نه کړي او په دې برخه کې يې هر ډول مالي او مادي لگښتونو ته ملا تړلې، چې په تېرو څو کلونو کې د هېواد بېلابېلو پوهنتونو کې د علمي - څېړنيزو کنفرانسونو په دايرولو سره دا مدبرانه ژمنه ثابته کړې هم ده.

که څه هم زموږ زياتې څېړنې د کتابتونو په چوکاټ کې مروجې دي، خو علمي ژورنالونه او مجلې هم د موضوعي تنوع او رنگارنگۍ په سبب د څېړنيزو مقالو او موندنو د خپرولو غوره وسيلې دي. له نېکه مرغه چې بغلان پوهنتون هم له داسې وسيلو څخه برخمن دی، زموږ د پوهنتون د ټولنيزو علومو او انجنيري علومو دواړه مجلې همدې موخو ته بشپړه اکاډميکه ژمنتيا لري او باور يې دا دی چې علمي څېړنه زموږ د اسلامي تاريخ ميراث او ننی علمي مسووليت دی، ځکه خو ژمنه کوو چې ددغه دواړو ژورنالونو پاڼې به د ښاغلو استادانو په دا ډول علمي څېړنو او موندنو رنگينې او وزمينې ساتو. همدا مو د اسلامي امارت د لوړو زده کړو له رهبرۍ او علم پاله مشرانو سره ژمنه ده.

درنښت

مولوي صديق الله خالد منصور

د بغلان پوهنتون رئيس

بسم الله الرحمن الرحيم

نحمده ونصلی علی رسولہ الکریم!

نگاهی بر چیستی علم؛

محققان و دانشمندان، علم را به شیوه‌های گوناگون تعریف می‌کنند. برخی علم را تکلیف آبرومند می‌دانند، عده‌ای آن را به معنای اساس معرفت حقیقی می‌گیرند و برخی آن را به معنی بررسی عینی پدیده‌های تجربی می‌دانند. اولین مشکل در تعریف علم ناشی از خلط محتوای علم با روش شناسی آن است، علت این که دانشمندان شاخه‌ای از معرفت را به عنوان علم نمی‌پذیرند، اغلب به سبب روش شناسی آن است. محتوای علم پیوسته تغییر می‌کند و علم جزء یا کلیتی از معرفت نیست؛ علم به علت روش‌شناسی آن از هر نوع معرفت متمایز می‌گردد. به این دلیل، سعی بر آن است کلمه‌ی علم به معنی مجموعه‌ی معرفت گردآوری شده با استفاده از روش شناسی علمی تعریف گردد.

برخی باور دارند که واژه علم در زبان‌های فارس و عربی به دو معنی متفاوت به کار برده می‌شود؛ معنی اصلی و نخست علم، دانستن در برابر ندانستن است و به همه دانستنی‌ها، صرف نظر از نوع آن‌ها علم می‌گویند. کلمه‌ی علم در معنی دوم منحصرأً به دانستنی‌هایی اطلاق می‌گردد که بر تجربه مستقیم حسی مبتنی باشد. علم در این تعبیر در برابر جهل قرار نمی‌گیرد؛ بلکه در برابر همه دانستنی‌هایی قرار می‌گیرد که آزمون پذیر نیستند.

علم در زبان‌های فرانسوی و انگلیسی معادل واژه "Science" است و از کلمه "Scientio" لاتین به معنی دانستن مشتق گردیده است. علم در لغت به معنای یقین، معرفت و دانش است. واژه علم در مفهوم کلی خود به هر نوع آگاهی نسبت به اشیاء، پدیده‌ها و روابط بین پدیده‌ها اطلاق می‌گردد که معادل کلمه‌ی "Knowledge" می‌باشد. اما علم در معنی خاص معادل کلمه‌ی "Science" است و مقصود از آن بخشی از دانستنی‌ها و آگاهی‌های بشر است که به روش تجربی تایید شده باشد. در کل، دانش علمی مبتنی بر انباشت شواهد علمی و تجربی است.

از علم تعریف و برداشت‌های متعددی ارایه شده است:

- علم زاده‌ی ادراکات دقیق است که ناشی از واقعیت‌ها می‌باشد؛
- علم عبارت از تراکم سیستماتیک اطلاعات است و یا این که علم روش شناخت حقایق تعریف می‌شود؛
- علم به دانستنی‌های قابل اثبات تلقی می‌شود؛

- علم معرفتی است منظم که با روش‌های معین به‌دست می‌آید که روابط پایدار میان پدیده‌ها و واقعیت‌ها و قوانین حاکم بر آن را بیان می‌کند.

چنان‌که مبرهن است، هویت علمی هر نهاد اکادمیک به فعالیت‌های تحقیقی و نشراتی اعضای کادر علمی آن وابسته است که با تولید دانش جدید بتواند در انکشاف و توسعه پایدار و خودکفایی جامعه رسالت خویش را اداء نماید. دست‌اندرکاران مجله علمی - تحقیقی علوم انجینیری پوهنتون بغلان افتخار دارد که با توجه به پالیسی‌های علمی - نشراتی پوهنتون بغلان و ریاست محترم تحقیق، تألیف و ترجمه وزارت تحصیلات عالی، شماره (۲) مجله علوم انجینیری را به زیور چاپ می‌رساند. از آنجایی‌که حوزه‌ی فعالیت مجله علمی - تحقیقی علوم انجینیری پوهنتون بغلان معطوف بر ساحت‌های علوم انجینیری است، در این شماره حتی‌المقدور سعی به‌عمل آمده است تا مقاله‌های علمی - تحقیقی کاربردی که بتواند به نهادهای امارتی و خصوصی جهت رشد و توسعه جامعه پیام‌های روشن و علمی را ارائه نماید، در نظر گرفته شده است.

در پایان جا دارد از تلاش‌های خردمندانه‌ی رهبری پوهنتون بغلان و رهبری وزارت محترم تحصیلات عالی، به‌خصوص از ریاست تحقیق، تألیف و ترجمه بابت همکاری‌های همیشگی شان به پوهنتون بغلان، سپاسگزاری نمایم و هم‌چنان از فعالیت‌های سازنده‌ی مسئولین مجله علمی - تحقیقی علوم انجینیری و استادانی که با تهیه و نشر مقاله‌های علمی در این شماره سهم فعال گرفتند، ابراز تشکر کنم.

با احترام

پوهندوی امین الله فطرت

معاون تحقیقات و مجله علمی پوهنتون بغلان

هيات تحرير (كتنپلاوى):

پوهنوال محمد عزيز امينى	استاد پوهنځى جيولوجى و معادن پوهنتون پولى تخنيك
پوهندوى دوكتور احمد جواد نيازى	استاد پوهنځى ساختمانى پوهنتون پولى تخنيك
پوهندوى دوكتور عبدالرحمن پژواک	استاد پوهنځى انجنيرى پوهنتون تخار
پوهندوى دوكتور مهراڼه مهر	استاد پوهنځى تعليم و تربيه پوهنتون بغلان
پوهندوى دوكتور عبدالحسين سروش	استاد پوهنځى تعليم و تربيه پوهنتون بغلان
پوهنمل دوكتور حميدالله واعظى	استاد پوهنځى جيولوجى و معادن پوهنتون پولى تخنيك
پوهنمل دوكتور عبدالبصير محمودزاده	استاد پوهنځى جيولوجى و معادن پوهنتون جوزجان
پوهنمل صالح محمد صالحى	استاد پوهنځى انجنيرى پوهنتون بغلان
پوهنمل محمد یتيم زرياب	استاد پوهنځى انجنيرى پوهنتون بدخشان
پوهنمل پرويز قادري	استاد پوهنځى تعليم و تربيه پوهنتون بغلان
پوهنيار عبدالقوى ساکابى	استاد پوهنځى انجنيرى پوهنتون بغلان
پوهنيار سيد عبدالصبور مصمم	استاد پوهنځى تعليم و تربيه پوهنتون بغلان
پوهنيار نقيب الله هاشمى	استاد پوهنځى جيوماتيک پوهنتون جوزجان
پوهنيار ثنالله ثنا	استاد پوهنځى تکنالوژى کيمياوى پوهنتون پولى تخنيک
پوهنيار ذاکرالله ذکى	استاد پوهنځى انجنيرى پوهنتون بغلان

E-Mail: Bashiraimaq123@gmail.com

s.salehy123@gmail.com

Contact: +93707030125

+93707070017

فهرست / لیكلر

مخكنه	نوسنده / لىكوال	عنوان / سرلىك
۱	پوهنمل صالح محمد صالحى	تشخيص عوامل مؤثر بر شاخص هاى كمى معدن طلا درىاي خطايان تخار با استفاده از روش هاى AHP و SAW
۲۷	پوهنيار عنايت الله عرفانى، و پوهنيار محمد اسمعيل احساس	بررسى اثر روش لايه نشانى پروسكايت $FAPbI_3$ بر ريخت شناسى لايه و كارايى (بازده) سلول خورشيدى
۳۷	پوهنمل محمد بشير ايماق	نقش منابع آبي در توسعه گردشگرى
۵۱	پوهنيار نظام الدين تيمورى، پوهنيار سيدعبدالباسط رحمانى و نامزدپوهنيار سيدبصير احمد ايوبى	بررسى خشك سالى و كاهش آب هاى زيرزمينى در ولايت هرات و راههاى مقابله با آنها
۷۱	پوهنيار غلام حسن دانشيار و پوهنيار غلام على صابرى	حل عددى معادلات ديفرانسيلى كسرى غير خطى سخت با روش هاى تك گامى
۸۷	پوهنيار نظام الدين فقيرزاده	مطالعه اى حوادث در معدن طلا سمتى ولايت تخار و راه هاى پيش گيرى از آن
۱۰۵	پوهنيار وزير محمد اميرى	مطالعه تاثيرات خواص فزيكى - ميخانيكى احجار معدنى روى سرعت برمه كارى ماشين هاى برمه
۱۱۹	پوهندوى دوكتور عبدالرحمن پژواك	بررسى تراكم ديناميكي خاك هاى غير چسبناك
۱۳۱	پوهنيار عنايت الله صميم	خواص ساختمانى شبكه هاى كرستالى درحالت جامد



تشخیص عوامل مؤثر بر شاخص های کمی معدن طلا دریای خطایان تخار با استفاده از روش های AHP و SAW

صالح محمد صالحی عضو کادر علمی دیپارتمنت انجینری استخراج معادن پوهنځی انجینری پوهنتون بغلان
محمد بشیر ایماق عضو کادر علمی دیپارتمنت انجینری استخراج معادن پوهنځی انجینری پوهنتون بغلان

Identifying the Factors Affecting the Quantitative Indicators of Khatayan Takhar River Gold Mine by Using AHP and SAW Methods

Abstract

The sedimentary gold mine of Khatayan River, which is located in Takhar province, that is one of the active mines in the country, where several small and large companies are currently operating, and it is one of the sources of production in the field of mining of the Ministry of Mines and Petroleum. The purpose of this research is to identify and diagnose the factors affecting the quantitative indicators of river khatayan gold mine in Takhar province by using AHP and SAW methods. The study is of an analytical type and based on a survey of experts and workers who actually work in the mining area, by arranging and distributing questionnaires in the form of AHP and SAW methods, with 4 options and 18 criteria. In general, in this research, a model of decision-making structure based on AHP and SAW methods has been introduced to identify the effective factors on the quantitative indicators of khatayan river gold mine. SAW method is used as an efficient and effective method in prioritizing options. The results obtained from this research show that the factor of mining method with a weight of 0.391 is in the first rank and the factor of sediment characteristics with a weight of 0.159 is in the last rank of the effects and And the rest of the factors, according to their weights, have been placed in different positions of the high effects of the quantitative indicators of the khatayan river gold mine in Takhar.

Keywords: Khatayan River, AHP method, SAW method, Quantitative indicators, identification, Takhar, Gold

¹Email : s.salehy123@gmail.com



چکیده

معادن طلا رسوبی دریای خطایان که در ولایت تخار موقعیت دارد یکی از معادن فعال در کشور بوده که اکنون چندین شرکت خورد و بزرگ در آن فعالیت دارند و از جمله منابع تولید در حوزه معدن کاری وزارت معادن و پترولیم می باشد. هدف پژوهش هذا، شناسایی و تشخیص عوامل مؤثر بر شاخص های کمی معدن طلا دریای خطایان ولایت تخار با استفاده از روش های AHP و SAW می باشد. مطالعه از نوع تحلیلی بوده و براساس نظر سنجی از کارشناسان و کارگران که عملاً در ساحه معدن کار می نمایند، از طریق ترتیب و توزیع پرسشنامه ها در قالب روش های AHP و SAW، با ۴ گزینه و ۱۸ معیار انجام یافته است. بطور کلی در این تحقیق الگویی از ساختار تصمیم گیری بر مبنای روش های AHP و SAW جهت شناسایی تشخیص عوامل مؤثر بر شاخص های کمی معدن طلا دریای خطایان معرفی گردیده است. روش SAW به عنوان روش کارآمد و اثر بخش در اولویت بندی گزینه ها مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج بدست آمده از تحقیق هذا نشان میدهد که عامل روش استخراج با وزن ۰,۳۹۱ در رتبه نخست و عامل خصوصیات ترسبات با وزن ۰,۱۵۹ در رتبه اخیر میزان تاثیرات و بقیه عوامل با توجه به اوزان آنها در جایگاه های مختلف میزان تاثیرات بالای شاخص های کمی معدن طلا دریای خطایان تخار قرار گرفته است.

کلید واژه ها: دریای خطایان، روش AHP، روش SAW، شاخص های کمی، تخار، طلا

۲ مقدمه

طلا یکی از منرال های مهم در طبیعت بوده که دارای خواص مهم فیزیکی و کیمیاوی است. این منرال کاربرد صنعتی نیز دارد. منرال طلا در طبیعت به معادن مختلف از نگاه منشأ رابطه دارد. معادن از نگاه منشأ پیدایش به سه سلسله بزرگ تصنیف گردیده است که شامل سلسله های اندوژینی، اکزوژینی و میتامورفوجینی می باشد (ایماق، ۱۴۰۲، ص. ۳۳). افغانستان کشوری است که ضمن داشتن منابع معدنی متعدد، ذخایر متعدد طلا را نیز در خود جا داده است. معادن طلا افغانستان از نگاه منشأ پیدایش نیز به سلسله و صنف مختلف معادن مرتبط است. ولایت تخار در شمال شرق کشور یکی از ولایات است که معادن طلا سمتی، نورابه در آن موقعیت دارد. (ذکی، ۱۳۹۴، ص. ۱۴). همچنان در ولایت تخار ذخایر و ظواهر معدنی متعدد طلا دیگر نیز وجود دارد که مردم از سال های متمادی بدین سو از آن به طریقه زرشوی و سنتی طلا را استخراج می کنند. یکی از ساحات که طلا عملاً به مقیاس نسبتاً بزرگ در سطح افغانستان استخراج می گردد، سواحل دریا خطایان شهر تالقان



ولایت تخار است. اکنون در سواحل دریا خطایان شرکت‌های متعدد عملاً مصرف استخراج طلا است. چون معدن طلا در ساحه دریا خطایات به سلسله معادن اکروجینی و صنف معادن رسوبی متعلق بوده و میزان منرال‌های طلا در نقاط مختلف مسیر و سواحل دریا متفاوت است. دریافت مکان تجمع منرال‌ها منحصراً معادن و تشخیص قانونمندی و عوامل مؤثر بر تجمع منرال‌ها در ساحه مسئله‌ای بوده که همیشه انجیران و متخصصین معادن به آن مواجه است. نسبت عدم اجرای تفحص و اکتشاف دقیق ساحه، گسترش منرال‌های طلا در سواحل دریا خطایان تشخیص و تعیین نگردیده و شرکت‌ها برای دریافت کمیت بلند منرال طلا در سواحل دریا به مشکلات مواجه است.

با انجام این تحقیق عوامل مؤثر بر شاخص‌های کمی و قانونمندی گسترش منرال طلا تا حدی تشخیص می‌گردد، دریافت عوامل مؤثر به شاخص‌های کمی کمک می‌کند که کمیت بلند از منرال‌های طلا در موقع استخراج طلا از سواحل دریا خطایان شهر تالقان ولایت تخار بدست آمده، مؤثریت و بازدهی معدن متذکره بیشتر گردیده و از طریق کاهش هزینه استخراج، دریافت کمیت زیاده‌تر منرال طلا در رشد شرایط اقتصادی کشور مؤثر واقع می‌گردد. اهداف که این تحقیق آن را دنبال میکند قرار ذیل است:

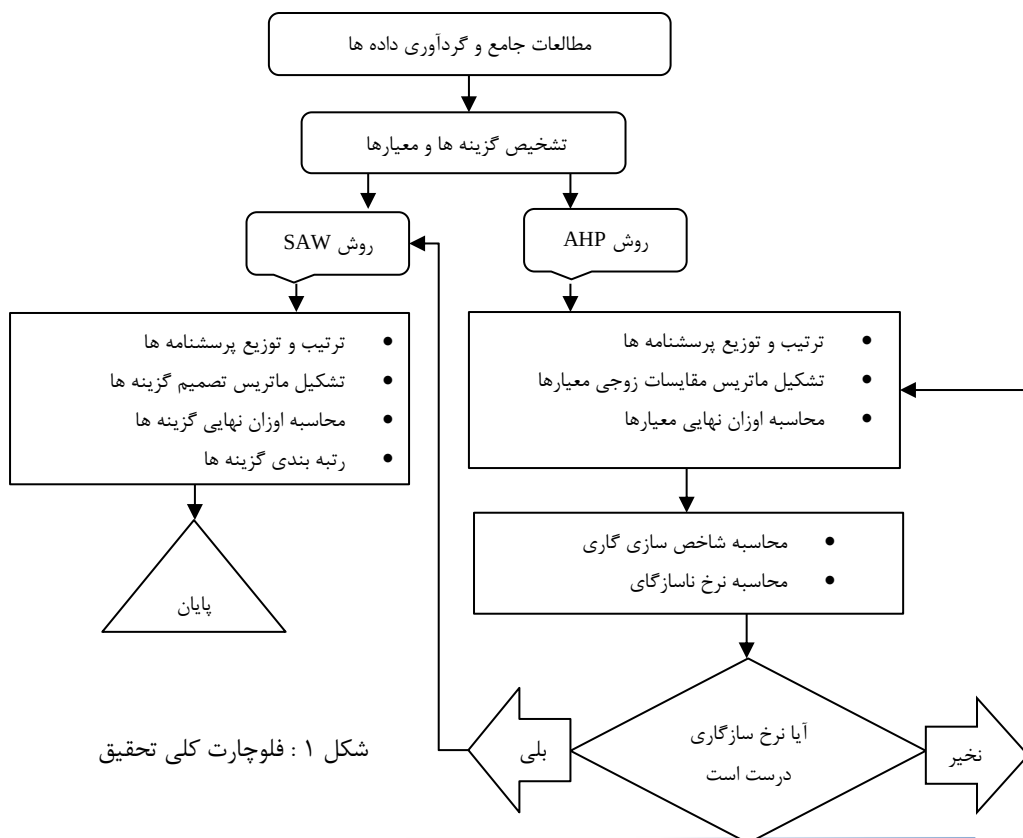
- شناسی عوامل که سبب حصول بیشتر منرال طلا از معادن طلا دریا خطایان می‌شود.
- تعیین نقش عوامل جیولوجیکی و استخراجی در کسب کمیت بلند منرال‌های طلا.
- تشخیص عوامل شاخص‌های کمی در معدن طلا دریا خطایان شهر تالقان و ولایت تخار.

روش تحقیق درین مقاله ساحوی است، چون دریافت دقیق میزان گسترش منرال‌ها در ساحه ایجاب تفحص و اکتشاف دقیق را می‌کند، اما انجام این پروسه تقاضا هزینه هنگفت مالی را دارد، یکی از طریقه‌های که تا حدی می‌تواند با استفاده از نظریات کارشناسان، متخصصین و انجیران و کارکنان ماهر در ساحه عوامل مؤثر و همچنان قانونمندی گسترش منرال‌های طلا را در سواحل دریا خطایان به هزینه کم منعکس بسازد، روش ساحوی با استفاده از میتود AHP و SAW می‌باشد. درین روش اطلاعات ساحه از طریق پرسشنامه و مصاحبه با متخصصین و کارشناسان جمع‌آوری گردیده و بعداً مورد تحلیل قرار می‌گیرد. با انجام این تحقیق عوامل شاخص‌های کمی منرال‌های طلا در دریا خطایان شهر تالقان ولایت تخار مشخص گردیده و عمده‌ترین پرسش این تحقیق به آن پاسخ پیدا خواهد کرد.

۲ مواد و روش تحقیق

۲-۱. روش تحقیق

در این تحقیق بعد از مطالعات کتابخانه‌ای و بازدید از ساحه، عوامل مؤثر بر شاخص‌های کمی طلا دریای خطایان تعریف گردیده و با توجه به عوامل نامبرده، معیارهای مربوط به آن نیز تعریف شده است و سپس پرسشنامه اول در قالب روش AHP به منظور دریافت اوزان معیارها ترتیب یافته که شامل جدول ۱ پیوست ۱ می باشد و با ۱۰ نفر از خبرگان و متخصصین رشته معدن مصاحبه صورت گرفته است. بعد از دریافت اوزان معیارها، پرسشنامه دوم در قالب روش SAW ترتیب یافته و با ۱۰ نفر از خبرگان نیز مصاحبه صورت گرفته است. با توجه به گام‌های روش SAW و نتایج روش AHP، اوزان عوامل مؤثر دریافت گردیده و بر مبنای آن رتبه‌بندی گزینه‌ها انجام یافته است. به منظور وضاحت بیشتر هر پژوهش نیاز است تا ساختار کلی آن ترسیم گردد. از اینرو در تحقیق هذا نیز تماما مراحل تحقیق در قالب فلورچارت در شکل ۱ بیان شده است.





۲-۲. روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

روش AHP یک تکنیک ساختار یافته می باشد که در سال ۱۹۷۲ توسط توماس ال. ساعتی^۱ به جهان معرفی شده و بعد از آن گسترش زیادی یافته است. این روش بر پایه یک ساختار ماتریسی و همچنین مؤلفه‌های که یک تخمین نزدیک از اوزان معیارها می‌دهند، بنا شده است. این روش قابلیت بسیار زیادی در مباحث تصمیم‌گیری دارد و در مسایل از قبیل تجارت، صنعت، سلامت و آموزش می‌توان از آن استفاده کرد. این روش کمک می‌کند تا مسایل ذهنی را به کمک مباحث عددی حل کرد (Forman & Gass, 2001).

روش AHP زمینه را برای تبدیل مسایل پیچیده به یک سلسله مراتب منطقی و ساده‌تر فراهم می‌آورد تا در چارچوب آن برنامه‌ریزی بتواند گزینه‌ها را با توجه به معیارها و زیرمعیارها به راحتی ارزیابی کند. در اصل استفاده کنندگان روش AHP مساله تصمیم‌گیری مورد نظر خود را در ابتدا در قالب یک سلسله مراتبی قرار می‌دهند به صورتی که بتوانند هر کدام از شاخه‌های آنرا به صورت مستقل (با فرض عدم وجود همبستگی بین معیارها) بررسی کرده و به صورت خیلی ساده تر، از طریق گام‌های روش AHP به نتیجه مطلوب برسانند (Canco et al., 2021). به صورت کلی فرایند تحلیل سلسله مراتبی به ترتیب زیر است:

- طراحی ساختار سلسله مراتبی
- مقایسات زوجی معیارهای تصمیم‌گیری
- مقایسه هر یک از گزینه‌ها نسبت به هر فاکتور.
- استخراج اولویت‌ها از جدول مقایسه‌ای.
- نتیجه‌گیری.

پس از مشخص شدن سلسله مراتبی، باید ماتریس‌های مقایسه زوجی بر اساس نظر شخص تصمیم‌گیرنده تعیین گردد (Saranya et al., 2021). این عمل برای اجرا در هر سطح به صورت جداگانه

¹ Saaty



انجام می‌گیرد. به طور کلی اگر تعداد گزینه‌ها^۱ و معیارها^۲ به ترتیب برابر m و n باشد، آنگاه ماتریس-های مقایسه زوجی گزینه‌ها به صورت $m \times m$ و ماتریس مقایسه زوجی معیارها یک ماتریس $n \times n$ خواهد بود (Pavan & Todeschini, 2009).

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad a_{ij} = (a_{ik}) \times (a_{kj}) \quad (۱)$$

اگر در ماتریس مقایسات زوجی، رابطه بالا فقط و فقط برای یکی از i, j, k ها برقرار نباشد، ماتریس ناسازگار خواهد بود. به طوری عموم ماتریس مقایسات زوجی باید دارای خصوصیات زیر باشد (Ágoston & Csátó, 2022):

- اگر ماتریس مقایسات زوجی $A = (a_{ij})_{n \times n}$ را در نظر بگیریم در صورتی که $\{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n\}$ مقادیر ویژه ماتریس A باشد، آنگاه داریم:

$$\sum_{i=1}^n \tau_i = n \quad (۲)$$

- اگر $\tau_{max} = \max_i(\tau_i)$ و n برابر بعد ماتریس مقایسه زوجی باشد، آنگاه داریم:

$$\tau_{max} \geq n \quad (۳)$$

اگر $\tau_{max} = n$ باشد، ماتریس A سازگاری است و در صورتی که $\tau_{max} > n$ باشد، نشان دهنده ناسازگاری ماتریس می باشد. در ماتریس های ناسازگار بعضی از مقادیر ویژه می توانند منفی شوند بنابر این می توان گفت برای این که مجموع مقادیر ویژه برابر n باشد، باید $\tau_{max} \geq n$ باشد. محاسبه اوزان معیارها نقش بسیار تعیین کننده ای در حل مسایل تصمیم گیری دارد. محاسبه وزن در فرایند تحلیل سلسله مراتبی در دو قسمت جداگانه (وزن نسبی^۳ و وزن نهایی^۴) مورد بحث قرار می گیرد (Vinogradova et al., 2018). روش های محاسبه وزن نسبی ماتریس تصمیم به طور عمده به دو گروه (روش های دقیق و روش های تقریبی) تقسیم می شوند. در این پژوهش وزن معیارها با استفاده از روش های تقریبی (مجموع سطری، مجموع ستونی، میانگین حسابی و میانگین هندسی)

¹ Alternatives

² Criterias

³ Local Priority

⁴ Overall Priority



محاسبه گردیده است (Odu, 2019). نخست باید ماتریس تصمیم نرمال گردد جهت نرمال سازی ماتریس از روابط زیر استفاده می نمایم.

اهمیت محاسبه نرخ ناسازگاری در تایید اولیه داده های مقایسات زوجی و استفاده از آنها در تصمیم گیری می باشد، زیرا در صورتی که نرخ ناسازگاری از ۰,۱ بیشتر باشد، ماتریس داده های مقایسات زوجی از درجه اعتبار خیلی کم برخوردار خواهد شد. شاخص ناسازگاری^۱ ($I.I$) و نرخ ناسازگاری^۲ ($I.R$) از روابط زیر محاسبه می گردد:

$$I.I = \frac{\tau_{max} - n}{n-1} \quad (۴)$$

$$\tau_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_{max}}{n} \quad (۵)$$

$$\tau_{max.i} = \frac{A \times W}{W_i} \quad (۶)$$

$$A_i = a_{ij} \times W_j \quad i = 1, \quad j = 1, \quad (۷)$$

$$I.R = \frac{I.I}{I.I.R} \quad (۸)$$

در صورتی که $I.R \leq 0.1$ باشد، سازگاری سیستم قابل قبول است. برای بدست آوردن نرخ ناسازگاری، مقدار شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی^۳ ($I.I.R$) را با توجه به ابعاد ماتریس، به صورت جدول ۱ در نظر می گیریم:

جدول ۱: مقدار شاخص ناسازگاری تصادفی با توجه به ابعاد ماتریس (Al., 2018)

N	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
I.I.	.	.	۰,۵	۰,	۱,۱	۱,۲	۱,۳	۱,۴	۱,۴	۱,۴	۱,۵	۱,۴	۱,۵	۱,۵	۱,۵
R	.	.	۸	۹	۲	۴	۲	۱	۵	۹	۱	۸	۶	۷	۹

¹ Inconsistency Index

² Inconsistency Ratio

³ Inconsistency Index of Random matrix



۲-۳. روش وزن دهی تجمعی ساده (SAW)

در روش SAW با استفاده از میانگین موزون، میزان اهمیت هر یک از گزینه‌ها را بدست آورده و سپس بیشترین مقدار بدست آمده به عنوان بهترین گزینه انتخاب می‌گردد (Ciardiello & Genovese, 2023). مراحل این روش عبارت اند از (Taherdoost, 2023):

- تشکیل ماتریس تصمیم
- بی مقیاس سازی ماتریس تصمیم‌گیری با استفاده از روش نرمال سازی خطی
- تشکیل ماتریس موزون
- انتخاب گزینه برتر

۲-۴. تشخیص گزینه‌ها و معیارها

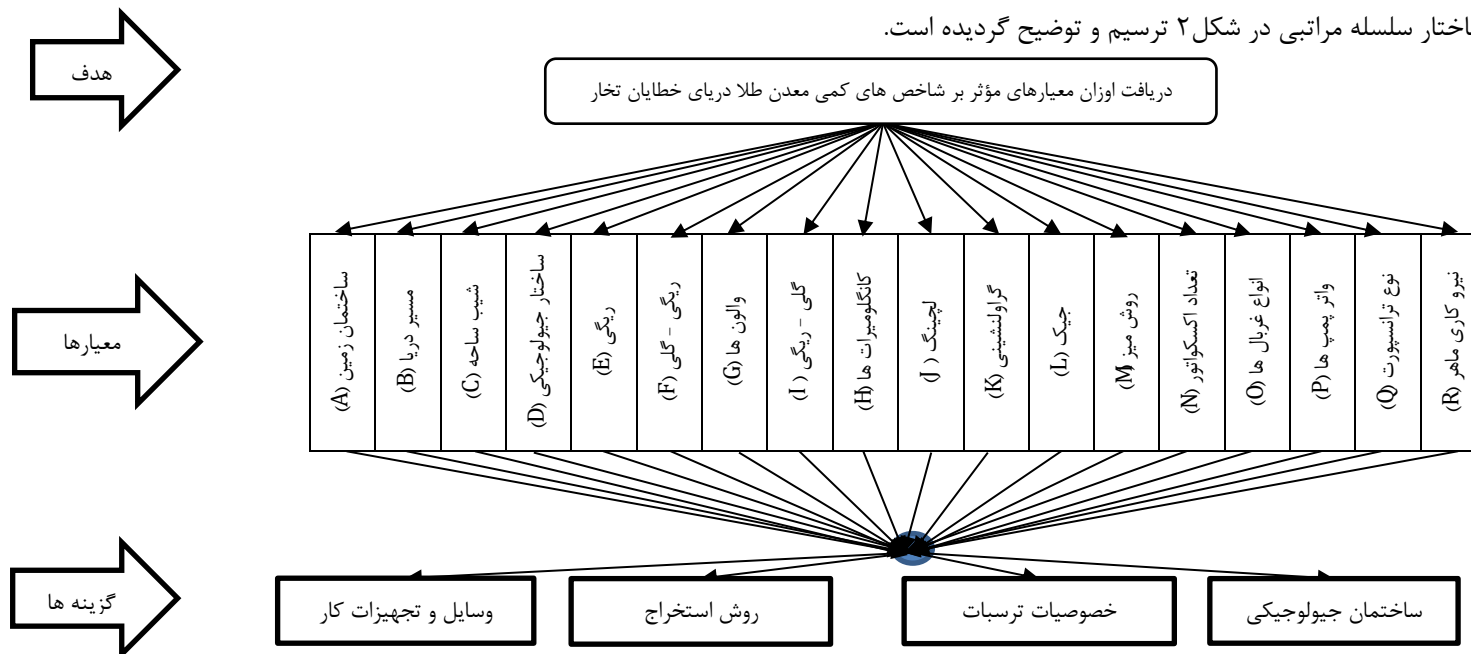
به منظور تشخیص و شناسایی گزینه‌ها و معیارها، نخست با متخصصین رشته و انجیران ساحه در معدن طلا دریای خطایان تخار مصاحبه صورت گرفته و با توحید نظریات، ۴ مورد به عنوان گزینه‌های مرتبط شناسایی گردیده و سپس ۱۸ مورد به عنوان معیارهای مؤثر انتخاب گردیده است که در جدول ۲ مفصلاً توضیح یافته است.

جدول ۲: گزینه‌ها و معیارهای شناسایی شده مؤثر بر شاخص‌های کمی معدن طلا دریای خطایان

معیارها		گزینه‌ها	
ساختمان جیولوجیکی	شیب ساحه	مسیر دریا (B)	ساختمان زمین
(D)	(C)		(A)
کانگومیرات‌ها (H)	گلی - ریگی (I)	ریگی - گلی (F)	ریگی (E)
روش میز (M)	جیک (L)	گراولنشینی (K)	لچینگ (J)
نیرو کاری ماهر (R)	نوع ترانسپورت (Q)	واتر پمپ‌ها	تعداد اکسکواتور
		(P)	(N)
			وسایل و تجهیزات کار

5-2. تعیین اوزان معیارها با استفاده از روش AHP

به منظور تعیین اوزان معیارها، نخست نیاز است تا ساختار تحلیل سلسله مراتبی ترسیم گردیده و سپس با توجه به مراحل روش بقیه موارد محاسبه گردد. ساختار سلسله مراتبی در شکل ۲ ترسیم و توضیح گردیده است.



شکل ۲: ساختار کلی تحلیل سلسله مراتبی



به منظور ارزیابی ارجحیت معیارها و تصمیم‌گیری خبرگان بشکل مقایسات زوجی نیاز است تا طیف از اعداد تعریف گردد، اعداد تعریف شده جهت ارزیابی ارجحیت معیارها در جدول ۳ توضیح یافته است. خبرگان مقایسات زوجی را با استفاده از اعداد تعریف شده انجام داده و ماتریس تصمیم مقایسات زوجی بر اساس رابطه ۱ تشکیل گردیده است و نتایج آن در جدول ۲ پیوست ۱ توضیح یافته است.

جدول ۳: مقیاس امتیازدهی جهت ارزیابی ارجحیت معیارها

عبارات کلامی	توضیحات عددی	عکس اعداد
بسیار زیاد ارجح	۹	۰,۱۱
زیاد ارجح	۷	۰,۱۴
یکسان	۱	۱
کمی ارجح	۵	۰,۲۰
بسیار کم ارجح	۳	۰,۳۳

ماتریس تصمیم نرمالیزه شده و اوزان معیارها با استفاده از روش‌های تقریبی (مجموع سطری، مجموع ستونی و میانگین حسابی) محاسبه گردیده است که نتایج آن در جدول ۳ پیوست ۱ توضیح یافته است.

ماتریس وزنی معیارها با استفاده از رابطه ۷ تشکیل گردیده و سپس میزان τ_{max} با استفاده از رابطه ۵ محاسبه گردیده است که نتایج آن شامل جدول ۴ پیوست ۱ می باشد. در ادامه به منظور محاسبه شاخص ناسازگاری ($I.I$) از رابطه ۴ استفاده گردیده و هم چنان نرخ ناسازگاری ($I.R$) با استفاده از رابطه ۸ محاسبه شده است که نتایج آن درج جدول ۸ می باشد و مقدار شاخص ناسازگاری تصادفی ($I.I.R$) با توجه به ابعاد ماتریس از جدول ۴ انتخاب شده است.

جدول ۴: شاخص ناسازگاری و نرخ ناسازگاری معیارها

تعداد معیارها	۱۸
lambda max	۳۰,۳۶
شاخص ناسازگاری ($I.I$)	۰,۷۳
نرخ ناسازگاری ($I.R$)	۰,۴۶
شاخص ناسازگاری تصادفی constant($I.I.R$)	۱,۵۹



از آنجای که میزان نرخ ناسازگاری مساوی به ۰,۴۶، یعنی کمتر از اندازه استاندارد آن (۰,۷۳)، می باشد. بنابر این گفته می توانیم که ماتریس مقایسات زوجی ما سازگار می باشد.

۲-۶. رتبه بندی گزینه ها با استفاده از روش SAW

از آنجای که میزان اوزان معیارها با استفاده از روش AHP دریافت گردیده است به منظور رتبه بندی گزینه ها از روش SAW استفاده شده است. نخست پرسشنامه ها در قالب روش SAW طراحی شده که نمونه آن در جدول ۵ پیوست ۱ نشان داده شده است. سپس با توجه به مراحل روش، طیف از اعداد جهت اهمیت دهی به معیارها نسبت به گزینه ها تعریف گردد، از اینرو اعداد تعریف شده درج جدول ۵ می باشد.

جدول ۵: اعداد تعریف شده جهت ارزیابی اهمیت معیارها نسبت به گزینه ها

توضیحات	اندازه اهمیت
اهمیت یکسان	۱
اهمیت متوسط	۲
اهمیت زیاد	۳
اهمیت بسیار زیاد	۴
اهمیت فوق العاده زیاد	۵

بعد از ترتیب و توزیع پرسشنامه ها، خبرگان اهمیت معیارها را نسبت به گزینه ها بر مبنای اعداد تعریف شده تعیین نموده است و ماتریس تصمیم با توجه به نتایج پرسشنامه ها و استفاده از رابطه ۹ تشکیل گردیده که شامل جدول ۶ پیوست ۱ می باشد.

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1j} & \cdots & x_{1n} \\ x_{i1} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{in} \\ x_{m1} & \cdots & x_{mj} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (9)$$

بعد از تشکیل ماتریس تصمیم، ماتریس نامبرده با توجه به معیارهای مثبت و منفی و استفاده از روابط ۱۰ و ۱۱ نرمالیزه شده و نتایج آن در جدول ۷ پیوست ۱ توضیح یافته است.

• برای معیارهای مثبت

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^{max}} \quad i = 1, \dots, 5, \quad j = 1, \dots, 15 \quad (10)$$



• برای معیارهای منفی

$$r_{ij} = \frac{x_j^{min}}{x_{ij}} \quad i = 1, \dots, 5, \quad j = 1, \dots, 15 \quad (11)$$

با توجه به نتایج ماتریس نرمالیزه شده و استفاده از رابطه ۱۲، ماتریس وزنی گزینه‌ها تشکیل گردیده و بر مبنای آن اوزان نرمال شده گزینه‌ها محاسبه شده است که نتایج آن شامل جدول ۸ پیوست ۱ می‌باشد.

$$A_i = \sum_{j=1}^m W_j \times (X_{ij})_{normal} \quad i = 1, \dots, 5, \quad j = 1, \dots, 15 \quad (12)$$

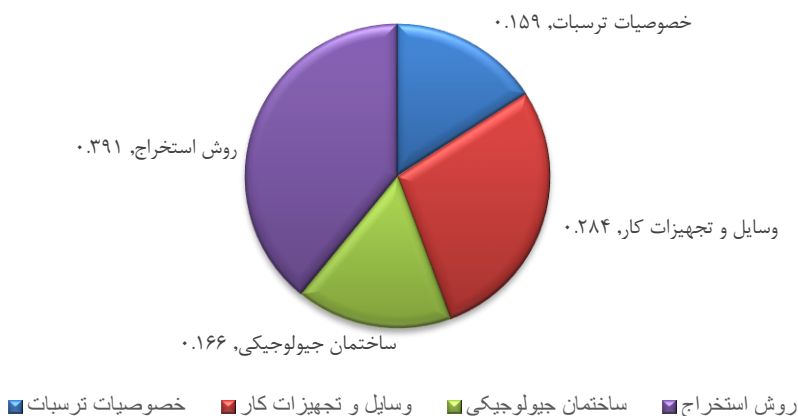
۲ یافته‌ها

طلا یکی از منرال‌های مهم در طبیعت بوده که دارای خواص مهم فیزیکی و کیمیاوی می‌باشد. ولایت تخار در شمال شرق کشور یکی از ولایات است که معادن طلا سمتی، نورابه در آن موقعیت دارد. همچنان در ولایت تخار ذخایر و ظواهر معدنی متعدد طلا دیگر نیز وجود دارد که مردم از سال‌های متمادی بدین سو از آن به طریقه زرشوی و سنتی طلا را استخراج می‌نمایند. یکی از ساحات که طلا عملاً به مقیاس نسبتاً بزرگ در سطح افغانستان استخراج می‌گردد، سواحل دریا خطایان شهر تالقان ولایت تخار می‌باشد. اکنون در سواحل دریا خطایان شرکت‌های متعدد عملاً مصرف استخراج طلا است. چون معدن طلا در ساحه دریای خطایات به سلسله معادن اکزوجینی و صنف معادن رسوبی متعلق بوده و میزان منرال‌های طلا در نقاط مختلف مسیر و سواحل دریا متفاوت است. دریافت مکان تجمع منرال‌ها منجبت معادن و تشخیص قانونمندی و عوامل مؤثر بر تجمع منرال‌ها در ساحه مسله ای است که همیشه انجیران و متخصصین معادن به آن مواجه می‌باشد. نسبت عدم اجرای تفحص و اکتشاف دقیق ساحه، گسترش منرال‌های طلا در سواحل دریا خطایان تشخیص و تعیین نگردیده و شرکت‌های برای دریافت کمیت بلند منرال طلا در سواحل دریا به مشکلات مواجه است. در این تحقیق عوامل مؤثر بر شاخص‌های کمی و قانونمندی گسترش منرال طلا تا حدی تشخیص می‌گردد، دریافت عوامل مؤثر به شاخص‌های کمی کمک می‌کند که کمیت بلند از منرال‌های طلا در موقع استخراج طلا از سواحل دریا خطایان شهر تالقان ولایت تخار بدست آمده، مؤثریت و بازدهی معدن متذکره بیشتر گردیده و از طریق کاهش هزینه استخراج، دریافت کمیت زیادتر منرال طلا در رشد شرایط اقتصادی کشور مؤثر واقع می‌گردد.

در این تحقیق نخست عوامل و معیارهای مؤثر بر شاخص‌های کمی طلا سواحل دریای خطایان تخار شناسایی گردیده که شامل جدول ۲ می باشد. سپس پرسشنامه‌ها در قالب روش AHP به منظور دریافت اوزان معیارها ترتیب و توزیع گردیده و با توجه به گام‌های روش نامبرده اوزان معیارها محاسبه گردیده که شامل جدول ۸ پیوست ۱ می باشد. در مرحله بعدی پرسشنامه دوم در قالب روش SAW ترتیب یافته و با توجه به گام‌های روش نامبرده اوزان نورمال شده عوامل مؤثر محاسبه گردیده که شامل جدول ۶ می باشد. در اخیر رتبه‌بندی گزینه‌ها با توجه به مقدار اوزان نرمال شده آنها انجام یافته که شامل جدول زیر می باشد و هم‌چنان درصد سهم عوامل مؤثر بالای شاخص‌های کمی طلا دریای خطایان تخار در شکل ۳ نشان داده شده است.

جدول ۶: رتبه‌بندی گزینه‌ها بر مبنای اوزان نرمال شده

رتبه بندی گزینه‌ها	اوزان نرمال شده گزینه‌ها	گزینه‌ها
۴	۰.۱۵۹	خصوصیات ترسبات
۲	۰.۲۸۴	وسایل و تجهیزات کار
۳	۰.۱۶۶	ساختمان جیولوجیکی
۱	۰.۳۹۱	روش استخراج



شکل ۳: درصد سهم عوامل بالای شاخص‌های کمی معدن طلا دریای خطایان تخار



۲ نتیجه گیری

از آنجای که معدن رسوبی طلا دریای خطایان تخر از جمله معادن جوان در کشور بوده و از چند سال بدینسو معدن کاری در آن جریان دارد، از اینرو تحقیقات بیشتر در زمینه ضرورت می باشد زیرا تا هنوز پژوهش دقیق در بخش های مختلف انجام نیافته است. معدن طلا دریای خطایان تخر در نزدیک مرکز شهر تخر در منطقه خطایان ولایات تخر موقعیت داشته که از نوع رسوبی می باشد که در نتیجه سرازیر شدن آب دریا و تخریب طبقات مفید از منبع اصلی در بستر دریای خطایان تشکیل می گردد.

با توجه به مطالعات انجام یافته و مصاحبه با خبرگان و متخصصان رشته معدن، تماماً موارد مؤثر بالای شاخص های کمی طلا دریای خطایان تخر به چهار بخش عمده که شامل بخش خصوصیات ترسبات، بخش وسایل و تجهیزات کار، بخش ساختمان جیولوجیکی و بخش روش استخراج می باشد، تقسیم شده است و هم چنان بعد از مصاحبه با خبرگان از میان ۱۸ مورد به عنوان معیارهای مؤثر تثبیت و تعیین گردیده است که در جدول ۲ توضیح یافته است.

به منظور تعیین اوزان معیارها از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است که با توجه به مراحل روش نامبرده اوزان نهایی معیارها محاسبه گردیده که شامل جدول ۴ پیوست ۱ می باشد. این روش قابلیت بسیار زیادی در مباحث تصمیم گیری دارد و در مسایل از قبیل تجارت، صنعت، سلامت و آموزش می توان از آن استفاده کرد. این روش کمک می کند تا مسایل ذهنی را به کمک مباحث عددی حل کرد. به منظور دقت و صحت تحقیق در روش نامبرده نیاز است که شاخص ناسازگاری و نرخ ناسازگاری محاسبه گردد از اینرو موضوعات نامبرده محاسبه گردیده و شامل جدول ۴ می باشد. از آنجای که میزان نرخ ناسازگاری مساوی به ۰,۴۶ یعنی کمتر از اندازه استندرد آن (۰,۷۳) می باشد. بنابر این گفته می توانیم که ماتریس مقایسات زوجی سازگار می باشد.

رتبه بندی عوامل مؤثر بر مبنای روش SAW انجام یافته است که در نتیجه عامل روش استخراج با کسب وزن ۰,۳۹۱ به عنوان نخستین گزینه و عامل خصوصیات ترسبات با کسب وزن ۰,۱۵۹ به عنوان آخرین گزینه و بقیه عوامل با توجه به میزان اوزان آنها در جایگاه های مختلف تاثیرات بر شاخص های کمی طلا خطایان تخر قرار گرفته است و رتبه بندی گزینه های در جدول ۶ توضیح یافته



است. هم چنان میزان درصد تأثیرات عوامل بر شاخص های کمی طلا دریای خطایان در شکل ۳ توضیح یافته است.

۲ فهرست منابع

- Ágoston, K. C., & Csató, L. (2022). Inconsistency thresholds for incomplete pairwise comparison matrices. *Omega*, 108, 102576.
<https://doi.org/10.1016/j.omega.2021.102576>
- Al., A. Vc. Tp. P. et. (2018). *Cross-border shipment route selection utilizing analytic hierarchy process (AHP) method*. 31–37.
- Canco, I., Kruja, D., & Iancu, T. (2021). AHP, a Reliable Method for Quality Decision Making: A Case Study in Business. *Sustainability*, 13(24), 13932.
<https://doi.org/10.3390/su132413932>
- Ciardiello, F., & Genovese, A. (2023). A comparison between TOPSIS and SAW methods. *Annals of Operations Research*, 325(2), 967–994.
<https://doi.org/10.1007/s10479-023-05339-w>
- Forman, E. H., & Gass, S. I. (2001). The Analytic Hierarchy Process—An Exposition. *Operations Research*, 49(4), 469–486.
<https://doi.org/10.1287/opre.49.4.469.11231>
- Odu, G. O. (2019). Weighting methods for multi-criteria decision making technique. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 23(8), 1449.
<https://doi.org/10.4314/jasem.v23i8.7>
- Pavan, M., & Todeschini, R. (2009). Multicriteria Decision-Making Methods. In *Comprehensive Chemometrics* (pp. 591–629). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-044452701-1.00038-7>
- Saranya, T., Saravanan, S., Jennifer, J. J., & Singh, L. (2021). Assessment of groundwater vulnerability in highly industrialized Noyyal basin using AHP-DRASTIC and Geographic Information System. In *Disaster Resilience and Sustainability* (pp. 151–170). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85195-4.00009-3>
- Taherdoost, H. (2023). Analysis of Simple Additive Weighting Method (SAW) as a MultiAttribute Decision-Making Technique: A Step-by-Step Guide. *Journal of Management Science & Engineering Research*, 6(1).
<https://doi.org/10.30564/jmser.v6i1.5400>
- Vinogradova, I., Podvezko, V., & Zavadskas, E. (2018). The Recalculation of the Weights of Criteria in MCDM Methods Using the Bayes Approach. *Symmetry*, 10(6), 205. <https://doi.org/10.3390/sym10060205>
- ایماق، م. ب. (۱۴۰۲). معادن و انواع آن. *مجله علمی - تحقیقی علوم انجینیری پوهنتون بغلان*. ۱(۱)، ۳۳.
- ذکی، م. ا. (۱۳۹۴). قرارداد ها و چالش ها. In م. هادی (Ed.), *معادن افغانستان* (اول. p. 14). نشر واژه .
<https://shahmbookco.com>



پيوست ۱:

جدول ۱: نمونه ای از پرسشنامه مقایسات زوجی در قالب روش AHP

معيارها	ساختمان زمين (A)	مسير دريا (B)	شيب ساحه (C)	ساختر جیولوجیکی (D)	ریگی (E)	ریگی - گلی (F)	والون ها (G)	کانگولومیرات ها (H)	گلی - ریگی (I)	لچینگ (J)	گراولنشیني (K)	جیک (L)	روش میز (M)	تعداد اکسکواتور (N)	انواع غربال ها (O)	واتر پمپ ها (P)	نوع ترانسپورت (Q)	نیرو کاری ماهر (R)
	ساختمان زمین (A)																	
	مسیر دریا (B)																	
	شیب ساحه (C)																	
	ساختر جیولوجیکی (D)																	
	ریگی (E)																	
	ریگی - گلی (F)																	
	والون ها (G)																	
	کانگولومیرات ها (H)																	
	گلی - ریگی (I)																	
	لچینگ (J)																	
	گراولنشیني (K)																	
	جیک (L)																	
	روش میز (M)																	
	تعداد اکسکواتور (N)																	
	انواع غربال ها (O)																	
	واتر پمپ ها (P)																	
	نوع ترانسپورت (Q)																	
	نیرو کاری ماهر (R)																	



جدول ۲: ماتریس مقایسات زوجی معیارها

معیارها	ساختمان زمین (A)	مسیر دریا (B)	شیب ساحه (C)	ساختار جیولوجیکی (D)	ریگی (E)	ریگی - گلی (F)	والون ها (G)	کانگولومیرات ها (H)	گلی - ریگی (I)	لچینگ (J)	گراولنشینی (K)	چیک (L)	روشن میز (M)	اکسکواتور (N)	انواع غریال ها (O)	واتر پمپ ها (P)	نوع ترانسپورت (Q)	نیزو کاری ملهر (R)
ساختمان زمین (A)	۱,۰۰	۰,۲۰	۵,۰۰	۰,۱۴	۷,۰۰	۰,۲۰	۰,۱۴	۹,۰۰	۰,۲۰	۰,۱۴	۰,۱۱	۰,۱۴	۰,۱۱	۰,۱۴	۰,۲۰	۰,۱۴	۰,۳۳	۰,۲۰
مسیر دریا (B)	۵,۰۰	۱,۰۰	۵,۰۰	۹,۰۰	۷,۰۰	۵,۰۰	۷,۰۰	۷,۰۰	۵,۰۰	۳,۰۰	۳,۰۰	۳,۰۰	۵,۰۰	۰,۳۳	۰,۲۰	۰,۱۴	۵,۰۰	۰,۳۳
شیب ساحه (C)	۰,۲۰	۰,۲۰	۱,۰۰	۰,۲۰	۰,۱۴	۰,۲۰	۰,۳۳	۵,۰۰	۰,۳۳	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۳۳	۰,۳۳	۰,۱۴	۰,۱۴	۰,۱۱	۳,۰۰	۰,۳۳
ساختار جیولوجیکی (D)	۷,۰۰	۰,۱۱	۵,۰۰	۱,۰۰	۳,۰۰	۵,۰۰	۷,۰۰	۹,۰۰	۳,۰۰	۰,۳۳	۷,۰۰	۰,۲۰	۰,۱۴	۰,۲۰	۳,۰۰	۵,۰۰	۷,۰۰	۵,۰۰
ریگی (E)	۰,۱۴	۰,۱۴	۷,۰۰	۰,۳۳	۱,۰۰	۳,۰۰	۷,۰۰	۳,۰۰	۳,۰۰	۰,۲۰	۰,۱۴	۰,۲۰	۰,۱۴	۰,۱۱	۰,۱۴	۰,۲۰	۵,۰۰	۳,۰۰
ریگی - گلی (F)	۵,۰۰	۰,۲۰	۵,۰۰	۰,۲۰	۰,۳۳	۱,۰۰	۳,۰۰	۷,۰۰	۳,۰۰	۰,۲۰	۵,۰۰	۰,۱۴	۰,۲۰	۰,۳۳	۰,۳۳	۰,۲۰	۵,۰۰	۰,۳۳
والون ها (G)	۷,۰۰	۰,۱۴	۳,۰۰	۰,۱۴	۰,۱۴	۰,۳۳	۱,۰۰	۵,۰۰	۳,۰۰	۰,۱۴	۰,۲۰	۰,۱۴	۰,۲۰	۰,۳۳	۰,۲۰	۰,۳۳	۹,۰۰	۰,۱۴
کانگولومیرات ها (H)	۰,۱۱	۰,۱۴	۰,۲۰	۰,۱۱	۰,۳۳	۰,۱۴	۰,۲۰	۱,۰۰	۰,۲۰	۰,۱۴	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۱۴	۰,۲۰	۰,۳۳	۹,۰۰	۰,۱۴
گلی - ریگی (I)	۵,۰۰	۰,۲۰	۳,۰۰	۰,۳۳	۰,۳۳	۰,۳۳	۰,۳۳	۵,۰۰	۱,۰۰	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۳۳	۰,۳۳	۰,۲۰	۰,۳۳	۰,۳۳	۵,۰۰	۰,۳۳
لچینگ (J)	۷,۰۰	۰,۳۳	۵,۰۰	۳,۰۰	۵,۰۰	۵,۰۰	۷,۰۰	۷,۰۰	۵,۰۰	۱,۰۰	۷,۰۰	۵,۰۰	۰,۳۳	۰,۳۳	۰,۳۳	۵,۰۰	۹,۰۰	۰,۳۳
گراولنشینی (K)	۹,۰۰	۰,۳۳	۵,۰۰	۰,۱۴	۷,۰۰	۰,۲۰	۵,۰۰	۵,۰۰	۵,۰۰	۰,۱۴	۱,۰۰	۷,۰۰	۳,۰۰	۵,۰۰	۳,۰۰	۷,۰۰	۹,۰۰	۰,۲۰
چیک (L)	۷,۰۰	۰,۳۳	۳,۰۰	۵,۰۰	۵,۰۰	۷,۰۰	۷,۰۰	۵,۰۰	۳,۰۰	۰,۲۰	۰,۱۴	۱,۰۰	۵,۰۰	۳,۰۰	۳,۰۰	۵,۰۰	۹,۰۰	۰,۱۴



(M) روش میز	۹,۰۰	۰,۲۰	۳,۰۰	۷,۰۰	۷,۰۰	۵,۰۰	۵,۰۰	۵,۰۰	۳,۰۰	۳,۰۰	۰,۳۳	۰,۲۰	۱,۰۰	۰,۲۰	۵,۰۰	۷,۰۰	۹,۰۰	۰,۱۴
(N) اکسکواتور	۷,۰۰	۳,۰۰	۷,۰۰	۵,۰۰	۹,۰۰	۳,۰۰	۳,۰۰	۷,۰۰	۵,۰۰	۳,۰۰	۰,۲۰	۰,۳۳	۵,۰۰	۱,۰۰	۷,۰۰	۵,۰۰	۹,۰۰	۰,۲۰
(O) انواع غریال ها	۵,۰۰	۵,۰۰	۷,۰۰	۰,۳۳	۷,۰۰	۳,۰۰	۵,۰۰	۵,۰۰	۳,۰۰	۳,۰۰	۰,۳۳	۰,۳۳	۰,۲۰	۰,۱۴	۱,۰۰	۰,۲۰	۵,۰۰	۰,۱۴
(P) وائر پمپ ها	۷,۰۰	۷,۰۰	۹,۰۰	۰,۲۰	۵,۰۰	۵,۰۰	۳,۰۰	۳,۰۰	۳,۰۰	۰,۲۰	۰,۱۴	۰,۲۰	۰,۱۴	۰,۲۰	۵,۰۰	۱,۰۰	۵,۰۰	۰,۱۴
(Q) نوع ترانسپورت	۳,۰۰	۰,۲۰	۰,۳۳	۰,۱۴	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۱۱	۰,۱۱	۰,۲۰	۰,۱۱	۰,۱۱	۰,۱۱	۰,۱۱	۰,۱۱	۰,۲۰	۰,۲۰	۱,۰۰	۰,۲۰
(R) نیرو کاری ماهر	۵,۰۰	۳,۰۰	۳,۰۰	۰,۲۰	۰,۳۳	۳,۰۰	۷,۰۰	۷,۰۰	۳,۰۰	۳,۰۰	۵,۰۰	۷,۰۰	۷,۰۰	۵,۰۰	۷,۰۰	۷,۰۰	۵,۰۰	۱,۰۰
جمع ستون ها	۸۹,۴۵	۲۱,۷۴	۷۶,۵۳	۳۲,۴۸	۶۴,۸۲	۴۶,۶۱	۶۸,۱۳	۹۵,۱۲	۴۸,۹۴	۱۸,۲۲	۳۰,۳۲	۲۵,۸	۲۸,۴۵	۱۶,۹۳	۳۶,۲۹	۴۴,۲۰	۱۰۹,۳۴	۱۲,۳۲

جدول ۳: ماتریس تصمیم نرمالیزه شده

معیارها	ساختمان زمین (A)	مسیر دریا (B)	شیب ساحه (C)	ساختمان جیولوجیکی (D)	رنگی (E)	رنگی - گلی (F)	والون ها (G)	کانگومیرات ها (H)	گلی - رنگی (I)	لچینگ (J)	گراولینیتی (K)	جیک (L)	روش میز (M)	تعداد اکسکواتور (N)	انواع غریال ها (O)	وائر پمپ ها (P)	نوع ترانسپورت (Q)	نیرو کاری ماهر (R)	میانگین اوزان نرمالیزه شده معیارها
(A) ساختمان زمین	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۷	۰,۰۰	۰,۱۱	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۹	۰,۰۰	۰,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۲	۰,۰۲
(B) مسیر دریا	۰,۰۶	۰,۰۵	۰,۰۷	۰,۲۸	۰,۱۱	۰,۱۱	۰,۱۰	۰,۰۷	۰,۱۰	۰,۱۶	۰,۱۰	۰,۱۲	۰,۱۸	۰,۰۲	۰,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۵	۰,۰۳	۰,۰۹
(C) شیب ساحه	۰,۰۰	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۵	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۱
(D) ساختمان جیولوجیکی	۰,۰۸	۰,۰۱	۰,۰۷	۰,۰۳	۰,۰۵	۰,۱۱	۰,۱۰	۰,۰۹	۰,۰۶	۰,۰۲	۰,۲۳	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۸	۰,۱۱	۰,۰۶	۰,۴۱	۰,۰۲



ریگی (E)	۰,۰۰	۰,۰۱	۰,۰۹	۰,۰۱	۰,۰۲	۰,۰۶	۰,۱۰	۰,۰۳	۰,۰۶	۰,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۵	۰,۲۴	۰,۰۴
ریگی - گلی (F)	۰,۰۶	۰,۰۱	۰,۰۷	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۲	۰,۰۴	۰,۰۷	۰,۰۶	۰,۰۱	۰,۱۶	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۲	۰,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۵	۰,۰۳	۰,۰۴
والون ها (G)	۰,۰۸	۰,۰۱	۰,۰۴	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۵	۰,۰۶	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۲	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۸	۰,۰۱	۰,۰۲
کانگلو میرات ها (H)	۰,۰۰	۰,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۸	۰,۰۱	۰,۰۱
گلی - ریگی (I)	۰,۰۶	۰,۰۱	۰,۰۴	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۵	۰,۰۲	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۵	۰,۰۳	۰,۰۲
لچینگ (J)	۰,۰۸	۰,۰۲	۰,۰۷	۰,۰۹	۰,۰۸	۰,۱۱	۰,۱۰	۰,۰۷	۰,۱۰	۰,۰۵	۰,۲۳	۰,۱۹	۰,۰۱	۰,۰۲	۰,۰۱	۰,۱۱	۰,۰۸	۰,۰۳	۰,۰۸
گراولنشیني (K)	۰,۱۰	۰,۰۲	۰,۰۷	۰,۰۰	۰,۱۱	۰,۰۰	۰,۰۷	۰,۰۵	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۳	۰,۲۷	۰,۱۱	۰,۳۰	۰,۰۸	۰,۱۶	۰,۰۸	۰,۰۲	۰,۰۹
جیک (L)	۰,۰۸	۰,۰۲	۰,۰۴	۰,۱۵	۰,۰۸	۰,۱۵	۰,۱۰	۰,۰۵	۰,۰۶	۰,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۴	۰,۱۸	۰,۱۸	۰,۰۸	۰,۱۱	۰,۰۸	۰,۰۱	۰,۰۸
روش میز (M)	۰,۱۰	۰,۰۱	۰,۰۴	۰,۲۲	۰,۱۱	۰,۱۱	۰,۰۷	۰,۰۵	۰,۰۶	۰,۱۶	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۴	۰,۰۱	۰,۱۴	۰,۱۶	۰,۰۸	۰,۰۱	۰,۰۸
تعداد اکسکواتور (N)	۰,۰۸	۰,۱۴	۰,۰۹	۰,۱۵	۰,۱۴	۰,۰۶	۰,۰۴	۰,۰۷	۰,۱۰	۰,۱۶	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۱۸	۰,۰۶	۰,۱۹	۰,۱۱	۰,۰۸	۰,۰۲	۰,۰۹
انواع غربال ها (O)	۰,۰۶	۰,۲۳	۰,۰۹	۰,۰۱	۰,۱۱	۰,۰۶	۰,۰۷	۰,۰۵	۰,۰۶	۰,۱۶	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۳	۰,۰۰	۰,۰۵	۰,۰۱	۰,۰۶
واتر پمپ ها (P)	۰,۰۸	۰,۳۳	۰,۱۲	۰,۰۱	۰,۰۸	۰,۱۱	۰,۰۴	۰,۰۳	۰,۰۶	۰,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۱۴	۰,۰۲	۰,۰۵	۰,۰۱	۰,۰۶
نوع ترانسپورت (Q)	۰,۰۳	۰,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۱	۰,۰۲	۰,۰۱
نیرو کاری ماهر (R)	۰,۰۶	۰,۱۴	۰,۰۴	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۶	۰,۱۰	۰,۰۷	۰,۰۶	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۲۷	۰,۲۵	۰,۳۰	۰,۱۹	۰,۱۶	۰,۰۵	۰,۰۸	۰,۱۲
																			۱,۰۰



جدول ۴: ماتریس وزنی معیارها و میزان τ_{max}

معیارها	ساختمان زمین (A)	مسیر دریا (B)	شیب ساحه (C)	ساختار جیولوجیکی (D)	ریگی (E)	ریگی - گلی (F)	والون ها (G)	کانگلو میرات ها (H)	گلی - ریگی (I)	لچینگ (J)	گرولسینی (K)	چپک (L)	روش میز (M)	اکسکواتور (N)	انواع غزال ها (O)	واتر پمپ ها (P)	نوع ترانسپورت (Q)	نیرو کاری ماهر (R)	مجموع اوزان نرمال شده معیارها	$\tau_{max.i}$
ساختمان زمین (A)	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۲	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۵۹۶	۲۹.۸
مسیر دریا (B)	۰.۱	۰.۰	۰.۰	۰.۷	۰.۲	۰.۱	۰.۱	۰.۰	۰.۱	۰.۲	۰.۲	۰.۲	۰.۳	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۳.۰۵۸	۳۴.۵
شیب ساحه (C)	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۳۰۴	۲۵.۷
ساختار جیولوجیکی (D)	۰.۱	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۱	۰.۱	۰.۱	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۶	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۱	۰.۳	۰.۰	۰.۰	۲.۷۲۲	۳۲.۰
ریگی (E)	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۱	۰.۱	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۳	۱.۰۰۷	۲۵.۳
ریگی - گلی (F)	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۴	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۱.۰۶۲	۳۰.۰
والون ها (G)	۰.۱	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۵۵۰	۲۳.۶
کانگلو میرات ها (H)	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۲۵۰	۲۴.۴
گلی - ریگی (I)	۰.۱	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۵۰۵	۲۶.۱
لچینگ (J)	۰.۱	۰.۰	۰.۰	۰.۲	۰.۰	۰.۱	۰.۱	۰.۰	۰.۱	۰.۰	۰.۶	۰.۴	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۳	۰.۰	۰.۰	۲.۷۷۰	۳۴.۲



مجله علمی - تحقیقی علوم انجینیری پوهنتون بغلان
د بغلان پوهنتون د انجینیری علومو علمي او څېړنیزه مجله
<https://baghlan.edu.af/> -/ volume (1) , Issue (2), 2024, P (1-26)

گراولنشیني (K)	۰.۱	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۲	۰.۰	۰.۱	۰.۰	۰.۱	۰.۰	۰.۰	۰.۵	۰.۲	۰.۴	۰.۱	۰.۴	۰.۰	۰.۰	۲,۸۸۲	۳۲.۹
	۸	۳	۶	۱	۸	۱	۲	۵	۰	۱	۹	۶	۳	۷	۷	۳	۶	۲		
جیک (L)	۰.۱	۰.۰	۰.۰	۰.۴	۰.۲	۰.۲	۰.۱۶	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۳	۰.۲	۰.۱	۰.۳	۰.۰	۰.۰	۲,۶۸۸	۳۳.۹
	۴	۳	۴	۳	۰	۵	۰	۵	۶	۲	۱	۸	۹	۸	۷	۱	۶	۲		
روش میز (M)	۰.۱	۰.۰	۰.۰	۰.۶	۰.۲	۰.۱	۰.۱	۰.۰	۰.۰	۰.۲	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۲	۰.۴	۰.۰	۰.۰	۲,۶۹۳	۳۴.۹
	۸	۲	۴	۰	۸	۸	۲	۵	۶	۴	۳	۲	۸	۲	۹	۳	۶	۲		
اکسکواتور (N)	۰.۱	۰.۲	۰.۰	۰.۴	۰.۳	۰.۱	۰.۰	۰.۰	۰.۱	۰.۲	۰.۰	۰.۰	۰.۳	۰.۰	۰.۴	۰.۳	۰.۰	۰.۰	۳,۱۸۳	۳۳.۵
	۴	۷	۸	۳	۶	۱	۷	۷	۰	۴	۲	۳	۹	۹	۰	۱	۶	۲		
انواع غربال ها (O)	۰.۱	۰.۴	۰.۰	۰.۰	۰.۲	۰.۱	۰.۱	۰.۰	۰.۰	۰.۲	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۱,۷۱۵	۲۹.۷
	۰	۴	۸	۳	۸	۱	۲	۵	۶	۴	۳	۳	۲	۱	۶	۱	۳	۲		
واتر پمپ ها (P)	۰.۱	۰.۶	۰.۱	۰.۰	۰.۰	۰.۱	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۲	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۱,۸۹۶	۳۰.۹
	۴	۲	۱	۲	۲	۸	۷	۳	۶	۲	۱	۲	۱	۲	۹	۶	۳	۲		
نوع ترانسپورت (Q)	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰,۲۱۸	۳۱.۲
	۶	۲	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲		
نیرو کاری ماهر (R)	۰.۱	۰.۲	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۱	۰.۱	۰.۰	۰.۰	۰.۲	۰.۴	۰.۵	۰.۵	۰.۴	۰.۴	۰.۴	۰.۰	۰.۱	۴,۰۷۰	۳۳.۸
	۰	۷	۴	۲	۱	۱	۶	۷	۶	۴	۴	۶	۴	۷	۰	۳	۳	۲		
																			$\sum \tau_{max,i}$	۵۴۶.۵
																			τ_{max}	۳۰.۴



جدول ۵: نمونه پرسشنامه در قالب روش SAW

معیارها /گزینه ها	ساختمان زمین (A)	مسیر دریا (B)	شیب ساحه (C)	ساختار جیولوجیکی (D)	ریگی (E)	ریگی - گلی (F)	والون ها (G)	کاتگومیرات ها (H)	گلی - ریگی (I)	لچینگ (J)	گراولسپینی (K)	چیک (L)	روش میز (M)	اکسکواتور (N)	انواع غرنال ها (O)	واتر پمپ ها (P)	نوع ترانسپورت (Q)	نیرو کاری ملهر (R)
خصوصیات ترسبات																		
وسایل و تجهیزات کار																		
ساختمان جیولوجیکی																		
روش استخراج																		



جدول ۶: ماتریس تصمیم

معیارها / گزینه ها	ساختمان زمین (A)	مسیر دریا (B)	شیب ساحه (C)	ساختار جیولوجیکی (D)	ریگی (E)	ریگی - گلی (F)	والون ها (G)	کانگومیرات ها (H)	گلی - ریگی (I)	لپینگ (J)	گراولشتنی (K)	چیک (L)	روش میز (M)	اکسکواتور (N)	انواع غریال ها (O)	واتر پمپ ها (P)	نوع ترانسپورت (Q)	نیرو کاری ملهر (R)
max/min	max	max	max	max	max	max	min	min	max	max	max	max	max	max	max	max	min	max
خصوصیات ترسبات	۲	۵	۴	۱	۵	۵	۵	۵	۵	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
وسایل و تجهیزات کار	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۱	۱	۲	۴	۴	۴	۴	۵	۵	۵	۵	۵
ساختمان جیولوجیکی	۵	۴	۴	۵	۳	۳	۴	۳	۳	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
روش استخراج	۴	۵	۵	۵	۴	۴	۲	۲	۴	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۴	۵	۵
max/min	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۱	۱	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۱	۵



جدول ۷: ماتریس تصمیم نرمالیزه شده

معیارها /گزینه ها	ساختمان زمین (A)	مسیر دریا (B)	شیب ساحه (C)	ساختار جیولوجیکی (D)	ریگی (E)	ریگی - گلی (F)	والون ها (G)	کانگومیرات ها (H)	گلی - ریگی (I)	لچینگ (J)	گراولشینی (K)	چپک (L)	روش میز (M)	آکسکوالور (N)	انواع غربال ها (O)	واتر پمپ ها (P)	نوع ترانسپورت (Q)	نیزو کاری مله (R)
max/min	max	max	max	max	max	max	min	min	max	max	max	max	max	max	max	max	min	max
خصوصیات ترسبات	۰,۴	۱	۰,۸	۰,۲	۱	۱	۵	۵	۱	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۱	۰,۲
وسایل و تجهیزات کار	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۴	۰,۴	۱	۱	۰,۴	۰,۸	۰,۸	۰,۸	۰,۸	۱	۱	۱	۵	۱
ساختمان جیولوجیکی	۱	۰,۸	۰,۸	۱	۰,۶	۰,۶	۴	۳	۰,۶	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۱	۰,۲
روش استخراج	۰,۸	۱	۱	۱	۰,۸	۰,۸	۲	۲	۰,۸	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰,۸	۵	۱



جدول ۸: ماتریس وزنی گزینه ها

معیارها / گزینه ها	ساختمان زمین (A)	مسیر دریا (B)	شیب ساحه (C)	ساختار جیولوجیکی (D)	ریگی (E)	ریگی - کلی (F)	والون ها (G)	کانکلامیرات ها (H)	کلی - ریگی (I)	لچینگ (J)	گراولیشینی (K)	چیک (L)	روشن میز (M)	اکسکواتور (N)	انواع غریال ها (O)	واتر پمپ ها (P)	نوع ترانسپورت (Q)	نیزو کاری ملهر (R)	اوزان نرمال شده گزینه ها	اوزان گزینه ها
اوزان نرمال شده معیارها	۰.۰۲	۰.۰۹	۰.۰۱	۰.۰۹	۰.۰۴	۰.۰۴	۰.۰۲	۰.۰۱	۰.۰۲	۰.۰۸	۰.۰۹	۰.۰۹	۰.۰۸	۰.۰۹	۰.۰۶	۰.۰۶	۰.۰۱	۰.۱۲		
خصوصیات ترسبات	۰.۰۴ ۰	۰.۴۴ ۳	۰.۰۴ ۷	۰.۰۸ ۵	۰.۱۹ ۹	۰.۱۷ ۷	۰.۱۱ ۷	۰.۰۵ ۱	۰.۰۹ ۷	۰.۰۸ ۱	۰.۰۸ ۸	۰.۰۷ ۹	۰.۰۷ ۷	۰.۰۹ ۵	۰.۰۵ ۸	۰.۰۶ ۱	۰.۰۰ ۷	۰.۱۲ ۰	۱.۹۲۳	۰.۱۵ ۹
وسایل و تجهیزات کار	۰.۰۲ ۰	۰.۰۸ ۹	۰.۰۱ ۲	۰.۰۸ ۵	۰.۰۸ ۰	۰.۰۷ ۱	۰.۰۲ ۳	۰.۰۱ ۰	۰.۰۳ ۹	۰.۳۲ ۴	۰.۳۵ ۱	۰.۳۱ ۷	۰.۳۰ ۸	۰.۴۷ ۵	۰.۲۸ ۹	۰.۳۰ ۶	۰.۰۳ ۵	۰.۶۰ ۲	۳.۴۳۵	۰.۲۸ ۴
ساختمان جیولوجیکی	۰.۱۰ ۰	۰.۳۵ ۴	۰.۰۴ ۷	۰.۴۲ ۵	۰.۱۲ ۰	۰.۱۰ ۶	۰.۰۹ ۳	۰.۰۳ ۱	۰.۰۵ ۸	۰.۰۸ ۱	۰.۰۸ ۸	۰.۰۷ ۹	۰.۰۷ ۷	۰.۰۹ ۵	۰.۰۵ ۸	۰.۰۶ ۱	۰.۰۰ ۷	۰.۱۲ ۰	۲.۰۰۱	۰.۱۶ ۶
روش استخراج	۰.۰۸ ۰	۰.۴۴ ۳	۰.۰۵ ۹	۰.۴۲ ۵	۰.۱۶ ۰	۰.۱۴ ۱	۰.۰۴ ۷	۰.۰۲ ۰	۰.۰۷ ۷	۰.۴۰ ۵	۰.۴۳ ۸	۰.۳۹ ۷	۰.۳۸ ۵	۰.۴۷ ۵	۰.۲۸ ۹	۰.۲۴ ۵	۰.۰۳ ۵	۰.۶۰ ۲	۴.۷۲۳	۰.۳۹ ۱
																			۱۲.۰۸ ۲	۱.۰۰ ۰



بررسی اثر روش لایه‌نشانی پروسکایت FAPbI_3 بر ریخت‌شناسی لایه و کارایی (بازده) سلول خورشیدی

¹پوهنیار عنایت الله عرفانی استاد دیپارتمنت ریاضی و فزیک پوهنځی انجینیری پوهنتون بلخ

²پوهنیار محمد اسمعیل احساس استاد دیپارتمنت فزیک پوهنځی تعلیم و تربیه پوهنتون بلخ

Abstract

The aim of this research was to investigate the effect of the FAPbI_3 perovskite deposition method on the morphology of the layer and the performance of the solar cell. In the end, we concluded that the deposition method using various techniques such as spin coating and spin-dipping (one-step and two-step) has a significant impact on the morphology of the FAPbI_3 perovskite layer and also leads to an increase in the efficiency of the solar cell. FAPbI_3 perovskite has two phases: the black FAPbI_3 - α phase and the yellow FAPbI_3 - δ phase, with only the black phase being suitable for photovoltaic purposes. The growth of perovskite on the titanium dioxide (TiO_2) nanoparticle substrate plays a crucial role in the efficiency of the cell. Although XRD and I-V characterization indicate that the efficiency of the cell is higher in the two-step method, SEM images show that the perovskite layer in the one-step method has better morphology. The significant importance of this subject lies in the high efficiency of solar cells, their stability and durability, production costs, and performance under various environmental conditions.

Keywords: Perovskite solar cells, coating, Nanostructure, Morphology

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی تأثیر روش لایه‌نشانی پروسکایت FAPbI_3 بر ریخت‌شناسی لایه و کارایی سلول خورشیدی است. نتایج کار این است که روش لایه‌نشانی با استفاده از روش‌های مختلف مانند اسپین و اسپین-غوطه‌وری (یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای) تأثیر قابل توجهی بر ریخت‌شناسی لایه پروسکایت FAPbI_3 دارد و هم‌چنان منجر به افزایش بازده سلول خورشیدی می‌شود. پروسکایت FAPbI_3 دارای دو فاز α - FAPbI_3 سیاه‌رنگ و δ - FAPbI_3 زرد رنگ است که تنها فاز سیاه برای مقاصد فوتوولتایی مناسب می‌باشد. رشد پروسکایت بر روی زیر لایه نانو ذرات تیتانیوم‌دی‌اکسید (TiO_2) در کارایی سلول نقش بسزایی دارد. گرچه مشخصه‌یابی‌های XRD و I-V نشان می‌دهد که کارایی سلول در روش دو مرحله‌ای بیشتر است، اما تصاویر SEM نشان می‌دهد در روش تک‌مرحله‌ای لایه



پروسکایت از ریخت شناسی بهتری برخوردار است. اهمیت قابل توجه این موضوع عبارت از بازده بالای سلول خورشیدی، پایداری و دوام، هزینه‌های تولید و کارایی در شرایط مختلف محیطی است.

واژه‌های کلیدی: سلول‌های خورشیدی پروسکایتی، لایه نشانی، نانو ساختاری، ریخت شناسی

۱- مقدمه

طول پخش زیاد حامل‌های بار، گاف انرژی قابل تنظیم، فاکتور تلو رانس^۱ مناسب از خواص منحصر به فرد پروسکایت ها می‌باشد. همین امر موجب شده تا در سال‌های اخیر اینگونه سلول‌ها مورد توجه ویژه‌ی پژوهشگران قرار گیرد و رشد قابل توجهی داشته باشند، به گونه‌ای که بازدهی آن‌ها در چند سال اخیر از حدود ۳٪ به ۲۴/۷٪ رسیده است. ساختارهای مورد استفاده در این سلول‌ها به ساختارهای مسطح و مزوپروس تقسیم‌بندی می‌شوند. در ساختار مزوپروس از نانو ذرات TiO_2 به عنوان یک چهارچوب و تسهیل کننده انتقال الکترون استفاده می‌شود. در این پژوهش با توجه به بزرگی شعاع یونی FA^+ سعی شد تا با دو روش لایه نشانی پروسکایت (اسپین و اسپین - غوطه‌وری) به بررسی کارایی و ریخت شناسی پروسکایت پرداخته شد (Yin, W. J et al, 2014).

تلاش برای یافتن منابع انرژی تجدیدپذیر کارآمد و مقرون به صرفه، توسعه سلول‌های خورشیدی پروسکایتی (PSCs) را که در سال‌های اخیر پیشرفت چشمگیری داشته‌اند، به شدت تحت تأثیر قرار داده است. در میان مواد پروسکایتی مختلف، فرمامیدینیوم سرب یدید (FAPbI_3) به دلیل پایداری حرارتی برتر و باندگپ مناسب، به عنوان یک گزینه اصلی برای کاربردهای فوتوولتاییک با بازده بالا مطرح شده است. با این حال، دستیابی و حفظ فاز سیاه مطلوب ($\text{FAPbI}_3-\alpha$) در مقابل فاز زرد غیر فوتوولتاییک ($\text{FAPbI}_3-\delta$) برای عملکرد و پایداری PSC ها حیاتی است (Eperon et al, 2014).

مورفولوژی و بلورینگی لایه پروسکایت عوامل کلیدی مؤثر بر بازده PSC ها هستند. این ویژگی‌ها به شدت به روش‌های لایه نشانی مورد استفاده در فرآیند ساخت وابسته‌اند. تکنیک‌های مختلفی مانند اسپین کوتینگ و اسپین - دیپینگ (فرآیندهای تک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای) برای بهینه سازی کیفیت لایه پروسکایت مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Snaith, 2013). انتخاب روش لایه نشانی می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر رشد پروسکایت بر روی زیرلایه‌هایی مانند دی اکسید تیتانیوم (TiO_2) داشته باشد که به نوبه خود بر عملکرد کلی سلول خورشیدی تأثیر می‌گذارد (Mei et al, 2014).

¹Defect tolerance



در این پژوهش، اثرات روش‌های مختلف لایه‌نشانی بر مورفولوژی و بازده لایه‌های پروسکایت FAPbI_3 مورد بررسی قرار می‌گیرد. با استفاده از تکنیک‌های جامع مشخصه‌یابی از جمله پراش پرتو ایکس (XRD)، اندازه‌گیری‌های جریان-ولتاژ (I-V)، و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، سعی داریم رابطه بین روش لایه‌نشانی، مورفولوژی لایه و عملکرد دستگاه را روشن کنیم. این تحقیق به منظور بهینه‌سازی تکنیک‌های ساخت و در نتیجه افزایش بازده و دوام سلول‌های خورشیدی پروسکایتی انجام شده است (Saliba et al, 2016؛ Yang et al, 2017).

مسئله اصلی این تحقیق، بررسی و مقایسه تأثیر روش‌های مختلف لایه‌نشانی پروسکایت FAPbI_3 بر ریخت‌شناسی لایه و بازده سلول‌های خورشیدی است. این تحقیق به دنبال پاسخ به این سوال است که کدام روش لایه‌نشانی و تحت چه شرایطی می‌تواند بهترین کیفیت لایه پروسکایت و در نتیجه بالاترین بازده سلول‌های خورشیدی را فراهم کند. یافته‌های این تحقیق می‌تواند به بهینه‌سازی فرآیندهای ساخت و توسعه سلول‌های خورشیدی با بازده بالاتر و هزینه‌های تولید پایین‌تر کمک کند. در دنیای امروز، نیاز به انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر به طور فزاینده‌ای افزایش یافته است. سلول‌های خورشیدی به عنوان یکی از پرکاربردترین فناوری‌های تولید انرژی تجدیدپذیر، توجه بسیاری از پژوهشگران و صنعتگران را به خود جلب کرده‌اند. در این میان، سلول‌های خورشیدی پروسکایتی به دلیل بازده بالای تبدیل انرژی، هزینه‌های تولید پایین و فرآیندهای ساخت ساده، به عنوان یکی از امیدوارکننده‌ترین گزینه‌ها برای جایگزینی سلول‌های خورشیدی سیلیکونی مطرح شده‌اند. اهمیت و ضرورت این تحقیق به دلایل زیر است:

افزایش بازده سلول‌های خورشیدی: تحقیق در مورد روش‌های لایه‌نشانی و بهینه‌سازی شرایط فرآیندی می‌تواند بهبود قابل توجهی در بازده تبدیل انرژی سلول‌های خورشیدی ایجاد کند. این امر می‌تواند به کاهش هزینه‌های تولید و افزایش کاربرد سلول‌های خورشیدی در مقیاس وسیع کمک کند. پایداری و دوام بیشتر استفاده از روش‌های مناسب لایه‌نشانی می‌تواند به تثبیت فاز سیاه پروسکایت و کاهش تبدیل آن به فاز زرد کمک کند، که این امر منجر به افزایش پایداری و طول عمر سلول‌های خورشیدی می‌شود.

تحقیقات اخیر نیز به بررسی و بهبود روش‌های لایه‌نشانی برای تولید لایه‌های پروسکایت با کیفیت بالا پرداخته‌اند. برای مثال، تحقیقاتی توسط Kim و همکاران (۲۰۱۸) بر روی تکنیک‌های نوین لایه‌نشانی مانند لایه‌نشانی با روش چاپ جوهرافشان و نانوپوشش‌ها متمرکز شده است، که نشان



داده‌اند این روش‌ها می‌توانند بهبود قابل توجهی در یکنواختی و خواص اپتیکی لایه‌های پروسکایت ایجاد کنند. این پیشرفت‌ها به نوبه خود می‌تواند به افزایش کارایی و پایداری سلول‌های خورشیدی پروسکایتی منجر شود.

به علاوه، Zhang و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی دیگر به بررسی تأثیر شرایط محیطی و پارامترهای فرآیند بر کیفیت لایه‌های پروسکایت پرداختند. این مطالعه نشان داد که کنترل دقیق دما و رطوبت در طی فرآیند لایه‌نشانی می‌تواند تأثیر بسزایی بر مورفولوژی و پایداری لایه‌های پروسکایت داشته باشد و به بهبود عملکرد سلول‌های خورشیدی کمک کند.

یکی دیگر از جنبه‌های مورد بررسی در پژوهش‌های اخیر، استفاده از مواد افزودنی و اصلاح‌کننده‌ها برای بهبود ویژگی‌های لایه‌های پروسکایت است. تحقیقات انجام شده توسط Liu و همکاران (۲۰۲۰) نشان داده‌اند که افزودن ترکیبات خاص به محلول پروسکایت می‌تواند به بهبود ساختار بلوری و کاهش نقص‌های سطحی لایه‌ها منجر شود، که در نهایت به افزایش بازده و طول عمر سلول‌های خورشیدی کمک می‌کند.

در کل، پیشینه تحقیق در زمینه پروسکایت‌های FAPbI_3 و تأثیر روش‌های مختلف لایه‌نشانی بر ریخت‌شناسی و کارایی سلول‌های خورشیدی نشان می‌دهد که این حوزه به سرعت در حال پیشرفت است و تلاش‌های گسترده‌ای برای بهینه‌سازی فرآیندها و بهبود ویژگی‌های عملکردی سلول‌های خورشیدی در حال انجام است. این پیشرفت‌ها می‌توانند به تولید سلول‌های خورشیدی با بازده بالاتر، پایداری بیشتر و هزینه‌های تولید پایین‌تر منجر شوند.

۲- مواد و روش تحقیق

حمام فراصوت (اولتراسونیک): به منظور افزایش کیفیت لایه‌های نازک و داشتن چسبندگی مناسب مواد لایه‌نشانی شده به زیرلایه‌ها، باید نمونه‌ها عاری از هرگونه چربی، رسوبات و سایر آلودگی‌های فوق ریز باشند بدین جهت، برای تمیز نمودن زیرلایه‌ها از دستگاه حمام فراصوت استفاده می‌شود. این دستگاه با ایجاد امواج فراصوت، باعث می‌شود که هرگونه آلودگی هرچند ریز از سطح زیرلایه کنده شده و سطح بسیار تمیزی ایجاد گردد. دلیل این پدیده ایجاد امواج ضربه‌ای ناشی از خلأ عقب نشینی و موج فشار برگشتی از سطح می‌باشد. لذا با تولید و انهدام مرتب حباب‌های هوا درون مایع، عمل شستشو و تمیز نمودن سطح به‌خوبی انجام می‌گیرد. دستگاه همزن فراصوت مورد استفاده در شکل زیر نشان داده شده است

دستگاه همزن فراصوت (التراسونیک): به منظور افزایش کیفیت لایه‌های نازک و داشتن چسبندگی مناسب مواد لایه‌نشانی شده به زیرلایه‌ها، باید نمونه‌ها عاری از هرگونه چربی، رسوبات و



سایر آلودگی‌های فوق ریز باشند بدین جهت، برای تمیز نمودن زیرلایه‌ها از دستگاه همزن فراصوت استفاده می‌شود. این دستگاه با ایجاد امواج فراصوت، باعث می‌شود که هرگونه آلودگی هرچند ریز از سطح زیرلایه کنده شده و سطح بسیار تمیزی ایجاد گردد. دلیل این پدیده ایجاد امواج ضربه‌ای ناشی از خلأ عقب نشینی و موج فشار برگشتی از سطح می‌باشد. لذا با تولید و انهدام مرتب حباب‌های هوا درون مایع، عمل شستشو و تمیز نمودن سطح به‌خوبی انجام می‌گیرد.

کوره مکعبی: بر خلاف کوره افقی، این کوره محفظه‌ای مکعبی داشته و روند گرم شدن بدون شیب دمایی است. این کوره عموماً برای پخت لایه‌ی سردکننده حفره که نیاز به برنامه دمایی خاصی ندارد مورد استفاده قرار گرفته است. سرعت سرد شدن این کوره نسبتاً پایین است و به‌عنوان یک سیستم بازپخت مناسب است.

کوره افقی: به منظور پخت نمونه در حرارت‌های بالا در حدود ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد از کوره افقی ساخت شرکت اکسایتون استفاده گردید. این کوره در سیستم کنترل دمایی قابلیت برنامه‌ریزی در ۹ مرحله و حداکثر دمای نهایی ۱۱۵۰ درجه سانتی‌گراد را داراست.

آون الکتریکی دمای پایین: برای خشک کردن زیرلایه‌ها و وسایل آزمایش از کوره الکتریکی با دمای ۱۰۰ تا ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد استفاده گردید. برای خشک کردن اولیه بعضی از لایه‌های لایه‌نشانی شده مانند لایه انتقال‌دهنده الکترون و همین‌طور سنتز برخی مواد نیز از آون استفاده می‌شود. آون مورد استفاده در پژوهش ساخت شرکت فن آوران سپند آذر مدل D250 بوده و حداکثر دمای آن ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد است.

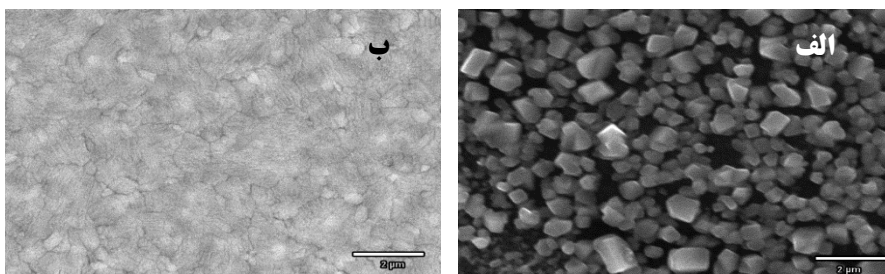
ترازوی دیجیتال: برای وزن کردن مواد، از ترازوی دیجیتال مدل HR-300 Series با دقت چهار رقم اعشار موجود در آزمایشگاه استفاده شد.

جهت ساخت سلول‌های خورشیدی پروسکایتی، ابتدا بخشی از لایه‌ی FTO بر روی شیشه، با توجه به ساختار مورد نظر به روش شیمیایی (پودر روی و HCl) لایه‌برداری شد. پس از شستشو زیر لایه‌ها، تیتانیوم‌ایزوپروکسید به روش چرخشی و با سرعت چرخش ۴۰۰۰ دور بر دقیقه بر روی زیرلایه لایه‌نشانی شد. بعد از خشک شدن لایه در دمای ۱۲۰° سانتیگراد، تا دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد و به مدت ۶۰ دقیقه پخت داده شد. لایه‌ی نانو ساختار تیتانیوم‌دی‌اکسید (TiO₂) نیز به روش چرخشی و با سرعت چرخش ۴۰۰۰ دور بر دقیقه لایه‌نشانی شد. این لایه به مدت ۶۰ دقیقه تا دمای ۵۰۰°C پخت داده شد. لایه‌ی پروسکایت با دو روش لایه نشانی تک مرحله‌ای اسپین (Spin) و دو مرحله‌ای اسپین-غوطه‌وری (Spin-dip) لایه‌نشانی شد. در روش تک مرحله‌ای از نسبت حجمی ۱:۹ دی‌متیل-فراماید (DMF) و دی‌متیل‌سولفید (DMSO) به‌عنوان حلال استفاده گردید. همچنین محلول

پروسکایت با حل کردن پیش ماده‌های PbI_2 , $\text{CH}(\text{NH}_2)_2\text{I}$ (FAI) و با نسبت‌های مولی ۱:۱:۱ در DMSO به دست آمد. در نهایت از آنتی‌سالونت ۱ جهت اصلاح سطح و آینه‌ای شدن فیلم پروسکایت استفاده شد. فیلم آماده شده به مدت ۳۰ دقیقه در دمای 100° پخت داده شد. برای روش دو مرحله‌ای اسپین-غوطه وری محلول زرد رنگ یک مولار سرب‌یدید در دی‌متیل فرمامید، به روش چرخشی و با سرعت ۴۰۰۰ دور بر دقیقه، لایه‌نشانی شد. زیر لایه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در دمای 70° سانتیگراد قرار گرفت و در مرحله‌ی دوم لایه‌نشانی، درون محلول $\text{HC}(\text{NH}_2)_2\text{I}$ با غلظت ۱۰ mg/ml در ایزوپروپانول با دمای 80° سانتیگراد غوطه‌ور شد. در این مرحله پروسکایت $\text{HC}(\text{NH}_2)_2\text{PbI}_3$ تشکیل می‌شود. سپس زیر لایه‌ها در دمای 170° سانتیگراد به مدت ۲۰ دقیقه خشک شد. در آخرین مرحله، ۶۰ نانومتر طلا توسط دستگاه کندوپاش به عنوان الکتروود مقابل لایه‌نشانی شد (Lee MM et al, 2012).

۴- یافته ها

در ابتدا از سطح نمونه های ساخته شده SEM گرفته شد. تصاویر SEM در شکل 1-2 نشان می‌دهد پروسکایت تک مرحله‌ای بلورهای بزرگتر، بهم پیچیده تر بی شکل و سطح یکنواخت‌تری دارد اما پروسکایت ساخته شده به روش دو مرحله‌ای دارای ظاهر مکعبی و ریخت شناسی سطح سه بعدی دارد. (تصاویر توسط دستگاه SEM گرفته شده)



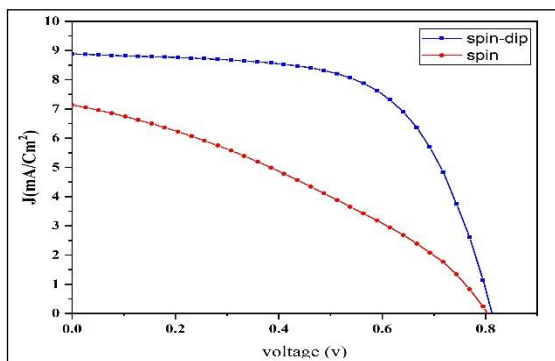
شکل ۱: تصاویر SEM از سطح پروسکایت الف : روش اسپین -غوطه وری (ب) روش اسپین با توجه به تصاویر SEM و ساختار مورد استفاده (مزوپروس بدون انتقال دهنده حفره) انتظار بر این است که نمونه تک مرحله‌ای از کارایی بهتری برخوردار باشد. برای بررسی مشخصات فوتوولتایی، از نمونه ها تحت تابش AM1.5، I-V گرفته شد. شکل ۲ منحنی ولتاژ-جریان نمونه‌ها را نشان می‌دهد.

^۱ anti-solvent

همان طور که مشاهده می شود علی رغم انتظار، نمونه ساخته شده به روش دو مرحله کارایی بهتری برخوردار بوده است. (گراف در برنامه اورجین ترسیم شده).

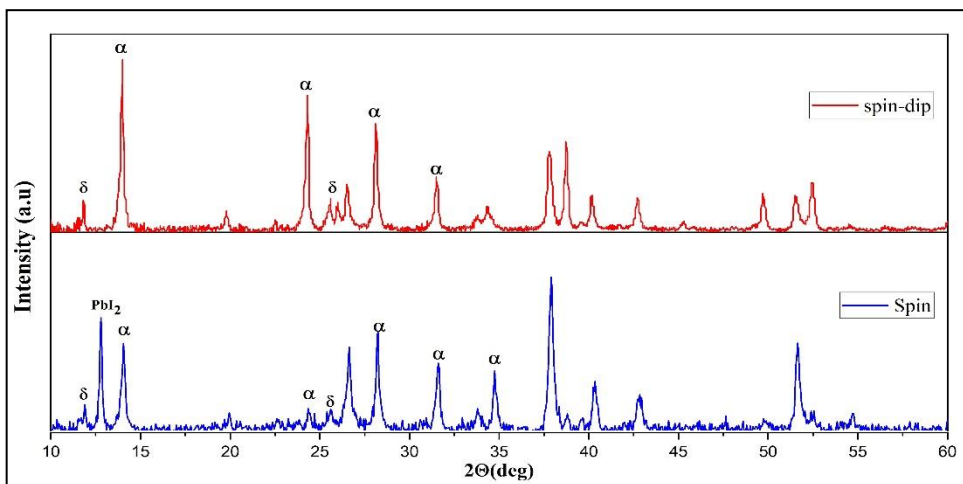
جدول ۱: مشخصات فوتوولتایی نمونه ها به دو روش مختلف

روش	V_{oc}	J_{cs}	FF (%)	(%) Eff
دو مرحله ای	۰/۸۱	۸/۸۹	۶۲/۷	۴/۵
تک مرحله ای	۰/۸۱	۷/۱۴	۳۵/۰	۲/۰



شکل ۲: منحنی ولتاژ جریان نمونه ها ساخته شده به دو روش مختلف

برای بررسی علت این اختلاف از نمونه ها آزمون پراش اشعه X (XRD) گرفته شد. با توجه به شکل ۳ مشاهده می شود که در هر دو نمونه مقدار فاز زرد δ -FAPbI₃ موجود می باشد. اما نمونه ساخته شده در روش تک مرحله ای علاوه بر فاز زرد مقداری PbI₂ باقی مانده این امر سبب کاهش کارایی سلول شده است. همچنین شدت پیک های فاز سیاه پروسکایت α -FAPbI₃ در روش دو مرحله ای بیشتر است که این امر می تواند اختلاف کارایی دو روش را توجیه نماید.



شکل ۳: نقش پراش XRD به دو روش مختلف

۵- نتیجه گیری

با توجه به بررسی اثر روش لایه‌نشانی پروسکایت FAPbI_3 بر ریخت‌شناسی لایه و کارایی (بازده) سلول خورشیدی در این پژوهش، می‌توان به شکل ذیل نتیجه‌گیری کرد. روش لایه‌نشانی با استفاده از روش‌های مختلف مانند اسپین کوتینگ، پاشش الکترواستاتیکی و تبخیر بخار، تأثیر قابل توجهی بر ریخت‌شناسی لایه پروسکایت FAPbI_3 دارد. این روش‌ها می‌توانند بهبودهای قابل توجهی در نظم و همواری لایه‌های پروسکایت ایجاد کنند.

ریخت‌شناسی بهتر لایه پروسکایت FAPbI_3 منجر به افزایش بازده سلول خورشیدی می‌شود. با افزایش نظم و یکنواختی در ساختار لایه‌های پروسکایت، اثرات غیرمطلوبی مانند خطاهای ریخت‌شناسی و شکست ساختاری کاهش می‌یابند که منجر به افزایش بازده سلول خورشیدی می‌شود. روش لایه‌نشانی پروسکایت FAPbI_3 می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر کارایی سلول خورشیدی داشته باشد. با استفاده از روش‌های بهینه لایه‌نشانی، می‌توان بهبودهای قابل توجهی در بازده سلول خورشیدی حاصل کرد.

بلورها در روش تک‌مرحله‌ای بزرگتر و بهم پیچیده‌تر و هم سطح می‌باشند. پیش‌بینی می‌شود در صورت عدم استفاده از انتقال‌دهنده حفره در ساختار سلول، ریخت‌شناسی نمونه تک‌مرحله‌ای برای اتصال بهتر طلا و پروسکایت مناسب‌تر باشد. اما با توجه به مکانیزم مالیکولی لایه‌نشانی تک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای می‌توان گفت در روش تک‌مرحله‌ای با توجه به تشکیل سریع پروسکایت در لایه‌های



بالایی مزوپروس و عدم نفوذ آنتی سالونت به لایه‌های میانی و مزوپروس، تشکیل پروسکایت FAPbI_3 بر روی نانو ذرات TiO_2 در مقایسه با روش دو مرحله‌ای از کیفیت مناسبی برخوردار نمی‌باشد.

۶- منابع

- [1] Yin, W. J., Shi, T., & Yan, Y. (2014). Unique properties of halide perovskites as possible origins of the superior solar cell performance. *Advanced materials* (Deerfield Beach, Fla.), 26(27), 4653-4658.
- [2] Lee MM, Teuscher J, Miyasaka T, Murakami TN, Snaith HJ. Efficient hybrid solar cells based on meso-superstructured organometal halide perovskites. *Science*. 2;338(6107):643-647, 2012.
- [3] Eperon, G. E., et al. (2014). "Formamidinium lead trihalide: a broadly tunable perovskite for efficient planar heterojunction solar cells." *Energy & Environmental Science*, 7, 982-988.
- [4] Snaith, H. J. (2013). "Perovskites: the emergence of a new era for low-cost, high-efficiency solar cells." *The Journal of Physical Chemistry Letters*, 4, 3623-3630.
- [5] Mei, A., et al. (2014). "A hole-conductor-free, fully printable mesoscopic perovskite solar cell with high stability." *Science*, 345, 295-298.
- [6] Saliba, M., et al. (2016). "Incorporation of rubidium cations into perovskite solar cells improves photovoltaic performance." *Science*, 354, 206-209.
- [7] Yang, W. S., et al. (2017). "Iodide management in formamidinium-lead-halide-based perovskite layers for efficient solar cells." *Science*, 356, 1376-1379.
- [8] Kim, H. S., et al. (2018). "High-efficiency perovskite solar cells via improved light management." *Advanced Functional Materials*, 28(19), 1800142.
- [9] Zhang, Y., et al. (2019). "Influence of environmental factors on the stability of perovskite solar cells: A review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 101, 163-178.
- [10] Liu, Y., et al. (2020). "Additive engineering for high-performance perovskite solar cells." *Energy & Environmental Science*, 13, 1191-1210.



نقش منابع آبی در توسعه گردشگری

¹پوهنمل محمد بشیر ایماق عضو کادر علمی دیپارتمنت انجینیری استخراج معادن، پوهنځی انجینیری پوهنتون بغلان.

The role of water resources in tourism development

Abstract

Tourism as an important economic industry in today's world has developed and has attracted the attention of national and local officials. Tourism development can be one of the components of sustainable economic development of countries. This research was done in order to know the different types of water resources and their role in the creation and formation of tourist attractions and also to get the impact of water resources in the development of tourism. The research method of this article is a descriptive analytical method in a library style. So that information and information from books and authentic scientific articles have been collected, classified and analyzed, and finally, the conclusion has been expressed. The results of this research show that water, as a vital substance on the planet, while playing a prominent role in the cells of living organisms, has a wide spread to the surface of the earth. In addition, water has profound effects on human performance, changing the earth's relief and creating cultural differences in human societies. Tourism development has elements such as tourist attractions, tourism facilities and services, tourism development can only be achieved by passing through water resources routes. Through its direct and indirect effects, water resources provide the grounds for the creation of natural tourist attractions and facilitate the necessary tourism services. Afghanistan is a good base for the development of tourism due to having sufficient amount of water resources, uneven relief, actual and potential tourist attractions, and with the necessary planning, we can develop all types of tourism in the country and achieve a prosperous economy.

Key word: Water, development, attractions, tourism, water resources.

¹ Email: bashiraimaq123@gmail.com



چکیده

گردشگری منحيث یک صنعت مهم اقتصادی در جهان امروز تبارز نموده و توجه مسولان ملی و محلی را به خود جلب کرده است. توسعه گردشگری می تواند یکی از مولفه های توسعه اقتصاد پایدار کشورها باشد. این تحقیق به منظور شناخت گونه های مختلف منابع آبی و نقش آن در ایجاد و تشکیل جاذبه های گردشگری و همچنان دریافت میزان تاثیرات منابع آبی در توسعه گردشگری انجام یافته است. تحقیق هذا از نوع توصیفی - تحلیلی به روش کتابخانه ای می باشد. طوریکه اطلاعات و معلومات از کتب و مقالات علمی معتبر گردآوری، طبقه بندی و مورد تحلیل قرار گرفته است. نتایج این تحقیق نشان میدهد که آب به عنوان ماده حیاتی در کره زمین ضمن نقش برجسته در سلول های موجودات زنده، دارای سطح گسترش وسیع به روی زمین می باشد. برعلاوه، آب تاثیرات عمیق در عملکرد انسان ها، تغییر ریلیف زمین و ایجاد تفاوت های فرهنگی جوامع بشری دارد. توسعه گردشگری دارای ارکان چون جاذبه های گردشگری، تسهیلات - خدمات گردشگری می باشد. دست یابی به توسعه گردشگری تنها با عبور از مسیرهای منابع آبی مقدور است. منابع آبی از طریق تاثیرات مستقیم و غیرمستقیم خویش زمینه های ایجاد جاذبه های گردشگری طبیعی را مهیا و تسهیلات - خدماتی لازم گردشگری را نیز مساعد می سازد. افغانستان به نسبت داشتن میزان کافی منابع آبی، ریلیف ناهموار، جاذبه های گردشگری بالفعل و بالقوه بستر خوب برای توسعه گردشگری بوده و با برنامه ریزی های لازم می توان، انواع گردشگری را درین کشور توسعه داده و از آن طریق در توسعه اقتصادی کشور کمک کرد.

کلید واژه ها: آب، افغانستان، توسعه، جاذبه ها، گردشگری، منابع آبی.

۱. مقدمه

گردشگری منحيث یک صنعت مهم در توسعه اقتصادی کشورها نقش اساسی را دارد. گردشگری یک فعالیت اقتصادی است که سالانه یک حجم زیاد پول ازین طریق آن حاصل می گردد، سهم گردشگری در کل صادرات جهان ۱۷ درصد است (یعقوب زاده و همکاران، ۱۳۹۳ ص ۳). توسعه گردشگری به عوامل متعدد چون جاذبه های گردشگری و تسهیلات - خدمات گردشگری رابطه مستقیم دارد (فرجی - راد، ۱۳۸۸ ص ۶۶). منابع آبی به عنوان یک پدیده مهم و تاثیر گزار در ایجاد و توسعه جاذبه های گردشگری، خدمات - تسهیلات گردشگری دارای جایگاه ویژه است. اینکه منابع آبی چگونه می تواند در توسعه گردشگری نقش داشته باشد، سوالی است که تا هنوز در رابطه به آن به صورت عملی



پرداخته نشده است. برای دریافت پاسخ مناسب به این پرسش ایجاب میکند که حول این محور بحث علمی صورت گیرد و زوایای تاریک آن روشن و پاسخ های لازم دریافت گردد.

اهداف این تحقیق شناخت آب، منابع آبی، گردشگری، انواع گردشگری، تشخیص عملکرد آب در ایجاد جاذبه های گردشگری و تعیین نقش منابع آبی در انکشاف و توسعه گردشگری می باشد. در این مقاله تلاش گردیده که به این دو پرسش عمده با استفاده از روش تحقیق توصیفی - تحلیلی پاسخ قناعت بخش دریافت گردد، آن اینکه منابع آبی در ایجاد جاذبه های گردشگری چگونه نقش بازی میکند و همچنان نقش منابع آبی در توسعه گردشگری چیست. توسعه اقتصادی یکی از آرمان های ملی هر ملت می باشد. برای رسیدن به توسعه اقتصادی ضرورت است که مولفه آن دریافت و برنامه ریزی مناسب صورت گیرد. توسعه گردشگر می تواند به عنوان یکی از مولفه های توسعه اقتصادی در کشور تلقی گردد. توسعه گردشگری به فکتورهای متعدد چون جاذبه های گردشگری و تسهیلات آن وابسته است. منابع آبی در توسعه گردشگری نقش سازنده دارد. تحقیق هذا تحت عنوان نقش منابع آبی در توسعه گردشگری برای شناخت منابع آبی، تاثیر عملکرد آب در ایجاد جاذبه های گردشگری و عوامل توسعه گردشگری بسیار با اهمیت است.

تعیین و تشخیص نقش منابع آبی در توسعه گردشگری، فرصت های شناخت منابع مهم اقتصادی و توسعه گردشگری را افزایش داده و از طریق آن برای متصدیان امور در امر توسعه اقتصادی کشور کمک می کند. در این مقاله سعی گردیده که مفاهیم بصورت فشرده و معطوف بر افغانستان تحریر گردد. برای تصور و تفهیم بهتر مباحث از جدوال، چارته ها استفاده شده است. برای رسیدن به اهداف این تحقیق تعداد از مباحث لازم چون آب و منابع آبی، منابع آبی افغانستان، گردشگری و انواع آن، توسعه گردشگری، گردشگری در افغانستان منحنی مبنای نظری درین مقاله گنجانیده شده است.

در رابطه به عنوان تحقیق هذا مطالعات در چارچوب آثار مکتوب صورت نگرفته است، اما در رابطه به عناوین فرعی این مقاله مطالب متعدد در کتب و مقالات علمی مختلف در دسترس بوده است. از این رو مقاله علمی هذا تحت عنوان نقش منابع آبی در توسعه گردشگری یک موضوع کاملاً جدید و بکر بوده که تاکنون در رابطه عنوان فوق کدام تحقیق مستقل صورت نگرفته است.

۲. روش تحقیق

روش تحقیق هذا از نوع توصیفی تحلیلی می باشد. اطلاعات و داده ها از کتب و مقالات معتبر علمی گردآوری شده است. طوریکه در ابتدا کتب و مقالات مرتبط راجع به عنوان مقاله جمع آوری و مطالعه



گردیده و بعداً مباحث ضروری از آن اقتباس و با در نظر داشت تسلسل آن در پیکر مقاله قرار گرفته است. در نهایت اطلاعات و داده ها تحلیل و نتایج آن نظر به سوالات تحقیق و اهداف مقاله بدست آمده است. در آخر نتیجه گیری مختصر صورت گرفته است.

۱-۲. آب و منابع آبی

آب و منابع آبی در ایجاد مناظر طبیعی و تغییر اقلیم در زمین از طریق پروسه های جیولوژیکی، جغرافیایی، هایدرو جیولوژیکی و هایدرو لژیکی جایگاه اساسی را به خود اختصاص داده و به زیبایی و جاذبه های طبیعی افزوده است. آب حدود ۷۵ فیصد سطح زمین را پوشانیده است. متناسب به ساحه گسترش جغرافیایی آب تاثیرات آن ها روی تمامی فعالیت های انسانی سایه افکنده است. آب در ماهیگیری، ماهی پروری، حمل بارهای سنگین، خندق های مملو از آب منحنیث کمر بندی امنیتی امپراطوران گذشته، امور رهائشی، زراعت، صنعت، استحصال برق، مقاصد تجارتي، حفظ محیط زیست، کشتی رانی و تفریح کاربرد دارد. منابع آبی منحنیث سرحد جغرافیایی برای قبایل و ملیت های مختلف عمل کرده و باعث ایجاد فرهنگ ها و زبان های مختلف گردیده است (علیم، ۱۳۹۶ ص ۴).

منابع آبی زمین به صورت عموم به دو بخش عمده تقسیم می گردد که عبارت از منابع آب سطحی و منابع آب زیرزمینی است. آب های سطحی آب های اند که در سطح قشر زمین به صورت ابحار، بحیره ها، دریا، ذخایر آبی، جهیل ها و جریان های موقت وجود داشته باشد (سهاک، ۱۳۹۲ ص ۲۳۶). به اساس محاسبه وای. وینوگرادوف حجم آب ابحار در سطح جهان ۱.۵ میلیارد مترمکعب و حجم آب های زیرزمینی ۰.۵ میلیارد مترمکعب می باشد (ایماق و قادری، ۱۳۹۸ ص ۱). ابحار از نگاه شکل و ساختمان ظاهری یا مورفولوژی بخش های خیلی وسیع و پست قشر زمین می باشد که توسط آب فرا گرفته شده و بزرگترین ساحه ترسباتی را تشکیل میدهند (روفی، ۱۳۹۵ ص ۱۸۶). جهیل ها عبارت از فرورفتگی های سطح قاره است که از آب های ساکن یا نیمه جریان دار مملو باشد (سلاوین، ۱۹۸۴ ص ۱۱۳). دریا عبارت از جریان ثابت فعالیت کننده آب می باشد که کار بزرگ تخریبی و تعمیری را انجام میدهد (سهاک، ۱۳۹۲ ص ۲۱۰). آب های زیرزمینی، آب های اند که در نتیجه نفوذ آب های سطحی از طریق درزها و مسامات ابحار به داخل قشر زمین بوجود میاید (روفی، ۱۳۹۵ ص ۵۳). چشمه ها عبارت از ظاهر شدن طبیعی آبهای زیرزمینی به سطح زمین می باشد (سهاک، ۱۳۹۲ ص ۲۵۷). آب ها در طبیعت به سه حالت گازمانند، مایع و جامد به ملاحظه می رسد (نجف، ۱۳۹۳ ص ۶).



۲-۲. منابع آبی افغانستان

افغانستان نیز مانند سایر کشور های جهان دارای دو منبع آبی سطحی و زیرزمینی می باشد. آب های سطحی افغانستان به شکل جهیل ها، دریا ها، بند ها، نهر ها می باشد. آب های سطحی افغانستان نسبت به آب های زیر زمینی آن دارای فعالیت جیولوجیکی بیشتر است. آب های زیرزمینی افغانستان نسبت شرایط خاص جیولوجیکی دارای اندازه های کافی نمی باشد. تاهنوز روی منابع آب های زیرزمینی افغانستان تحقیقات همه جانبه صورت نگرفته است (علیم، ۱۳۹۶ ص ۲۵۰). فعالیت جیولوجیکی آب های زیرزمینی افغانستان متناسب به اندازه آنها بوده و در ساحات گسترش احجار چونه ساحات وسیع کارستی را ایجاد کرده است (صفدری، ۱۹۸۴ ص ۱۰۶).

۳-۲. تعریف گردشگری و انواع آن

گردشگری یا توریسم از کلمه (tour) به معنی سفر، سیاحت، مسافرت یا گردش کردن و (ism) به معنی طرز تفکر خاص که مبنای آن سفر و سیاحت است، مشتق گردیده است. توریست کسی است که به مسافرت و جهان گردی می پردازد (کرمی، ۱۳۹۱ ص ۱۱۰). گردشگری دارای تعاریف متعدد است از جمله " به کلیه فعالیت های افراد اطلاق می شود که به مکان های خارج از محیط عادی خود به گذراندن ایام فراغت، انجام کار و سایر هدف ها، برای مدت کمتر از یک سال می روند (فرجی راد و آقا جانی، ۱۳۸۸، ص ۶۲).

گردشگری عبارت از مجموعه ای از پدیده ها و روابطی که از کنش متقابل بین گردشگران، ارایه کنندگان مشاغل، دولت ها و جوامع میزبان، در فرایند جذب و پذیرش این گردشگران و سایر بازدید کنندگان، ناشی می شود (خاچکی، ۱۳۸۷ ص ۱۸۱). گردشگر دارای خصوصیتی بوده و حدود برای شان تعیین گردیده است. گردشگر به کسی اطلاق می شود که دو خصوصیت ذیل را داشته باشد.

۱- از محل اقامت خویش برای مدت حد اقل یک شبانه روز و حد اکثر کمتر از یک سال دور شده باشد.

۲- در محل اقامت جدید کسب درآمد نکند.

۴-۲. جاذبه های گردشگری

جاذبه های گردشگری یکی عناصر مهم و منبع قدرت دهنده به سیستم گردشگری محسوب می گردد (کرمی، ۱۳۹۱ ص ۱۱۰). میزان موفقیت در توسعه گردشگری تابع کیفیت و نحوه دخالت عوامل



مؤثر گوناگون است که در حقیقت همان ارکان گردشگری محسوب می گردد. ارکان این صنعت عبارت از جاذبه های گردشگری و تسهیلات- خدمات گردشگری می باشد. (فرجی راد و آقا جانی، ۱۳۸۸ ص ۶۶).

هر پدیده یا عامل انگیزشی که در مقصد جذابیت ایجاد کرده و منجر به مسافرت فرد یا افراد از نقاط مختلف به مقصد گردشگری شود جاذبه نامیده می شود (فرجی راد و آقا جانی، ۱۳۸۸ ص ۶۶). جاذبه های گردشگری را به صورت عموم به دو بخش تقسیم می کنند که عبارت از جاذبه های گردشگری طبیعی و جاذبه های گردشگری فرهنگی است (فرجی راد و آقا جانی، ۱۳۸۸ ص ۶۶).

۲-۵. انواع گردشگری

گردشگری را به عنوان یک صنعت مهم از ابعاد مختلف می تواند طبقه بندی گردد، کامل ترین طبقه بندی گردشگری نظر به عوامل چون زمان، مکان، انگیزه و وسایل گردشگری تا هنوز صورت گرفته است. گردشگری از نظر زمان به مدت اقامت و فصل سال تقسیم می گردد. مدت اقامت گردشگری می تواند کوتاه مدت، طویل مدت باشد. از نظر فصل سال گردشگری می تواند تابستانی و زمستانی نیز باشد. گردشگری از نظر مکان به دو بخش داخلی و خارجی تقسیم می گردد، گردشگری داخلی می تواند در هتل، ویلا شخصی، خانه اجاره ای، و غیره باشد، گردشگری خارجی شامل گردشگری شهری و روستایی می شود.

گردشگری از نظر انگیزه و هدف به گردشگری طبیعی، فرهنگی، ورزشی، تفریحی، تجارتي، سیاسی، معالجوی، مذهبی، اکوتوریسم، ماجراجویانه و اجتماعی تقسیم می گردد. گردشگری از نظر وسایل به گردشگری هوایی، زمینی و دریا تقسیم می گردد (فرجی راد و آقا جانی، ۱۳۸۸ ص ۶۱).

۲-۶. توسعه گردشگری

توسعه عبارت از حاصل جمع الجبری رشد و تحولات می باشد یا به عباره دیگر توسعه عبارت از تغییرات کمی و کیفی می باشد (متوسلی، ۱۳۸۹ ص ۱۱) خصوصیات توسعه دارای سه هدف می باشد. اولین هدف عبارت از دسترسی بیشتر به کالاها، خدمات و تداوم حیات انسان ها. دوم هدف افزایش سطح و استندردهای زنده گی و بهره مندی انسان ها از مواهب مادی است. سومین هدف کاملاً کیفی است که عبارت از گسترش دامنه گزینه ها و انتخاب های افراد و ملل در زنده گی، ارتقا حقوق مدنی افراد، برابری در مقابل قانون و مسایل دیگر می باشد (متوسلی، ۱۳۸۹ ص ۱۴). صنعت یک سکتور



عمده و اساسی اقتصاد ملی بوده که بالای رشد عاید سرانه در کشور تاثیر ارزنده دارد (یادگاری، ۱۳۹۴ ص ۳).

با توجه به تعریف توسعه و مباحث ارایه شده می توان نوشت که توسعه گردشگری عبارت از افزایش ساحات گردشگری، جاذبه های گردشگری از نقطه نظر کمی و همچنان افزایش کیفی و کمی ارایه خدمات - تسهیلات و جاذبه های گردشگری می باشد. در توسعه گردشگر عوامل متعدد شامل می باشد، عمده ترین عوامل که تاثیرات زیاد می تواند وارد کند عبارت از جاذبه های گردشگری، خدمات و تسهیلات گردشگری است (فرجی راد و آغاخانی، ۱۳۸۸ ص. ۶۶). جاذبه های گردشگری عامل مهم در توسعه گردشگری قلمداد می گردد، این عوامل از طریق انگیزش و جلب رضایت گردشگران زمینه توسعه گردشگری را فراهم می کند.

۲-۵. گردشگری در افغانستان

افغانستان ضمن داشتن منابع متعدد با الفعل و بالقوه اقتصادی، منبع ارزشمند اقتصادی دیگر را نیز در اختیار دارد که عبارت از صنعت گردشگری می باشد. با توجه به جاذبه های گردشگری، شرایط جیولوجیکی، ساختمان های جیولوجیکی متنوع، ریلیف منشعب، منابع آبی گسترده، میراث های فرهنگی، اقلیم مناسب و چهار فصل گوارا، افغانستان یکی از بهترین کشور های است که دارای زمینه های رشد و توسعه بهتر صنعت گردشگری می باشد. افغانستان از گذشته های دور توجه گردشگران خارجی و داخلی به خود جلب کرده بود که فراز و نشیب های شرایط افغانستان سیر نورمال رشد و توسعه گردشگری را درین کشور صدمه زده است.

افغانستان اداره توریسم یا گردشگری خویش را در سال ۱۳۲۷ ه ش. تاسیس و در سال ۱۳۴۳ عضویت سازمان گردشگری جهانی را کسب کرد و بعد از آن گردشگران خارجی برای بازدید از جاذبه های گردشگری به این کشور سفر کرد است (وزارت اطلاعات و فرهنگ، ۱۳۹۷، ص ۱۰). افغانستان کشوری است که در آن جاذبه های گردشگری، گسترش وسیع دارد، افغانستان از نظر تنوع جاذبه های گردشگری فوق العاده متفاوت بوده و توجه گردشگران داخلی و خارجی را به خود جلب کرده است. جاذبه های گردشگری طبیعی افغانستان مانند جهیل ها، دریاها، بندها، آب و هوا مطلوب، غارهای طبیعی، چشمه های آب گرم، چشمه های منرالی، آب های طبیعی، ساحات ییلاقی، ساحات کوهستانی، تپه های خاکی، دشت های هموار و ریلیف مختلف است. همچنان جاذبه فرهنگی چون معماری دوره

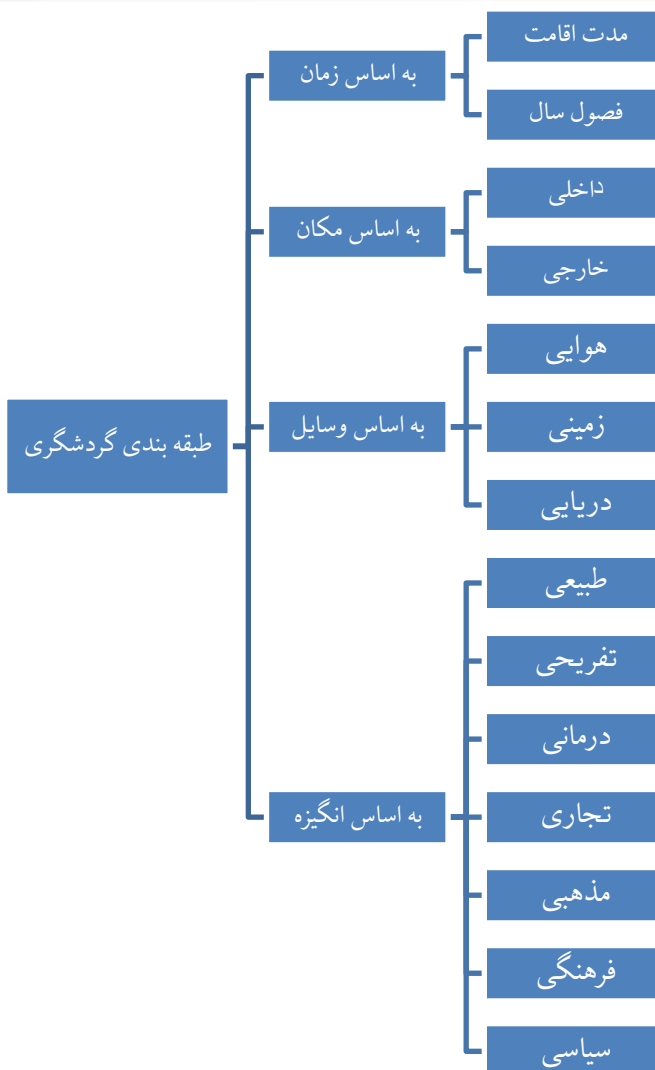


قدیم، منارهای مرتفع، مجسمه‌های مختلف، مساجد تاریخی و صنایع دستی می‌باشد) وزارت اطلاعات و فرهنگ، ۱۳۹۷، ص ۲۶).

۳. یافته‌های تحقیق

این تحقیق به منظور شناخت آب و منابع آبی، توضیح گردشگری و انواع آن، تشخیص عملکرد آب در ایجاد جاذبه‌های گردشگری و تعیین نقش منابع آبی در توسعه گردشگری اجرا گردیده است. سوالات که درین تحقیق انتظار دریافت پاسخ را دارد قرار ذیل است. آب و منابع آبی چیست؟ گردشگری و انواع آن چیست؟ آب در تشکیل جاذبه‌های گردشگری چگونه نقش بازی می‌کند؟ عوامل توسعه گردشگری کدام‌ها اند و نقش منابع آبی در توسعه گردشگری چیست؟ اکنون برای رسیدن به اهداف و پاسخ به سوالات فوق از روش تحقیق توصیفی تحلیلی استفاده گردیده و نتایج ذیل دریافت گردیده است.

آب و منابع آبی یکی از پدیده‌های مهم طبیعی در کره زمین است که تأثیرات عمیق بالای شرایط زنده‌گی موجودات زنده، انکشاف، تکامل و تغییر شکل زمین دارد. آب با دو منبع مهم چون منابع آب‌های سطحی و منابع آب‌های زیر زمینی دارای گسترش وسیع بوده و حدود ۷۵ فیصد سطح زمین را پوشانیده است. آب تأثیرات متناسب به گسترش خویش بالای همه پدیده‌های زمین دارد. گردشگری عبارت از آن پدیده‌ها و روابطی است که از عملکرد متقابل گردشگران، تسهیل‌کننده‌ها، دولت و میزبان در پروسه‌های جذب و پذیرش گردشگران بوجود می‌آید. گردشگر دو خصوصیت دارد که شامل دور بودن از محل اقامت حد اقل یک شبانه روز و حد اکثر کمتر از یک سال و عدم کسب درآمد در محل اقامت جدید می‌باشد. گردشگری به بخش‌های ذیل طبقه‌بندی گردیده است.



شکل ۱: انواع گردشگری

با دقت به مباحث انواع گردشگری به وضاحت می توان دریافت که همه انواع گردشگری به نحوی به آب و منابع آبی رابطه مستحکم دارد. منابع آبی به صورت مستقیم و غیرمستقیم در ایجاد جاذبه های گردشگری و عوامل توسعه آن نقش اساسی دارد. نقش مستقیم و غیرمستقیم منابع آبی در ایجاد جاذبه های گردشگری در جدول شماره (۱) ارقام گردیده است.

جدول (۱): جاذبه‌های طبیعی گردشگری که منابع آبی ایجاد میکند

شماره	منابع آب سطحی	منابع آب زیر مینی
۱	جاذبه های سواحل ابشار	چشمه های آب گرم
۲	جاذبه های دریایی	چشمه های معالجوی
۳	جاذبه های جهیلی	آب شار ها
۴	ریلیف متنوع	مغار های پوشیده
۵	اقلیم مناسب و گوارا	تونل های طبیعی

عوامل توسعه گردشگری مختلف است، عوامل مهم آن عبارت از جاذبه‌های گردشگری و تسهیلات گردشگری می باشد. جاذبه‌های گردشگری به جاذبه های طبیعی و فرهنگی تقسیم گردیده است. نقش منابع آبی در ایجاد جاذبه های طبیعی فوق العاده می باشد. همچنان نقش منابع آبی در مساعد ساختن خدمات و تسهیلات گردشگری که عامل مهم گردشگری است نیز ارزنده است.



شکل ۲: نقش منابع آبی از طریق جاذبه طبیعی در توسعه گردشگری

اداره گردشگری افغانستان در سال ۱۳۲۷ ه ش فعالیت خویش را آغاز گرد و در سال ۱۳۴۳ ه ش عضویت سازمان گردشگری جهان را گرفت. چهار دهه جنگ مسیر نورمال رشد گردشگری در افغانستان را صدمه زد. افغانستان دارای جاذبه‌های گردشگری عالی و بسیار می باشد که از نظر تنوع به همه انواع جاذبه های گردشگری مطابقت می کند. صنعت گردشگری در افغانستان دارای فرصت های عالی توسعه است.



توسعه گردشگری، سبب توسعه اقتصادی و توسعه اقتصادی باعث توسعه کشور می گردد. بدین ترتیب نقش منابع آبی در توسعه گردشگری و نقش توسعه گردشگری در توسعه اقتصاد با در نظر داشت مباحث اساسی و با اهمیت است.

۴. بحث و نتیجه گیری

آب ماده حیاتی است که نقش آن در سلول های موجودات زنده، ایجاد شرایط زنده گی، انکشاف و تکامل زمین فوق العاده سازنده است. آب با توجه به خواص کیمیاوی، فیزیکی خویش در طول حیات جیولوجیکی زمین منحنیث عوامل مهم پروسه های اندوژینی و اکزو جینی در احیا، تغییرات ساختمان های جیولوجیکی زمین، تغییرات اتموسفیری - اقلیمی عملکرد قابل پیمایش داشته است.

آب که متشکل از دو منبع سطحی و زیر زمینی می باشد، از نظر گسترش هفتاد و پنج فیصد مساحت زمین را پوشانیده است، تاثیرات آب بالای زمین و همه پدیده های آن متناسب به گسترش آن است. از نظر کمیت میزان بیشتر حجم آب های کره زمین به منابع سطحی تعلق می گیرد. نقش منابع آب های سطحی در تغییرات جیومورفولوجیکی، هایدرولوجیکی، تغییر شکل زمین، تغییر اقلیم، کاربرد، ایجاد جاذبه های گردشگری و توسعه جهان گردی نسبت به منابع آب های زیر زمینی به مراتب بیشتر است.

منابع آبی بصورت مستقیم و غیرمستقیم از طریق تغییر اقلیم، زمینه های گردشگری بحری و آبی، ایجاد فضای مناسب و ایجاد جاذبه های زیبا طبیعی، ایجاد ساختمان های مختلف جیولوجیکی و ریلیف متنوع، تسهیلات گردشگری، تامین آب های آشامیدنی، چشمه های آب گرم، چشمه های آب درمانی، آبشارها سبب ایجاد جاذبه های گردشگری گردیده و ازین طریق نقش اساسی در توسعه گردشگری ایفا می کند.

انسان ها برای شناخت پدیده های طبیعی، جلوه های زیبای طبیعت، کاهش تاثیرات ناگوار محیط غیرطبیعی و صنعتی نیازمند بازدید از جاذبه های طبیعی می باشد. مجموعه عملکرد های انسان در محیط غیرعادی و عکس العمل میزبان را گردشگری تلقی می کند. گردشگری بنابر انگیزه های مختلف صورت می گیرد و عوامل که می تواند گردشگری را شکل دهد عبارت از گردشگر، جاذبه های گردشگری، مسیرهای ارتباطی و سهولت های خدماتی می باشد.

طبیعت متنوع، محیط جیولوجیکی پیچیده، قدامت تاریخی زمین از یکطرف و انگیزه های متفاوت انسان ها از طرف دیگر باعث می شود که انواع مختلف گردشگری شکل گیرد. گردشگری نظر به زمان، مکان، وسایل گردشگری و انگیزه طبقه بندی گردیده است. تحلیل تعریف گردشگری، عوامل گردشگری، انواع گردشگری و توسعه گردشگری نشان میدهد که جاذبه های گردشگری، تسهیلات - خدمات گردشگری و گردشگر بحیث وجوه مشترک در ایجاد و توسعه گردشگری عمل کرده است. بدین ترتیب این سه فکتور منحنیث اضلاع مثلث



گردشگری در ایجاد و توسعه گردشگری عرض وجود می کند توجه به توسعه صنعت گردشگری و توسعه کشور مستلزم توجه به هریک اضلاع سه گانه این مثلث است.

پیشرفت علوم، تکنالوژی، صنعت، تجارت، مطالعات، مشاهدات، تبحر، تجسس سبب افزایش رفا و آسایش در جهان گردیده و متناسب به افزایش آن میزان تقاضا به گردشگری نیز افزایش می یابد. افزایش میزان گردشگری عامل مهم انکشاف اقتصادی و توسعه کشور می باشد. چون توسعه گردشگری وابسته به دو ضلع مثلث گردشگری چون جاذبه های گردشگری و خدمات - تسهیلات گردشگری بوده و در توسعه جاذبه های گردشگری و تسهیلات - خدمات گردشگری نقش منابع آبی فوق العاده است، پس نقش منابع آبی در توسعه گردشگری و توسعه اقتصادی مهم و ارزنده تلقی می گردد.

آب و منابع آبی مؤثر ترین پدیده مهم طبیعی برای موجودات و کره زمین تلقی می گردد که موجب تغییرات و تحولات گسترده در زمین می شود. منابع آبی که متشکل از منابع آب های سطحی و زیرزمینی می باشد، هر کدام نقش سازنده در تغییر شرایط برای موجودات و پدیده های طبیعی دارد. گردشگری عبارت از پدیده ها و روابط است که از عملکرد متقابل گردشگران، میزبان و جاذبه های گردشگری بوجود می آید. گردشگری نظر به زمان، مکان، انگیزه و وسایل گردشگری به زیر مجموعه های مختلف تقسیم می گردد. منابع آبی از طریق ایجاد جاذبه گردشگری چون سواحل ابحار، اقیانوس ها، جھیل ها، دریاها، چشمه های آب گرم، چشمه های معالجوی، آبشارها به صورت مستقیم و از طریق ایجاد دره ها، ریلیف متنوع، مغاره ها، محیط سرسبز، اقلیم مناسب تسهیلات لازم زنده گی گردشگران به صورت غیر مستقیم در انواع گردشگری نقش سازنده و مهم دارد. همچنان منابع آبی در توسعه گردشگری از طریق انکشاف جاذبه های گردشگری طبیعی و سهولت های لازم گردشگری نقش کلیدی را بازی میکند. گردشگری یک صنعت مهم اقتصادی و یکی از مولفه های توسعه پایدار در یک کشور محسوب می گردد. توسعه گردشگری من حیث یکی از عوامل توسعه اقتصادی نقش اساسی را در ایجاد توسعه پایدار و توسعه یک کشور دارد.

افغانستان با داشتن منابع آبی خوب و میراث های فرهنگی دارای امکانات بالقوه و بالفعل توسعه جاذبه های گردشگری طبیعی و فرهنگی بوده، با برنامه ریزی مناسب و تسهیل شرایط گردشگری زمینه توسعه گردشگری و توسعه اقتصادی در کشور فراهم می گردد.



۵. منابع

- ۱- ایماق، محمد بشیر و قادری، پرویز (۱۳۹۸). مطالعه کیفی آب چشمه شفا شهر پلخمري. پژوهش (۱۶) ۱۲۷-۱۳۹.
- ۲- خاچکی، بهنام لطفی (۱۳۸۷) گردشگری به مثابه یک صنعت. راهبرد (۱) ۱۷۱-۲۰۶.
- ۳- روفی، فضل مولا (۱۳۹۵). جیولوجی عمومی جلد ۱، تهران: سمت.
- ۴- سهاک، نقیب الله (۱۳۹۲). جیولوجی عمومی، کابل: مستقبل.
- ۵- صفدری، نجیب الله (مترجم) (۱۹۸۴). جیولوجی عمومی با اساسات افغانستان، مسکو: میر.
- ۶- علیم، عبدالخبیر (۱۳۹۶). انجینیری آبرسانی، کابل: عازم.
- ۷- فرجی راد، عبدالرضا و آقاجانی، سیمه (۱۳۸۸). تحلیل نو پیرامون گردشگری و جدیدترین طبقه بندی آن. فصل نامه جغرافیایی سرزمین (۳۳) ۶۱-۷۲.
- ۸- کرمی، پریوش (۱۳۹۱). گردشگری، موضوع علم جغرافیا. مجله جغرافیا (۸۲) ۱۱۰-۱۱۲.
- ۹- متوسلی، محمود (۱۳۸۹). توسعه اقتصادی، تهران: سمت.
- ۱۰- نجف، محمد ابراهیم (۱۳۹۳). هایدرو جیولوجی و جیولوجی انجینیری، کابل: مستقبل.
- ۱۱- وزارت اطلاعات و فرهنگ (۱۳۹۷). پالیسی ملی توریسم.
- ۱۲- یادگاری، محمد اشرف (۱۳۹۴). اقتصاد صنعتی، کابل: سعید.
- ۱۳- یعقوب زاده، رحیم، اسماعیل شفاعتی و علیرضا حاتمی (۱۳۹۳). تحلیل رشد رقابت پذیری اقتصاد گردشگری در ایران و بیش بینی آن تا سال ۱۴۰۰، مقاله ارایه شده در اولین همایش بین المللی علمی- راهبردی توسعه گردشگری جمهوری اسلامی ایران در مشهد (ص ۱۷۸۷-۱۷۹۷) بازیابی شده در وب سایت www.sid.ir.



بررسی خشک‌سالی و کاهش آب‌های زیرزمینی در ولایت هرات و راه‌های مقابله با آنها

¹نظام الدین تیموری عضو کادر علمی دیپارتمنت سیول پوهنځی انجینیری پوهنتون جامی هرات
سیدبصیراحمد ایوبی عضو کادر علمی دیپارتمنت سیول پوهنځی انجینیری سیول پوهنتون جامی هرات.
سیدعبدالباسط رحمانی عضو کادر علمی دیپارتمنت سیول پوهنځی انجینیری پوهنتون جامی هرات.

Astudy on Drought and Numerical of Groundwater in Herat city and the solutions

Abstract

Since beginning of history, drought has been a part of environmental and climate change. Lack of water and mismanagement of underground water resources and lack of control over surface water resources have created serious and considerable risks in Afghanistan, especially in Herat province. The lack of proper management of surface water has caused farmers to use underground water sources, which has significantly reduced the water tables of this province. The rainfall in Herat city declined in last years and unnecessary consumption of fresh water from solar pump- wells are the major and fundamental reasons for the drop in groundwater in this province, which has increased the amount of drought in this province. Due to the lack of sufficient rain and the lack of management of surface water in this province, the farmers of Herat have irrigated thousands of hectares of land with the use of solar-pump wells, which has reduced the level of underground water. Since the consumption of the citizens of Herat province is only from underground water sources, this issue has caused the citizens of this province worry. In the future, it can cause serious water shortage problems and increased drought in this area. On the other hand, a serious threat to the environment and water resources in a country like Afghanistan, which is located in the land is so important. The state of rainfall and the limitation of water resources and the climatic conditions of the country show the fact that there should be a plan for the phenomenon of drought and the management of groundwater resources and seriously deal with its effects and consequences when it occurs. Paying attention to proper management and reducing drought in the development of regions requires planning and implementing which itself requires the use of sufficient knowledge in predicting drought.

Keywords: Underground water, dry land and drought, irrigation management and limitation of water resources

¹ Email: n.timory@jami.edu.af



چکیده

از ابتدای تاریخ، خشک سالی بخشی از تغییرات آب و هوایی محیط بوده است. کمبود آب از یک طرف و استفاده بی رویه و نادرست از منابع آب های زیرزمینی و عدم کنترل منابع آب های سطحی خطرات جدی و قابل ملاحظه ای را در افغانستان و به خصوص ولایت هرات بوجود آورده است. عدم مدیریت درست از آب های سطحی باعث شده است که کشاورزان از منابع آب های زیرزمینی استفاده نمایند که سفره های آبی این ولایت را به صورت چشم گیر کاهش داده است. کاهش شدید بارندگی و مصرف نادرست از آب های شیرین و حفر خودسر چاه های عمیق از دلایل عمده و اساسی افت آب های زیرزمینی در این ولایت می باشد، که میزان خشک سالی را در این ولایت افزایش داده است. کشاورزان هرات به خاطر نبود باران کافی و عدم مدیریت آب های سطحی در این ولایت طی سال های اخیر برای آبیاری زمین های شان اقدام به حفر چاه های عمیق نموده و با استفاده از سولرها به گونه افراطی هزاران هکتار زمین را آبیاری کرده اند که باعث کاهش شدید آب های زیرزمینی شده است. از آنجاکه مصرف شهروندان ولایت هرات تنها از منابع آب زیرزمینی می باشد این موضوع باعث نگرانی شهروندان این ولایت شده که در آینده می تواند مشکلات کم آبی جدی و افزایش خشک سالی را در این ناحیه به وجود آورد. از طرف دیگر، تهدیدی جدی برای محیط زیست و منابع آب در کشوری مثل افغانستان که از جمله مناطق خشک جهان است، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. روش تحقیق در این مقاله متکی بر شبیه سازی آب های زیرزمینی هرات، مشاهده ساحوی از وضعیت چاه ها و مطالعات در باره خشک سالی و راه های مقابله با آن می باشد. نتایج فوق بیانگر این است که روند خشک سالی و کاهش آب های زیرزمینی در این ولایت به شدت رو به افزایش است. هدف از تحقیق فوق مدیریت بهره برداری از منابع آب های زیرزمینی و اجرای اقدامات پیشگیرانه در مقابله با پدیده خشک سالی می باشد.

واژگان کلیدی: آب های زیرزمینی، خشکی و خشک سالی، مدیریت آبیاری و محدودیت منابع

آبی



۱- مقدمه

بطور کلی خشک‌سالی به نبود یا اندک بودن باران در یک دوره‌ی طولانی گفته می‌شود که باعث عدم توازن در میزان آب و در نتیجه آن، کمبود آب، نابودی گیاهان، کم شدن شدت جریان آب، کاهش عمق آب‌های سطحی و خاک مرطوب و نیز فرسایش خاک می‌شود. به عبارت دیگر خشک‌سالی زمانی رخ می‌دهد که تبخیر سطحی و تبخیر آب از گیاهان از حد معمول در مدت معین بیشتر باشد.

افغانستان تنها کشوری نیست که در سال‌های اخیر با بحران آب درگیر شده است بلکه جهان در حال تجربه بحران آب می‌باشد. افغانستان با قرار گرفتن در کمربند خشک کره زمین با مشکل کم‌آبی مواجه می‌باشد. رشد جمعیت و نیاز به محصولات کشاورزی و محدودیت منابع آب و خاک به عنوان بستر اصلی تولیدات کشاورزی مسئله کم‌آبی را به گونه‌ی بسیار جدی فراوری افغانستان قرار داده است. در واقع خشک‌سالی نیز به عنوان یک پدیده طبیعی همچون سایر پدیده‌های طبیعی به مدد دانش، آگاهی، برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح قابل پیش‌بینی و کنترل می‌باشد. میانگین بارندگی در ولایت هرات سالانه ۲۰۰ میلی‌متر تخمین زده شده است. با توجه به آمار ثبت شده این میزان نیز طی سال‌های اخیر کاهش یافته است. بنابراین مسئولین و دست‌اندرکاران بحران آب در مقطع کنونی نبایستی نگرشی مقطعی و آنی داشته باشند بلکه بر مبنای مقابله اضطراری و تدوین یک برنامه‌ی بلند مدت منظم و مداوم جهت آمادگی و پیش‌گیری از گسترش بحران خشک‌سالی، جلوگیری کنند.

خشک‌سالی و برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی و عدم مدیریت آب‌های سطحی در سال‌های اخیر مشکلات جدی را برای ولایت هرات فراهم ساخته است. از جمله می‌توان به افت آب‌های زیرزمینی، نشست سطح زمین حاصل از این کاهش، تحت تاثیر قرار گرفتن کیفیت آب و موارد همچون مهاجرت اجباری از بعضی ساحت ولایت هرات و افزایش آلودگی هوا مانند گرد و غبار عنوان کرد. بلایای جوی و اقلیمی در واقع پدیده‌های طبیعی خاص هر منطقه هستند که وقوع شان غیرقابل اجتناب است. البته چنانچه مواجهه صحیح با این پدیده‌های طبیعی انجام شود، در بسیاری موارد می‌توان از تبدیل آنها به بلا اجتناب نموده یا اینکه خسارات‌شان را کاهش داده و به حداقل رسانید. روش‌های نوین مدیریت کاهش بلایای جوی بیش از آن که بر امکانات و تجهیزات سخت افزاری متکی باشند، بر تدوین پلان‌ها، برنامه‌ها، سازمان‌ها و نهادهای مختلف برای کاهش اثرات و



نیز جبران خسارت‌ها مبتنی هستند. موارد ذیل را می‌توان از این جمله برشمرد: شناسایی و مکان‌یابی بلایا، پیش‌بینی بلایا قبل از وقوع، مدیریت کاهش اثرات بلایا، استفاده از بیمه در جهت کاهش خسارات، هدایت مردم و صاحبان مشاغل به سمتی که در زمان وقوع حادثه بتوانند خود مدیریت حوزه‌های شخصی خود را بر عهده گیرند، پایش و دیده بانی بلایا، پیش‌آگاهی و اطلاع رسانی عمومی، تبلیغات و آموزش عمومی هر چه بیشتر جهت آگاهی مردم. خشک سالی به عنوان یک خطر طبیعی از پدیده‌های اجتناب‌ناپذیر است که از دیرباز در حالت و سیر کشورهای مختلف به خصوص کشورهای خشک و نیم‌خشک را احاطه نموده است.

۱- مواد و روش کار

در این تحقیق از دو روش میدانی و کتابخانه‌ای استفاده شده است. در قسمت بررسی آب‌های زیرزمینی شهر هرات در ابتدا اطلاعات مورد نیاز شامل اطلاعات هواشناسی، هیدرولوژی، هیدروژئولوژی و سایر اطلاعات صحرایی و مورد نیاز گردآوری شده و سپس با استفاده از اطلاعات دست‌داشته مدل مفهومی اولیه دشت تهیه شد. در این مرحله با استفاده از نرم افزار GIS اطلاعاتی در خصوص ضخامت آب‌رفت، شرایط مرزی، اطلاعات بیلان و غیره تهیه گردیده و به مدل ریاضی وارد شده و واسنجی مدل از بار محاسباتی و بار مشاهداتی در شرایط ماندگار و غیر ماندگار انجام گردید و نیز در قسمت جمع‌آوری اطلاعات درباره وضعیت خشک‌سالی، از مناطق مورد نظر و چاه‌های مشاهدتی از ساحه به طور مستقیم دیدن به عمل آمده است. بعداز بررسی‌ها و مشاهدات ساحوی روش‌های مطالعاتی استفاده شده است.

۲- مشخصات منطقه مورد مطالعه

شهر هرات، از جمله شهرهای بزرگ و مهم افغانستان است. پس از کابل، دومین شهر پرجمعیت افغانستان محسوب می‌شود. هرات قطب صنعتی و مهم‌ترین کانون فرهنگی-هنری افغانستان به شمار می‌آید. رودخانه معروف هریرو از کنار این شهر می‌گذرد و نام هرات از نام این رود گرفته شده است. هرات از طرف شمال به ولایت بادغیس و جمهوری ترکمنستان، از طرف جنوب به ولایت فراه، از طرف شرق به ولایت غور و از طرف غرب با جمهوری اسلامی ایران هم مرز است. این شهر دارای ۱۵ ناحیه می‌باشد که طبق برآورد منابع داخلی، یک میلیون از جمعیت سه میلیونی ولایت هرات، در این شهر زندگی می‌کنند. شهر هرات از جمله شهرهای سرد سیر به شماررفته، تابستان آن گرم و زمستان آن سرد می‌باشد. گرچه معلومات دقیق در رابطه با ترسبات اتمسفری و نوسانات



درجه حرارت در سال وجود نداشته ولی یخبندان در این ولایت در موسم زمستان آغاز می‌گردد و ندرتاً به منفی ۱۰ درجه می‌رسد. در زمستان سال ۱۴۰۱ به طور استثنایی درجه حرارت به منفی ۲۴ درجه سانتی‌گرید رسید. در تابستان درجه حرارت به ۳۵ درجه سانتی‌گرید و بعضاً الی ۴۵ درجه سانتی‌صعود می‌نماید. ولایت هرات از سطح بحر ۹۶۴ متر ارتفاع داشته آب و هوای آن در تابستان خیلی گرم و در زمستان سرد می‌باشد.

شهر هرات در یکی از هموارترین مناطق جغرافیایی افغانستان موقعیت دارد. هرات از لحاظ موقعیت جغرافیایی در ۶۲ درجه ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی واقع شده است.

۲-۲ خشک‌سالی

خشک‌سالی وضعیتی از کمبود بارندگی و افزایش دماست که در هر وضعیت اقلیمی ممکن است رخ دهد. خشک‌سالی (drought بر وزن out) غالباً به عنوان یک پدیده خزنده توصیف می‌شود و بر خلاف سیل و بارندگی که شما می‌دانید چي زمانی شروع شده، چي زمانی خاتمه پیدا کرده و در چي محدوده‌ای بوده است. توصیف زمانی و مکانی خشک‌سالی بسیار مشکل است. ممکن است هفته‌ها و یا ماه‌ها طول بکشد تا شما واقعاً تشخیص دهید که آیا خشک‌سالی اتفاق افتاده است و یا خیر و به همین ترتیب ممکن است مدت‌ها پس از شروع بارندگی‌ها بازهم اثرات خشک‌سالی وجود داشته باشد. تعریف خشک‌سالی و چگونگی ارتباط آن با پدیده‌های هیدرولوژی بسیار مشکل است. زیرا اولاً خشک‌سالی ممکن است بطور همزمان تمام اجزاء سیستم هیدرولوژی را تحت تاثیر قرار ندهد، مثلاً ممکن است رطوبت خاک بسیار پایین و زمین‌ها خشک باشد، ولی دریاها آبدار باشند. در چنین مواردی دیمه‌کاران و زارعین با مشکل مواجه خواهند بود، ولی شهرهای که از آب دریاها استفاده می‌کنند با مساله‌ای روبرو نخواهد بود. ثانیاً خشک‌سالی یک پدیده‌ی مطلق نبوده، بلکه معرف کمبود نسبی رطوبت می‌باشد. در این صورت تقاضای زیاد برای آب نیز می‌تواند خشک‌سالی ایجاد کند، در حالی که بارندگی ممکن است به صورت طبیعی بوده باشد. در هر حال برای تعریف خشک‌سالی باید ابتدا هدف مشخص شود، مثلاً وقتی صحبت از خشک‌سالی کشاورزی می‌شود معلوم است که بیشتر روی رطوبت خاک توجه می‌کنیم در صورتی که خشک‌سالی هیدرولوژی بیشتر روی دریاها توجه دارد و خشک‌سالی هواشناسی مربوط به دوره‌هایی است که در آن مقدار بارندگی کمتر از نرمال باشد. غالباً خشک‌سالی‌ها از خشک‌سالی هواشناختی شروع شده و به ترتیب



خشک سالی هیدرولوژیکی، خشک سالی کشاورزی و سرانجام خشک سالی اجتماعی - اقتصادی را در پی دارد. در خشک سالی ها باید مقدار نرمال بارندگی یا دبی دریاها را ملاک قرار گیرد که برای محاسبه آن حداقل نیاز به داشتن سی سال آمار خواهد بود و لذا با داشتن آمار ده الی پانزده سال نمی توان وجود خشک سالی را تحلیل کرد. فعالیت های انسان تا اندازه زیادی اثرات خشک سالی ها را تغییر داده و ممکن است نتوان به خوبی ابعاد خشک سالی را تعیین کرد. بسیاری از تعاریف خشک سالی این ایده را در ذهن تداعی می کنند که خشکی دورانی است که در آن موجودیت آب کمتر از حد نرمال باشد. این دوره می تواند هفته، ماه، سال و حتی سال های باشد. اما اینکه تا حدی پایین تر از نرمال را در نظر بگیریم خود موضوعی است که حساسیت آن بستگی به شرایط زمانی و آب و هوایی دارد، مثلاً در کشاورزی ممکن است رطوبت خاک در زمستان کمتر از نرمال باشد، اما چون نیاز به آب در آن فصل شدید نیست حساسیت کمبود رطوبت نسبت به نرمال در تابستان بیشتر محسوس می باشد. حتی در تابستان هم بعضی دریاها ممکن است حساس تر باشند. مثلاً در زراعت گندم یا ذرت برخی دروّه های رشد (مانند گلدهی یا دانه دهی) وجود دارد که حساسیت گیاه به کم آبی شدید بوده و هرگونه خشک سالی باعث کاهش شدید محصول می گیرد. تمام این ها نشان دهند این است که در بررسی خشک سالی باید هدف مشخص باشد. یکی از موضوعات دیگری که بر اثرات خشک سالی تاثیر شدید دارد فعالیت های انسان در انتقال بین حوضه آب یعنی جابجایی آب از یک حوضه آبریز به حوضه دیگر و انحراف و استفاده از آب در داخل یک حوضه است بدون اینکه به اثرات آن در پایین دست توجه شده باشد. در واقع با این کار بجای این که فعالیت های انسان در کنار آب و در همزیستی با آن صورت گیرد آب را به کنار خود انتقال داده و نقش های دیگر آب در محل اصلی خود حذف شده اند.

نکته دیگر در این مورد باید اشاره کرد آن است که خشک سالی پدیده ای است تصادفی - احتمالاتی و غیر قابل پیش بینی، اما زمانی که اتفاق افتاد برای مدت طولانی پابرجا باقی می ماند. برای این که خشک سالی را به لحاظ کمی تعریف کنیم روش های زیادی وجود دارد. از جمله این روشها آزمون دنباله ها (run approach) است. در آزمون دنباله ها خصوصیات تصادفی (استوکاستیک) سری های زمانی مورد بررسی قرار می گیرد. روش دیگری استفاده از نمایه های خشک سالی (drought indices) است. بعضی از این نمایه ها بسیار ساده و برخی از آنها کاملاً پیچیده و مشکل می باشد. ساده ترین نمایه خشک سالی این است که یک استانه را از نظر مقدار و زمان مشخص کرد



و شرایط را نسبت به آن سنجید. مثلاً اگر مقدار ۲۰ میلی متر و تداوم یک ماه را برای خشک سالی فصل بهار انتخاب کرده باشیم هر زمان که مقدار بارندگی در فصل بهار طی یک ماه از ۲۰ میلی متر کمتر باشد، خواهیم گفت که در آن فصل با خشک سالی مواجه بوده‌ایم. چنانچه در هر دوره ۲ ماهه مقدار بارندگی از ۸۰ فیصد نرمال کمتر باشد آن دوره خشک محسوب می‌گردد (علیزاده، ۱۳۹۲: ۲۷۶).

۲-۳ آب و هوا

افغانستان در منطقه نیمه خشک زمین قرار گرفته است. درجه حرارت در این کشور از ۱۰- درجه سانتی گراد در زمستان تا ۳۴ درجه سانتی گراد در تابستان متغیر است. متوسط بارندگی در سطح کشور ۳۲۷ میلی متر در سال می‌باشد که البته این میزان در سطح کشور متغیر است. بیشترین میزان بارندگی در ارتفاعات مرکزی و شمال شرقی کشور و کمترین آن در جنوب غربی کشور می‌باشد. توزیع بارندگی در سطح کشور نشان می‌دهد که بیشتر از ۵۰ درصد کشور کمتر از ۳۰۰ میلی متر بارندگی دارند. حدود ۵۰ درصد بارندگی‌ها هم در زمستان اغلب به صورت برف در ارتفاعات رخ می‌دهد و بیشتر از ۳۰ درصد بارندگی‌ها در بهار انجام می‌شود. بنابراین روان آب حاصل از ذوب برف‌ها در بهار و تابستان را می‌توان رگ حیات زراعت در افغانستان نامید. در حقیقت کوهستان‌های مرتفع کشور به عنوان ذخیره‌های آب طبیعی برای فصول گرما عمل می‌کنند و آب را به صورت برف و یخ در خود نگه‌داشته و در فصول گرما با ذوب آنها به صورت آب در رودخانه‌ها جاری شده و در دسترس ساکنین منطقه قرار می‌گیرد.

میزان بارندگی در سطح حوضه هریرود بین ۱۵۰ تا ۳۵۰ میلی متر در سال متغیر می‌باشد که بیشترین میزان آن مربوط به شرقی‌ترین ارتفاعات حوضه (ارتفاعات مرکزی افغانستان) می‌باشد، بنابراین می‌توان میزان متوسط ۲۵۰ میلی متر بارندگی را برای کل سطح حوزه در نظر گرفت. بطور کلی میزان بارندگی در غرب کشور از اوسط بارندگی کل کشور کمتر می‌باشد. طبق آمار موجود از سال ۱۹۴۱ تا ۱۹۸۸ و از سال ۲۰۱۱ تا سال ۲۰۲۲، متوسط بارندگی سالیانه در هرات ۲۰۰ میلی متر می‌باشد. بنابراین هرات نسبت به اوسط کل کشور دارای بارندگی کمتری بوده و وابستگی شدیدی به آب‌های جاری منطقه دارد.

تغییرات درجه حرارت از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۸ نشان می‌دهد که بیشترین درجه حرارت ثبت شده در هرات ۴۰ درجه سانتی گراد در سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۲ و کمترین آن ۲۰- درجه سانتی گراد در



سال ۲۰۲۳ می‌باشد. بررسی این جدول نشان می‌دهد که دمای هوای هرات از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۲۲ بالاتر شده و هوای منطقه گرم تر شده است. بیشترین میزان تبخیر در هرات که معرف حوضه هریود پایینی می‌باشد در ماه جولای بیش از ۲۴۰ میلی متر گزارش شده است. بارندگی‌های حوضه هریود بین ماه‌های اکتوبر تا جون سال آینده اتفاق می‌افتد و در ماه‌های جولای، اگست و سپتمبر در منطقه بارندگی به وقوع نمی‌پیوندد. بررسی‌ها انجام شده نشان می‌دهد که میزان بارندگی در ولایت هرات نسبت به ۲۰ سال اخیر ۴۰ فیصد کاهش یافته است که خود بیانگر افزایش خشک‌سالی در این ولایت می‌باشد (حسینی، ۱۳۹۷: ۲۳).

۲-۴ جمعیت

همانطور که می‌دانیم، سواحل هریود از قدیم الایام شاهد برپایی تمدن‌هایی بوده است. هرات مهم‌ترین شهر این حوضه تمدنی است که گهواره تمدن منطقه نیز می‌باشد. اصولاً در منطقه‌ای که ما زیست می‌کنیم تمدن‌ها همیشه در کنار سواحل و رودخانه‌های بزرگ شکل گرفته‌اند و این نشان دهنده اهمیت دسترسی سهل و آسان به آب از دیرباز در این منطقه است. از جمله این تمدن‌ها می‌توان به تمدن‌های بین‌النهرین و ماوراءالنهر اشاره نمود.

از نظر تقسیمات هم اکنون قسمت‌های زیادی از ولایت هرات در حوضه هریود قرار دارند که جمعیت زیادی در آنها ساکن هستند. هرات به عنوان قطب مسکونی غرب کشور از جایگاه ویژه‌ای در کشور برخوردار بوده و همواره یکی از مراکز جذب جمعیت در کشور به شمار رفته است. جمعیت هرات نیز در بیست سال اخیر افزایش یافته و باعث استخراج آب زیرزمینی از حد معمول گردیده است (حسینی، ۱۳۹۷: ۲۶).

۲-۵ هدر رفتن آب در بخش کشاورزی

مسئله تامین آب یکی از مسائل بسیار مهم در توسعه جوامع بشری می‌باشد. دسترسی به آب به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک جهان از اهمیت بسیار بیشتری نسبت به سایر نقاط کره زمین برخوردار می‌باشد. آب‌های زیرزمینی مهم‌ترین منبع آب شیرین جهان هستند. آب آشامیدنی ۲ میلیارد نفر مستقیماً از آب‌های زیرزمینی تامین می‌شود و برای آبیاری بزرگترین بخش تهیه غذا در جهان استفاده می‌شود. با این حال، در بسیاری از مناطق در سراسر جهان، منابع آب‌های زیرزمینی پایین می‌روند زیرا با سرعتی بیش از بارش باران و برف و نفوذ آنها در خاک، از زیر زمین برداشت می‌شوند. رشد نفوس در کشورهای آسیای نسبت به تمام قاره‌ها ازدیاد یافته‌است،



در صورت ادامه چنین حالت نه تنها کمبود آب برای کشاورزی بلکه برای نوشیدن به مشکلات مواجه خواهد شد. افغانستان یکی از کشورهای است که در چند ده اخیر رشد نفوس چشم‌گیری داشته است. آب‌های زیرزمینی یکی از منابع اصلی تأمین آب نوشیدنی در تمام نقاط افغانستان می‌باشد. کاهش شدید سطح آب‌های زیرزمینی در افغانستان زنگ خطر درباره بحرانی شدن وضعیت آب را به صدا در آورده است از سوی دیگر استفاده آب‌های شیرین برای باغداری و زراعت از سوی زارعین و همچنین پارک‌های آبی، حوض‌ها و سوناهای موجود در افغانستان باعث افت آب‌های زیرزمینی این کشور شده است.

شهر هرات یکی از شهرهای افغانستان می‌باشد که با این معضل به صورت جدی گرفتار است. کاهش شدید بارندگی و هدر رفتن آب‌های سطحی در این ولایت و عدم مدیریت درست از آب‌های زیرزمینی و استفاده بی رویه از آنها در سال‌های اخیر سفره‌های آبی این منطقه را تا عمق ۷ متر و در ساحات شمالی شهر تا حدود ۲۰ متر کاهش داده است. مصرف نادرست از آب‌های شیرین و حفر خودسر چاه‌های عمیق از دلایل عمده و اساسی افت آب‌های زیرزمینی در این ولایت می‌باشد. کشاورزان هرات طی سال‌های اخیر برای آبیاری زمین‌های شان اقدام به حفر چاه‌های عمیق نموده و با استفاده از سولرها به گونه افراطی هزاران هکتار زمین را آب‌یاری کرده‌اند. از آنجاییکه مصرف شهروندان شهر هرات تنها از منابع آب زیرزمینی می‌باشد این موضوع باعث نگرانی شهروندان این شهر شده است که در آینده می‌تواند مشکلات کم‌آبی جدی را در این ناحیه به وجود آورد.

(Mubaya C. P., & Mafongoya P, 2017: 17).

۳- یافته‌های تحقیق

۳-۱ کاهش شدید حوضه‌های آبریز (آب‌های سطحی)

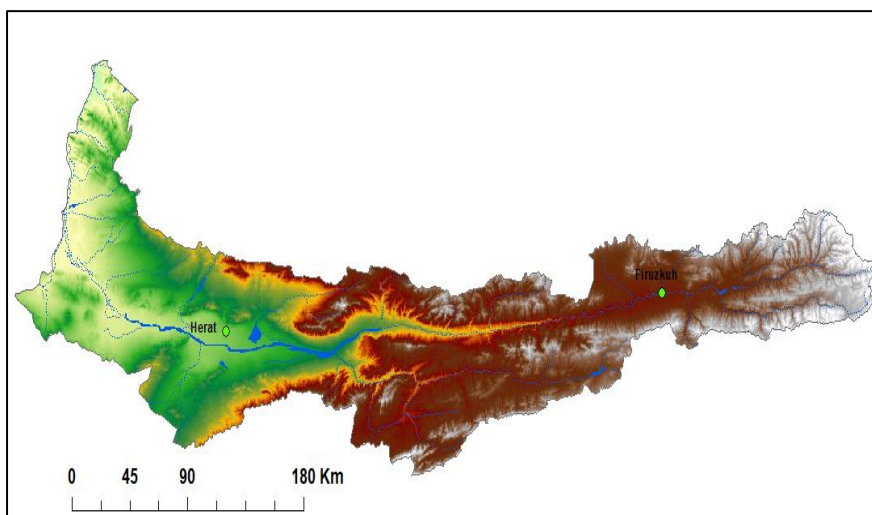
مهمترین اثر خشک‌سالی، بر منابع آب کشور است. با کم شدن بارندگی یا فقدان آن برای یک مدت طولانی در سال (خشک‌سالی)، مراتع، جنگل‌ها، مزارع و باغهایی که منابع آبی آنها ریزش‌های جوی است و نیز خاک و دیگر منابع طبیعی به طور مستقیم زیان می‌بینند. چون منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی از طریق بارش تأمین می‌شود، بنابراین فعالیت‌ها و تأسیسات وابسته به آنها، چه شهری و چه روستایی و چه صنعتی تحت تأثیر قرار گرفته و خسارات خواهند دید. بطور کلی تبدیل رودهای دائمی به رودهای فصلی و موقتی و در نهایت خشک شدن جریان آب در آن‌ها، شورتر و سنگین‌تر شدن آب رودها، آلوده شدن منابع آبی به میکروب، سموم و دیگر مواد کیمیای و کاهش ذخایر آبی

در پشت سدها از جمله آثار عمومی خشک‌سالی بر آب‌های سطحی جاری می‌باشد. با توجه به تغییرات اقلیم که متأسفانه دامنگیر افغانستان نیز شده است، کاهش منابع آب سطحی از ۸۴ میلیارد مترمکعب در سال ۱۹۹۶ به ۴۶/۴۶ میلیارد مترمکعب در سال ۲۰۲۲ قابل درک است. مقایسه آبدی حوضه‌های آبریز کشور (جدول ۱) نشان می‌دهد که بیشترین کاهش آبدی در حوضه آمو دریا رخ داده است.

جدول ۱: مقایسه آبدی حوضه‌های آبریز اصلی کشور بین سال‌های ۱۹۹۶ و ۲۰۲۲ بر اساس میلیارد مترمکعب

مجموع	هریرود-مرغاب	شمال	هلمند	کابل-ایندوس	آمودریا	
۸۴/۰۱	۳/۰۶	۱/۸۸	۹/۳	۲۱/۶۵	۴۸/۱۲	آبدی ۱۹۹۶
۴۶/۴۶	۲,۰۶	۲	۷/۴	۱۶	۱۹	آبدی ۲۰۲۲

طوری‌که در جدول بالا مشاهده می‌شود آب دریای هریرود نیز تقریباً ۴۰ فیصد کاهش داشته و باعث خشک شدن این دریا شده است که فقط در فصولی که بارندگی زیاد باشد آبدی دارد.



شکل ۱: نقشه رقومی ارتفاعی حوضه آبریز هریرود با استفاده از DEM ۹۰ متری

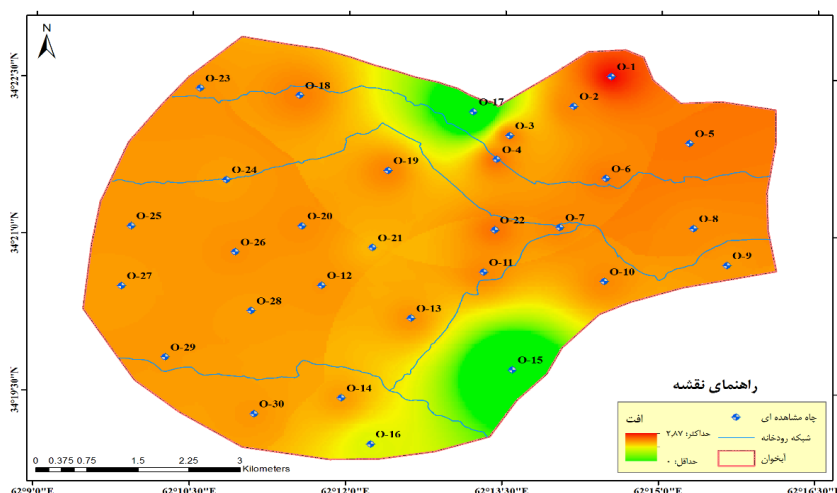
۳-۲ کاهش زرع محصولات زراعتی

زراعت پرمصرف ترين بخش منابع آب است. مصرف آب در بخش زراعت به خصوص در افغانستان که از روش های سنتی آبیاری استفاده زیادی می کند و هنوز سیستم های مدرن آبیاری در آن گسترش نیافته میزان مصرف آب نسبت به کشورهای توسعه یافته زیاده تر است. بنابراین در نواحی خشک و نیمه خشک مانند افغانستان، خشک سالی از طرق مختلف بر زراعت اثرات زیان بخشی را وارد می کند که از جمله می توان به کمبود بارندگی برای زراعت های دایمی، کمبود آب آبیاری، افزایش آفات گیاهی، زیاد شدن نسبی علف های هرزه در مزارع وعدم امکان استفاده کافی از کود کیمیای، اشاره نمود.

نتیجه پدیده های فوق در نهایت منجر به کاهش محصول، کیفیت پایین تولیدات و سرانجام وخیم شدن اوضاع زراعتی و وضعیت کشاورزان و در نهایت کاهش درآمد ملی و درآمد کشاورزی می گردد (شایان نژاد، م؛ عابدی، م. ع، ۱۳۸۵: ۱۴).

۳-۳ کاهش سطح آب های زیرزمینی

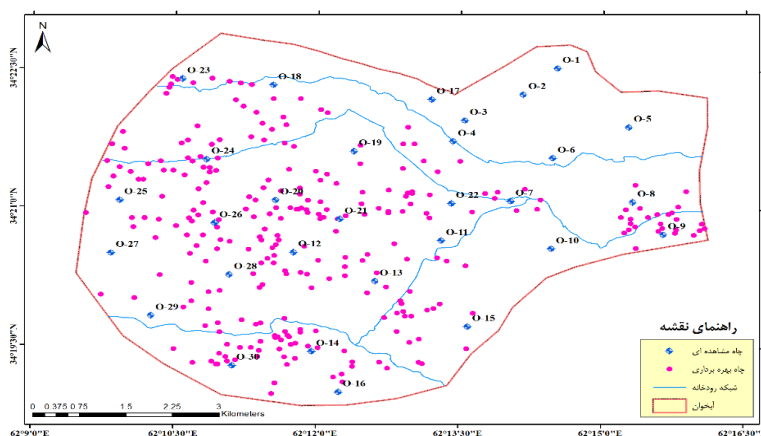
نظر به کاهش شدید بارندگی در ولایت هرات و عدم مدیریت منابع آب های سطحی در این ولایت بیشتر از کشاورزان با ایجاد چاه های سولری آب های زیرزمینی را استخراج نموده و نظر به پیش بینی مدل آب های زیرزمینی نشان می دهد که در سه سال آینده افت آب های زیرزمینی ولایت هرات به صورت متوسط ۷ متر و در پنج سال آینده ۱۶ متر خواهد رسید (تیموری، ۱۳۹۹: ۸۶).



شکل ۲: پیش بینی افت آب های زیرزمینی شهر هرات در ۷ سال آینده

۳-۴ وځیم ساختن اوضاع چاه‌های منطقه

نظر به سروی صورت گرفته در ولسوالی‌های ولایت هرات و نیز در مرکز این ولایت از چاه‌های موجوده، چاه‌های که عمق سطح آبدهی شان بین ۲۰ الی ۳۰ متر بوده خشک گردیده و نیاز به حفر مجدد دارد. نتایج فوق نشان می‌دهد که بیشتر چاه‌های ولایت هرات از حالت مؤثر در قسمت آبدهی برخوردار نمی‌باشد و زنگ خطر جدی خشک‌سالی را به صدا درآورده است (تیموری، ۱۳۹۹: ۴۷).



شکل ۳: موقعیت منابع آبی شهر هرات

۳-۵ اثر خشک‌سالی بر جامعه، درآمد ملی، دولت و بروز قحطی

خشک‌سالی علاوه بر اثرات مخرب بر اقتصاد، تا حدی نیز بر مسائل اجتماعی تاثیر گذار است، از جمله مهمترین این عوامل، شامل موارد ذیل می‌باشد:

- با بروز خشک‌سالی و به ویژه ادامه آن، از یک طرف مواد غذایی مورد نیاز جمعیت با فرهنگ شهرنشینی پرمصرف در کشور کاهش می‌یابد و از سوی دیگر، مسئله واردات و وابستگی به خارج که بدترین نوع وابستگی است، مطرح می‌گردد.
- کشاورزان یعنی تولیدکنندگان، با مهاجرت خود به شهرها، به مصرف کننده‌گان تبدیل می‌شوند، در حالی که منابع تولید (آب و خاک) آنها در محل بدون استفاده می‌مانند یا درست

از آنها بهره برداری نمی شود و از طرف دیگر اشتغال در شهرها دچار مشکل می شود که چنین وضعیت در ولایت هرات عملاً جریان دارد.

به طور خلاصه می توان ذکر نمود که مهمترین اثرات خشک سالی عبارتست از کاهش سرمایه از طریق کاهش درآمد جهانگردی، افزایش فقر و تشدید بیکاری به علت کاهش مشاغل و دارایی ها و افزایش بدهی و ریسک اعتباری برای مؤسسات مالی و در نتیجه افزایش مشکلات مالی می باشد (شاهی، ۱۳۸۹: ۱۲۲).



شکل ۴: نمونه از چاه های مشاهده ی در ولسوالی کهسان ولایت هرات

۳-۶- راهکارهای قبل از خشک سالی

- پیش بینی خشک سالی

قبل از هر گونه اقدام عملی برای کاهش خسارت های خشک سالی اتخاذ پلان های راهبردی می تواند مشکل گشا باشد. این پلان های باید بر مبنای باور داشتن واقعیت کم آبی در منطقه باشد بطور مسلم این دیدگاه می تواند در سیاست گذاری ایجاد صنایع با مصرف آب کم و کشت های مناسب با وضعیت کم آبی کار آمد باشد. همچنین اتخاذ روش هایی جهت بهره گیری حداکثر ممکن از نزولات جوی (برف و باران) نیز می تواند در جلوگیری از بحران خشک سالی پیش از وقوع آن بسیار مهم تلقی شود. نقشه های پیش بینی هواشناسی قابلیت های مناسبی را برای ارائه آگاهی لازم در خصوص رخداد بارندگی را دارا می باشد تا به عنوان یک الگوی کلی در اختیار برنامه ریزان قرار



گیرد که بر مبنای آن پیش‌بینی‌ها صورت گرفته و هشدارهای لازم به بهره‌برداران داده شود (افروزه، ۱۳۹۸: ۱۵).

- کشت گیاهان مقاوم به خشکی

یکی از روش‌های کاهش اثر خشک‌سالی کشت گیاهان مقاوم به خشکی و در مورد درختان میوه استفاده از پایه‌های مقاوم به خشکی و یا کشت دیمه برخی از درختان، در مکان‌های مناسب می‌باشد.

- کشت گیاهان با نیاز آب کم

بایستی به گونه‌ای برنامه ریزی شود تا هم در بخش زراعی و هم در بخش باغی گیاهان با نیاز آبی کم جایگزین گیاهان با نیاز آبی بالا شوند.

- استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای

از آنجاییکه افغانستان یک کشوری زراعتی محسوب می‌شود و نیاز آبی در این کشور بسیار بالا است، ولی متأسفانه کشاورزان از روش‌های سنتی آبیاری استفاده می‌کنند که باعث هدر رفتن مقدار آب زیادی می‌گردد، در صورت مدیریت و ایجاد سیستم آبیاری مصنوعی یا قطره‌ای می‌توان بالای ۶۰ فیصد از تلف شدن آب جلوگیری نمود.

۳-۷- راهکارهای حین بحران خشک‌سالی

در کل به منظور مدیریت بحران خشک‌سالی لازم است طرح مدیریت جامع تهیه گردد که در هنگام وقوع خشک‌سالی به اجرا گذاشته شود. در طرح مذکور بایستی مطالعات مختلفی صورت گیرد که طی آن ضمن بررسی جوانب مختلف موضوع، وظایف افراد و سازمان‌های مسئول برای حل معضل مشخص و ارایه می‌شود. از بهترین مواردی که در طرح جامع خشک‌سالی باید مورد توجه قرار گیرد می‌توان به موارد زیر اشاره کرد (Theodory T. F, 2014:25).

- شناسایی ظرفیت‌های مقابله با ضایعات ناشی از خشک‌سالی

یکی از بهترین موضوعات پس از مشخص شدن شدت خشک‌سالی در یک منطقه، بررسی ظرفیت‌ها و امکانات در منطقه وقوع برای کاهش خسارت‌های خشک‌سالی است. از جمله این موارد



بررسی درآمدها، سرمایه گذاری‌ها، اعتبارات و تسهیلات مالی می‌باشد. وجود تأسیسات نگهداری میوه، سبزیجات، گوشت و علوفه از مهمترین مواردی است که باید مورد توجه قرار گیرد.

- تشکیل جلسات مشورتی با کارشناسان و بهره‌برداران:

یکی از مهمترین مواردی که در مدیریت بحران نقش اساسی دارد اطلاع‌رسانی شرایط و ایجاد فضای مقابله در میان مردم است. به همین منظور با تشکیل جلسات و توجیه شرایط، بایستی نسبت به ایجاد فضای مقابله در مردم اقدام کرد و با مشارکت مردم در طرح‌های صرفه‌جویی در مصرف آب، حذف فعالیت‌های پر مصرف آب می‌توان موفقیت برنامه‌های جامع مهار خشک‌سالی را افزایش داد.

- تهیه برنامه تامین کمبود آب

تامین اضطراری آب می‌تواند از چند طریق مختلف صورت گیرد که از جمله مهمترین موارد آن از طریق بطری‌های آب و یا تانکرهای آبرسانی است. در افق‌های بلند مدت می‌توان از طریق لوله‌های انتقال آب این مسئله مهم را انجام داد.

۳-۸- راهکارهای بعد از وقوع خشک‌سالی

بعد از سپری شدن دوره بحران خشک‌سالی، بایستی تجدید حیات منابع در منطقه به عنوان استراتژی کلی مدنظر قرار گیرد. باز ساخت نظام تولیدات زراعی و باغی از مهمترین موارد مورد توجه برنامه‌ریزی محسوب می‌شود. تجربه وقوع خشک‌سالی در این زمینه می‌تواند راهبردهای خوبی را برای انتخاب روش‌های کشت ارائه دهد تا از این طریق تجربه خاطرات تلخ خشک‌سالی مجدداً تکرار نشود. عملاً ملاحظه می‌شود که وقوع بارش نسبتاً خوب بعد از وقوع خشک‌سالی شرایط سخت را از یاد برده و دوباره روش‌های نادرست پیشین مورد استفاده قرار می‌گیرد. تامین آب در مناطق مبتلا به خشکی از برنامه‌های اصلی است که می‌تواند مد نظر قرار گیرد. پس از مطالعه روش‌های تامین منابع آب می‌توان بانک منابع آب هر منطقه را متناسب با شرایط نیاز آبی همان منطقه در اختیار داشت. از منابع تامین آب می‌توان به موارد زیر اشاره نمود (عبدالمطلب، ۱۳۹۳: ۱۹)

- استفاده از فاضلاب‌های شهری؛

- استفاده از منابع آب غیر متعارف؛



- استفاده از فن آوری باروری ابرها؛
- برنامه ریزی برای استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار (قطره‌ای - بارانی)؛

۳-۹- راهکار برای رفع خشک‌سالی و کم‌آبی

- جلوگیری از تبخیر سطحی در زمان خشک‌سالی؛
- جلوگیری از هدر رفت آب در مصارف خانگی؛
- جلوگیری از هدر رفت آب در کشاورزی در زمان کم‌آبی؛
- جلوگیری از هدر رفت آب در صنایع در زمان کم‌آبی؛
- آب شیرین‌کن و باز چرخانی پساب؛
- مقابله با تغییرات آب و هوای؛
- افزایش علم کشاورزی به‌خصوص در زمان خشک‌سالی؛

در سال‌های اخیر، با تصمیمات مسئولان در مجوز دادن ده‌ها هزار چاه غیرقانونی و عدم نظارت بر میزان برداشت از سفره‌های زیرزمینی و عدم مدیریت در کاشت محصولات پرمصرف و روش‌های آبیاری غرقابی و عدم حمایت کشاورزان در تأمین تجهیزات آبیاری نوین و نداشتن امنیت این تجهیزات در برابر سارقان، بدلیل نداشتن اجازه ساخت انبار در زمین‌های کشاورزی و دلایل این چینی شاهد فجایی از جمله فرونشست زمین در بعضی مناطق ولایت هرات هستیم. باید هرچه سریع‌تر با تغییر الگوی کشت، به سمت کشت گیاهانی برویم که به صورت ذاتی نیاز آبی کمتری دارند و با ایجاد روش‌های نوین آبیاری مانند آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و تعیین زمان مناسب کاشت و آبیاری، حداقل آب ممکن را مصرف کرد (سلیمانی، ۱۳۸۴: ۱۷).

- جلوگیری از تبخیر سطحی در زمان خشک‌سالی
- یکی از مشکلات اساسی در خشک‌سالی برای منابع نگهداری آب، تبخیر آن است که برای جلوگیری از آن با استفاده از توپ‌های پلاستیکی و سایر روش‌های دیگر سطح آب را پوشیده شود.
- جلوگیری از هدر رفت آب در مصارف خانگی
- با تغییر در اصلاح الگوی مصرف و فرهنگ سازی برای هم‌شهریان می‌توان تا حد زیادی در مصرف انرژی که موجب کاهش مصرف آب می‌شود به صرفه جویی آب کمک کرد.
- جلوگیری از هدر رفت آب در صنایع در زمان کم‌آبی



از آنجایکه افغانستان یک کشور زراعتی است و کشور صنعتی محسوب نمی‌شود، مصرف آب در بخش صنعت زیاد مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، ولی باز هم نیاز است تا از هدر رفت آب در شهرک صنعتی ولایت هرات مدیریت جامع صورت گیرد.

- افزایش علم کشاورزی به خصوص در زمان خشک‌سالی:

اگر در کشاورزی نوین به دانشمندان این حوزه توجه شود و اصولی کار کنیم (بذر خوب، ماشین‌آلات مکانیزه، افزایش مواد آلی خاک و غیره) از ۴ میلیون هکتار زمین می‌توانیم محصول ۹ میلیون هکتار امروز را برداشت کنیم و ۵ میلیون هکتار باقیمانده را آب ذخیره کنیم که با این شرایط هم مقدار محصول تولیدی را کاهش نداده‌ایم و هم آب نگهداری کرده‌ایم (عبدال مطلب، ۱۳۹۳: ۲۱).

۴- بحث و نتیجه‌گیری

روند بارندگی نظر به شرایط موجود وضعیت به سوی خشکی پیش می‌رود؛ بنابراین باید برنامه‌ریزی‌ها و تدابیر مدیریت منابع آب بر این اساس پی‌ریزی شود. در واقع با توجه به وضعیت موجود و روند پیش‌رو اهمیت استفاده مناسب از منابع بسیار حیاتی‌تر خواهد بود؛ لذا ایجاد سیستم مدیریتی مناسب به نحوی که با شناخت دقیق جنبه‌های مختلف اقلیمی، اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی کشور بتوان خشک‌سالی را مدیریت کرد، با آن به همزیستی رسید و خسارات و تبعات آن را به حداقل رساند، امری اجتناب‌ناپذیر است. در ادامه بر مبنای مطالعه صورت‌گرفته نتایج و پیشنهادات ارائه می‌گردد.

۱- نظر به بررسی‌های انجام شده و جمع‌آوری اطلاعات روند افزایشی خشک‌سالی را در ولایت هرات نشان می‌دهد.

۲- تغییرات در شدت بارندگی می‌تواند نسبت بیلان منطقه‌ای آب را تغییر دهد که باعث تغییر رژیم هیدرولوژیکی می‌شود. بررسی نحوه تغییرات شرایط خشک‌سالی بر اساس تغییرات اقلیم از ابعاد مختلف اهمیت دارد. زیرا در بسیاری از برنامه‌های بلند مدت لازم است که چشماندازی از وضعیت آینده بارندگی و دروره‌های خشک‌سالی و ترسالی برای منطقه ترسیم شود. این پیچیدگی‌ها نشان می‌دهد که تحقیقات خشک‌سالی به ویژه با در نظر گرفتن گرمایش جهانی با ابداع شاخصه‌هایی که توانایی پایش خشک‌سالی را بر اساس پارامترهای مؤثر داشته باشد ضروری است.



۳- با اجرای سناریوی کاهش و افزایش در میزان برداشت از چاه‌های بهره‌برداری این نتیجه حاصل شد که با کاهش چاه‌های سولری در ولایت هرات درصدی در نرخ برداشت افت تراز آب زیرزمینی از بین رفته و حتی کمی بهبود حاصل می‌شود. لذا برای تثبیت تراز سطح آب در وضعیت فعلی کاهش چاه‌های سولری در میزان بهره‌برداری توصیه می‌گردد.

۴- از آنجاکه ولایت هرات یک ولایت زراعتی است و مصرف بی‌جا از آب‌های شیرین و حفر خودسر چاه‌های عمیق از دلایل عمده و اساسی افت آب‌های زیرزمینی در این ولایت می‌باشد. کشاورزان هرات طی سال‌های اخیر برای آبیاری زمین‌های‌شان اقدام به حفر چاه‌های عمیق نموده و با استفاده از سولرها خورشیدی به گونه افراطی هزاران هکتار زمین را آبیاری می‌کنند که این روند باعث افت چشم‌گیر آب‌های زیرزمینی شهر هرات شده است.

۵- پیشنهادات

- در نظر گرفتن احتیاجات نسل‌های آینده به هنگام مصرف منابع تجدید پذیر و غیر قابل تجدید طبیعت.
- افزایش راندمان بهره‌برداری از منابع آب و خاک و گیاه و اعمال بهره‌برداری بهینه از این منابع.
- با توجه به برخورد علمی با موضوع و انجام تحقیقات و جمع‌آوری اطلاعات و آمار و پردازش و تحلیل اطلاعات و پیش‌بینی تغییرات آینده و ایجاد ایستگاه‌های تحقیقات و اندازه‌گیری و بهبود مدیریت اراضی.
- توجه به محوری نمودن نقش مشارکت مردمی در میان دیگر فعالیت‌ها و لزوم تعریف و شکل‌گیری جایگاه قانونی سازمان‌های غیر دولتی در این ارتباط.
- توجه به ارزیابی ظرفیت‌ها مقابل با ضایعات ناشی از سیل و خشک‌سالی از قبیل درآمدها، سرمایه‌گذاری‌ها، فرایندهای تصمیم‌گیری.
- با اعمال این اقدامات می‌توان خسارات ناشی از خشک‌سالی را بسیار کاهش داد.

۶- منابع

- ۱- تیموری، نظام‌الدین. (۱۳۹۹). شبیه‌سازی کمی آب‌های زیرزمینی شهر هرات با استفاده از مدل MODFLOW. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران آب و سازه‌های هیدرولیکی دانشگاه آزاد اسلامی-مشهد.
- ۲- حسینی، سید علی. (۱۳۹۷). هری رود. انتشارات انستیتوت مطالعات استراتژیک افغانستان، کابل، چاپ اول، سال ۱۳۹۷.



- ۳- سلیمانی، ک، رمضانی، ن، احمدی، م. ض و بیات، ف. (۱۳۸۴). بررسی روند خشک سالی ها و ترسالی ها در حوضه های آبخیز مازندران، پژوهشنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خزر، سال سوم، شماره اول.
- ۴- شاهی دشت، ع. ر. و عباس نژاد، ا. (۱۳۸۹). ارزیابی اثرات زیست محیطی افت سطح آب های زیرزمینی در دشت زرنند و ارائه راه کارهای مدیریتی. مجله پژوهش آب ایران، شماره ۷، ص ۱۱۹-۱۲۴.
- ۵- شایان نژاد، م؛ عابدی، م. ع. (۱۳۸۵). تاثیر تغذیه مصنوعی در بهره برداری بهینه از منابع آب. اولین کنفرانس منطقه ای برای بهره برداری بهینه از منابع آب رودخانه کارون و حوضه های رودخانه زاینده رود.
- ۶- عزیزاده، امین. (۱۳۹۲) اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات استان قدس رضوی، دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ چهل دوم. ویرایش هفتم.
- ۷- عبدالمطلب، برات دنیا. (۱۳۹۳). اثرات خشک سالی سالهای ۱۳۸۴-۱۳۹۳ با اقتصا د رو ستایی و روش های مقابله آن
- ۸- افروزه، فاطمه. غلام ر ضا چابکرو و سید محمد ر ضا اکبری. (۱۳۹۸). اثرات منفی خشک سالی و روشهای مقابله با آن. همایش ملی مدیریت بحران آب سال ۱۳۹۸ . شماره ۱- ۹- Ford, J. D., Berrang-Ford, L., & Paterson, J. 2011. A systematic review of observed climate change adaptation in developed nations. Climatic change, 106: 327-336.
- 10- Mubaya C. P., & Mafongoya P. 2017. Local-level climate change adaptation decision-making and livelihoods in semi-arid areas in Zimbabwe. Environment, development and sustainability, 19(6): 2377-2403).
- 11- Theodory T. F. 2014. Indigenous knowledge as a base of climate change adaptation: Perspectives from community living along Ngono River Basin, Tanzania. In 14th EADI general Conference) pp. 23-26.



حل عددی معادلات دیفرانسیل کسری غیر خطی سخت با روش‌های تک‌گامی

¹ پوهنیار غلام حسن دانشیار عضو کادر علمی دیپارتمنت ریاضی و فزیک، پوهنځی انجینیری، پوهنتون بلخ
پوهنیار غلام علی صابری عضو کادر علمی دیپارتمنت ریاضی و فزیک، پوهنځی انجینیری، پوهنتون بلخ

One-Step methods for numerical solution of nonlinear stiff fractional differential equations

Abstract

Fractional differential equations are the equations with real order, while the order of classical differential equations is positive integers. In this paper, a set of generalized numerical single-step methods for solving stiff nonlinear fractional differential equations is presented. We use the generalized one-step method and linear segment interpolation, to discretize these type of differential equations. The proposed combined methods are employed to solve stiff nonlinear fractional differential equations, where the derivative in the equation is of the Caputo type. In addition, the consistency, stability and convergence properties of the considered numerical methods are examined. In order to show the accuracy and efficiency of the methods, a numerical example is employed. The numerical solutions of differential equation produced by the numerical methods for different step sizes are recorded. Experimental results show that single-step numerical methods are also able to obtained satisfactory solutions with acceptable errors for the stiff fractional differential equations.

Keywords: Stiff fractional differential equations, Caputo derivative, One-Step methods, Consistency, Stability and Convergence.

چکیده

معادله دیفرانسیل کسری، معادله‌ای با مرتبه حقیقی می‌باشد، در حالی که مرتبه معادلات دیفرانسیل کلاسیک اعداد تام مثبت هستند. در این مقاله دسته‌ای از روش تک‌گامی تعمیم یافته برای حل عددی معادلات دیفرانسیل کسری غیرخطی سخت ارائه شده است. روش تک‌گامی تعمیم یافته که ترکیبی از روش‌های تک‌گامی و درون یابی قطعه-قطعه خطی می‌باشد را برای گسسته سازی این

¹ Email: gh.h.danish@gmail.com



نوع از معادلات به کار می‌بریم. روش ترکیبی مورد نظر برای حل معادلات دیفرانسیل کسری غیرخطی سخت که مشتق موجود در معادله از نوع کاپوتو می‌باشد، به کار می‌رود. همچنین سازگاری، پایداری و همگرایی روش مورد نظر مورد بررسی قرار می‌گیرد. در پایان برای نشان دادن دقت و کارایی روش، مثال عددی ارائه شده است که حل عددی معادله دیفرانسیل مطرح شده در مثال، با طول گام‌های متفاوت دریافت گردید. نتایج تجربی نشان می‌دهد که روش‌های عددی تک‌گامی نیز قادر به دریافت حل قناعت بخش با خطای قابل قبول برای معادله دیفرانسیل کسری سخت می‌باشند.

کلید واژه: پایداری، سازگاری، همگرایی، روش‌های تک‌گامی، معادلات دیفرانسیل کسری سخت، مشتق کاپوتو.

۱. مقدمه

حساب دیفرانسیل کسری یکی از شاخه‌های آنالیز ریاضی است، که به بررسی و تحقیق در خصوص انتگرال و مشتقات مراتب دلخواه و کاربردهای آن می‌پردازد. بنابراین، مباحث ریاضی امروزه که تحت عنوان حسابان کسری رخ می‌دهد به مراتب با حسابان کسرها (علامتی که برای تقسیم کردن در ذهن داریم) فرق می‌کند. در واقع «انتگرال گیری و مشتق گیری از مرتبه دلخواه» عبارتی دقیق‌تر به جای حسابان کسری می‌باشد. مرتبه دلخواه می‌تواند هر عدد حقیقی باشد. در دو دهه اخیر محققان متوجه شدند که مشتقات و انتگرال‌ها از مرتبه غیر صحیح برای توصیف بسیاری از پدیده‌ها و موارد مختلف مدل‌های پیچیده زندگی مفید هستند. تحقیقات نشان می‌دهد که در بسیاری موارد مدل سازی‌های جدید بر اساس مشتقات کسری بسیار مناسب‌تر از مدل سازی بر اساس مشتقات صحیح می‌باشند (میلر و راس، ۱۹۹۵). گاهی اوقات مشتقات با مرتبه صحیح در مقایسه با نتایج تجربی بدست آمده در تناقض است و استفاده از مشتقات با مرتبه کسری مناسب‌تر هستند. به همین دلیل در این مقاله قصد داریم به بررسی روش عددی برای حل معادلات دیفرانسیل سخت پردازیم که مشتق موجود در معادله از مرتبه کسری می‌باشد. مدل سازی بسیاری از مسائل فزیک، کیمیا و علوم انجینیری به معادلات دیفرانسیل سخت منجر می‌شود. با توجه به موارد مطرح شده، حل عددی اینگونه معادلات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این تحقیق می‌تواند زمینه شناخت این مفهوم را برای محققین فراهم نماید.



همان طور که اشاره شد، معادلات دیفرانسیل سخت نقش مهمی در علوم مختلف دارد. بنابراین یکی از اساسی ترین مسائل آنالیز عددی، حل دستگاه این نوع از معادلات می باشد. بنابراین اهمیت موضوع در این مقاله این است که به ارائه ی یک روش تک گامی تعمیم یافته برای حل معادلات دیفرانسیل کسری غیرخطی سخت^۱ (SFDEs) می پردازیم. حال سوال اصلی اینجاست که چطور می توان این مسائل را حل کرد؟ و سوالات دیگر را نیز می توان به شکل زیر مطرح کرد.

- چه روش های برای حل این نوع معادلات دیفرانسیل وجود دارد؟
 - مناسب ترین روش برای حل این گونه معادلات دیفرانسیل کدام است؟
 - آیا روش مورد نظر برای حل این گونه معادلات دیفرانسیل سازگار، پایدار و همگراست؟
- روش های عددی متعددی برای حل این طبقه از معادلات دیفرانسیل غیر خطی پیچیده بکار برده شده است، که می توان به موارد ذیل اشاره کرد:

مک کی^۲ و استوکس^۳ در (دیتلم، ۲۰۱۰) و (کیلباس، ۲۰۰۶) روش های انتگرالگیری ضرب، تانگ^۴ و برانر^۵ در (پادلابنی، ۱۹۹۹) روش های هم محلی چند جمله ایهای اسپلاین را بکار می برند، هریر^۶ و مَس^۷ در (مکی و استوکس، ۱۹۸۳) روش های چند گامی خطی کسری را ارائه دادند، وانگ^۸، ژا^۹ و ژانگ^{۱۰} در (ژا و ژانگ، ۲۰۱۹) از روش های مقدار مرزی گسترش یافته استفاده کردند، دال کویست^{۱۱} در (دیتلم، ۲۰۱۰) روش های تک گامی را در سال ۱۹۷۶ پیشنهاد کرد. این نوع روش ها مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفت و برای حل معادلات دیفرانسیل جبری و معادلات دیفرانسیل انتگرال به بهترین وجه مورد استفاده قرار گرفت. (میرزایی، ۱۳۹۳).

روش تحقیق این مقاله طوری است که یک طبقه از روش های تک گامی گسترش یافته را برای حل معادلات دیفرانسیل کسری غیرخطی سخت بکار می گیریم. وقتی یک مسئله به یک مدل ریاضی

¹ Stiff Fractional Differential Equations

² McKee

³ Stokes

⁴ Tang

⁵ Brunner

⁶ Hairier

⁷ Mass

⁸ Wang

⁹ Zhou

¹⁰ Zhang

¹¹ Dahlquist



تبدیل می‌شود، سپس یک روش عددی برای حل آن طراحی و الگوریتم آن روی کامپیوتر نوشته و اجرا می‌شود، در نهایت جواب تقریبی حاصل می‌شود که با جواب واقعی مسئله یکسان نخواهد بود. در واقع جواب تقریبی دارای خطاست و ما مایلیم این خطا همواره قابل کنترل باشد. انواع مختلف خطا روی نتایج یک الگوریتم عددی تأثیرگذار هستند. برخی از منابع خطا را به سختی می‌توان کنترل کرد، در حالی که برخی را می‌توان با بازنویسی الگوریتم به فرم دیگر یا ایجاد تغییرات در آن کاهش داد و یا حتی از بین برد. گاهی خطاها در طول الگوریتم بزرگ و بزرگتر می‌شوند و گاهی روبه افول می‌روند. چنانچه خطاها در طول الگوریتم بزرگ شوند، این بزرگی می‌تواند کیفیت جواب خروجی مسئله را به شکل بدی تحت تأثیر قرار دهد که در این حالت اصطلاحاً گفته می‌شود روش عددی پایدار نیست. در این مقاله قصد داریم در ابتدا پایداری، سازگاری و همگرایی روش مورد نظر را بررسی نموده و در گام دوم با حل مثال عددی نشان دهیم که روش مورد نظر برای حل این گونه معادلات مفید است. برای اجرای بخش تجربی و حل سوالات، از زبان برنامه نویسی متلب استفاده کرده و گرافها نیز توسط همین برنامه ترسیم می‌گردد.

۲. مشتقات کسری

همان طور که در مقدمه ذکر شد چندین روش برای بیان مفهوم حسابان کسری وجود دارد. در اینجا ما یک نوع از رایج ترین مشتقات کسری که در کاربردها، فراوان از آن استفاده می‌شود، را معرفی نموده و خواص مربوط به آنها را بیان می‌کنیم.

مشتق کسری کاپوتو

مشتق کسری کاپوتو نقش مهمی در توسعه نظریه مشتقات و انتگرال کسری و کاربردهای آن در ریاضیات محض دارد. تعریف که کاپوتو ارائه داده، عبارت است از:

$${}_a^C D_t^\alpha f(t) = \frac{1}{\Gamma(n-\alpha)} \int_a^t (t-\tau)^{n-\alpha-1} f^{(n)}(\tau) d\tau, \quad (1)$$

که در آن $n-1 < \alpha \leq n$, $n \in \mathbb{N}$, $f \in C^n[a, b]$ می‌باشد (دیتلم، ۲۰۱۰).

معادلات دیفرانسیل سخت

در ریاضیات، معادله سخت یک معادله دیفرانسیل است که روش‌های عددی برای حل آن ناپایدار است. تعریف دقیقی از معادله سخت وجود ندارد اما عقیده اصلی این است که معادله سخت شامل برخی جملات می‌باشد که می‌تواند منجر به ناپایداری شود (نیا، ۱۳۸۵).
به عنوان مثال معادله دیفرانسیل خطی مرتبه اول زیر را در نظر بگیرید:

$$\begin{cases} y' = -100y + 10 \\ y(0) = 1 \end{cases} \quad (2)$$

این معادله حالت خاصی از معادله به شکل زیر است:

$$y' + p(x)y + q(x) = 0.$$

می‌دانیم جواب معادله اخیر در حالت کلی عبارتست از:

$$y = e^{-\int p(x)dx} \left[C + \int q(x)e^{\int p(x)dx} dx \right],$$

بدین ترتیب جواب معادله (2) عبارتست از:

$$\begin{aligned} y &= e^{-\int 100dx} \left[C - \int 10e^{\int 100dx} dx \right] \\ &= e^{-100x} \left[C - \int 10e^{100x} dx \right] \\ &= e^{-100x} \left[C - \frac{1}{10} e^{100x} \right] \\ &= Ce^{-100x} - \frac{1}{10}, \end{aligned}$$

با استفاده از شرط اولیه $y(0) = 1$ می‌توان جواب نهایی (2) را به صورت زیر بدست آورد:

$$y = \frac{11}{10} e^{-100x} - \frac{1}{10}.$$

که این معادله سخت است. هنگامی که نمودار y را رسم می‌کنیم در نزدیکی صفر نوسانات شدیدی دارد و رفتار y بسیار پیچیده است. در حل عددی چنین معادلاتی انتخاب طول گام بسیار حساس است و ممکن است روش‌های عددی جواب‌هایی با خطاهای بزرگ تولید کنند (نیا، ۱۳۸۵).

۳. معرفی روش حل معادلات دیفرانسیل کسری غیرخطی سخت

معادلات دیفرانسیل کسری غیرخطی نقش مهمی در علوم مختلف مانند فیزیک، زیست شناسی، تئوری کنترل و غیره دارد. هنگامی که سیستم های کنترل شده یا کنترل کننده و یا هر دوی آن ها توسط یک معادله دیفرانسیل با مشتقات کسری تشریح می شوند، انتگرال ها و مشتقات کسری در نظریه کنترل سیستم های دینامیکی نیز ظاهر می شوند. از کاربردهای دیگر مشتقات کسری می توان به مدل سازی معادلات انتشار نور و معادله جابجایی و پراکندگی افقی هوا در یک زمان کسری، فرآیندهای الکتروشیمیایی و نظریه پردازش سیگنال اشاره کرد. همچنان یکی از اساسی ترین مسائل آنالیز عددی، حل دستگاه معادلات دیفرانسیل غیرخطی سخت می باشد، زیرا برای حل بسیاری از مسائل علوم و مهندسی، با یک دستگاه معادلات دیفرانسیل کسری غیرخطی سخت به شکل زیر پرداخته می شود (ژا و ژانگ، ۲۰۱۹):

$$y'(t) = f\left(t, y(t), {}^C D_t^\gamma y(t)\right), t \in (t_0, T]; \quad y(t_0) = y_0, \quad (3)$$

در رابطه (3) مشتق کاپوتو از مرتبه γ ($0 < \gamma < 1$) بوده،

و $f: (t_0, T] \times \mathbb{C}^d \times \mathbb{C}^d \rightarrow \mathbb{C}^d$ یک تابع به اندازه کافی هموار می باشد به طوری که در شرایط لیپشیتس یک طرفه و کلاسیک زیر با ثابت های $L_1, L_2 \geq 0$ صدق می کند:

$$\Re < y - \hat{y}, f(t, \hat{y}, z) > \leq L_1 \|y - \hat{y}\|^2, \\ t \in (t_0, T]; \quad y, \hat{y}, z \in \mathbb{C}^d, \quad (4)$$

$$\|f(t, y, z) - f(t, y, \hat{z})\| \leq L_2 \|z - \hat{z}\|^2, \\ t \in (t_0, T]; \quad y, z, \hat{z} \in \mathbb{C}^d. \quad (5)$$

طوری که در آن $\mathbb{C}^d$ فضای مختلط d می باشد.

برای گسسته سازی این نوع از معادلات روش تک گامی تعمیم یافته که ترکیبی از روش های تک گامی و درون یابی قطعه-قطعه خطی می باشد را به کار می بریم.

روش های تک گامی تعمیم یافته

در این بخش یک رده از روش های عددی جدید برای حل مسئله (3) ارائه خواهد شد. این روش با ترکیب روش های تک گامی با درونیابی خطی ساخته می شود. به همین دلیل در ادامه به معرفی روش های تک گامی می پردازیم (ژا و ژانگ، ۲۰۱۹).

$$y'(t) = f(t, y(t)), \quad t \in [t_0, T]; \quad y(t_0) = y_0 \quad (6)$$

براساس مطالب گفته شده فوق، یک روش تک گامی n -مرحله ای را می توان به شکل زیر بیان نمود:

$$\rho(E)y_n = hf(\sigma(E)t_n, \sigma(E)y_n), \quad n \geq 0, \quad (7)$$

y_n یک تقریب از $y(t_n)$ است، $t_n = t_0 + nh$ ، E ، $h = (T - t_0)/N$ ، $(N \in \mathbb{N})$ ، عملگر انتقال نامیده می شود که به صورت $Ey_n = y_{n+1}$ تعریف می شود و ρ و σ دو تابع چند جمله ای همراه با ضرایب حقیقی و α_j ها و β_j ها به صورت زیر هستند،

$$\rho(x) = \sum_{j=0}^k \alpha_j x^j, \quad \sigma(x) = \sum_{j=0}^k \beta_j x^j,$$

شرایط سازگاری به صورت زیر در نظر گرفته می شود:

$$\rho(1) = 0, \quad \rho'(1) = \sigma(1) = 1.$$

از دومین شرط بدست آمده برای سازگاری یعنی $\rho'(1) = \sigma(1) = 1$ می توان نتیجه گرفت

$$\sigma(E)t_n = t_n + \sigma'(1)h,$$

حال اگر فرض کنیم $\sigma'(1) = m - \mu$ ، $\mu \in [0, 1]$ و $m \in [1, k]$ ، آن گاه می توان نتیجه گرفت:

$$\sigma(E)t_n = t_{n+m-\mu} = t_0 + (n + m - \mu)h.$$

با بکار بردن روش های تک گامی (6) برای حل مسئله (3) رابطه ای به شکل زیر تولید می کند:

$$\rho(E)y_n = hf(\sigma(E)t_n, \sigma(E)y_n, z_{n+m-\mu}), \quad n \geq 0, \quad (8),$$

در رابطه (9) صدق می کند:

$$\begin{aligned} z(\sigma(E)t_n) &:= {}^c D_t^\gamma y(\sigma(E)t_n) \\ &= \frac{1}{\Gamma(1-\gamma)} \int_{t_0}^{\sigma(E)t_n} \frac{y'(v)}{(\sigma(E)t_n - v)^\gamma} dv. \end{aligned} \quad (9)$$

جهت بدست آوردن یک تقریب برای $z_{n+m-\mu}$ ، ابتدا درونیایی خطی $y(t)$ را در $[t_{j-1}, t_j]$ با جمله باقیمانده $r_j(t)$ در نظر می گیریم:

$$y(t) = \frac{t - t_j}{t_{j-1} - t_j} y(t_{j-1}) + \frac{t - t_{j-1}}{t_j - t_{j-1}} y(t_j) + r_j(t),$$

$$t \in [t_{j-1}, t_j]. \quad (10)$$

که در آن $t_{j-1} < \xi_j < t_j$ ، $r_j = \frac{1}{2}(t - t_j)(t - t_{j-1})y''(\xi_j)$ ، قرار می‌دهیم:

$$L_j(t) = \frac{t - t_j}{t_{j-1} - t_j} y(t_{j-1}) + \frac{t - t_{j-1}}{t_j - t_{j-1}} y(t_j),$$

در واقع $L_j(t)$ درونیاب خطی ساخته شده به روش لاگرانژ برای تقریب $y(t)$ می‌باشد. با استفاده از (9) و (10) نتیجه می‌شود:

$$\begin{aligned} & z(t_{n+m-\mu}) \\ &= \frac{1}{\Gamma(1-\gamma)} \left[\sum_{j=1}^{n+m-1} \int_{t_{j-1}}^{t_j} \frac{L'_j(t)}{(t_{n+m-\mu} - v)^\gamma} dv \right. \\ & \quad \left. + \int_{t_{n+m-1}}^{t_{n+m-\mu}} \frac{L'_{n+m}(t)}{(t_{n+m-\mu} - v)^\gamma} dv \right] + \hat{r}_{n+m-\mu} \\ &= \frac{1}{\Gamma(2-\gamma)} \sum_{j=1}^{n+m-1} \frac{y(t_j) - y(t_{j-1})}{t_n + (j-n)h - t_n - (j-1-n)h} [(n+m-\mu-j \\ & \quad + 1)^{1-\gamma} - (n+m-\mu-j)^{1-\gamma}] h^{1-\gamma} \\ & \quad + \frac{1}{\Gamma(2-\gamma)} \frac{y(t_{n+m}) - y(t_{n+m-1})}{t_n + mh - t_n - (m-1)h} [t_n + (m-\mu)h - t_n \\ & \quad - (m-1)h]^{1-\gamma} + \hat{r}_{n+m-\mu}, \end{aligned} \quad (11)$$

$\hat{r}_{n+m-\mu}$ جمله خطای حاصل از بکار بردن تقریب به کار رفته می‌باشد. با کنار گذاشتن این جمله در (11) یک فرمول تقریبی برای $z_{n+m-\mu}$ به شرح زیر بدست می‌آید. ابتدا نمادهای زیر را تعریف می‌کنیم، قرار می‌دهیم $a_l^{(\gamma)} = (l+1)^{1-\gamma} - l^{1-\gamma}$ و برای $n=0$ و $m=1$ ، $\omega_0^{(\gamma)} =$ قرار می‌دهیم، $-\omega_1^{(\gamma)} = (1-\mu)^{1-\gamma}$ و برای $n+m \geq 2$ ، نماد $\omega_j^{(\gamma)}$ را به صورت زیر تعریف می‌کنیم.

$$\omega_j^{(\gamma)} = \begin{cases} (1 - \mu)^{1-\gamma}, & j = 0, \\ a_{1-\mu}^{(\gamma)} - (1 - \mu)^{1-\gamma}, & j = 1, \\ a_{j-\mu}^{(\gamma)} - a_{j-\mu-1}^{(\gamma)}, & 2 \leq j \leq n + m - 1, \\ -a_{n+m-\mu-1}^{(\gamma)}, & j = n + m. \end{cases} \quad (12)$$

با استفاده از نمادهای تعریف شده فرمول تقریبی زیر برای $Z_{n+m-\mu}$ به صورت زیر بدست می‌آید:

$$\begin{aligned} z(t_{n+m-\mu}) &= \frac{h^{-\gamma}}{\Gamma(2-\gamma)} \left[\sum_{j=1}^{n+m-1} a_{n+m-\mu-1}^{(\gamma)} (y(t_j) - y(t_{j-1})) + (1 - \mu)^{1-\gamma} (y(t_{n+m}) - y(t_{n+m-1})) \right] \\ &= \frac{h^{-\gamma}}{\Gamma(2-\gamma)} \sum_{j=0}^{n+m} \omega_j^{(\gamma)} y(t_{n+m-j}), \end{aligned} \quad (13)$$

ترکیبی از فرمول (8). یک فرمول تعمیم یافته از روش‌های تک‌گامی (13) را بدست می‌دهد.

۴. نتایج عددی

در این بخش، آزمایش عددی را برای کارایی و دقت روش‌های تک‌گامی تعمیم یافته انجام می‌دهیم. از جمله این روش‌ها، روش تعمیم یافته ضمنی اوایلر است که یکی از مشهورترین روش‌های تک‌گامی تعمیم یافته می‌باشد، روش مذکور برای حل مسئله (8) فرمولی به شکل زیر دارد که با استفاده از فرمول‌های (7) و (12) بدست می‌آید.

$$\begin{aligned} y_{n+1} - y_n &= hf(t_{n+1}, y_{n+1}, z_{n+1}), \\ z_{n+1} &= \frac{h^{-\gamma}}{\Gamma(2-\gamma)} \sum_{j=0}^{n+1} \omega_j^{(\gamma)} y_{n-j+1}. \end{aligned} \quad (14)$$

از روابط (9) و (10) که برای (8) تعریف شده، نتیجه می‌شود که روش ضمنی اوایلر (19)، از مرتبه 1 همگرا، پایدار و سازگار می‌باشد (دیتلم، ۲۰۱۰).

مثال. مسئله غیرخطی سخت دو بعدی زیر را در نظر بگیرید (ژا و ژانگ، ۲۰۱۹):

$$y'(t) = Ay(t) + G(t, y(t), {}^C_0D_t^\gamma y(t)),$$

$$\gamma \in (0,1) \quad t \in [0,5\pi]; \quad y(0) = (0,1)^T, \quad (15)$$

که در آن :

$$A = \begin{pmatrix} -2 & 1 \\ 98 & -99 \end{pmatrix}, \quad G(t, y(t), {}^C_0D_t^\gamma y(t)) = \begin{pmatrix} \frac{u^2(t)}{1+u^2(t)} - \sin({}^C_0D_t^\gamma u(t)) + g_1(t) \\ \frac{\omega^2(t)}{1+\omega^2(t)} - \cos({}^C_0D_t^\gamma \omega(t)) + g_2(t) \end{pmatrix},$$

$y(t) = (u(t), \omega(t))^T$ و توابع g_i , $i = 1,2$ طوری انتخاب می‌شود که جواب دقیق مسئله (15) به صورت زیر باشد:

$$y(t) = (\sin t, \cos t)^T \quad (16)$$

با در نظر گرفتن $y(t) = (u(t), \omega(t))^T$ معادله (15) را می‌توان به فرم گسترده زیر نوشت:

$$\begin{bmatrix} u'(t) \\ \omega'(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2 & 1 \\ 98 & -99 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{u^2(t)}{1+u^2(t)} - \sin({}^C_0D_t^\gamma u(t)) + g_1(t) \\ \frac{\omega^2(t)}{1+\omega^2(t)} - \cos({}^C_0D_t^\gamma \omega(t)) + g_2(t) \end{bmatrix}, \quad (17)$$

با توجه به جواب دقیق، توابع $g_1(t)$ و $g_2(t)$ به شکل زیر بدست می‌آید:

$$g_1(t) = 2 \sin t - \frac{\sin^2(t)}{1 + \sin^2(t)} + \sin \left(t^{1-\gamma} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n t^{2n}}{\Gamma(2n+1-\gamma)} \right), \quad (18)$$

$$g_2(t) = 99 \cos t - 99 \sin t - \frac{\cos^2(t)}{1 + \cos^2(t)} + \cos \left(t^{1-\gamma} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n t^{2n}}{\Gamma(2n+1-\gamma)} \right), \quad (19)$$

حال می‌خواهیم روش عددی تک‌گامی تعمیم یافته ضمنی اوایلر (14) را برای مسئله غیرخطی سخت (17) به کار ببریم، لذا داریم:

$$\begin{bmatrix} u_{n+1} - u_n \\ \omega_{n+1} - \omega_n \end{bmatrix} = h \begin{bmatrix} -2 & 1 \\ 98 & -99 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{n+1} \\ \omega_{n+1} \end{bmatrix} + h \begin{bmatrix} \frac{u_{n+1}^2}{1 + u_{n+1}^2} - \sin(z_{n+1}) + g_1^{n+1} \\ \frac{\omega_{n+1}^2}{1 + \omega_{n+1}^2} - \cos(z_{n+1}) + g_2^{n+1} \end{bmatrix}, \quad (20)$$

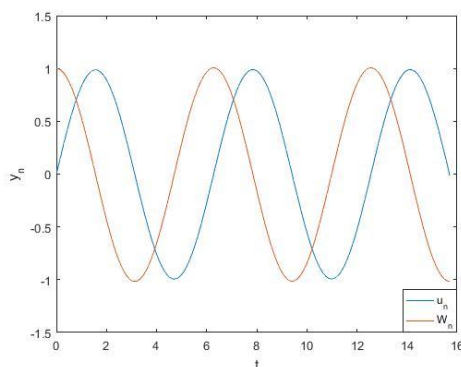
از روابط (20)، می‌توان روابط ذیل را بدست آورد:

$$u_{n+1} - u_n = h \left[-2u_{n+1} + \omega_{n+1} + \frac{u_{n+1}^2}{1 + u_{n+1}^2} - \sin(z_{n+1}) + g_1^{n+1} \right]. \quad (21)$$

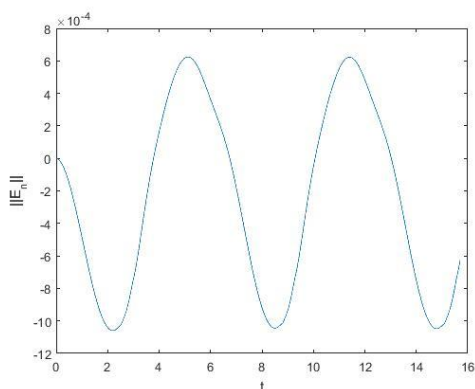
$$\omega_{n+1} - \omega_n = h \left[98u_{n+1} - 99\omega_{n+1} + \frac{\omega_{n+1}^2}{1 + \omega_{n+1}^2} - \cos(z_{n+1}) + g_2^{n+1} \right]. \quad (22)$$

همچنین جهت سنجش کارایی محاسبات و دقت روش (14)، خطای زیر را معرفی می‌نماییم:

$$E_n := y(t_n) - y_n,$$



شکل ۱: حل عددی y_n مثال عددی با $\gamma = 0.6$ که با استفاده از روش (14) با $h = \frac{\pi}{64}$ حل گردیده است



شکل ۲: خطای جواب تقریبی مثال بدست آمد از روش (14) به ازای $h = \frac{\pi}{64}$ و $\gamma = 0.6$.

جدول ۱: خطای جواب بدست آمده مثال عددی برای $u(t)$ با استفاده از روش (14)، به ازای

$$\gamma = 0.1, 0.3, 0.6, 0.9$$

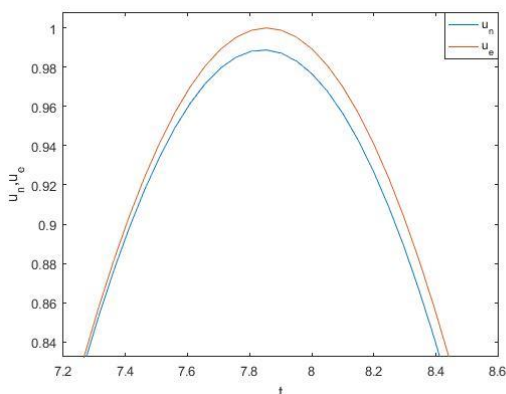
γ	$h = \frac{\pi}{64}$	$h = \frac{\pi}{128}$	$h = \frac{\pi}{256}$	$h = \frac{\pi}{512}$	$h = \frac{\pi}{1024}$
۰.۱	۰.۰۱۶۸	۰.۰۰۸۵	۰.۰۰۴۲	۰.۰۰۲۱	۰.۰۰۱۱
۰.۳	۰.۰۱۶۶	۰.۰۰۸۲	۰.۰۰۴۱	۰.۰۰۲۰	۰.۰۰۱۱
۰.۶	۰.۰۱۹۱	۰.۰۰۹۳	۰.۰۰۴۵	۰.۰۰۲۲	۰.۰۰۱۱
۰.۹	۰.۰۲۸۷	۰.۰۱۴۰	۰.۰۰۶۹	۰.۰۰۳۴	۰.۰۰۱۶

جدول ۲: خطای جواب بدست آمده مثال عددی برای $\omega(t)$ با استفاده از روش (14)، به ازای

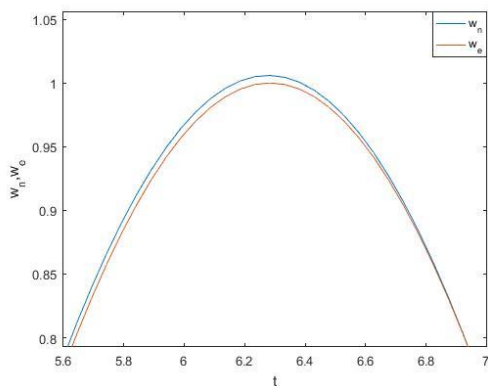
$$\gamma = 0.1, 0.3, 0.6, 0.9$$

γ	$h = \frac{\pi}{64}$	$h = \frac{\pi}{128}$	$h = \frac{\pi}{256}$	$h = \frac{\pi}{512}$	$h = \frac{\pi}{1024}$
۰.۱	۰.۰۱۶۳	۰.۰۰۸۲	۰.۰۰۴۱	۰.۰۰۲۰	۰.۰۰۱۰
۰.۳	۰.۰۱۶۰	۰.۰۰۸۰	۰.۰۰۴۰	۰.۰۰۲۰	۰.۰۰۱۰
۰.۶	۰.۰۱۸۵	۰.۰۰۹۰	۰.۰۰۴۴	۰.۰۰۲۲	۰.۰۰۱۱
۰.۹	۰.۰۲۸۰	۰.۰۱۳۷	۰.۰۰۶۷	۰.۰۰۳۳	۰.۰۰۱۶

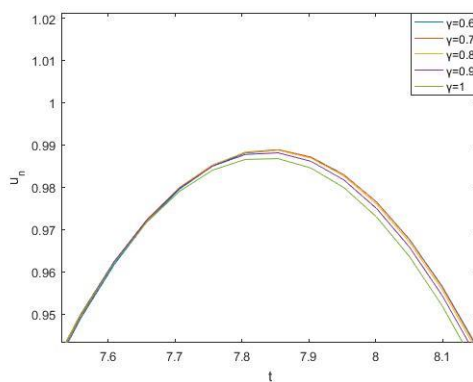
با بکار بردن روش (14) به ازای $h = \frac{\pi}{(64 \times 2^t)}$ $t = 0, 1, \dots, 4$ برای مثال ۱، می‌توانیم جواب‌های عددی مربوطه را بدست آوریم. جواب عددی $y_n = (u_n, \omega_n)^T$ که با استفاده از روش (14) به ازای $h = \frac{\pi}{64}$ و $\gamma = 0.6$ بدست آمده در شکل 1 رسم شده است. همچنین نرم L_2 خطای جواب عددی در شکل 2 رسم شده است. همچنین خطای حاصل از بکار بردن روش (20) برای بدست آوردن مقدار تقریبی $u(t)$ و $\omega(t)$ به ازای h و γ های مختلف در جدول 1 و 2 نمایش داده شده است. به علاوه جهت مقایسه گراف جواب دقیق و گراف جواب تقریبی بدست آمده از روش مورد نظر، بزرگ‌نمایی گراف جواب‌ها را بر بخشی از انتروال $[0, 5\pi]$ در شکل‌های 3 و 4 نمایش داده‌ایم. همچنین بزرگ‌نمایی گراف جواب‌های تقریبی بدست آمده را به ازای γ های مختلف در شکل 5 و 6 نمایش داده‌ایم. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد روش تک‌گامی تعمیم یافته قابل قبول بوده و دقت محاسباتی جواب‌های تقریبی با یافته‌های تیوری مطرح شده، مطابقت دارد.



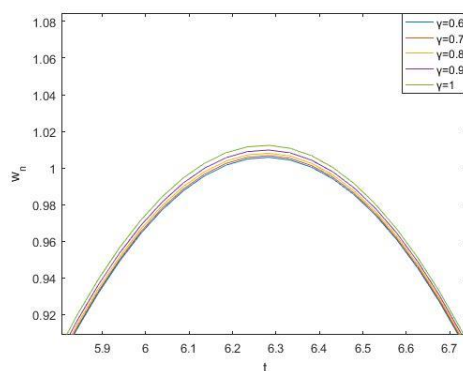
شکل ۳: گراف جواب دقیق (u_e) و جواب تقریبی (u_n) مثال عددی به ازای $\gamma = 0.6$ که با استفاده از روش (14) با $h = \frac{\pi}{64}$ حل گردیده است.



شکل ۴: گراف جواب دقیق (w_e) و جواب تقریبی (w_n) مثال عددي به ازای $\gamma = 0.6$ که با استفاده از روش (14) با $h = \frac{\pi}{64}$ حل گردیده است.



شکل ۵: جواب‌های تقریبی u_n به ازای مقادیر مختلف γ



شکل ۶: جواب‌های تقریبی w_n به ازای مقادیر مختلف γ



۵. نتیجه گیری

در حقیقت اکثر پدیده‌های طبیعی با تغییر زمان یا مکان تغییر می‌کنند و مدل کردن این تغییرات منجر به یک معادله دیفرانسیل می‌شود. که در این مقاله معادلات دیفرانسیل کسری غیرخطی سخت مورد مطالعه قرار گرفته است. حساب دیفرانسیل کسری یکی از شاخه‌های آنالیز ریاضی است، که به بررسی و تحقیق در خصوص انتگرال و مشتقات مراتب دلخواه و کاربردهای آن می‌پردازد. تحقیقات نشان می‌دهد که در بسیاری موارد مدل سازی‌های جدید بر اساس مشتقات کسری بسیار مناسب‌تر از مدل سازی بر اساس مشتقات صحیح می‌باشند. همچنان معادله سخت یک معادله دیفرانسیل است که روش‌های عددی برای حل آن ناپایدار است. مدل سازی بسیاری از مسائل فزیک، کیمیا و علوم انجینیری به معادلات دیفرانسیل سخت منجر می‌شود. به عنوان مثال در کنترل یک وسیله نقلیه فضایی که انتظار می‌رود مسیر کاملاً هموار باشد اما در مسیر پرواز انحرافات آشکار می‌شود، مدل سازی این پدیده منجر به معادلات دیفرانسیل سخت می‌شود. با توجه به موارد مطرح شده، حل عددی اینگونه معادلات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با ترکیب روش‌های اساسی تک‌گامی و درونیایی قطعه - قطعه خطی، یک رده از روش‌های تک‌گامی تعمیم یافته برای حل معادلات دیفرانسیل کسری غیرخطی با مشتقات کاپوتو به دست آمد. روش‌های به دست آمده همگرا از مرتبه $\min\{p, 2 - \gamma\}$ که در آن p مرتبه سازگاری متناسب با روش تک‌گامی می‌باشد. که درحقیقت روش‌های تک‌گامی به یک روش عددی تک مرحله‌ای گفته می‌شود که در آن مقدار γ در گام $i + 1$ فقط به مقدار γ در یک گام زمانی قبل یعنی گام i نام بستگی دارد. در این روش‌ها با فرض معلوم بودن جواب در گام i نام جواب در گام $i + 1$ نام بدست می‌آید. همچنان نتایج عددی بدست آمده نشان می‌دهد روش تک‌گامی تعمیم یافته قابل قبول بوده و دقت محاسباتی جواب‌های تقریبی با یافته‌های تئوری مطرح شده مطابقت دارد.

۶. منابع

۱. کرایه چیان، ا. (۱۳۸۶). محاسبات عددی، دانشگاه فردوسی مشهد، رواق مهر.
۲. میرزائی، د. (۱۳۹۳). آنالیز عددی پیشرفته، دانشگاه اصفهان، چاپ دوم.
۳. نیا، ر. (۱۳۸۵). آنالیز عددی دو، دانشگاه علم و صنعت ایران دانشکده ریاضی، چاپ اول.
4. Miller, K. S., & Ross, B. (1993). An introduction to the fractional calculus and fractional differential equations. (No Title).
5. Dahlquist, G. (1978). G-stability is equivalent to A-stability. *BIT Numerical Mathematics*, 18, 384-401.
6. Diethelm, K., & Ford, N. J. (2010). The analysis of fractional differential



- equations. *Lecture notes in mathematics*, 2004.
7. Kilbas, A. A., Srivastava, H. M., & Trujillo, J. J. (2006). *Theory and applications of fractional differential equations* (Vol. 204). elsevier.
 8. Li, S. (2010). Numerical Analysis for stiff ordinary and functional differential equations. *Xiangtan University Press, Xiangtan*.
 9. Oldham K. B. and Spanier J., (1974), *The fractional calculus*, Academic Press, New York, Landon.
 10. Podlubny I., (1999), *Fractional differential equations*, Academic Press, San Diego.
 11. Zhou, Y., & Zhang, C. (2019). One-leg methods for nonlinear stiff fractional differential equations with Caputo derivatives. *Applied Mathematics and Computation*, 348, 594-608.



مطالعه‌ای حوادث در معدن طلا سمتی ولایت تخار و راه‌های پیش‌گیری از آن

^۱پوهنځیار نظام الدین فقیرزاده عضو کادر علمی پوهنځی انجینیری پوهنتون بغلان

Study of incidents in the gold mines of the Samti district in Takhar province and methods for preventing them

Abstract

Mining activities in Afghanistan, particularly in gold mines Samti, have been ongoing for a long time. However, due to insecurity and the influence of powerful individuals, illegal and unregulated extraction has taken place. These illegal activities have led to Incidents in various areas of the mines. Ensuring safety for mining activities is a crucial and effective requirement for the mining sector. Therefore, controlling hazards, reducing incidents, paying attention to workplace safety, and adhering to safety measures while on-site can significantly contribute to reducing the occurrence of incidents. Protecting the health of the workforce and preventing environmental damage during mining operations requires fundamental and complementary strategies. Implementing these strategies will enhance work efficiency and create a lasting and effective cultural shift for the mentioned mine and its workforce.

The aim of this article is to promote a culture of safety in the country's mines, particularly in the gold mine of Samti. To accomplish this, information has been gathered through various methods, including studying reputable articles and books, as well as conducting interviews with mine officials, to write this article. The results of this research emphasize the introduction of safety as an essential component of work, the preservation and enhancement of workers' health, the protection of the country's human resources from incidents and work-related illnesses, the improvement of safety standards, and the employment of qualified individuals as safety manager. Additionally, the research highlights the importance of training safety manager to identify harmful factors and hazards in the workplace, preventing accidents and work-related illnesses, ensuring a safe working environment, increasing productivity through workplace safety measures, and reducing costs associated with accidents and work.

Keywords: Takhar, Incidents, Samti Gold, Mines, Gold Mine.

¹ Email: faqirzada1388@gmail.com



چکیده

فعالیت‌های معدن‌کاری در افغانستان و به خصوص در معدن طلا سمتی از دیر زمان به اینسو جریان داشته است که بعدها اثر نا امنی‌ها و نفوذ اشخاص زورمند به استخراج‌های غیرقانونی و خود سرانه پرداخته اند که این استخراج‌های غیرقانونی باعث ایجاد حوادث در نقاط مختلف این معدن گردیده است. این در حالیست که تامین ایمنی برای فعالیت‌های معدن‌کاران از الزامات مهم و مؤثر معدن‌کاری است، از اینرو برای کنترل خطرات، کاهش حوادث، توجه به کنترل محیط کار و رعایت نکات ایمنی در زمان حضور در معدن متذکره می‌تواند نقش به سزایی در کاهش بروز حوادث داشته باشد. حفظ و نگهداری سلامتی نیروی کار و پیش‌گیری از آسیب‌های مخرب محیط زیست در عملیات معدن - کاری نیازمند راهکارهای اساسی و مکمل می‌باشد. اجرای این راهکارها سبب افزایش بهره‌دهی کاری و فرهنگ سازی اثر بخش و ماندگار برای معدن متذکره و نیروی کار می‌گردد.

هدف از تحریر این مقاله ارتقای فرهنگی ایمنی در معادن کشور و به خصوص در معدن طلا سمتی می‌باشد. برای انجام این کار با استفاده از روش‌های مختلف به جمع‌آوری معلومات با مطالعه نمودن مقالات و کتب معتبر و سوال و پرسش از مسئول معدن به تحریر این مقاله پرداخته شده است و از نتایج این تحقیق می‌توان به معرفی ایمنی به عنوان جز اساسی کار، حفظ و ارتقای سلامتی کارگران، حفظ سرمایه‌های انسانی کشور در برابر حوادث، بیماری‌های ناشی از کار، ارتقای سطح ایمنی، بکارگیری افراد مسلکی به عنوان مسئول ایمنی، آموزش مسئولین ایمنی به منظور شناسایی عوامل زیان آور و خطرات محیط‌های کار، پیش‌گیری از بروز حوادث، بیماری‌های ناشی از کار، ایمنی سازی محیط کار، افزایش بهره‌وری از طریق ایمن‌سازی محیط کار، کاهش هزینه‌های حوادث و بیماری‌های ناشی از کار اشاره کرد.

واژه های کلیدی: تخار، حوادث، طلا سمتی، معادن، معادن طلا

۱. مقدمه

بر اساس تحقیقات انجام شده، کار در معادن سختی و مشقت زیاد دارد و معدنکاران با بسیاری از حوادث و بیماری‌های ناشی از کار روبرو می‌باشند بر خلاف آنچه به نظر می‌رسد میزان حوادث ناشی از کار در معادن در مقایسه با بخش‌های دیگر صنعت بیشتر است طبق آمار منتشر شده از سوی سازمان مربوطه عامل به وجود آورنده حوادث در معادن می‌تواند فکتورهای متعددی باشد که بنابر اساس تجربیات معدنکاری، فعالیت و کار در معدن نظر به ارزش و اهمیت مواد معدنی به پیش برده



می‌شود. از جمله طلا عنصر بسیار قیمتی بوده که انسان‌ها از زمان‌های بسیار قدیم با آن آشنا می‌باشد و از آن در جواهرسازی، تزئینات و دیگر امورات زنده گی‌شان استفاده می‌نمایند، پس باید در استخراج آن کوشش‌نهایی خویش را به خرج داده تا از ضایعات زیاد جلوگیری و حوادث را کاهش داد. خوشبختانه کشور عزیز ما افغانستان دارای ذخایر هنگفت معادن طلا بوده با استخراج‌های قانونی و معیاری این کشور می‌تواند بسوی ترقی و آبادی سوق خواهد گردید. از سوی دیگر هنگام فعالیت در مؤسسات معدنی روباز و زیرزمینی خطرات زیاد متوجه کارگران و پرسونل خدماتی هنگام اجرای امور معدن‌کاری می‌شود. به‌صورت کل می‌توان عوامل اصلی بروز این گونه خطرات انسان‌ها و یا خطرات طبیعی باشد. پس باید موسسه معدنی قبل از شروع کار یک سلسله تدابیر بی‌خطری را جهت اجرای امور معدن‌کاری در نظر داشته باشد تا همیشه در هر شفت کاری نظارت کامل نماید و خطرات را به حداقل برساند. متأسفانه استخراج معادن در افغانستان و به خصوص در معدن طلا سمتی ولایت تخار کاملاً غیرمعیاری و غیراصولی بوده که خطرات زیاد را در قبال داشته است که این پروسه‌های غیرمعیاری و غیراستندرد باعث ایجاد حوادث در پروسه‌های معدن‌کاری گردیده که جان‌صدها هم وطن عزیز ما را گرفته بناً برای کاهش این نوع حوادث لازم است تا حادثات احتمالی معدن‌کاری شناسایی شده و تدابیر مؤثر را قبل از وقوع حوادث برای تیم مسئول پیش‌کش نمود. که در عناوین جداگانه به تشریحات آن خواهیم پرداخت.

۲. پیشنهاد تحقیق

از آن جایی که موضوع این مقاله یک موضوع اختصاصی و منحصر به یک جغرافیای مشخص است بناً منابع به جز چند راپور مشخص و اشارات مختصر در ارتباط به موضوع خطرات حوادث در راپورهای مختلف ذکر گردیده است. کتاب تاراجگران امید نویسنده دیدبان شفافیت افغانستان در مورد سهل انگاری شرکت قرار داری بنام آپسلند و عدم پیش‌پیشبرد و تطبیق مواد قرارداد باعث ایجاد حوادث در نقاط مختلف معدن گردیده است و همچنان تعداد محدود از محققان معلومات ابتدایی را بیان فرموده اند که این معلومات ابتدایی نمی‌تواند نیاز اطلاعاتی حوادث معدن طلا سمتی را مرفوع سازد. از این که معدن طلا سمتی از جمله معادن فعال کشور و دور از ساحه مسکونی بوده که با استخراج علمی آن می‌توان خسارات جانی و مالی را کاهش و امور استخراجی را به طور منظم به پیش برد، اما در خصوص مطالعه عوامل اساسی در ایجاد حوادث ناشی از کار در معدن طلا سمتی ولایت تخار



و راه‌های پیشگیری از آن تحقیقات لازم انجام نگردیده بناءً برای روشن شدن زوایای تاریک موضوع ایجاب تحقیق و مطالعه بیشتر را می‌کند.

۳. مواد و روش تحقیق

در این تحقیق نخست حوادث به طور عموم توضیح یافته و سپس تمام ساحات و حفريات معدن طلا سمتی از نظر حوادث مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت، عدم استخراج نامناسب و تاثیر خسارات روحی و فیزیکی بالای کارگران، انواع حوادث در حفريات و سایر عوامل دیگر که باعث ایجاد خطر در معدن گردیده، شناسایی شده است و با مطالعه کتب، مقالات و جمع آوری معلومات از انترنیت و ساحه در تحریر این مقاله پرداخته شده است که تدابیر استخراج مناسب را در تمام ساحات معدنی پیشنهاد نموده تا از تکرار حوادث در معدن نامبرده جلوگیری به عمل آید.

۳-۱. حوادث در معادن

حوادث رویداد غیرمنتظره است که سبب آسیب به فرد و خسارات به اموال می‌شود و یا به عباره دیگر عبارت از هر اتفاق و رویداد پیش بینی نشده و غیرمترقبه‌ای که باعث متوقف شدن جریان کار شده و در نتیجه مقدار از نیروی کار تلف می‌شود. به‌طور عموم در هنگام استخراج و عملیات معدن‌کاری کارگران و کارکنان معدن با مخاطرات فراوانی مواجه می‌شود، ولی بر خلاف سایر امور کار در معادن سختی و مشقت زیادی دارد و معدن‌کاران با بسیار از حوادث و بیماری‌های ناشی از کار روبرو می‌باشند برخلاف آنچه به‌نظر می‌رسد میزان حوادث ناشی از کار در معادن در مقایسه با بخش‌های دیگر صنایع بیشتر است. بروز حوادث ناشی از کار در معادن ایجاب می‌کند تا با درک بهتری به ارزیابی ریسک و خطرات موجود در معادن پرداخته و با بهره‌گیری از تجارب گذشته نسبت به پیش‌گیری از وقوع حوادث مجدد اقدام شود (زاد یوسفی و همکاران، ۱۳۶۴). بر اساس مدل هینریچ اکثر حوادث (حدود ۸۸ درصد) در اثر کارهای نایمن به‌وجود می‌آید و عامل انسانی در آن نقش عمده‌ای دارد. ۱۰ درصد حوادث در اثر شرایط نایمن در محیط کار به‌وجود می‌آید و ۲ درصد حوادث نیز به عنوان حوادث غیرقابل اجتناب معرفی شده اند که برخی از کارهای نایمن قرار ذیل است:

انجام کار بدون مجوز، ترک کردن تجهیزات در وضعیت خطرناک، جداکردن تجهیزات ایمنی از دستگاه، استفاده از تجهیزات معیوب، استفاده نا به‌جا یا غیراصولی از تجهیزات، عدم استفاده از وسایل حفاظت فردی، شوخی، عجله، سهل انگاری، قصور در انجام وظیفه، کار با ماشین با سرعت غیرمجاز،



تنظیم و تعمیر دستگاه در حین کار، کارکردن به شیوه نایمن مانند بلندکردن نا ایمن بار تماس با مواد خطرناک یا قرار گرفتن زیر بارهای معلق، حرکات خطرناک مثل دویدن، توقف ناگهانی، پرت کردن اشیا و غیره و دخالت در کار دیگران می باشد. ابزار مناسب برای ایمنی افراد در محیط کار، تجهیزات حفاظت فردی است بنابر این لازم است که هر فرد قبل از ورود به محیط کار آشنایی لازم با انواع تجهیزات حفاظت فردی مورد نیاز آن کار، نحوه استفاده، کنترل سلامت و متناسب بودن آن تجهیزات با معیاری ها را داشته باشد (Manfred Walle and all, 2001:121). برای افزایش ایمنی و کاهش حوادث لازم است صاحبان معدن، سرپرستان و کارگران با هم همکاری پیوسته داشته باشند. عوامل زیان آور در عملیات معدن کاری شامل عوامل فیزیکی (صدا، ارتعاش، استرس، گرمایی، صدمات تولید برق گرفتگی و غیره...) عوامل کیمیایی (گرد و غبار، گازها بخارات مواد ناریه و ارگونومیک) می باشند. در هنگام استخراج و عملیات معدنکاری کارگران و کارمندان با مخاطرات فراوانی مواجه هستند.

۳-۱-۱. حوادث ناشی از کار: هر عمل غیرمنتظره که در هنگام کار رخ دهد و جریان عادی کار را متوقف و دارای پیامدهای جسمی و روانی برای کارگران و خسارات اقتصادی برای شرکت یا سازمان باشد بنام حادثه ناشی از کار یاد می شود. برخی از حوادث موجب بروز خسارات و آسیب های انسانی، اجتماعی و صنعتی جدی می شوند که این امر از طریق کاهش بهره برداری کار، تاثیرات معنی دار بر تولید خواهد داشت و نکته مهم تر اثرات سوء اجتماعی و به تبع آن اثرات روانی دراز مدت بر نیروی کار می باشد که بعضی از این حوادث در ذیل ذکر می گردد.

۳-۱-۱-۱. گرد و غبار: ذرات معلق در هوای معدن مثال گرد و غبار سنگ ها عموماً در طول عملیات حفاری، استخراجی مواد معدنی، بارگیری، سنگ شکنی و انفجار تولید می شود کارگرانی که برای مدت طولانی در تماس با گرد و غبارهای معدنی قرار دارند از بیماری های ریه مانند سیلیکوزیس رنج می برند در صورت امکان از تماس با گرد و غبار جلوگیری شود به خصوص در مناطقی که داری هوای ساکن و بسته هستند (صدیقی، ۱۳۹۴: ۳۰۰). راه های کنترل و متوقف کردن گرد و غبار در عملیات معدنکاری عبارتند از:

- ✓ استفاده از تکنیک های حفاری مرطوب.
- ✓ استفاده از اسپرهای آب در هنگام عملیات استخراجی، بارگیری و سنگ شکنی به طور کلی برای کاهش گرد و غبار جبهه کارهای معدنی مرطوب نگه داشته شوند.



۳-۱-۱-۲. صدا: تماس مستمر و مداوم با صدا بیش از حد مجاز منجر به اختلال شنوایی و کوری شغلی می شود عوامل تولید کننده صدا در معدن عبارتند از ماشین های حفاری، چکش های حفاری و سایر تجهیزات مکانیکی که در معدن استفاده می شوند در هر صورت منابع تولید صدا باید توسط مواد اکوستیک جاذب صدا محصور شوند تا میزان صدا در حد قابل قبول کاهش، باید افزایش فاصله بین منبع تولید صدا و دریافت کننده آن در اغلب موارد روش عملی مناسب برای کنترل صدا است. در جاهای که کنترل صدا با روش های معمولی امکان پذیر نباشد استفاده از تجهیزات حفاظت شنوایی برای کسانی که در معرض تماس با صدای بیش از حد مجاز ۸۵ دسی بل قرار دارند الزامی است ناگفته نباید گذاشت افراد که توسط چکش ها و ماشین های حفاری کار می کنند میزان تولیدی صدا آن ها بیش از حد مجاز است لذا کارگرانی که با این دستگاه ها کار می کنند و یا در مجاورت آن ها فعالیت دارند باید همیشه از تجهیزات محافظ گوش ها استفاده کنند.

۳-۱-۱-۳. رطوبت: معدن داری آبدی بیشتر بوده که این آبدی بعضی پروسه های معدنی را مغلق تر ساخته و شرایط استخراج این معدن قسم است که با افزایش عمق گرما بیشتر شده و اگر آب نیز تجمع نماید بالاخره فضای معدن را کاملاً مرطوب می نماید و تاثیر مستقیم روی صحت کارگران زبوی استخراجی می گذارد افزایش رطوبت حوادث ناگوار دیگر را نیز به میان آورد از قبیل شارتی جریان برق، زنگ زدن وسایل (برمه و چکش های تک تک، جنراتورها، تحکیمات فلزی) و اگر مدت دوام رطوبت بیشتر شود خاصیت چسپندگی سقف تونل و جدارهای آن پایین آمده و به مرور زمان سقوط خواهند کرد. تحکیمات مقاومت خود را از دست داده و به زودترین فرصت گنده شده و از بین می رود.

۳-۱-۱-۴. وسایل حفاظت فردی و اهمیت آن در دفع حوادث ناشی از کار

تجهیزات و وسایل که در راستای حفاظت فرد از مخاطرات به کارگر و کارمند داده می شود جزء وسایل حفاظت فردی هستند تجهیزات مهم ایمنی حفاظت فردی در فعالیت های معدنی در شکل (۱) نشان داده شده است، هریک از وسایل ذیل در بخش های معدنکاری فعالیت مثمر خویش را دارد.



شکل ۱. وسایل حفاظت فردی در معدن (صدیقی، ۱۳۹۶: ۲۷۴)

۳-۱-۲. **خطرات ناشی از پروسه های امور انفجاری:** انفجار آخرین مرحله پروسه های کندن کاری می باشد که بشر برای استخراج معادن از آن استفاده می نماید در معادن که از لحاظ گرد و گاز خطرناک نباشد و جنسیت مواد سخت باشد به اندازه که نتواند از وسایل میخانیکی استفاده کرد از قدرت انفجار برای پارچه نمودن مواد مفید استفاده می نماید ممکن است در اثر انفجار سقف ها فرو ریزد و یا تصاعد گازها صورت گیرد موجودیت کارگر در نزدیک محل انفجاری کاملاً خطرناک است شاید پرتاب های خورد ریز سنگ صورت گیرد که پیش بینی آن ناممکن می باشد در پرسونل امور انفجاری مطالب ذیل آرایه می گردد.

آمربخش، معاون بخش، انجیران مسئول امور انفجاری و انفجار کارگران، آمر تحویل خانه مواد- منفجره و وسایل انفجار، توزیع کننده گان مواد منفجره و وسایل انفجار و کارگران حمل و نقل ماده منفجره و وسایل انفجاری و میکانیک (بایک، ۱۳۹۵: ۴۱).

هنگام اجرای کار باید مسئول امور انفجاری سلسله معین را انجام دهند بعد از برمه کاری همه کارگران از ساحه کشیده می شود تنها مسئول انفجاری به اعضای تیم مصروف پرکاری و بسته بندی شبکه انفجاری می شود و اولین آلارم نواخته شود، و سایل تجهیزات برقی باید خاموش و از ساحه کاملاً دور انتقال داده شود شپورها بعد از بسته کاری دقیق چک شود و در آخرین مرحله با نواختن آلارم دومی به منبع وصل می شود و انفجار انجام می شود.



۳-۱-۳. **مواد منفجره و وسایل انفجاری:** مواد منفجره عنصر خطرناک است که باید هنگام استفاده از آنها تدابیر خاص صورت گیرد. در صورت حمل نقل باید از موثر های مخصوص استفاده شود مواد در داخل موثر باید ترپال کشیده شود. هیچگاه انتقال مواد منفجره و وسایل انفجار همزمان در یک وسایل نقلیه توصیه نمی شود. جهت نگهداری مواد باید در عمق معین زمین گودال های مخصوص دورتر از حرارت، رطوبت و دورتر از تونل های عمومی حفر گردد و یا گودال ها را در عمق مناسب زمین حفر کرده و توسط راه های عمودی و افقی به آن دسترسی داشته باشد.

خطرات موجود در معادن زیرزمینی شامل خطرات ناشی از فعالیت ماشین آلات، فرو ریختن سقف تونل، موجودیت گازهای مضره، پرتاب های ناگهانی، گازها، خطرات ناشی از برق، رطوبت، آب، آتش سوزی می باشد. باید جهت پیشگیری از مخاطرات هر معدن دارای تیم مشخص حفاظتی باشد تا از هر نقطه معدن نظارت کامل داشته باشد که سبب شود خطرات به حد اقل برسد (حسنی. مدنی، ۱۳۹۴: ۱۳۰).

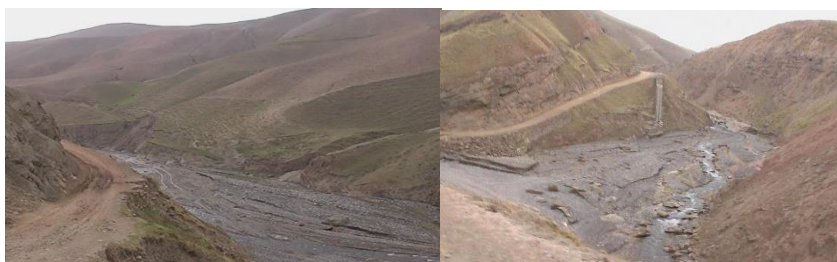
تاریخچه معدن طلا سمتی ولایت تخار: طلا از جمله عناصر قیمتی بوده است که انسان ها از زمان های قدیم به آن آشنای دارد. یافته ها نشان می دهد در ابیدوس (Abydos) و نگده (Nagada) مصر، زرگری مرسوم بوده است از آن زمان به پیش از نقره استفاده می کرده اند. و به همین سلسله تا به این زمان استفاده وسیعی از طلا در جواهرسازی، تزئینات و دیگر امورات زنده گی شان استفاده می نموده اند (سهاک، نقیب الله، ۱۳۹۳: ۱۴۵). در ساحه سمتی امورات کشفی دقیق صورت گرفته و نتایج حاصله را برای طرح پروژه اکتشاف دقیق و همچنان مطالعه گسترش طلا در گریزونت های مختلف مهیا می سازد. مردمان این نواحی از زمانهای قدیم به این طرف به کمک آلات خیلی ساده و ابتدای از قبیل پوست گاو، تخته های جریدار، دولچه و غیره طلا را از رسوبات دریای استحصال و به بازار عرضه می کردند. باید در نظر داشت که طلا رسوبی نواحی ساحات سمتی در وادی های دریاها، دریاچه های واقع در پنج مرکزی و نواحی مناطق تجمع از شمال شرق منطقه مورد مطالعه انتقال یافته و همچنان رسوبات که ذریعه دریای پنج، چلکان شهر، کوکچه و غیره بوجود آمده است که رسوبات معاصر طلاخیز را تشکیل داده اند که قسمت زیاد این ترسبات را زرشویان منطقه حسب دلخواه خویش زرشوی نموده و مقدار مختلف طلا را در سال های مختلف بدست آورده اند. از سوی دیگر اقلیم منطقه سمتی شدیداً قاره ائی بوده که در تابستان گرم و خشک دوامدار بوده که درجه حرارت آن در حدود ۴۰ تا ۴۵ درجه سانتی گراد می رسد. زمستان آن کوتاه و معتدل بوده که حرارت آن تا (۵-) الی

(۵+) درجه سانتی گراد می رسد. اقلیم نواحی شرقی نسبت داشتن ارتفاعات بلندتر نسبت به قسمت های غربی منطقه سرد می باشد. بارندگی اوسط سالانه منطقه مذکور ۴۰۰ ملی متر می رسد. یکی از خصوصیات ناحیه شرقی و بعضاً قسمت های غربی این است که کوه های آن پر از برف بوده الی چند ماه بعد از زمستان دوام می کند. معدن طلای پاشان سمتی که ادامه انتقال یافته معادن اصلی (ریشه ای) که در ارتفاعات پامیر قرار دارد می باشد و در نتیجه عمل فرسایش مورد تخریب قرار گرفته و توسط آبهای جاری خروشان دریای کوچک و دیگر دریا های منطقه به وادی دریای پنج (مطقه سمتی) انتقال و ترسب نموده است. احالی این مناطق به تجارت، صنعت دستی مخصوصاً قالین بافی، خورجین بافی، زراعت و مالداري مشغول اند و بعضاً زرشویان که طلا را از رسوبات دریا توسط آلات ابتدائی یعنی پوست گاو، بز، تخته های جری دار استخراج می کنند. راه حمل و نقل آن نسبتاً خامه بوده و در قسمت انتقالات تجهیزات کاری و مواد خام به مشکل مواجه می باشند (ظفری، عبدالسلام، ۱۳۶۴: ۱۵).

۲-۳. مشخصات جیولوجیکی معدن سمتی

معدن طلا سمتی در ولسوالی چاه آب و در فاصله ۳۴ کیلومتری غرب ولایت تخار و در جنوب مرز با کشور تاجکستان قرار دارد. مهمترین واحدهای سنگی منطقه شامل آندزیتی، اسیتی می باشد.

معدن طلای پاشان سمتی در دره دریای پنج بین دهانه دریای واریچی و خاسار قسمی که در شکل ۲ شرح داده شده است موقعیت دارد. غالباً در ساحه بستر آبخیزی تیراس اولی بالایی تیراس دومی (در بالای بستر آبخیزی) بستر آبخیزی که در نتیجه کونوس و نیوس دریای واریچی به وجود آمده است قرار دارد.



شکل ۲: ساحه معدنی و مسیر معدن طلا سمتی ولسوالی چاه آب ولایت تخار



طول مواد پاشان شده در حدود ۱۸ کیلومتر و عرض آن به ۹۰۰ الی ۱۱۰۰ متر می‌رسد. مواد پاشان شده از نوع الوویالی دره یی بوده و مقطع جیولوجیکی آن متشکل از دو گریزونت می‌باشد. گریزونت تحتانی الوویالی عبارت از والون‌ها و ریگ و جگله سنگ‌ها بستر آبخیزی قسمت تحتانی مقطع را تشکیل می‌دهد. تیراس اولی بستر آبخیزی دارای ضخامت ۱,۵ الی ۴,۵ متر بوده که متشکل از ریگ و خاک است قسمت بالای مقطع را هم تیراس اولی بالای بستر آبخیزی را ضخامت ۲ الی ۵ متر است می‌سازد.

گریزونت تحتانی عبارت از مواد الوویالی بستری است که فاسیس بستر آبخیزی را که وسعت زیاد دارد تشکیل می‌دهد ولی قسمت وسط تحتانی مقطع در تمام ساحه عبارت از بستر آبخیزی مرتفع اولین تیراس فوقانی آبخیزی است. ترکیب رسوبات الوویالی تقریباً در تمام ساحات معادن پاشان شده یک سان است احجار آن عبارت از والونها، سنگ ریگی، ریگ‌ها و جگله های کتلوی خاکستری رنگ، خاکستری سبز نما و خاکستر مایل به نضواری است که در بعضی حصص مواد گل را بخود دارد مواد تخریب شده کنده سنگ والونی تقریباً بصورت منظم ترتیب شده هر قدر که به جریان شدید آبی نزدیک شویم به همان اندازه والون‌ها در بین مواد الوویالی زیاد شده می‌رود. ولی این تنظیم مخصوصاً در قسمت دره های که در دهانه دریای واریچی ختم می‌شود بهتر مشاهده می‌گردد. قطر کنده سنگ‌ها بصورت جداگانه تا ۲ متر می‌رسد ولی نظر به دوری دهانه دریا ضخامت کنده سنگ‌ها (والون) به تدریج کم شده می‌رود.

۲-۱. ساحات استخراجی معدن طلا سمتی: استخراج یکی از پروسه‌های مهم بعد از حفر حفاریات آماده‌گی بوده که زمینه کشیدن جسم معدنی را از زیر زمین به سطح زمین مساعد می‌سازد. این پروسه مهم و اساسی را شرکت تجارتی بنام ویسلند با وزارت محترم معادن وقت عقد قرار داد نموده است که مالک این شرکت یکی از زورمندان حکومت وقت بوده است که بدون در نظر داشت معیاری‌ها و طرز العمل‌های معدنکاری به حفر حفاریات غیرمعیاری طوریکه در شکل ۳ دیده می‌شود به استخراج‌های خود سرانه پرداخته است که حوادث و ضایعات بیشتر را در نقاط مختلف معدنکاری ایجاد نموده است که بنابر عدم توجه درست معدنکاری و عمل نکردن به ماده‌های قرار داد، مردم محل علیه پرسونل و شرکت اقدام نموده است که با حمایت و پشتیبانی دولت محلی وقت به خواسته‌های مردم نه گفته و به استخراج‌های غیرمعیاری و خود سرانه خویش الی سقوط حکومت قبلی پرداخته است (دیدبان شفافیت افغانستان. ۲۰۱۵). در حال حاضر استخراج و کشفیات معدن

متذکره را شرکت چینی وزارت محترم معادن عقد قرار داد نموده است که با تماس‌های مکرر و پرسش سوالات از مسئولین ریاست معادن ولایت تخار در مورد جریان استخراج و پیشرفت معدن متذکره آنها در جواب گفته اند در قسمت نظارت و کنترول معدن متذکره ریاست معادن ولایت تخار کدام مسئولیت نداشته و نظارت و کنترول معدن متذکره توسط مسئولین مرکز کنترول و نظارت می‌گردد بناء در مورد نقاط حادثه زا و خطرات نسبی فعلی معدن متذکره بدست نیست با توجه به سوالات و پرسش از مرمان محلی به ادامه‌های استخراجی قبلی و این شرکت کارهای خویش را ادامه داده اند.



شکل ۳: سوف‌های استخراجی معدن طلا سمتی ولسوالی چاه آب ولایت تخار

۲-۲-۳. حوادث در معدن طلا سمتی: قرار سروی جیولوجست‌های خارجی، افغانستان سرشار از منابع طبیعی مختلف بوده که متأسفانه سیاست‌های خارجی وقت باعث عدم استخراج‌های معیاری و اکتشافات منابع معدنی در نقاط مختلف این وطن گردیده است که این سیاست‌های خارجی نه تنها پیامدهای منفی را در قبال معدنکاری داشته بلکه در همه عرصه‌های زندگی مردم ما را ضربه‌های غیرقابل جبران پذیر وارد نموده است که عامل همه این بدبختی عدم معلومات کافی معدنکاری، عدم دلسوزی نسبت به این سر زمین بوده که اکثراً معادن افغانستان به خصوص معدن طلای سمتی ولایت تخار در اوایل کشف به روش‌های معیاری استخراج و کشف گردیده بود که بعدها به نسبت جنگ‌های داخلی عدم مدیریت درست معدنکاری و اوج فساد اداری پروسه‌های معدنکاری را غیر معیاری و غیر استاندارد ساخته که این عامل باعث خسارات هنگفت مالی و جانی معدنکاری در بخش‌های مختلف شده است که از جمله در بخش‌های مختلف این معدن حوادث ناشی از کار ایجاد گردیده است که حوادث و مشکل عمده ای که سر راه پروسه استخراج قرار دارد موجودیت آب در طبقه و کتله است که موجودیت آب در کتله باعث می‌گردد، تا پروسه استخراج به مشکل مواجه شده و به کندی صورت

گیرد و بعضاً ایجاب مصارف زیادی را می‌نماید. در پروسه استخراج طلا پاشان سمتی لازم است تا آب را از محل استخراج دور نمایم و این امر ضرورت به دانستن سطح پیزومتریکی و سطح ایزومتریکی آب می‌نماید و هم باید سرعت آب و نفوذ پذیری آب را در طبقه دانست تا بتوانیم در مقابل آن تدابیر خاص اخذ نمایم. برای این کار از واتر پمپ ها به منظور دور کردن آب استفاده گردد. اما بعضاً چنین واقع شده می‌تواند که سطح پیزومتریکی آب بلند بوده و یا سرعت آب و نفوذ پذیری طبقه زیاد می‌باشد که بدین اساس آب یک مشکل خیلی اساسی در پروسه استخراج می‌باشد و بعضاً این پروسه را کاملاً مختل می‌سازد و شاید هم ناممکن باشد. بناً دانستن اینکه در منطقه مورد مطالعه چه نوع ضخامت های از کتله طلا در بدون آب است و دانستن آن کمک می‌کند و پروسه استخراجی نیز سریعتر صورت می‌گیرد. که عدم مدیریت های درست در قسمت فکتور های متذکره باعث ایجاد حوادث در نقاط مختلف معدنکاری گردیده است. همچنان به بعضی عوامل دیگر که باعث ایجاد حوادث در نقاط مختلف معدن متذکره گردیده و یا می‌گردد در ذیل اشاره می‌گردد.



شکل ۴: ترسبات طلای پاشان در ساحه سمتی ولسوالی چاه اب

۳-۲-۱. **موجودیت نامنظم بودن ساحات طلاخیز:** قسمی که در بخش شرح تاریخچه معدن طلا سمتی تذکر گردید تشکیل ساحه معدنی طلا رسوبی نواحی ساحات سمتی در وادی های دریاها، دریاچه های واقع در پنج مرکزی و نواحی مناطق تجمع از شمال شرق منطقه مورد مطالعه انتقال یافته و همچنان رسوباتی که ذریعه دریای پنج، چلکانشهر، کوکچه وغیره بوجود آمده است طوریکه در شکل ۴ دیده می‌شود ساحه متذکره به نسبت نا منظم بودن و عدم موجودیت مسیر مشخص



دریای های متذکره باعث ایجاد ممانعت های کاری در فصول سال گردیده است که این یک نوع ایجاد حوادث ناشی از کار بوده است که در بهره دهی معدنکاری، شیفت های کاری، تخریب راه های ترانسپورتی و غیره موارد تاثیر داشته است بنأ با رفع چنین مشکلات کاهش حوادث در نقاط معدنکاری ایجاد خواهد گردید.

۴. یافته های تحقیق

در این مقاله به مطالعه عوامل اساسی ایجاد حوادث ناشی از کار در معدن طلا سمتی و راه های پیش گیری از آن پرداخته شده است و تحقیقات همه جانبه ی ساحوی و کتابخانه ای در مورد عوامل اساسی ایجاد حوادث ناشی از کار و راه های بدیل آن جهت از بین بردن حوادث ایجاد شده پیشنهاد نگردیده است. این در حالی است که معدن طلا یکی از منابع مهم و با ارزش است که طی سالیان متمادی در سطح و یا اعماق زمین از اثر فشارهای بیرونی به وجود می آید قرار سروی جیولوجست های خارجی، افغانستان خوش بختانه دارای چنین ذخایری است که با استخراج معیاری آن می توان کشور را به سوی ترقی و آبادی سوق داد. از این رو معدن محل است که جهت استخراج آن انسان ها و ماشین آلات کار می کنند. بنأ در جهت استخراج درست، کم ساختن ضایعات و تدابیر جهت از بین بردن و یا کم ساختن حوادث پیش بینی شده، تدابیر اساسی علمی و تخنیکی اتخاذ شود، متأسفانه در افغانستان نه تنها معادن به طور دقیق تثبیت و کشف نگردیده، بلکه تعداد معادن که توسط جیولوجست های داخلی و خارجی مقدار ذخایر آن تثبیت و در حال استخراج قرار داشت، که از آن جمله معدن طلا سمتی ولایت تخار بوده که از دیر زمان بدینسو تحت استخراج قرار دارد، این معدن از اثر تغییرات سیاسی، نبود سیستم منظم اداری معدن کاری و نبود امنیت کامل، اشخاص زورمند به استخراج های غیر قانونی و خودسرانه آن پرداخته اند طبق مطالعه و ارزیابی از این معدن معلوم شد که هیچ یک از روش های معدنی به روش های معیاری حفر نگردیده و با وصف آن بنابر نبود وسایل معیاری جهت سروی درست ساحات معدنی، آلات معیاری کندنکاری طلا و عدم موجودیت نظارت درست در این معدن، عدم هماهنگی با ریاست معدن ولایت تخار، گرد خیزی در ساحه، نامنظم بودن مسیر دریای پنج و غیره موارد به وجود آمده است، که این عوامل های یاد شده باعث ایجاد حوادث در نقاط مختلف معدنکاری گردیده بنأ برای رفع و کاهش چنین حوادث لازم است به نکات ایمنی توجه شود. که در مورد معرفی مشخصات جیولوجکی تحقیقات نسبتاً صورت گرفته است، اما در مورد مطالعه حوادث و مشخص نمودن ساحات حادثه زا هیچ نوع تحقیق صورت نگرفته است که



با مطالعه وضعیت ساحه وریانت مناسب در جهت کاهش حوادث برای امور معدنکاری پیشنهاد گردیده است.

۵. بحث و نتیجه گیری

بنا بر اساس موضوع مقاله بنده در ارتباط به مطالعه حوادث ناشی از کار در معدن طلا سمتی تخار و راه پیشگیر از آن باید یاد آور شد خوشبختانه کشوری عزیز ما افغانستان از جمله کشورهای بشمار می رود پراسرمایه ترین منابع طبیعی می باشد که انواع مختلف منابع طبیعی را در بطن خود جاداده است، از جمله آن منابع طبیعی که در بطن این کشور ما قرار دارد عبارت از معدن طلا نیز می باشد. طلا از جمله فلزات قیمت و با اهمیت می باشد با استخراج معیاری و استندرد آن باعث رشد وتوسعه اقتصاد کشور بشمار میرود، معدن طلا سمتی ولایت تخار از لحاظ موقعیت جغرافیای یکی معدن فعال و خوب این کشور بوده که از دیر زمان به این سو مورد استخراج قرار داشته که از اثر تغییرات سیاسی و نبود مدیریت درست شرکت های قرار دادی و افراد زورمند به استخراج های غیر معیاری و استندرد پرداخته است که این استخراج های غیر معیاری باعث ایجاد حوادث در نقاط مختلف این معدن گردیده که خطرات جانی و مالی را در قبال داشته است که در مورد حوادث معدن متذکره به جز چند راپور کوتاه دیگر کدام مراجع معتبر و مقالات رسمی وجود نداشته است. حالا با مطالعه و یا بررسی حادثه معدن تنها با نوشتن گزارش حادثه کامل می گردد گزارش حادثه یعنی مکتوب کردن حقایق و اطلاعات مربوط به حادثه، ارایه علت حادثه و راهکارهای پیشگیری از آن می باشد که این گزارش باید توسط بالاترین مقام مربوطه (که در برنامه ایمنی تعیین شده است) تایید گردد. برای سادگی کار فورمه جات به نام فورم گزارش حادثه تهیه شده است که پس از بررسی حادثه این فورم تکمیل می گردد. فورمه جات مورد استفاده با توجه به نیازهای معدنی متفاوت بوده و شکل یکسانی ندارند. که آن فورم استاندارد شامل اطلاعات ذیل می شود.

اطلاعات زمینه ای در مورد حادثه (مشخصات زمانی و مکانی وقوع حادثه، مشخصات فرد آسیب دیده، مشخصات وسیله حادثه دیده و مشخصات شاهدین)، توصیف حادثه (نوع حادثه، نوع دامنه جراحت، علل مادی حادثه)، بحث تحلیل و تجزیه حادثه (تعیین علل پایه ای وریشه ای حادثه و تعیین علل اصلی حادثه) و توصیه اقدامات اصلاحی حادثه (اقدامات اصلاحی جهت علل پایه ای، اقدامات اصلاحی جهت علل اصلی، اقدامات اصلاحی جهت امداد رسانی، خروج اضطراری).



روند تکمیل فورم به این صورت است که فورم خام گزارش حادثه در محل کار و نزد سرپرست کارگران نگهداری می‌شود. هنگامی که حادثه رخ می‌دهد، قسمت اول فرم که مربوط به اطلاعات زمینه ای حادثه است در صورت امکان توسط کارگر آسیب دیده و در غیر این صورت توسط سرپرست کارگر تکمیل می‌گردد سپس سرپرست کارگر موظف است پس از بررسی حادثه، قسمت مربوط به خود را که شامل توصیف حادثه، تعیین علل و توصیه برای پیشگیری می‌باشد را تکمیل نموده و فورم را به مسئول کمیته ایمنی تحویل دهد. در کمیته ایمنی، مطابق با بررسی های انجام شده و سایر اطلاعات، علل اصلی و ریشه ای حادثه تعیین و اقدامات اصلاحی ارائه می‌گردد. که با مطالعه و جمع آوری معلومات خواهان تحریر این مقاله گردیده ام تا اینکه یک رهنمای مؤثر در قسمت کاهش حوادث در نقاط مختلف معدن متذکره گردد.

۶. پیشنهادات

با توجه به ماهیت معدن طلا سمتی و خطرناک بودن ذاتی فعالیت های معدنی در آن، در قوانین مربوط به بهره برداری معدن بر رعایت معیارهای ایمنی تاکید می شود در حال حاضر، دریافت کنندگان و دارندگان پروژه معدن تخصصی در این زمینه ندارند لذا با توجه به علت وقوع بیشتر حوادث در معدن متذکره پیشنهادهای ذیل برای کاهش حوادث ناشی از کار در معادن ارائه می‌گردد:

✓ معدن باید دارای آیین نامه (اوراق رهنما) باشد و به آگاهی تمام کارکنان معدن رسانیده شود.

✓ با توجه به این که معدن متذکره در نقاط دور افتاده و خارج از شهر قرار دارند، موسسه معدنی باید انجینیران ایمنی و فنی در معدن به صورت مقیم مستقر کند تا به طور مستمر بر عملیات بهره برداری و دیگر موارد معدنی و رعایت استانداردهای ایمنی، نظارت کنند.

✓ در زمان دادن مجوزهای معدنی طرح ایمنی معدن تهیه و از بهره بردارن و پیمان کاران معدن تضمین های لازم مبنی بر رعایت اصول و ضوابط ایمنی و همچنین اجرای آنها در مدت بهره برداری معدن اخذ گردد.

✓ با توجه به تعداد کارگران، شرایط و وسعت عملیات معدنکاری، یک یا چند نفر از کارکنان واجد صلاحیت به عنوان سرپرست تعیین شوند تا بر نحوه اجرای کار نظارت و کنترل داشته باشند.



- ✓ شروع کار، ترک و یا تعطیلی کار در هرگونه فعالیت معدنی با آگاهی و نظارت مسئول صورت گیرد.
 - ✓ اطمینان حاصل شود که تمام کارکنان به وظیفه خود آگاه بوده و آن را درک کرده اند.
 - ✓ منابع تولید صدا باید توسط مواد اکوستیک جاذب صدا محصور شوند تا میزان صدا در حد قابل قبول کاهش یابد.
 - ✓ راه حمل و نقل باید از سنگ و سایر موانع پاک باشد.
 - ✓ هم چنان اکثراً سرک ترانسپورته وجود نداشته و یا به شکل بسیار ابتدائی آن وجود میداشته باشد.
 - ✓ الزام کارگران به استفاده کردن از تجهیزات حفاظت فردی متناسب با نوع کار مخصوصاً کفش، کلاه و دستکش حفاظتی.
 - ✓ کارمندان تخنیک برق باید با تمام لوازم ایمنی مجهز باشد (کلاه، لباس، باکس لوازم ، دستکش، عینک).
 - ✓ تجهیزات برقی را در مکان باید قرار داد که دور از رطوبت باشد و هیچ کارمند به جز گروه تخنیک حق بازرسی و دست زدن به سیم ها و تجهیزات را نداشته باشد.
 - ✓ کلیه تجهیزات، لوازم، امکانات و سرمایه بکار گرفته شود تا عملیات اجرایی معدن در حد قابل قبول انجام گیرد و تمام قوانین و مقررات حفاظتی در عملیات معدنکاری رعایت گردد.
 - ✓ برای اینکه کارها در شرایط ایمنی و بهداشتی مناسبی انجام گیرد از روش تنبیه و تشویق کارکنان استفاده شود.
- با در نظر داشت پیشنهادات فوق و در نظر گرفتن تدابیر فوق در جریان کار تا حد میتوان از وقوع حوادث در جریان کار در معدن طلا سمتهی جلوگیری به عمل آید.

۷. فهرست منابع

۱. امانی، حمید رضا (۱۳۹۴). تکنالوجی و کاراه استخراج معدن: چاپخانه نادر-تهران.
۲. احمد آبادی، محمد حسن، و میرزایی، حسین (۱۳۹۱). تعمیر و نگهداری تجهیزات معدن: شرکت نشر کتابهای درسی ایران.
۳. امانی، حمید رضا (۱۳۹۴). تکنالوجی و کارگاه استخراج معدن: چاپ دوم- تهران.
۴. بابک، آصفی (۱۳۹۵). خدمات فنی در معادن. تهران: کتاب های درسی دانشگاه تهران.



۵. سهاک، نقیب الله (۱۳۹۳). جیولوجی عمومی. کابل: انتشارت مستقبل.
۶. صدیقی، محمد اسماعیل (۱۳۹۶). تخنیک بی خطر در معادن. کابل: پوهنتون پولی تخنیک.
۷. ظفري، عبدالسلام (۱۳۶۴). ویژگی های جیولوجیکی و منرالوجیکی معدن و ظواهر معدن طلا ریشه ئی زون بدخشان مرکزی. کابل: مجله عملی پولی تخنیک شماره ۲۳.
۸. دیدبان شفافیت افغانستان (۲۰۱۵). تاراجگران امید (اقتصاد سیاسی پنج معدن عمده در افغانستان): کابل افغانستان.
۹. حسنی، مدنی (۱۳۹۴). "تکنالوژی استخراج معدن" چاپ ششم-دانشگاه تهران.
۱۰. محمدحسن کریمپور، آزاده ملکزاده شفارودی، اکبر اسفندیارپور و حسن محمدنژاد (۱۳۹۰). مجله زمین شناسی اقتصادی، شماره ۲، (جلد ۳ صفحه ۱۹۳ تا ۲۱۶).
۱۱. هانی محمدیانی و همکاران (۱۳۹۷). عملیات استخراج، کنترل محیط و ماشین آلات معدنی: چاپ اول- تهران (سهامی خاص).
۱۲. رضایی، بهرام، محمد زاده و غلام رضا (۱۳۹۵). فرآوری مواد معدنی، تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب.
۱۳. های درسی ایران.
۱۴. تصدی زغال سنگ شمال (۱۹۷۲). راپور معدنی طلاسمتی تخار بخش اکتشاف.
۱۵. زاد یوسفی و همکاران (۱۳۶۴). مترجم (ایمینی در معادن زیر زمینی و تونل سازی). انتشارات موسسه کار و تامین اجتماعی نشریه شماره ۲.
16. William A. Hustrulid, Mark Kuchta, 2004, open pit mining, design and planinig, Second Edition
17. Manfred Walle and Norman Jennings , 2001, safety and health in small scale surface mines.



مطالعه تاثیرات خواص فزیکي - میخانیکي احجار معدنی روی سرعت برمه کاری ماشین های برمه

¹ پوهنځیار وزیر محمد امیری عضو کادر علمی دیپارتمنت انجینیری استخراج معادن مواد مفید جامد موسسه تحصیلات
عالی پنجشیر

Study the Effects of Physical-Mechanical Properties of Mineral Rocks on the Drilling Speed of Drilling Machines

Abstract

Drilling of mineral rocks is an important and fundamental process used in various engineering fields. During mining extraction, drilling is utilized to create holes or cavities (drill holes) for the placement of explosives, water drainage, ventilation, and other purposes. The diversity of drilling machines and methods complicates the selection of the appropriate drilling device for specific rocks. Therefore, this research investigates the physical-mechanical properties of mineral rocks that significantly impact drilling speed, which constitutes the primary objective of this study.

In this research, using a literature review method, the physical-mechanical properties of mineral rocks that have a greater influence on drilling speed are examined. The results of this study indicate that the physical-mechanical properties of mineral rocks play a crucial and fundamental role in drilling speed. In hard and rocky materials, impact-rotary drilling methods are challenging, whereas using rotary drilling is not suitable when considering increased drill bit wear. The axial pressure on the drill stem is also influenced by the physical-mechanical properties of the mineral rocks, and drilling speed increases with higher axial pressure. However, this aspect is particularly significant in rocks with high abrasive properties, based on the changes in the efficiency of drilling machines. Therefore, in such cases, the axial pressure must be selected according to the degree of hardness and abrasiveness of the mineral rocks to achieve maximum possible drilling speed with minimal drill bit wear. Increasing the compressive strength of mineral rocks also complicates drilling operations, and drilling speed is inversely proportional to the compressive strength of the mineral rocks.

Keywords: Drilling, physical-mechanical properties of mineral rocks, drilling speed, axial pressure, compressive strength.

¹ Email: wamiry222@gmail.com



چکیده

برمه‌کاری احجار معدنی یک پروسه مهم و اساسی بوده که در عرصه‌های مختلف انجینیری مورد استفاده قرار می‌گیرد. هنگام استخراج معادن، برمه‌کاری به منظور ایجاد شیپور یا سکواژن (حفره برمه) جهت جابجاسازی مواد منفجره، خروج آب، تهویه و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد. طرق و انواع مختلف دستگاه‌های برمه موضوع انتخاب نوعیت دستگاه برمه را در احجار مورد نظر مغلق می‌سازد. بناً در این تحقیق خواص فیزیکی - میخانیکی احجار معدنی که روی سرعت برمه‌کاری تاثیر جدی دارند، مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته و هدف اساسی این تحقیق را تشکیل می‌دهد. در این تحقیق با استفاده از روش کتابخانه‌یی آن خواص فیزیکی - میخانیکی احجار معدنی که روی سرعت برمه‌کاری تاثیر بیشتر دارند، مورد بررسی قرار گرفته است. از نتایج این تحقیق به دست می‌آید که خواص فیزیکی - میخانیکی احجار معدنی روی سرعت برمه‌کاری نقش مهم و اساسی دارند. در احجار سخت و صخره‌یی طرق برمه‌کاری ضربه‌یی - دورانی به مشکل انجام می‌یابد، ولی استفاده از برمه‌کاری دورانی با در نظر داشت فرسایش بیشتر پل برمه گزینه مناسب نمی‌باشد. فشار محوری بالای ستاف برمه نیز مربوط به خواص فیزیکی - میخانیکی احجار معدنی بوده و سرعت برمه‌کاری با ازدیاد فشار محوری افزایش می‌یابد. لیکن این موضوع از نظر فرسایش پل برمه در احجاری که دارای خاصیت بیشتر ساینده‌گی می‌باشد بر مبنای تغییر بهره‌دهی دستگاه‌های برمه، از اهمیت خاص برخوردار است. بناً در این صورت فشار محوری باید با در نظر داشت درجه سختی و قابلیت ساینده‌گی احجار معدنی طوری انتخاب گردد تا سرعت برمه‌کاری اعظمی ممکنه را در صورت استهلاک کمتر پل برمه تأمین نماید. افزایش مقاومت فشاری احجار معدنی نیز سبب دشواری بیشتر امور برمه‌کاری گردیده و سرعت برمه‌کاری با مقاومت فشاری احجار معدنی معکوساً متناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: برمه‌کاری، خواص فیزیکی - میخانیکی احجار معدنی، سرعت برمه‌کاری، فشار

محوری، مقاومت فشاری

۱. مقدمه

پیشرفت علم و تکنالوجی در جهان باعث گردیده تا میکانیزم استفاده از تجهیزات و ابزارهای مختلف به گونه‌ی واضح تشریح و مورد بررسی همه جانبه قرار گیرند. امروز در جهان برمه‌کاری در رشته‌های مختلف انجینیری استفاده وسیع را به خود کسب نموده است. برمه‌کاری در بخش‌های مختلف از قبیل



اکتشاف معادن، استخراج معادن مواد مفید جامد، استخراج نفت و گاز، امور ساختمانی، خروج آب‌های زیرزمینی و غیره به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

هنگام استخراج معادن صخره‌یی و نیمه صخره‌یی به‌طریقه روباز و زیرزمینی نخستین مرحله پروسه‌های امور استخراجی عبارت از برمه‌کاری می‌باشد. با در نظر داشت قیمت بلند ماشین‌ها و دستگاه‌های برمه، معلومات مفصل در مورد پارامترهای آن‌ها و انتخاب وریانت مناسب این دستگاه‌ها مسئله مهم پنداشته می‌شود که با استفاده از آن می‌تواند شرایط بهتر و مساعد برای استخراج اقتصادی معادن فراهم گردد. در این اثر کلیه خواص فیزیکی - میخانیکی احجار معدنی که روی سرعت برمه‌کاری هنگام حفر شیورها و سکواژن‌ها تاثیر دارند مورد تحقیق و بررسی همه‌جانبه قرار گرفته و هدف این تحقیق را تشکیل می‌دهد.

هدف برمه‌کاری ایجاد سکواژن‌ها و یا شیورها در کتله احجار مسیفی می‌باشد. برمه‌کاری سکواژن‌ها پروسه دشوار و پربها مخصوصاً در احجار صخره‌یی و سایر احجاری که به مشکل تخریب می‌شوند، می‌باشد. ارزش امور برمه‌کاری در معادن روباز در محدوده‌ی ۱۶ تا ۳۶ فیصد ارزش عمومی استخراج یک تن کتله معدنی را احتوا می‌نماید. بهره‌دهی تجهیزات بارکننده و انتقال دهنده، مدت دوام کار آن‌ها و مؤثریت بهره‌برداری آن‌ها مربوط به کیفیت پارچه شدن کتله معدنی می‌باشد. مؤثریت برمه‌کاری سکواژن‌های انفجاری توسط سرعت برمه‌کاری مشخص می‌گردد. سرعت برمه‌کاری اساساً توسط مقاومت احجار در برابر تخریب تحت تاثیر آله برمه و هم‌چنان نظر به پارامترهای آله برمه و طریقه تاثیر آن بالای زبوی سکواژن، قطر و عمق سکواژن، سرعت و دقت خارج ساختن مواد برمه شده از داخل زبوی، مشخص می‌گردد (قسیمی & نهوموف، ۱۳۵۹).

در مرحله‌ی عصری انکشاف امور برمه‌کاری، چندین طرق اساسی برمه‌کای مورد استفاده قرار می‌گیرند که عبارت از برمه‌کاری ضربه‌یی، برمه‌کاری دورانی، برمه‌کاری ضربه‌یی - دورانی، برمه‌کاری شروشکه‌یی (خوشه‌ای) و برمه‌کاری آتشی می‌باشد. در صورت برمه‌کاری ضربه‌یی آله برمه بالای زبوی شیور یا سکواژن ضربات وارد نموده و در آن فرورفتگی‌ها را ایجاد می‌نماید. در صورت هر ضربه بعدی آله برمه به یک زاویه معین دور خورده و به تدریج تمام مقطع شیور یا سکواژن را برمه می‌نماید. در صورت برمه‌کاری دورانی، آله برمه به صورت بلاوقفه به دور محور خود دوران نموده که محور آله برمه با محور شیور یا سکواژن مطابقت داشته و توسط فشار آله برمه و دوران آن احجار در زبوی شیور



یا سکواژن تخریب می‌شود. در این صورت تیغه‌های برنده پل برمه از سطح زبوی قشر نازک احجار را تخریب و یا برش می‌نماید (واحدی، ۱۳۹۹).

علاوه از برمه کاری ضربه‌یی و دورانی، طرق برمه کاری ضربه‌یی - دورانی و دورانی - ضربه‌یی نیز از هم فرق می‌شوند که نظر به پرنسپ کار، هم‌زمان عمل دوران و ضربه را انجام می‌دهد. در صورت برمه کاری ضربه‌یی - دورانی، قوه محوری و مومنت دورانی در میل به برمه به اندازه کم می‌باشد که مفهوم قابل ملاحظه نداشته و تخریب احجار مانند برمه کاری ضربه‌یی، صرف در نتیجه عمل ضربه آله برمه انجام می‌پذیرد. در صورت طریقه برمه کاری دورانی - ضربه‌یی، تخریب احجار هم‌چنان عمدتاً به وسیله ضربات یعنی در زمانی که احجار تحت فشار زیاد قوه دوران و محوری پل‌های برنده آله برمه قرار دارد، صورت می‌گیرد. به این اساس مؤثریت برمه کاری دورانی - ضربه‌یی افزایش می‌یابد (واحدی، ۱۳۹۹).

۲. پیشینه تحقیق

برمه کاری یکی از پروسه‌های مهم و کلیدی هنگام استخراج معادن به طریقه روباز و زیرزمینی محسوب می‌گردد. برمه کاری عبارت از ایجاد حفره‌ها (شپور و سکواژن) با قطر معین در احجار می‌باشد که به منظور اکشتاف معادن، امور انفجاری جهت استخراج معادن مواد مفید جامد، استخراج نفت و گاز، خروج آب و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرند. امروز از طریقه‌های مختلف برمه کاری مانند برمه کاری میخانیکی، برمه کاری حرارتی، برمه کاری انفجاری و غیره استفاده به عمل می‌آید. رشته برمه کاری نیز مانند سایر رشته‌ها مراحل ابتدایی را سپری نموده تا بالاخره امروز با پیشرفت تکنالوجی، طرق معاصر میکانیزه و اتوماتیزه برمه کاری جایگزین طرق کلاسیک گردیده است.

برمه کاری سکواژن‌های انفجاری عبارت از تخریب احجار توسط آله برمه و خارج ساختن مواد برمه شده از شپورها یا سکواژن به سطح زمین می‌باشد. برمه کاری سکواژن‌ها و شپورها توسط ماشین‌های مخصوص (دستگاه‌های برمه) صورت گرفته که نظر به طریقه تخریب احجار آنها به دو گروه عمده تقسیم می‌شوند که عبارت اند از: ۱ - با تاثیر میخانیکی روی زبوی سکواژن ۲ - با تاثیر فزیکی روی زبوی سکواژن. به گروه اول دستگاه‌های برمه دورانی با پل‌های برنده (برمه کاری شنیکی) نوع (Cbp)، دستگاه‌های برمه با پل‌های شروشکه ئی نوع (C bll) و دستگاه‌های برمه نوع (Cby) که ضربه زن پنوماتیکی فرورونده آن داخل حفره قرار می‌گیرد، شامل می‌گردند. به گروه دوم دستگاه‌های برمه حرارتی نوع (Cbo) ارتباط دارد (قسیمی & نهوموف، ۱۳۵۹).



در سال ۱۹۷۶ بایر و کالدیر به اساس مطالعات و تجارب خود در یک معدن آهن در امریکای شمالی به این نتیجه رسیدند که علاوه از فشار محوری بالای پل برمه و سرعت دوران آن دو عامل دیگر که عبارت از قطر پل برمه و مقاومت فشار یک محوری می باشد، در سرعت برمه کاری نیز تاثیر جدی دارند. بنا بر این سرعت برمه کاری را با در نظر داشت سه عامل یاد شده ذریعه فورمول ذیل دریافت می گرد (اصانلو، ۱۳۹۳).

$$R_p = (61 - 28 \log \sigma_u) \frac{w}{d} \cdot \frac{RPM}{300} \quad (1)$$

در این جا R_p - سرعت برمه کاری به فوت در ساعت، σ_u - مقاومت فشار یک محوری احجار برمه شونده به $1000 f/inch^2$ ، w - فشار محوری بالای پل برمه به هزار پوند (1000f)، d - قطر پل برمه و RPM - سرعت دوران میله برمه در یک دقیقه می باشد. با افزایش عمق سکوژن، سرعت برمه کاری کاهش یافته که علت آن ازدیاد مدت پائین و بالا نمودن آله برمه و ضایعات انرژی بالای اصطکاک میله برمه با جدار سکوژن می باشد. و در صورت حفر سکوژن های فوقانی فشار آله برمه کاهش می یابد، که این امر خود سرعت برمه را ۲۰ - ۴۰ فیصد در عمق ۴۰ - ۵۰ متر، کاهش می دهد (سهاک ع.، ۱۳۹۰).

۳. مواد و روش تحقیق

این اثر به اساس جمع آوری راپورهای علمی در بخش برمه کاری احجار معدنی در معادن روباز و زیرزمینی با داشتن خواص فیزیکی - میخانیکی مختلف احجار معدنی، استفاده از موخذهای معتبر کتابخانه ها، تحلیل و ارزیابی مقالات جدید نشر شده در ژورنال های معتبر ملی و بین المللی به رشته تحریر در آمده است.

۴. یافته های تحقیق

عوامل مؤثر در سرعت برمه کاری به دو بخش عمده تقسیم می گردد که عبارت از عوامل مربوط به احجار برمه شونده و عوامل مربوط به دستگاه برمه می باشد. خواص اصلی فیزیکی - میخانکی احجار معدنی که روی میکانیزم نفوذ پل برمه در احجار تاثیر داشته و نظر به آن نوعیت ماشین های برمه و طریقه برمه کاری انتخاب می گردد؛ عبارت از سختی، محکمی، پلاستیکیت، ارتجاعیت، ساینده گی، درز داری می باشد. از جمله فکتورهای مربوط به دستگاه های برمه می توان از فشار محوری بالای میله برمه، سرعت دوران پل برمه، مقدار هوای فشرده، نوع، شکل و قطر پل برمه نام برد. در این جا فکتورهای متذکره را مورد بررسی قرار می دهیم (Thuro, 1997).



سختی عبارت از مقاومت احجار در مقابل نفوذ جسم سخت تر می باشد که جسم سخت باید دیفرمیشن نه نماید. مقاومت در مقابل نفوذ یک سنگ مربوط به سختی، ترکیب منرالی، تخلخل، مقدار رطوبت و غیره خواص همان سنگ می باشد. سختی احجار مقاومت ابتدایی و اصلی است که هنگام برمه کاری در مقابل آله برمه مقاومت می کند. احجار به اساس مقدار سختی خود با استفاده از مقیاس موس طبقه بندی می شود. برای دریافت سختی یک جسم مطابق به مقیاس موس طوری عمل می شود که جسم مورد نظر روی اجسامی که سختی آن توسط موس تعیین و درجه بندی گردیده است و یا نزدیک به آن باشد، خراشیده می شود. عدد مقیاس موس ۱ تا ۱۰ می باشد. در جدول (۱) رابطه بین سختی و مقاومت فشاری احجار نشان داده شده است.

جدول ۱: رابطه بین سختی و مقاومت فشاری احجار معدنی (اصانلو، ۱۳۹۳)

شماره	طبقه بندی احجار معدنی نظر به سختی آن	مقیاس سختی موس	مقاومت فشاری احجار معدنی (Mpa)
۱	بسیار سخت	+۷	+۲۰۰
۲	سخت	۶-۷	۱۲۰-۲۰۰
۳	نیمه سخت	۴,۵-۶	۶۰-۱۲۰
۴	نیمه نرم	۳-۴,۵	۳۰-۶۰
۵	نرم	۲-۳	۱۰-۳۰
۶	بسیار نرم	۱-۲	-۱۰

محکمی عبارت از مقاومت احجار در مقابل تخریب که در نتیجه قوه های ستاتیکی و دینامیکی به میان می آید، می باشد. احجار در مقابل فشار یک محوری بیشترین مقاومت را از خود نشان می دهند. معمولاً مقاومت کششی احجاز از ۱۰ الی ۱۵ فیصد مقاومت فشاری آن ها تجاوز نمی کند. این موضوع به دلیل موجودیت بیشترین بی نظمی های موضعی و چسبندگی پائین بین ذرات تشکیل دهنده احجار، تشریح می گردد. محکمی اساساً مربوط به ترکیب منرالی احجار می باشد که از جمله ی منرال های تشکیل دهنده احجار، کوارتز بیشترین مقاومت را در مقابل تخریب دارا بوده و مقدار این مقاومت بیشتر از ۵۰۰ میگاپاسکال می رسد. مقاومت فشاری سلیکات های آهن و منگنیزیم و سلیکات های المونیم از ۲۰۰ تا ۵۰۰ میگاپاسکال در تغییر است. این مقاومت در کلسیت بین ۱۰ تا ۲۰ میگاپاسکال می رسد. بنابر این احجار معدنی که در ترکیب آن مقدار کوارتز بیشتر باشد، محکمی آن نیز افزایش می یابد.



مقاومت منرال‌ها در مقابل تخریب بستگی به اندازه کرسنال‌های آن دارد و با افزایش اندازه کرسنال‌ها مقاومت آن کم می‌شود. این تاثیر زمانی مورد توجه خاص قرار می‌گیرد که اندازه کرسنال‌ها کمتر از ۰.۵ میلی‌متر باشد. هرگاه قوه چسبش بین دانه‌ها مطرح باشد، تاثیر اندازه کرسنال‌ها روی مقاومت کمتر می‌شود. برای احجاری که دارای لیتولوژی مشابه باشند، مقاومت آن در برابر تخریب به اساس مقدار تخلخل آن متناسب بوده و با افزایش تخلخل احجار، محکمی آن کاهش می‌یابد. موجودیت تخلخل در احجار تعداد نقاط تماس ذرات منرال‌ها و قوه عکس‌العمل بین این ذرات را کاهش می‌دهد. عمق تشکیل احجار و درجه میتمورفیزم آن نیز از جمله عوامل عمده تعیین کننده محکمی احجار شمرده می‌شود، طور مثال مقاومت طبقات احجار رسوبی نزدیک به سطح زمین می‌تواند در حدود ۲ تا ۱۰ میگاپاسکال باشد.

سایندگی عبارت از مقاومت احجار در مقابل سایش ناشی از تماس جسمی سخت‌تر می‌باشد. هنگام مالش و یا سایش ضمن حرکت، عواملی که مقاومت سایندگی احجار را افزایش می‌دهند، عبارت اند از: ۱ - سختی دانه‌های احجار. احجاری که دارای دانه‌های کوارتز هستند، شدیداً ساینده می‌باشند. ۲ - شکل دانه‌ها. دانه‌های نوک تیز دارای قابلیت بیشتر سایندگی نسبت به دانه‌های کروی و مدور می‌باشند. ۳ - نامتجانس بودن. احجاری که از چندین منرال تشکیل گردیده باشد دارای خاصیت بیشتر سایندگی می‌باشد حتی اگر این احجار از منرال‌ها با سختی یکسان تشکیل گردیده باشند. برای مثال می‌توان دانه‌های کوارتز در گرانیت را نام برد. خاصیت سایندگی احجار تاثیر بیشتر را روی طول عمر میله و پل برمه دارد. شاخص سایندگی احجار در سال ۲۰۰۲ توسط پلینینگر آلمانی ذریعه فورمل ذیل توضیح گردیده است (قویدل، ۱۳۹۰).

$$RAI = EqQtz \times UCS \quad (2)$$

در فورمول مذکور، $EqQtz$ - مقدار فیصدی کوارتز در احجار مورد نظر و UCS - مقدار مقاومت فشاری احجار به میگاپاسکال می‌باشد.

سترکچر و تکسچر احجار نیز یک فکتور بسیار مهم و اساسی در سرعت برمه‌کاری شمرده می‌شود. در قسمت سترکچر و تکسچر احجار اندازه، شکل و مقدار ماتریکس (ذرات خورد و ریزه که بین ذرات بزرگ قرار دارند) مورد مطالعه قرار می‌گیرند. از نظر جسامت، دانه‌های بزرگ‌تر قابلیت برمه‌کاری بهتر را دارا می‌باشند. شکل ذرات تشکیل دهنده احجار نیز در پروسه برمه‌کاری یک فکتور مهم تلقی می‌شود. احجاری که دارای منرال‌های مسطح و ذرات کروی باشند، در مقایسه با ذرات نوک تیز، در



هنگام برمه‌کاری، سایش کمتر را ایجاد نموده و دارای قابلیت بهتر برمه‌کاری می‌باشند (قویدل، ۱۳۹۰).

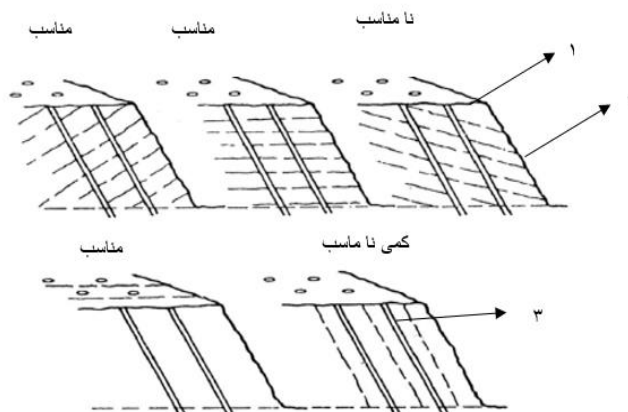
شکستگی‌ها عبارت از تخریب و بی‌جا شدن احجار است که یک‌لخت بودن آن‌را از بین می‌برد. شکستگی‌ها یا بیجایی احجار از جمله‌ی ساختمان‌های بسیار گسترش یافته زمین می‌باشد. اندازه آن‌ها مختلف بوده که از درزهای کوچک تا شکستگی‌های بزرگ را در بر می‌گیرند و به اساس شکل، امپلیتود بیجایی و یک عده پارامترهای دیگر تفکیک می‌گردند (سهاک ن.، ۱۳۹۲). شکستگی احجار از اهمیت خاص برخوردار بوده و قبل از آغاز امور برمه‌کاری تشخیص شکستگی و نوع آن یک امر ضروری و لازمی می‌باشد. سطوح شکستگی‌های احجار بسیار ضعیف می‌باشند و حین اجرای امور برمه‌کاری برای فشار محوری بیشتر بالای پل برمه نیاز جدی دیده نمی‌شود لیکن در این صورت سرعت دورانی میله برمه را می‌توان افزایش داد. بنا بر این در این نوع شرایط ماشین‌های برمه‌کاری ضربه‌یی از اهمیت بیشتر برخوردار بوده و یک وریانت بهتر برمه‌کاری پنداشته می‌شود. با دور شدن از زون شکست، احجار با هم پیوست گردیده و از محکمی بیشتر برخوردار می‌باشند. در مجموع بندش پل برمه، کاهش سرعت برمه‌کاری و افزایش استهلاک آن، عمده‌ترین عوارض ناشی از موجودیت زون‌های خرد شده‌ی شکستگی‌ها گفته می‌شود (قویدل، ۱۳۹۰).

قابلیت برمه‌کاری احجار معدنی به فاصله‌ی بین درزها نیز بستگی دارد. موجودیت درزهای چندین سیستم در احجار معدنی باعث بحرانی شدن پروسه برمه‌کاری می‌گردد. با افزایش درزداری احجار معدنی و فاصله کم بین درزها سرعت برمه‌کاری کاهش می‌یابد. اگر فاصله بین درزها بیشتر از یک متر باشد در این صورت احجار برمه شونده منحیث کتله یک‌لخت در نظر گرفته می‌شود. در سیستم طبقه بندی قابلیت برمه‌کاری احجار معدنی (RDi) احجار معدنی که فاصله بین درزهای آن بیشتر باشد، امتیاز زیاد در نظر گرفته شده است که شرح آن در جدول (۲) درج می‌باشد.

جدول ۲: امتیاز فاصله بین درزها در سیستم RDi (Hoseinie, Aghababaei, &

Pourrahimian, 2008)

فاصله بین درزها به متر	بزرگتر از ۲	۱-۲	۰.۵-۱	۰.۱۵-۰.۵	کمتر از ۰.۱۵
امتیاز از صد	۱۸	۱۳	۹	۵	۱



شکل ۱: موقعیت مناسب سکواژن‌ها در احجار درزدار (استوار، ۱۳۷۵).

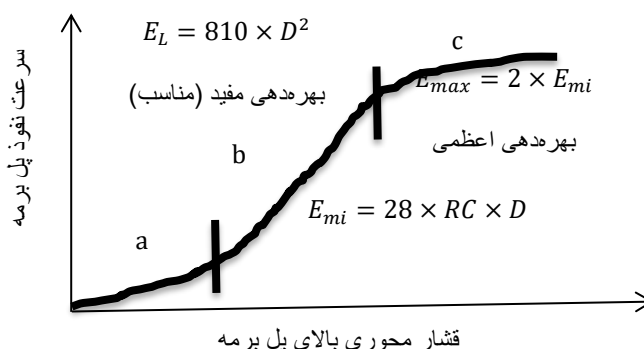
زاویه میلان درزها نیز روی سرعت برمه‌کاری تاثیر دارد. موجودیت درزهای مایل باعث انحراف سکواژن، کاهش فشار محوری و بالاخره کاهش سرعت برمه‌کاری می‌گردد. از طرف دیگر در درزهای باز که دارای مواد پرکننده باشند، تماس سکواژن با این نوع درزها باعث ریزش مواد پرکننده گردیده که این پدیده سبب بندش پل برمه و پر شدن سکواژن بعد از برمه‌کاری می‌گردد. در شکل (۱) محل مناسب سکواژن‌ها نظر به سیستم درزداری تعیین گردیده است. در شکل ۱: ۱ - پته ۲ - میلان پته ۳ - سکواژن را نشان می‌دهد.

فشار محوری عبارت از مقدار بار است که از طریق میله بالای پل برمه عمل می‌نماید. مقدار این قوه مربوط به قطر پل برمه، نوعیت سیستم برمه‌کاری، مقاومت احجار در مقابل تخریب و نوعیت پل برمه می‌باشد. مقدار این قوه از ده‌ها تا ۸۰۰۰ پوند در هر انچ می‌رسد. در جدول (۳) مقدار فشار محوری پیشنهادی انواع مختلف پل‌های برمه برای برمه‌کاری احجار سخت درج گردیده است.

جدول ۳: فشار محوری پیشنهادی برای پل‌های برمه با قطرهای مختلف در احجار سخت (اصانلو، ۱۳۹۳).

شماره	قطر پل برمه به (انچ)	فشار محوری پیشنهادی بالای پل برمه به (کیلوگرام)
۱	۵	۹۰۷۰
۲	۷	۱۵۸۷۲
۳	۹	۲۷۲۱۰
۴	۱۲	۳۴۰۱۲
۵	۱۵	۵۴۴۲۰

در صورت کاهش مقدار فشار محوری بالای پل برمه از یک طرف بهره‌دهی ماشین برمه کاهش یافته و از طرف دیگر انرژی تولید شده برای احجار به موقع نمی‌رسد و این امر باعث می‌گردد تا انرژی تولید شده به حرارت مبدل گردد. بالاخره این حرارت توسط میله و پل برمه جذب گردیده و سبب فرسایش آن‌ها می‌گردد. اگر فشار محوری بالای پل برمه از حد نورمال بیشتر انتخاب گردد در این صورت پل برمه در همه طرق برمه‌کاری (ضربه‌یی، دورانی و غیره) به صورت آزاد حرکت نتوانسته و باعث کندی و توقف ماشین برمه خواهد شد. با در نظر داشت مطالب فوق چنین نتیجه می‌شود که سختی و محکمی احجار از جمله‌ی فکتورهای مهم و کلیدی در تعیین و انتخاب سرعت برمه‌کاری احجار شمرده می‌شوند. بناً جهت افزایش سرعت برمه‌کاری باید فشار محوری مناسب و مفید را که جوابگوی همه مطالبات فوق باشند و ماشین برمه بتواند به شکل نورمال بالای مقاومت فشاری احجار غلبه نماید، انتخاب گردد.



شکل ۲: تغییرات سرعت برمه‌کاری نسبت به تغییرات فشار محوری بالای پل برمه (قویدل، ۱۳۹۰)

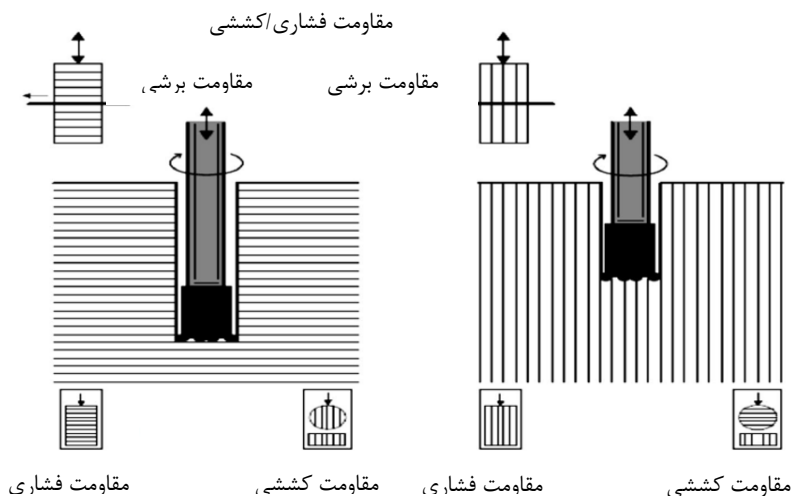


خطوط تابعی بین سرعت برمه کاری و فشار محوری بالای پل برمه در احجار مختلف، داری شکل ظاهری یکسان و نسبتاً با هم دیگر مشابهت دارند. با در نظر داشت این مطلب تغییرات سرعت برمه کاری نسبت به تغییرات فشار محوری بالای پل برمه در گراف شکل (۲) توضیح می گردد. روابطی که در شکل (۱) درج می باشند، مقدار فشار محوری اصغری، اعظمی و مناسب (E_L , E_{max} , E_{min}) را با در نظر داشت مقاومت احجار (RC) به میگا پاسکال و قطر سکواژن (D) به انچ بیان می کند. در صوتی که فشار محوری کمتر از حد اصغری انتخاب گردد، سرعت برمه کاری مفید نبوده و در حالت که فشار محوری بیشتر از حد اعظمی (E_{max}) باشد باعث بندش پل برمه در احجار و کاهش بهره دهی برمه کاری می گردد.

۴-۱. مقاومت فشاری یک محوری احجار

مقاومت فشاری یک محوری عبارت از مقدار پایداری احجار در مقابل قوه های خارجی (ستاتیکی و دینامیکی) می باشد. مقاومت فشاری احجار در رشته های مختلف انجینیری قابل استفاده می باشد بناً این شاخص از اهمیت خاص برخوردار بوده و در بیشترین طبقه بندی های احجار منحنی یک علامه ی مهم فارقه مورد استفاده قرار می گیرد. با در نظر داشت توضیحات فوق می توان گفت که مقاومت فشاری از جمله ی پارمترهای مهم احجار بوده که سرعت و قابلیت برمه کاری احجار را تحت تاثیر قرار می دهد. به هر اندازه که مقاومت فشاری احجار بیشتر باشد، به همان اندازه از قابلیت برمه کاری آن کاسته می شود. تا اکنون در بسیاری از منابع علمی در مورد برمه کاری، تاثیر مقاومت فشاری در سرعت برمه کاری مورد تأکید قرار گرفته است. مقاومت فشاری احجار به چگونگی جهت قوه وارده بالای جهت تورق و درز داری احجار نیز بستگی دارد. مقاومت فشاری احجار که قوه خارجی عمود به جهت تورق و درز داری آن عمل نماید نسبت به احجاری که موازی به سیستم تورق آن عمل می نماید، بیشتر می باشد. در شکل (۳) جهت قوه وارده بالای جهت سیستم درز داری و تورق احجار نشان داده شده است (Thuro & Spaun, 1996).

تحقیقات انجام شده در مورد عوامل مؤثر در سرعت برمه کاری نشان می‌دهد که سرعت برمه کاری با فشار محوری معکوساً متناسب بوده و برمه کاری در احجار با مقاومت فشاری بالا به دشواری انجام یافته که در نتیجه سرعت برمه کاری در این نوع حجار کاهش می‌یابد.



شکل ۳: تاثیر جهت تورق و درزداري احجار روی سرعت برمه کاری (Thuro & Spaun, 1996)

۵. مناقشه

از بررسی فکتورهای مهم و تاثیر گذار روی سرعت برمه کاری به ملاحظه می‌رسد که خواص فیزیکی - میخانیکی احجار برمه‌شونده به‌خصوص سختی، ساینده‌گی و مقاومت فشاری در تعیین مقدار فشار محوری بالای ستاف برمه تاثیر مهم و اساسی دارند. فشار وارده بالای میله برمه باعث تعیین سرعت برمه کاری می‌شو که باید با درنظرداشت فکتورهای مختلف طبیعی و تکنالوژیکی انتخاب گردد. از نتایج این تحقیق در رابطه به موضوع مورد بحث چنین نتیجه می‌شود که برای انتخاب طریقه و پارامترهای برمه کاری باید آزمایشات مورد نیاز لابراتواری بالای احجار برمه شونده از قبیل تعیین درجه سختی، ساینده‌گی، مقاومت فشاری و غیره انجام یابند. انواع برمه‌کاری‌های میخانیکی که عبارت از برمه کاری ضربه‌یی، دورانی، ضربه‌یی - دورانی و ضربه‌یی؛ می‌باشند نیز به همین اصل استوار است. طوریکه در برمه کاری ضربه‌یی، احجار ذریعه قوه ضربه در زبوی شپور یا سکواژن تخریب می‌گردد و از این طریقه معمولاً در احجار سخت و صخره‌یی استفاده به‌عمل می‌آید اما در احجار نرم



چون قابلیت ساینډگی آن کمتر می‌باشد، بهتر است که از طریقه دورانی برمه‌کاری استفاده به‌عمل آید. لیکن تصمیم‌گیری در مورد احجاری که احتمال هر دو نوع برمه‌کاری در آن حایز اهمیت است، یک مسئله‌ی پیچیده به نظر می‌رسد. در این صورت باید از فکتورهای متعدد در انتخاب طریقه برمه‌کاری استفاده به‌عمل آید. رابطه میان فشار محوری و سرعت برمه‌کاری نشان می‌دهد که در صورت کاهش فشار محوری از حد اصغری، سرعت برمه‌کاری مفید نبوده و در حالت که فشار محوری بیشتر از حد اعظمی (Emax) انتخاب گردد، باعث بندش پل برمه در احجار و کاهش بهره‌دهی برمه‌کاری می‌گردد.

۶. نتیجه‌گیری

از تحقیق و بررسی خواص فزیکي - میخانیکي احجار معدنی روی سرعت برمه‌کاری ماشین‌های برمه نتایج ذیل به‌دست می‌آید:

خواص فزیکي - میخانیکي احجار معدنی روی سرعت برمه‌کاری تاثیر فوق‌العاده مهم و اساسی دارند که از آن جمله سختی، محکمی و ساینډگی احجار معدنی روی سرعت دستگاه‌های برمه تاثیر بیشتر دارند. تابع مقاومت فشاری و سختی احجار نشان می‌دهد که با افزایش درجه سختی احجار مقاومت فشاری آن نیز افزایش می‌یابد. از نتایج روابط گرافیکی بین فشار محوری و سرعت برمه‌کاری به‌دست می‌آید که با کاهش و افزایش بسیار زیاد فشار محوری سرعت برمه‌کاری کاهش می‌یابد یا به عبارت دیگر ارتباط سرعت برمه‌کاری با فشار محوری یک تابع خطی نمی‌باشد که این موضوع مسئله را پیچیده ساخته و فکتورهای تاثیر گذار در انتخاب سرعت برمه‌کاری را نیز افزایش می‌دهند. از بررسی عوامل مؤثر در تعیین فشار محوری به‌دست می‌آید که اندازه آن نیز مربوط به فکتورهای مختلف می‌باشد. در احجار سخت افزایش فشار محوری باعث سایش بیشتر پل‌های برمه می‌گردد. بناً در این حالت باید استهلاک پل برمه را با توجه به افزایش سرعت برمه‌کاری در نظر گرفت. در احجار نرم و با سختی کم افزایش فشار محوری می‌تواند سبب بلند شدن بهره‌دهی مطلوبه دستگاه برمه گردد.

۷. پیشنهادات

برمه‌کاری حین استخراج معادن به‌طریقه روباز و زیرزمینی یک پروسه مهم و اساسی می‌باشد، بناً برای تعیین نوعیت دستگاه برمه باید آزمایشات مورد نیاز لابراتواری جهت تعیین خواص فزیکي - میخانیکي احجار معدنی صورت گیرند. فشار محوری دستگاه‌های برمه در تعیین سرعت برمه‌کاری



نقش مهم و اساسی داشته، بنأ مقدار این فشار باید با در نظر داشت خواص فزیکي - میخانیکي احجار معدنی به خصوص سختی و ساینده گی تعیین و انتخاب گردد.

۸. فهرست منابع

1. Hoseinie, S., Aghababaei, H., & Pourrahimian, Y. (2008). Development of a new classification system for assessing of Rock mass Drillability index. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*, 1-10.
2. Thuro, K. (1997). Drillability prediction- geological influences in hard rock drill and blast. *tunneling*. *Geol Rundsch*, 426-438.
3. Thuro, K., & Spaun, G. (1996). Introducing the destruction work as a new rock property of referring to drillability in conventional drill and blast tunneling. *Eurok 96, toughness Turin, Italy*.
۴. اصائلو، م. (۱۳۹۳). روش های استخراج معادن سطحی. تهران، ایران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک تهران).
۵. اصائلو، م. (۱۳۹۳). روش های حفاری، چاپ سوم. ایران: مرکز نشر صدا.
۶. رحمت الله استوار. (۱۳۷۵). آتش کاری در معادن، جلد اول. ایران: انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی امیر کبیر.
۷. سهاک، ع. (۱۳۹۰). تکنالوژی استخراج زیرزمینی معادن فلزی و غیر فلزی. کابل: انتشارات مطبعه وزارت تحصیلات عالی.
۸. سهاک، ن. (۱۳۹۲). جیولوجی عمومی. کابل: انتشارات مستقبل.
۹. قسیمی، م.، & نهوموف، ا. (۱۳۵۹). تکنالوجی استخراج برهنه معادن مواد مفیده. کابل: وزارت تحصیلات عالی.
۱۰. قویدل، م. (۱۳۹۰). طبقه بندی قابلیت حفاری توده سنگ ها و پیش بینی سرعت حفاری در معدن سنگ آهن گل گهر، پایان نامه کارشناسی ارشد. ایران: دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفزیک، دانشگاه شاهرود.
۱۱. واحدی، ع. (۱۳۹۹). اساسات امور معدن. کابل: انتشارات مطبعه عازم.



بررسی تراکم دینامیکی خاک‌های غیرچسبناک

^۱پوهندوی دوکتور عبدالرحمن پژواک عضو کادر علمی دیپارتمنت سیول پوهنځی انجینیری پوهنتون تخار

Study of Dynamic Compaction of Cohesionless Soils

Abstract

In infrastructure projects such as dam construction, road building, and large-scale construction, cohesionless soils (such as sand and gravel) are often used as sub-surface layers. These types of soils are prone to phenomena such as settlement and liquefaction during earthquakes due to their low density and void spaces between particles. One of the methods for soil improvement is dynamic compaction, which enhances the mechanical properties of soil by applying energy to reduce void volume and increase density.

The main objective of this research is to investigate the effect of dynamic compaction on improving the engineering properties of cohesionless soils, focusing on strength, settlement, and the reduction of undesirable phenomena such as liquefaction. Dynamic compaction is a soil improvement method used to increase the density and firmness of weak soils. This method is particularly effective for cohesionless soils, such as sands and gravels, which are easily influenced by impact loads. This paper examines the effects of dynamic compaction on cohesionless soils, the principles of its implementation, and the applications of this method in construction projects. Additionally, the advantages, limitations, and challenges associated with this method are discussed. The results of the study indicate that dynamic compaction can effectively enhance the stability and strength of cohesionless soils and reduce the risks associated with settlement and liquefaction. Therefore, this method is proposed as an effective and economical solution for soil improvement and increasing the safety of structures in construction projects.

Keywords: Dynamic compaction, cohesionless soils, soil density, ground improvement, bearing capacity, liquefaction of soil.

چکیده

در پروژه‌های زیرساختی مانند سدسازی، راه‌سازی و ساخت‌وسازهای بزرگ، خاک‌های غیر چسبناک (مانند ریگ و جغل) معمولاً به عنوان لایه‌های زیرسطحی استفاده می‌شوند. این نوع خاک‌ها به دلیل تراکم پایین و فضای خالی بین دانه‌های‌شان، در معرض پدیده‌هایی مانند نشست‌پذیری و روانگرایی

¹ Email: pazhwak_2008@yahoo.com



در هنگام وقوع زلزله قرار دارند. یکی از روش‌های تقویت خاک، تراکم دینامیکی است که با اعمال انرژی به خاک به منظور کاهش حجم حفرات و افزایش تراکم آن، خواص میخانیکی خاک بهبود می‌یابد. هدف اصلی این پژوهش بررسی تاثیر تراکم دینامیکی بر بهبود خواص مهندسی خاک‌های غیر چسبناک با تمرکز بر مقاومت، نشست‌پذیری و کاهش پدیده‌های نامطلوبی مانند روانگرایی است. تراکم دینامیکی یک روش بهسازی خاک است که برای افزایش کثافت و محکمیت خاک‌های ضعیف به کار می‌رود. این روش به ویژه برای خاک‌های غیرچسبناک، مانند ماسه‌ها و شن‌ها که به راحتی تحت تأثیر ضربه‌ها قرار می‌گیرند، بسیار مؤثر است. در این مقاله، تاثیرات تراکم دینامیکی بر خاک‌های غیرچسبناک، اصول اجرای آن و کاربردهای این روش در پروژه‌های عمرانی مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین، مزایا، محدودیت‌ها و چالش‌های مرتبط با این روش بررسی شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که تراکم دینامیکی می‌تواند به شکل مؤثری پایداری و مقاومت خاک‌های غیر چسبناک را افزایش داده و خطرات مرتبط با نشست و روانگرایی را کاهش دهد. از این رو، این روش به عنوان یک راهکار مؤثر و اقتصادی در بهسازی خاک و افزایش ایمنی سازه‌ها در پروژه‌های عمرانی پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژه‌ها: بهسازی زمین، تراکم دینامیکی، تراکم خاک، خاک‌های غیرچسبناک، ظرفیت

باربری و روانگرایی خاک

۱. مقدمه

تراکم دینامیکی یک روش بهسازی خاک است که در آن از وزنه‌های سنگین برای فشردن خاک استفاده می‌شود. این وزنه‌ها از ارتفاع‌های مشخصی رها می‌شوند و با برخورد به سطح خاک، انرژی زیادی را به آن منتقل می‌کنند. این انرژی ضربه‌ای به عمق‌های مختلف خاک نفوذ کرده و باعث فشردن ذرات و کاهش فضای خالی بین آن‌ها می‌شود (Perry, 1982).

خاک‌های غیرچسبناک شامل خاک‌هایی هستند که به دلیل عدم وجود خاصیت چسبندگی بین ذرات، از مقاومت کافی برای تحمل بارهای سازه‌ای برخوردار نیستند. این خاک‌ها به طور عمده شامل ماسه‌ها و شن‌ها هستند که تحت تأثیر رطوبت یا بارهای دینامیکی، به راحتی تغییر شکل می‌دهند. تراکم دینامیکی به عنوان یک روش بهسازی مؤثر برای این نوع خاک‌ها به کار می‌رود و از طریق اعمال انرژی ضربه‌ای، موجب افزایش تراکم و بهبود خواص مکانیکی آن‌ها می‌شود (Menard and

Broise., 1975)



فرآیند تراکم: در این روش، وزنه‌هایی با وزن ۱۰ تا ۴۰ تن از ارتفاع ۱۰ تا ۳۰ متر به سطح خاک رها می‌شوند. تعداد ضربات و فاصله بین نقاط ضربه به نوع خاک و اهداف پروژه بستگی دارد. انرژی حاصل از ضربات باعث کاهش فضای خالی بین ذرات و افزایش تراکم خاک می‌شود (Mitchell and Jardine, 2002).

افزایش ظرفیت باربری: یکی از اصلی‌ترین مزایای تراکم دینامیکی، افزایش ظرفیت باربری خاک است. این افزایش به دلیل کاهش فضای خالی بین ذرات خاک و فشرده شدن بیشتر آن‌ها رخ می‌دهد. به عنوان مثال، در پروژه‌های زیرساختی مانند جاده‌ها و فرودگاه‌ها، تراکم دینامیکی می‌تواند ظرفیت باربری زیرساخت‌ها را به طور قابل توجهی افزایش دهد (Menard and Broise, 1975).

کاهش نشست: نشست یکی از مشکلات رایج در خاک‌های غیرچسبناک است که می‌تواند باعث ناپایداری سازه‌ها شود. تراکم دینامیکی با فشرده‌سازی بیشتر خاک و کاهش فضای خالی، میزان نشست را کاهش داده و پایداری سازه‌ها را افزایش می‌دهد. مطالعه‌های انجام شده نشان داده‌اند که تراکم دینامیکی می‌تواند نشست خاک‌های ماسه‌ای را تا ۵۰ درصد کاهش دهد (Mayne, 1985: 245).

بهبود مقاومت در برابر زلزله: یکی از ویژگی‌های مهم خاک‌های غیرچسبناک، حساسیت آن‌ها به زلزله و ارتعاشات است. تراکم دینامیکی با افزایش تراکم خاک، مقاومت آن را در برابر نیروهای دینامیکی و لرزه‌ای بهبود می‌بخشد. این امر باعث کاهش خطرات زلزله در پروژه‌هایی مانند ساخت سدها و سازه‌های حساس می‌شود (Slocombe and Bell, 1996). زیرساخت‌های حمل و نقل: تراکم دینامیکی به طور گسترده در پروژه‌های ساخت جاده‌ها، فرودگاه‌ها و بنادر استفاده می‌شود. این پروژه‌ها نیازمند خاک‌هایی با ظرفیت باربری بالا و نشست کم هستند، و تراکم دینامیکی می‌تواند این خواص را فراهم کند. به عنوان مثال، در پروژه‌های فرودگاهی، استفاده از تراکم دینامیکی باعث بهبود باندهای فرود و کاهش نیاز به تعمیرات مکرر شده است (Mitchell and Jardine, 2002).

توسعه شهرک‌ها و مناطق مسکونی: در مناطق شهری و مسکونی که خاک‌های غیرچسبناک غالب هستند، تراکم دینامیکی می‌تواند به عنوان یک راه‌حل کارآمد برای بهبود زمین‌های ساخت‌وساز مورد استفاده قرار گیرد. این روش می‌تواند از نشست‌های نابرابر جلوگیری کرده و ایمنی و پایداری سازه‌ها را افزایش دهد (Al-Hussaini and Perry, 1982).

تاثیر ارتعاشات بر سازه‌های مجاور: یکی از چالش‌های اصلی تراکم دینامیکی، تولید ارتعاشات زیاد در حین انجام عملیات است. این ارتعاشات ممکن است بر سازه‌های مجاور تأثیر منفی گذاشته



و باعث ایجاد ترک یا خسارت در آن‌ها شود. برای کاهش این مشکل، نیاز به برنامه‌ریزی دقیق و استفاده از تجهیزات مدرن است (Massarsch., 1991).

محدودیت‌های جغرافیایی: در برخی مناطق با خاک‌های خاص، مانند خاک‌های رسی یا بسیار مرطوب، کارایی تراکم دینامیکی کاهش می‌یابد. این روش بیشتر برای خاک‌های دانه‌ای و ماسه‌ای مناسب است و در موارد خاص نیاز به استفاده از روش‌های مکمل مانند تراکم لرزشی یا تزریق خاک می‌باشد (Menard & Broise., 1975).

خاک‌های غیر چسبناک به دلیل تراکم کم و فضای خالی بین ذرات، در شرایط بارگذاری دینامیکی مانند زلزله، رفتار نامطلوبی از خود نشان می‌دهند. تراکم دینامیکی می‌تواند بهبود پایداری این نوع خاک‌ها را به دنبال داشته باشد و خطرات ناشی از نشست یا روانگرایی را کاهش دهد. افزایش ایمنی در پروژه‌های زیرساختی: با بهبود خواص مکانیکی خاک‌های غیر چسبناک، احتمال بروز مشکلاتی مانند ترک خوردگی یا فروپاشی سازه‌ها در اثر بارهای دینامیکی کاهش می‌یابد. این موضوع به‌ویژه در مناطق زلزله‌خیز و پروژه‌های مهم زیرساختی مانند پل‌ها، سدها و تونل‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد. صرفه‌جویی در هزینه‌های ساخت‌وساز: استفاده از روش‌های بهسازی خاک مانند تراکم دینامیکی، می‌تواند از هزینه‌های گزاف ناشی از تعمیر یا بازسازی سازه‌های آسیب‌دیده جلوگیری کند. علاوه بر این، تراکم دینامیکی می‌تواند نیاز به مصالح جدید برای بهسازی خاک را کاهش دهد و موجب صرفه‌جویی اقتصادی شود. پیشگیری از خسارات ناشی از روانگرایی: روانگرایی یکی از پدیده‌های مخاطره‌آمیز در خاک‌های غیر چسبناک است که می‌تواند باعث از دست رفتن کامل مقاومت خاک در هنگام زلزله شود. این پژوهش به کاهش خطر روانگرایی از طریق تراکم دینامیکی می‌پردازد و به افزایش پایداری خاک کمک می‌کند. توسعه دانش مهندسی ژئوتکنیک: این پژوهش به افزایش دانش در زمینه تراکم دینامیکی و رفتار خاک‌های غیر چسبناک کمک می‌کند و یافته‌های آن می‌تواند به عنوان مرجع علمی برای پژوهشگران و مهندسان ژئوتکنیک در پروژه‌های آینده مورد استفاده قرار گیرد. در مجموع، این پژوهش علاوه بر افزایش ایمنی و کاهش ریسک در پروژه‌های عمرانی، به ارتقای روش‌های نوین بهسازی خاک در حوزه مهندسی ژئوتکنیک کمک می‌کند.

هدف این تحقیق بررسی تاثیر تراکم دینامیکی بر بهبود خواص مهندسی خاک‌های غیر چسبناک با تمرکز بر مقاومت، نشست‌پذیری و کاهش پدیده‌های نامطلوبی مانند روانگرایی است. به طور مشخص، این پژوهش به دنبال دستیابی به اهداف زیر است:



تحلیل تاثیر تراکم دینامیکی بر تراکم پذیری و مقاومت برشی خاک های غیر چسبناک. شناسایی عوامل مؤثر بر کارایی روش تراکم دینامیکی، از جمله نوع خاک، انرژی اعمالی و شرایط رطوبتی. ارائه معیارها و روش هایی برای تعیین میزان بهینه تراکم دینامیکی در خاک های غیر چسبناک. ارزیابی پتانسیل کاهش روانگرایی و افزایش پایداری سازه های بنا شده بر روی خاک های غیر چسبناک پس از انجام تراکم دینامیکی. این پژوهش به دنبال ارائه راهکارهایی کاربردی برای مهندسان ژئوتکنیک جهت بهبود.

سوالات تحقیق: تراکم دینامیکی چه تأثیری بر ویژگی های مکانیکی خاک های غیر چسبناک دارد؟ چه عواملی (مانند نوع خاک، انرژی وارد شده، و میزان رطوبت) بیشترین تاثیر را بر کارایی تراکم دینامیکی دارند؟ چگونه می توان میزان بهینه تراکم دینامیکی را برای انواع مختلف خاک های غیر چسبناک تعیین کرد؟ آیا تراکم دینامیکی می تواند پدیده های نامطلوب مانند روانگرایی را در خاک های غیر چسبناک کاهش دهد؟.

تراکم دینامیکی می تواند به طور مؤثری خواص مهندسی خاک های غیر چسبناک را بهبود بخشد، به ویژه در زمینه مقاومت و کاهش نشست. افزایش انرژی وارد شده در فرآیند تراکم دینامیکی، موجب افزایش تراکم و کاهش فضای خالی بین ذرات خاک خواهد شد. تراکم دینامیکی باعث کاهش خطر روانگرایی در خاک های غیر چسبناک تحت بارهای دینامیکی می شود. شرایط بهینه رطوبت خاک بر کارایی تراکم دینامیکی تأثیر دارد و می تواند عملکرد این روش را بهبود بخشد. این فرضیه ها به عنوان مبنای تحقیق برای بررسی تأثیرات تراکم دینامیکی بر خواص خاک های غیر چسبناک استفاده خواهند شد.

۲. پیشینه تحقیق

تراکم دینامیکی خاک های غیر چسبناک به عنوان یک روش مؤثر برای بهبود خواص مکانیکی خاک، در مطالعات مختلف بررسی شده است. لکاس (۱۹۸۶)، در یکی از نخستین تحقیقات جامع در این زمینه، مزایای استفاده از تراکم دینامیکی در پروژه های عمرانی بزرگ را مورد بررسی قرار داده است. وی نتیجه گرفت که تراکم دینامیکی منجر به بهبود قابل توجه در تراکم و کاهش نشست در خاک های غیر چسبناک می شود.



اسمیت و براون (۲۰۱۵)، در یک مطالعه میدانی نشان دادند که میزان انرژی وارد شده به خاک و نوع خاک در کارایی روش تراکم دینامیکی نقش مهمی دارند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که با افزایش انرژی وارد شده، تراکم خاک‌های غیر چسبناک به‌طور مؤثری افزایش پیدا می‌کند. ژانگ و چن (۲۰۱۸)، با استفاده از مدل‌سازی عددی به بررسی تراکم دینامیکی در خاک‌های ماسه‌ای و شن پرداختند. آنها نشان دادند که مدل‌سازی دقیق می‌تواند رفتار تراکم خاک را به‌خوبی پیش‌بینی کرده و کمک کند تا میزان بهینه انرژی وارد شده برای تراکم مشخص شود. در حوزه کاهش پدیده روانگرایی، کرامر (۲۰۱۲)، پژوهشی انجام داد که در آن تاثیر تراکم دینامیکی بر کاهش خطر روانگرایی در خاک‌های دانه‌ای بررسی شد. او به این نتیجه رسید که این روش می‌تواند پایداری خاک را در برابر زلزله به‌طور مؤثری افزایش دهد. هوانگ و لین (۲۰۲۰)، نشان دادند که میزان رطوبت خاک در کارایی تراکم دینامیکی تأثیر بسزایی دارد. آنها دریافتند که رطوبت بهینه در خاک می‌تواند به‌طور قابل توجهی موجب بهبود تراکم و کاهش نشست‌های آبی شود. این مرور نشان می‌دهد که تراکم دینامیکی یکی از روش‌های مؤثر و کاربردی برای بهبود خواص خاک‌های غیر چسبناک است که نه تنها به بهبود تراکم و پایداری خاک کمک می‌کند، بلکه در کاهش پدیده‌هایی مانند روانگرایی نیز مؤثر است.

۳. مواد و روش کار

در این مقاله، از روش کتابخانه‌ای برای جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات استفاده شده است. هدف از این روش، تحلیل و ترکیب یافته‌های تحقیقات قبلی به منظور دستیابی به نتایج علمی و کاربردی است و روش تراکم دینامیکی خاک‌های بزرگ‌دانه را در شکل (۱)، نشان داده شده است.



شکل ۱. تراکم دینامیکی روش بهسازی خاک

مراحل و فرآیندهای مورد استفاده در این تحقیق به شرح زیر می‌باشد:

جمع‌آوری منابع علمی: برای دستیابی به اطلاعات مرتبط با تراکم دینامیکی خاک‌های غیرچسبناک، از منابع علمی متنوعی همچون کتاب‌ها، مقالات علمی، نشریات تخصصی و پایان‌نامه‌های مرتبط با حوزه ژئوتکنیک استفاده شد.

منابع مورد استفاده شامل: کتاب‌ها و مقالات در زمینه تراکم خاک و بهسازی زمین که به طور جامع اصول و مبانی تراکم دینامیکی را توضیح داده‌اند. پایان‌نامه‌ها و تحقیقات دانشگاهی که به بررسی تأثیرات تراکم دینامیکی بر خاک‌های غیرچسبناک پرداخته‌اند. مقالات ژورنال‌های علمی معتبر از جمله نشریات مرتبط با مهندسی ژئوتکنیک و بهسازی خاک.

بررسی و تحلیل محتوا: مراحل بعدی این تحقیق شامل تحلیل و بررسی منابع به دست آمده است. برای انجام این تحلیل، مراحل زیر طی شد: مطالعه دقیق و تفصیلی منابع برای شناسایی اصول و تکنیک‌های مربوط به تراکم دینامیکی. تحلیل کیفی اطلاعات به دست آمده از منابع مختلف با هدف شناسایی اثرات تراکم دینامیکی بر خواص مکانیکی خاک‌های غیرچسبناک. مقایسه یافته‌ها و نتیجه‌گیری از نتایج پژوهش‌های قبلی برای ایجاد یک چارچوب کلی و یکپارچه از عملکرد تراکم دینامیکی.



تجزیه و تحلیل یافته‌های پژوهش‌های قبلی: در این بخش، یافته‌های پژوهش‌های مختلف به دقت بررسی شدند تا اثرات مثبت و منفی تراکم دینامیکی، شرایط بهینه اجرای این روش، و محدودیت‌های آن شناسایی شود. از آنجا که هر منبع ممکن است از زوایای مختلفی به موضوع پرداخته باشد، تلاش شد تا تمامی جنبه‌ها و چالش‌های تراکم دینامیکی در خاک‌های غیرچسبناک پوشش داده شود.

نقد و بررسی پژوهش‌های قبلی: در این مرحله، نقد و بررسی تحقیقات قبلی از لحاظ: کاربرد تراکم دینامیکی در پروژه‌های مختلف عمرانی، مزایا و معایب روش تراکم دینامیکی، چالش‌ها و محدودیت‌ها در اجرای این روش و نیاز به استفاده از روش‌های مکمل یا تکنولوژی‌های جدید. در نهایت، نتایج حاصل از بررسی و تحلیل منابع علمی مورد مطالعه جمع‌بندی شد. تلاش شد تا یک دیدگاه جامع و کلی در مورد کاربرد تراکم دینامیکی در خاک‌های غیرچسبناک و تاثیر آن بر پروژه‌های ساختمانی ارائه شود. همچنین، به نقاط قوت و ضعف این روش در بهسازی خاک‌های مختلف اشاره گردید.

ابزارهای مورد استفاده: دسترسی به پایگاه‌های داده علمی شامل Google، ScienceDirect، JSTOR و Scholar استفاده از کتابخانه‌های دانشگاهی برای دستیابی به کتاب‌ها و منابع فیزیکی. نرم‌افزارهای مدیریت منابع علمی مانند EndNote برای مدیریت و سازمان‌دهی منابع و مآخذ تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است.

این روش تحقیق کتابخانه‌ای، به محقق این امکان را می‌دهد تا به یک تحلیل جامع از تمامی مطالعات و تجربیات پیشین در زمینه تراکم دینامیکی خاک‌های غیرچسبناک دست یابد و آن‌ها را به صورت یکپارچه و ساختاریافته در قالب یک مقاله علمی ارائه کند.

نتیجه‌گیری: تراکم دینامیکی یک روش کارآمد برای بهسازی خاک‌های غیرچسبناک است که می‌تواند تاثیرات مثبتی بر ظرفیت باربری، کاهش نشست و افزایش مقاومت در برابر زلزله داشته باشد. این روش به ویژه در پروژه‌های بزرگ زیرساختی و عمرانی مانند جاده‌ها، فرودگاه‌ها و بنادر بسیار مؤثر است. با این حال، ارتعاشات ناشی از این روش و محدودیت‌های جغرافیایی باید در نظر گرفته شوند و در صورت نیاز از روش‌های مکمل استفاده شود.



۴. یافته‌ها

این پژوهش به بررسی تأثیر تراکم دینامیکی بر بهبود خواص مهندسی خاک‌های غیرچسبناک پرداخته است. نتایج و یافته‌های اصلی پژوهش به شرح زیر است:

۱. افزایش تراکم و کاهش حفرات در خاک‌های غیر چسبناک: نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که تراکم دینامیکی به‌طور مؤثری تراکم خاک‌های غیر چسبناک (مانند ریگ و جغل) را افزایش داده و فضای خالی بین ذرات خاک را کاهش می‌دهد. این بهبود تراکم موجب افزایش ظرفیت باربری خاک و کاهش نشست‌های ناخواسته در سازه‌های احداث شده می‌شود.

۲. بهبود مقاومت برشی خاک: با انجام تراکم دینامیکی، مقاومت برشی خاک‌های غیر چسبناک افزایش یافته است. این بهبود به‌ویژه در پروژه‌هایی که خاک زیرسازه باید وزن زیادی را تحمل کند، بسیار حائز اهمیت است.

۳. کاهش خطر روانگرایی: یکی از یافته‌های کلیدی این پژوهش، تأثیر تراکم دینامیکی بر کاهش خطر روانگرایی خاک‌های غیر چسبناک است. این روش توانسته است با افزایش تراکم و کاهش رطوبت موجود در خاک، از وقوع روانگرایی به‌ویژه در هنگام زلزله جلوگیری کند.

۴. تأثیر انرژی وارد شده: بررسی‌ها نشان می‌دهد که میزان انرژی وارد شده به خاک در طول تراکم دینامیکی تأثیر بسزایی بر کارایی این روش دارد. افزایش انرژی وارد شده باعث افزایش تراکم و بهبود خواص مکانیکی خاک می‌شود، اما مقدار انرژی بهینه باید با توجه به نوع خاک تعیین گردد.

۵. تأثیر شرایط رطوبتی: رطوبت خاک یکی از عوامل کلیدی در کارایی تراکم دینامیکی است. یافته‌ها نشان دادند که وجود رطوبت بهینه در خاک موجب بهبود تراکم و افزایش مقاومت خاک می‌شود. در صورتی که رطوبت خاک بیش از حد باشد، ممکن است تراکم دینامیکی به‌طور کامل نتواند تأثیر خود را اعمال کند.

۶. کاربردهای عملی در پروژه‌های زیرساختی: این پژوهش نشان می‌دهد که تراکم دینامیکی می‌تواند به‌عنوان یک روش مؤثر در بهبود خواص مهندسی خاک‌های غیر چسبناک در پروژه‌های بزرگ زیرساختی مانند راه‌سازی، سدسازی و تهاداب سازه‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

این یافته‌ها نشان می‌دهد که تراکم دینامیکی روشی مؤثر برای بهبود خواص مهندسی خاک‌های غیر چسبناک است که می‌تواند ایمنی و پایداری سازه‌ها را در برابر بارهای استاتیکی و دینامیکی



افزایش دهد. با تعیین شرایط بهینه برای اجرای این روش (از جمله انرژی وارد شده و میزان رطوبت خاک)، می‌توان از آن در پروژه‌های عمرانی مختلف با موفقیت بهره‌برداری کرد.

۵. نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر به بررسی تأثیر تراکم دینامیکی بر خواص مهندسی خاک‌های غیر چسبناک پرداخته و نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که این روش یکی از مؤثرترین روش‌های بهسازی خاک‌های غیر چسبناک است. تراکم دینامیکی با اعمال انرژی به خاک موجب کاهش حجم فضای خالی، افزایش تراکم و بهبود مقاومت برشی خاک می‌شود. یافته‌های کلیدی این پژوهش به شرح زیر هستند:

۱. افزایش مقاومت و کاهش نشست: تراکم دینامیکی به‌طور مؤثر موجب افزایش مقاومت خاک و کاهش نشست‌های آتی شده است، که این موضوع در پروژه‌های زیرساختی و عمرانی از اهمیت بالایی برخوردار است.

۲. کاهش خطر روانگرایی: این پژوهش تأیید می‌کند که تراکم دینامیکی می‌تواند پدیده روانگرایی خاک‌های غیر چسبناک را به‌طور قابل توجهی کاهش دهد، به‌ویژه در شرایط بارگذاری دینامیکی نظیر زلزله. این یافته‌ها اهمیت استفاده از تراکم دینامیکی را در مناطق زلزله‌خیز نشان می‌دهد.

۳. تأثیر انرژی و رطوبت بهینه: بررسی‌ها نشان داد که میزان انرژی وارد شده و شرایط رطوبتی خاک دو عامل کلیدی در کارایی تراکم دینامیکی هستند. تعیین مقدار بهینه این دو پارامتر می‌تواند بهبود عملکرد روش تراکم دینامیکی را تضمین کند.

۴. کاربرد عملی در پروژه‌های عمرانی: با توجه به تأثیرات مثبت تراکم دینامیکی بر بهبود خواص خاک، این روش به عنوان یکی از تکنیک‌های مهم در بهسازی خاک‌های غیر چسبناک در پروژه‌های زیرساختی مانند راه‌سازی، سدسازی و تهاب سازه‌ها کاربرد عملی فراوانی دارد. پژوهش نشان می‌دهد که تراکم دینامیکی می‌تواند به شکل مؤثری پایداری و مقاومت خاک‌های غیر چسبناک را افزایش داده و خطرات مرتبط با نشست و روانگرایی را کاهش دهد. از این رو، این روش به عنوان یک راهکار مؤثر و اقتصادی در بهسازی خاک و افزایش ایمنی سازه‌ها در پروژه‌های عمرانی پیشنهاد می‌شود.

۶. فهرست منابع

۱. امینی، علی. (۱۳۹۲). اصول بهسازی خاک با تراکم دینامیکی. تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
۲. شریف‌زاده، محمد. (۱۳۹۵). تراکم خاک و تأثیرات آن بر خصوصیات مکانیکی خاک‌های دانه‌ای. مجله مهندسی ژئوتکنیک ایران، ۲۲(۳)، ۴۵-۵۷.



۳. فدایی، محمدرضا. (۱۳۹۶). تراکم و بهسازی خاک‌های دانه‌ای در پروژه‌های عمرانی. سازمان برنامه و بودجه.
۴. قبادی، کریم. (۱۳۹۰). بهسازی زمین و تکنیک‌های نوین تراکم. تهران: دانشگاه تهران.
۵. کاشانی، رضا. (۱۳۸۹). بررسی روش‌های بهینه‌سازی و تراکم خاک‌های بزرگ‌دانه. تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران.
۶. کاشانی، رضا. (۱۳۸۹). بررسی روش‌های بهینه‌سازی و تراکم خاک‌های بزرگ‌دانه. تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران.
۷. منصور، جواد، و رضایی، بهروز. (۱۳۹۱). تأثیرات زیست‌محیطی تراکم خاک در توسعه پایدار. مجله محیط زیست و توسعه پایدار، ۱۰(۴)، ۷۹-۹۲.
۸. معاونت فنی و عمرانی شهرداری تهران. (۱۳۹۴). راهنمای بهسازی و تراکم خاک‌های دانه‌ای در پروژه‌های شهری.
۹. نیک‌سیرت، حامد. (۱۳۹۴). تأثیر تراکم دینامیکی بر پایداری سازه‌های خاکی. مجله علمی-پژوهشی مهندسی عمران، ۳۱(۲)، ۱۲-۲۵.
10. Al-Hussaini, M. M., Perry., B. 1982. Dynamic Compaction of Cohesionless Soils. Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, 108: 240-243.
11. Huang, X., Lin, T., 2020. Impact of Moisture Content on Dynamic Compaction Efficiency. Journal of Soil Mechanics, 31: 203-215.
12. Kramer, S., 2012. Seismic Behavior of Granular Soils Subjected to Dynamic Compaction. Earthquake Engineering Journal, 56: 92-108.
13. Lukas, R., 1986. Dynamic Compaction for Earth Structures. Proceedings of the National Academy of Sciences, 81: 425-435.
14. Mitchell, J. K., Jardine, F. M., 2002. Soil Improvement: Ground Reinforcement and Grouting. Wiley, 32: 160-165.
15. Menard, L., & Broise, Y. (1975). Theoretical and Practical Aspects of Dynamic Consolidation. Geotechnique, 25(1): 5-9.
16. Massarsch, K. R., (1991). Deep Soil Compaction Using Heavy Tampers." Proceedings of the 12th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. 75-80.
17. Smith, J. & Brown, A. (2015). Dynamic Compaction in Non-cohesive Soils: Case Studies and Applications. Journal of Geotechnical Engineering, 42(3): 134-145.
18. Slocombe, B. C., & Bell, A. L. (1996). "The Use of Dynamic Compaction in Difficult Ground Conditions." Geotechnical Special Publication, ASCE. 418-420.
19. Zhang, L., & Chen, Y. (2018). Dynamic Compaction of Loose Sands: A Numerical Simulation Approach. Geotechnical Research, 29(2): 67-80
- (1985). Ground Vibrations during Dynamic Compaction. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 111(2): 245-250.



خواص ساختمانی شبکه های کرسطالی در حالت جامد

^۱ پوهنیار عنایت الله صمیم عضو کادر علمی دیپارتمنت فزیک پوهنځی تعلیم و تربیه پوهنتون بغلان

structural properties in the solid state, of crystal lattices

Abstract

The world of crystals in science and engineering means the world of order and discipline of billions of material particles, which has been researched by science and technology scientists according to the arrangement of the particles that make up the crystalline material that determines the crystalline properties. The order and arrangement of the particles of a crystalline material strongly affects its properties. Based on research, all solids have crystalline properties. bcc crystal networks are not the same as fcc crystal networks. Properties of crystalline lattice in solid state is one of the important topics in physics, chemistry, geology and mineralogy. The purpose of this research is to identify the properties of crystalline networks in the solid state. In this research, a review-descriptive method has been used, which is based on content analysis. The research results showed that solids like iron have a bcc structure at room temperature up to 912 degrees Celsius, but when the temperature reaches 1400 degrees Celsius, its structure changes to fcc. Above 1400°C, it returns to the bcc structure again. Therefore, it can be concluded that the structure of metals is not the same, but it can be changed at different temperatures. Key words: Atoms, Crystal materials, Crystal network, Properties of materials, Structure of crystals,

چکیده

دنیای کرسطال‌ها در علم ساینس و انجینیری یعنی دنیای نظم و انضباط میلیاردها ذره مادی، که با توجه به نحوه ترتیب ذرات تشکیل دهنده ماده کرسطالی که خواص کرسطالی را تعیین می‌کند، مورد تحقیق دانشمندان ساینس و تکنولوژی قرار گرفته است. نظم و ترتیب ذرات یک ماده کرسطالی به شدت روی خواص آن تاثیر دارد. بر مبنای تحقیقات، تمام جامدات خواص کرسطالی دارند. شبکه‌های کرسطالی bcc با شبکه‌های کرسطالی fcc با هم یکسان نبوده است. خواص شبکه کرسطالی در حالت جامد یکی از موضوعات مهم در علوم فزیک، کیمیا، جیولوژی و معدن شناسی به شمار می‌رود. هدف از این تحقیق شناسایی خواص شبکه‌های کرسطالی در حالت جامد است. در این تحقیق روش مروری- توصیفی به کار رفته است که شیوه تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس تحلیل محتوا می‌باشد. نتایج تحقیق نشان داد که جامدات مثل آهن در درجه حرارت اطلاق الی ۹۱۲

¹ Email: e.samim1401@gmail.com



درجه سانتی گراد ساختمان bcc دارد، اما وقتی که درجهء حرارت به ۱۴۰۰ درجه سانتی گراد می رسد، ساختمان آن به fcc تغییر شکل می دهد. بالاتر از ۱۴۰۰ درجه سانتی گراد دو باره به ساختمان bcc بر می گردد. بنابر این می توان نتیجه گرفت که ساختمان فلزات یکسان نبوده، بلکه در حرارت های مختلف تغییر پذیر می باشد.

واژه های کلیدی: اتوم ها، خواص مواد، ساختمان کرسنال ها، شبکه کرسنال، مواد کرسنالی

۹. مقدمه

کرسنال ها شاخه ای از علم منرالوژی است که با نحوه ترتیب اتوم ها و روابط میان آنها در جامدات بلوری متناسب با ساختمان هندسی اتوم ها سروکار دارند. این موضوع پر اهمیت است، زیرا به واسطه آن می توان به خواص و ویژه گی های مواد پی برد. به کمک علم کرسنال شناسی می توان مدل های ساختمانی عناصر را درک کرد. همچنین به کمک ساختمان اتوم ها بسیاری از خواص فیزیکی یا کیمیاوی مواد قابل توجه است. زمانی که مواد جامد طبقه بندی می شود، دو موضوع اهمیت بسیار بالایی دارد، روابط بین اتوم ها و آرایش اتوم ها در کنار هم قرار گرفته اند.

مواد از لحاظ ساختمانی به چهار بخش تقسیم شده است، که عبارت اند از ساختمان هسته یی، ساختمان الکترونی و اتومی، ساختمان کرسنالی، ساختمان میتالوژیکی است، در کرسنال شناسی بررسی نحوه ترتیب ذرات تشکیل دهنده تک کرسنال می باشد و فواصل بین این ذرات در راستای مختلف به شدت روی خواص فیزیکی، کیمیاوی و میخانیکی مواد تاثیر می گذارد. ذرات در مواد کرسنالی تک دانه کرسنال نامیده می شود می تواند اتوم ها، مالیکول ها و یا آیون های تشکیل دهنده ماده باشد. هریک از دانه ها ^۱ یک کرسنال می باشد. مرز بین دانه ها را مرز دانه ^۲ می نامند. دانه ها بر اثر رشد هسته های اولیه انجماد شکل می گیرند و به یک دیگر می رسند. ساحه کار برد این مواد در علوم معدن شناسی، انجینیری علم مواد، الکترونیک، فیزیک، کیمیا، بیولوژی و طبی می باشد (ناصری، ۱۳۹۲، صفحه ۱۶) این علم برای ما این موضوع را می فهماند که در بین مواد های جامد چقدر فضای خالی وجود دارد که سبب سبک بودن و وزن داشتن دو جسم را نسبت به یکدیگر نشان می دهد. هر عنصر کیمیاوی نظر به درجهء حرارت شان، دارای ساختمان های مختلفی هستند. که به اثر درجه حرارت ساختمانها از حالت bcc به حالت fcc تغییر شکل می دهند. مثلا: آهن در درجه حرارت اطلاق الی ۹۱۲ درجه سانتی گراد ساختمان bcc دارد. اما وقتی که درجهء حرارت به ۱۴۰۰ درجه سانتی گراد

^۱- grain

^۲-grain boundary



می‌رسد، ساختمان مواد به fcc تغییر شکل می‌دهد. بالاتر از ۱۴۰۰ درجه سانتی‌گراد دو باره به ساختمان bcc بر می‌گردد. به طور کلی ساختمان‌های مواد می‌تواند در حوزه‌های زیر بحث شود. ساختمان یک ماده به نحوه ترتیب اجزای درونی آن مرتبط است. بسته به ابعاد سازنده یی درون ماده، می‌توان سطح مختلف ساختمان را برای هر ماده تعریف کرد که درین مقاله روی ساختمان کرسطالی مواد بحث می‌کنیم، هنگامی که مواد از مایع یا بخار به جامد تغییر حالت می‌دهند تبدیل به دانه های ریز می‌شوند که از تجمع این دانه‌های ریز شکل ظاهری جامد به وجود می‌آید. دانه های آنها آنقدر کوچک است که نمی‌توان ترتیب هندسی منظمی برای ذرات تشکیل دهنده آن تعریف نمود، چنین موادی را مواد آمورف یابی شکل می‌نامند. در کرسطال شناسی بررسی نحوه ترتیب ذرات تشکیل دهنده یک دانه یا تک کرسطال می‌باشد. ترتیب ذرات در راستای مختلف به شدت روی خواص فیزیکی، کیمیاوی و میخانیکی مواد تاثیر می‌گذارد. علم کرسطال شناسی در رشته‌های متفاوت علوم تجربی، مانند زمین شناسی، کیمیا، فزیک و بعضی رشته‌های فنی وانجینیری، مانند انجینیری مواد مورد بررسی و مطالعه قرار می‌گیرد (حسن، ۱۳۹۰، صفحه ۵۸).

اولین بار در سال ۱۹۱۲ م ماکس فون لاهه نشان داد که کرسطالها، اشعه ایکس را به شکل منظمی متفرق می‌کند. تفرق اشعه ایکس مشخص کرد که یک کریستال، شکل منظمی از اتوم‌ها یا مالیکول ها را در الگویی مرتب نشان می‌دهد. هم اکنون از روش تفرق اشعه ایکس جهت بررسی خواص کرسطال‌ها از جمله میزان کرسطالی بودن مواد، ساختمان کرسطالی، اندازه کرسطال‌ها و پارامترهای شبکه ای استفاده می‌شود.

در سال ۱۳۹۶ دکتر سیترا «اسماعیلی» در دانشگاه پیام نور کشور ایران چنین دریافت نمود که کرسطال‌ها معمولاً از حالت‌های محلول مذاب و بخار مواد شکل می‌گیرند. در حالت‌ها ذکر شده اتوم‌های نا منظم می‌باشند و با تغییر در جه حرارت فشار یا غلظت اتوم‌ها در ترتیب منظم به هم مربوط شده و قتی که محصله قوه‌های دافعه و جاذبه بین اتوم‌ها صفر شود، شکل کرسطالی را می‌سازند.

داکتر رضا اسلامی «فارسانی» در دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی کشور ایران دریافت نمود که تراکم ائومی شبکه fcc از شبکه bcc بیش تر است. لذا شبکه fcc ۷۴ فیصد فضای پر دارد اما شبکه bcc ۶۸ فیصد فضا اش پر است. لذا فیصدی فضای خالی شبکه bcc از شبکه fcc بیشتر است. شناخت کرسطال که بخش از علوم تجربی می‌باشد که به بررسی صفات حالات، تغییرات و پدیده‌های مربوط به مواد و اجسام کرسطالی می‌پر دازد. کرسطال‌ها شامل ترکیبات معدنی و آلی



طبیعی یا مصنوعی بزرگ یا کوچک می‌باشند، از نقطه نظر کرسنالوگرافی میان آنها با هم تفاوتی و جود ندارد، زیرا به طور عموم باید گفت که ویژه‌گی کرسنال‌ها، خاصیت عادی در اجسام جامد محسوب می‌گردد، در حالیکه در گازها و مایعات اجزای اتومی، مالیکولی و آیونی بدون نظم و ترتیب خاصی فضای فی ما بین را پر می‌کنند.

۱۰. مواد و روش تحقیق

موضوع این مقاله شبکه‌های کرستالی در حالت جامد است، باید به روش‌های لابراتواری کار انجام می‌شد. اما متأسفانه به نسبت کمبود تجهیزات لابراتوار در کشور نیاز شده که به روش مروری و یا کتابخانه‌یی تحقیق صورت گرفته است.

۱۱. یافته‌های تحقیق

کرسنال‌ها شاخه‌ای از علم انجینیری مواد است که با نحوه ترتیب اتوم‌ها و روابط میان آنها در جامدهای بلوری متناسب با ساختمان هندسی اتوم‌ها سروکار دارد. با کمک علم کرسنال‌شناسی می‌توان مدل‌های ساختمانی اتوم را درک کرد. همچنین به کمک ساختمان اتوم‌ها بسیاری از خواص فیزیکی یا کیمیاوی مواد قابل توجه است. بنابر این ما شبکه‌های مکعبی^۴ بی را مورد مطالعه قرار می‌دهیم که در کنار هم دیگر قرار گرفته و تمام فضا را بدون کدام کمی و کاستی پر خواهد کرد. که (در حالت سه بعدی تعداد شبکه‌های براوه چهارده تا است. اما تعداد شبکه‌های غیربراهه خیلی بیشتر (۲۳۰ عدد)، ولی بازهم متناهی است. چهارده شبکه (گروه کرستالی) به هفت سیستم کرستالی طبقه بندی می‌شوند که هر کدام با شکل و تناظر سلول واحد مشخص است. این سیستم‌ها، سه میلی^۱، تک میلی^۲، راست گوشه^۳، چهار گوشه^۴، مکعبی^۵، شش گوشه^۶، و سه گوشه^۷ نامیده می‌شود. چهارده شبکه براوه و جدول (۱) سیستم‌ها، شبکه‌ها و مقادیر مناسب و کتورهای a ، b و c همین طور زوایای α ، β ، γ را نشان می‌دهد. هر عنصر کیمیاوی نظر به درجه حرارت شان، دارای ساختمان‌های مختلفی هستند که به اثر درجه حرارت ساختمان‌ها از حالت bcc به حالت fcc تغییر شکل می‌دهند. مثلاً: آهن در درجه حرارت اطلاق الی ۹۱۲ درجه سانتی‌گراد ساختمان bcc دارد. اما وقتی که درجه حرارت به

¹ Triclinic

² Monoclinic

³ Orthorhombic

⁴ Tetragonal

⁵ Cubic

⁶ Hexagonal

⁷ Trigonal



۱۴۰۰ درجه سانتی گراد می‌رسد، ساختمان مواد به fcc تغییر شکل می‌دهد. بالاتر از ۱۴۰۰ درجه سانتی گراد دوباره به ساختمان bcc بر می‌گردد.

۱-۳. کرسنالوگرافی هندسی مواد

کرسنال شناسی هندسی مواد، بخش از علوم در کره زمین می‌باشد، که در طول زمان از شکل سنتی خارج و به شکل امروزی درآمده است. در واقع این بخش از کرسنالوگرافی برپایه جواهرشناسی کار برد داشته و در آن به بررسی محورهای کرسنال شناسی می‌پردازد.

یک کرسنال از مجموع اتم‌های تشکیل شده است که با نظم معین در تمام حجم کرسنالی توزیع شده است (هادی، ندی، & صمد بین، ۱۳۹۶).

امروز با پیشرفت کرسنالوگرافی هندسی، مسلم گردیده است که بخش عظیمی از مواد جامد تشکیل دهنده کره زمین بصورت معدن‌های بلوری در ترکیب آن شرکت دارد. (حفره‌های کرسنالی محل قرارگیری اتم‌های بین نشین در ساختمان‌ها هستند؛ وجود اختلاف اندازه حفره‌ها و اتم‌های شبکه باعث ایجاد پی‌چیده‌گی در شبکه شده و نظم اتمی تا حدی می‌تواند بهم بخورد. پر شدن حفره‌ها توسط اتم‌های بین نشین دارای مزایا و معایب است این فضاهای خالی به علت کوچکی اندازه تنها می‌تواند توسط اتم‌های عناصر با شعاع اتمی کوچک اشغال شوند این عناصر عبارت از نیتروژن، اکسیجن، کاربن و هیدروژن است. برای مثال در ساختمان فولاد که متشکل از آهن و کاربن به عنوان عناصر اصلی هستند، محل قرارگیری اتم‌های کاربن در فضاهای خالی شبکه آهن است.

۲-۳. خواص کیمیاوی کرسنال

خواص کیمیاوی کرسنال یکی از حالت‌های کرسنالوگرافی می‌باشد که اصول مطالعه ویژه‌گی‌های کیمیاوی موجود در کرسنال‌ها و استفاده از آن در توصیف ویژه‌گی‌های ساختمان رابطه‌ها در جامدات بلوری را مورد بررسی قرار می‌دهد.



۳-۳. خواص فیزیکی کرسنال

عبارت اند از خاصیت کشسانی، تراکم پذیری، انتقال حرارت و ویژه گی های مقناطیسی می باشد (فاضل & معین، تابستان ۱۳۹۲، صفحه ۲۰).

شبکه بلوری نظم بی نهایت از نقاط در فضا است که. یعنی همه نقاط شبکه از نظره ندسی هم ارزند. بنابر این هر شبکه تناظر انتقالی کاملی را نشان می دهد، به نحو که اگر نقطه از شبکه را به عنوان مبدا انتخاب کنیم، هر نقطه دیگر شبکه نسبت به آن مبدا دارای وکتور زیر است.

$$r_{123} = n_1 a + n_2 b + n_3 c \quad (1)$$

ضرایب n_1 عدد صحیحی هستند و وکتورهای a, b, c واحدهای پایه تناظر انتقالی اند (ندا، ۱۳۹۹، صفحه ۳۵)

شبکه براوه: عبارت از شبکه است که آرایه دوره یی را که واحدهای تکرار شونده در آن نظم یافته اند، مشخص می کند. خود واحدها ممکن است تک اتوم ها، یا گروهی از اتوم ها، مولکول ها، یون ها و غیره می باشند ولی شبکه براوه بدون توجه به این که واحد های واقعی چه هستند، تنها هندسه ساختمان دوره ای زیر بنایی را خلاصه می کند. دو تعریف هم ارز برای یک شبکه براوه ارایه می دهیم. الف: یک شبکه براوه نظمی است بی نهایت از نقاط مجزا بالترتیب و سمت گیری که از هرسو که به آنها نگریسته شود دقیقاً همانند باشند.

ب: یک شبکه براوه (سه بعدی) از مجموعه نقاطی تشکیل شده است که دارای وکتور مکان R باشند.

$$R_{123} = n_1 a_1 + n_2 a_2 + n_3 a_3 \quad (2)$$

که در آن a_1, a_2, a_3 سه وکتور اند که با هم در یک صفحه نیستند و n_1, n_2, n_3 اعداد صحیح اند. بنابر این یا n_1 گام به طول a_1 در جهت ۱، ۲، ۳ $(a_i = 1, 2, 3)$ به نقطه $\sum n_i a_i$ می رسمیم. وکتورهای a_i ای که در تعریف (ب) شبکه براوه ظاهر شده اند وکتورهای بسیط نام دارد، شبکه را تولید کرده یا می پیماید. هر نظمی که (ب) را ارضاع کند در (الف) نیز صدق می کند، استدلال این که هر نظمی ایکه در تعریف (الف) صدق کند، می تواند توسط یک مجموعه سه تایی وکتور به وجود آید؟ چون بدیهی نیست. اثبات شامل دستور صریح برای ساختن سه وکتور بسیط می شود.



۳-۴. انواع اصلی شبکه

براهه (Bravais) در سال (۱۸۴۸) میلادی اثبات کرد که از حرکت یا انتقال یک نقطه به طور پیاپی در سه بعد، در صورتی که دو شرط برقرار باشد، فقط چهارده شکل فضایی ممکن است ساخته شود. شبکه های کرسطالی با انتقال ها شبکه یی T و عملگرهای تناظری گوناگون دیگر به شکل اول شان تبدیل می شود. یک عملگر تناظری نوعی دوران به حول محوری است که از یک نقطه شبکه می گذرد. شبکه هایی وجود دارند که در آنها محور های تناظر یگانه، دو گانه، سه گانه، چهار گانه، و شش گانه، شبکه را به شکل اول شان بر می گردانند. این محور ها به دوران های 2π ، $2\pi/2$ ، $2\pi/3$ ، $2\pi/4$ ، $2\pi/6$ را دیان و ضرایب صحیح این دوران ها مربوط اند. این محور های دو ران با علامه های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۶ نشان داده می شوند، شبکه ای را نمی توان پیدا کرده که تحت دورا نهایی دیگر مثل $2\pi/7$ را دیان $2\pi/5$ را دیان، به شکل اول خود برگردد، یک مالیکول را می توان طوری طرح ریزی کرد که دارای هر گونه تناظر دو رانی دلخواه باشد، ولی یک شبکه دوره ای بی نهایت را نمی توان به این گونه طرح ریزی کرده. می توان از مالیکول های که هریک محور دوران پنج گانه دارند، کرسطالی ساخت، اما نباید انتظار داشت که این شبکه محور دوران پنج گانه داشته باشد. اگر بخواهیم شبکه دوره ای با تناظر پنج گانه یا هفت گانه بسازیم، چه اتفاقی می افتد؟ بنأ پنج ضلعی ها و هفت ضلعی ها کاملاً مجاور یکدیگر قرار نگرفته و تمام فضا را پر نمی کنند، این امر نشان میدهد که نمی تواند تناظر نقطه یی پنج گانه را و هفت گانه را با دوره ای بدون انتقالی مورد نیاز ترتیب کرد. (قربانی & عرب شاهی، ۱۳۹۰، صفحه ۴۵).

بنابراین ما شبکه های مکعبی یی را مورد مطالعه قرار می دهیم که در کنار هم دیگر قرار گرفته و تمام فضا را بدون کدام کمی و کاستی پر خواهد کرد. که (در حالت سه بعدی تعداد شبکه های براوه چهارده تا است. اما تعداد شبکه های غیر براوه خیلی بیشتر (۲۳۰ عدد)، ولی باز هم متناهی است. چهارده شبکه (گروه کرسطالی) به هفت سیستم کرسطالی طبقه بندی می شوند که هر کدام به شکل و تناظر سلول واحد مشخص شده است.

جدول (۱): سیستم ها، شبکه ها و مقادیر مناسب چهارده شبکه یی براوه را نشان داده و وکتورهای a ، b و c همین طور زوایای α ، β ، γ را نشان می دهد.

وجوه پر	قاعده پر	مرکز پر	ساده	پارامترها	شبکه براوه
				$a_1 \neq a_2 \neq a_3$ $\alpha_{12} \neq \alpha_{23} \neq \alpha_{31}$	تری کلینیک
				$a_1 \neq a_2 \neq a_3$ $\alpha_{23} = \alpha_{31} = 90^\circ$ $\alpha_{12} \neq 90^\circ$	مونوکلینیک
				$a_1 \neq a_2 \neq a_3$ $\alpha_{12} = \alpha_{23} = \alpha_{31} = 90^\circ$	اورتورومبیک
				$a_1 = a_2 \neq a_3$ $\alpha_{12} = \alpha_{23} = \alpha_{31} = 90^\circ$	چهارضلعی
				$a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha_{12} = \alpha_{23} = \alpha_{31} < 120^\circ$	مثلثی
				$a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha_{12} = \alpha_{23} = \alpha_{31} = 90^\circ$	مربعی
				$a_1 = a_2 \neq a_3$ $\alpha_{12} = 120^\circ$ $\alpha_{23} = \alpha_{31} = 90^\circ$	شش ضلعی

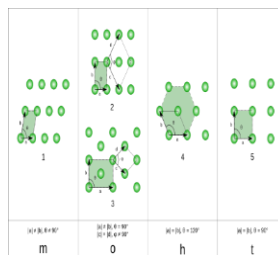
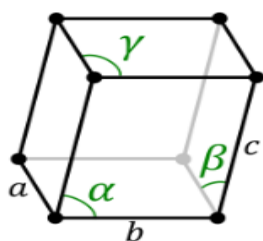
شبکه کرسطالی خطی (یک بعدی): مجموعه نقاطی که در یک راستا مانند شکل (۱) قرار گرفته اند یک شبکه خطی را تشکیل می دهند. فاصله هر دو نقطه از یکدیگر را a یا متر شبکه می نامند و با حرف a نمایش می دهند. سایر نقاط همواره مضرب صحیح از a یا متر شبکه می باشند، انتقال از یک نقطه به نقطه دیگر شبکه را انتقال شبکه می نامند.



شکل (۱): نحوه قرار گرفتن اتم ها در کنار یکدیگر در یک شبکه کرسطالی یک بعدی

شبکه های دو بعدی: با بررسی مواد در حالت دو بعدی (۵) نوع شبکه براوه قابل تعریف است شکل (۲ الف). قسمتی از یک شبکه براوه دو بعدی را نشان می دهد. روشن است که تعریف (الف) برآورده شده و وکتورهای بسیط a_1 و a_2 مورد نیاز برای تعریف (ب) در شکل نشان داده شده اند. شکل (۲ ب) یکی از آشنا ترین شبکه های سه بعدی براوه یعنی مکعبی ساده را نشان می دهد این نمونه ساختمان ویژه اش را مدیون این حقیقت است که می توان آنرا با سه وکتور بسیط دو به دو عمود برهم با طول مساوی تولید کرد. شبکه عام دو بعدی براوه فاقد تناظر خاص یعنی شبکه مایل وکتورهای بسیط a_1

و a_2 نشان داده شده است. همه نقاط شبکه ترکیب خطی این وکتور به ضرایب صحیح می باشند
شکل (۲ ب) شبکه براوه سه بعدی مکعبی ساده سه وکتور را می توان عمود
برهم و با مقدار مساوی گرفت. مهم است که نه تنها ترتیب بلکه سمت گیری نیز از هر نقطه در یک
شبکه براوه یکسان به نظر می رسد (خانلری، ۱۴۰۰، صفحه ۸۱).

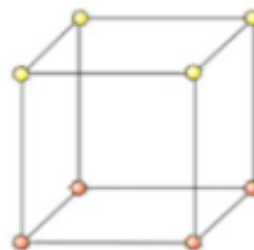
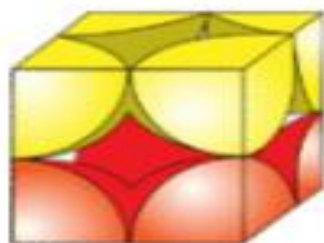


شکل (۲ ب) نمایش شبکه کرسطالی سه بعدی

شکل (۲ الف) شبکه های کرسطالی دو بعدی

1-4-3. شبکه مکعبی ساده Simple Cubic

این شبکه ساده ترین ساختمان کرسطالی را نمایش می دهد. که می توان در فضای وکتوری سه بعدی
روی آن بحث کرد. در سلول واحد مکعبی ساده یک فلز، یک اتم در هر یک از هشت گوشه مطابق
شکل (۳) قرار دارد که در آنجا با هشت مکعب مجاور مشترک می شود. در نتیجه فقط $1 \times 1/8$ از
هر اتم گوشه ای به یک واحد مکعبی مشخص تعلق دارد. این سلول واحد مکعبی ساده بالترتیب
منظم ردیف ها و طبقات، سلول واحد تکرار شونده در شبکه مکعبی ساده است. فقط پولونیوم غیر فلز
است که اینگونه ساختمان را دارد. از اینرو بحث بر این ساختمان صرفا جنبه نظری و تیوریک دارد.
فرض می کنیم یک سلول واحد که پارامتر شبکه آن a است در شبکه معکوس تعریف شود. در آن
صورت پارامتر شبکه آن $2\pi/a$ خواهد شد (نوبین، ۱۳۹۰ ص ۸۳).



شکل (۳): یک شبکه مکعبی ساده با هشت اتم مشترک

سه شبکه مهمه که بیشتر ساختمان های کرسطالی دارند عبارت اند از :

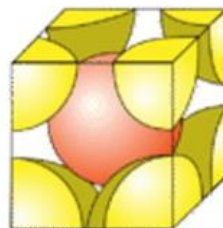
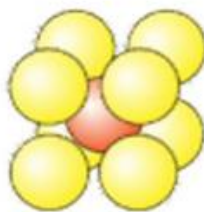
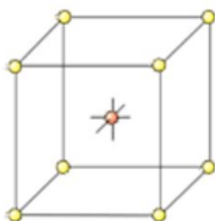
شبکه مکعبی مرکز دار body centered cubic

شبکه مکعبی سطح مرکزدار Face Centered Cubic

شبکه شش گوشه hexagonal closed packed

۱ - شبکه مکعبی مرکزدار (bcc): با اضافه کردن یک نقطه اضافی به مرکز هر شبکه مکعبی ساده که وجوه آنرا A می نامیم تشکیل می شود. هشت اتم در گوشه یی جمع یک اتم دیگر در مرکز مکعب قرار دارد. این سلول واحد مکعبی مرکز پر با طبقات انتقال یافته و کمی فاصله در بین ساچمه های یک طبقه واحد تکرار شونده در شبکه مکعبی مرکز پر است. عناصر خالصی که این شبکه را تشکیل می دهند. عبارت اند از کروم، باریوم، و ا نادیوم، و تانتالیوم، مکعبی مرکزدار هستند. این شبکه در درجه حرارت ۹۱۲ درجه سانتی گراد تشکیل می شود. در این جا اتم های مستقر در هر گوشه مکعب با هشت سلول واحد مجاور خود مشترک هستند، سهم هر سلول واحد از هر اتم گوشه معادل $\frac{1}{8}$ می باشد لذا باتوجه به اینکه ۸ اتم در گوشه ها قرار دارند بنابر این سهم شبکه bcc از اتم های گوشه برابر یک اتم می باشد. ($8 \times \frac{1}{8} = 1$). اتم واقع در مرکز مکعب تنها به این سلول واحد تعلق دارد. مطابق شکل (۴) اتم قهوه یی رنگ) بدین ترتیب در فضای سلول واحد bcc معادل دو اتم قرار دارند و بقیه، فضای خالی بین اتم ها است. پس حجم اشغال شده در شبکه کرسطالی معادل ۶۸ فیصد فضای سلول واحد است که طور ذیل محاسبه می گردد (ندا، ۱۳۹۹، صفحه ۲۳۹).

$$(8 \times \frac{1}{8}) + 1 = 2$$



شکل (۴): شبکه مکعبی مرکز پر

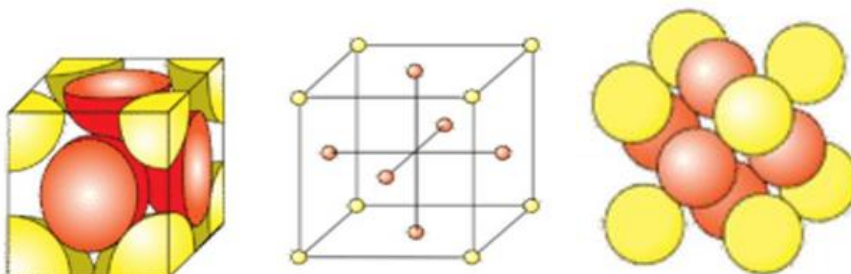
۲- شبکه مکعبی سطوح مرکز دار (fcc): برای ساختن شبکه براوه مرکز سطحی به مرکز هر وجه مربعی شبکه مکعبی یک نقطه دیگر اضافه کنید. برای ساده گی توصیف فکر کنید هر مکعب در شبکه مکعبی ساده، وجوه بالایی و پایینی و چهار وجه جانبی عمودی در جهتهای شمال، جنوب،

شرق و غرب داشته باشد. این مکعب هشت اتوم در هر گوشه داشته و یک اتوم اضافی در هریک از وجوه شش گانه است که بین دو مکعب مجاور مشترک هستند. بنابراین $1/2$ هریک از اتومهای واقع در جدار به سلول واحد مورد نظر تعلق دارد و شبکه کرسطالی عناصر مانند طلا، نقره، مس، پلاتین، آلومینیم و سرب مکعبی سطوح مرکزدار اند. همه به صورت ساختمان fcc بلوری می‌شوند. شکل (۵) سلولهای واحد شامل چهار اتوم است، از هشت اتوم که در روعس مکعب قرار دارند و با سلولهای دیگر مشترک اند، یک اتوم و از شش اتوم ی که در وجه سلولهای دیگر مشترک اند، سه اتوم، متعلق به این سلولی واحد اند. تعداد فضاهای بین نشین ساختمان bcc از fcc بیشتر می باشد. به علت کوچکتر بودن فضای بین اتومها که از اندازه شعاع کوچک ترین اتومهای موجود، نتیجه می‌شود که با بین نشین شدن یک اتوم سایر فضاها به دلیل ایجاد انحنا در ساختمان ناشی از وجود اتوم بین نشین کوچکتر هم می‌شوند. در نتیجه تعداد اتومهای که توا نایی بین نشین شدن دارند به شدت کاهش می‌آید. بنابر این حجم اشغال شده در شبکه کرسطالی fcc معادل ۷۴ فیصد فضای سلول واحد است.

$$(8 \times \frac{1}{8}) + (6 \times \frac{1}{2}) = 4$$

نتیجه می‌شود که در ساختمان fcc اشغال شده هر سلول واحد در مجموع معادل چهار اتوم کامل است و بقیه فضای موجود، فضای خالی بین اتوم ها است (علی عمر مترجم نبیونی، ۱۳۹۰، صفحه

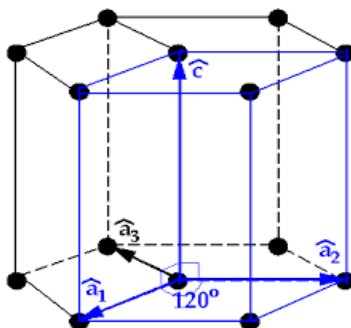
(۲۱)



شکل (۵): شبکه مکعبی سطوح مرکز پر

۳- شبکه هگزاگونال hexagonal closed packed: اگرچه ساختمان این شبکه شش گوشه یا (hcp) یک شبکه براوه نیست، اما همراه با شبکه های براوه مکعبی مرکز حجمی و مکعبی مرکز سطحی از جایگاه مهمی بر خوردار است، حدود (۳۰) عنصر به شکل بسته بندی نزدیک شش گوشه کرسطالی می‌شوند. قرار شکل (۶). ساختمانی است که سلول واحد آن یک منشور شش و جهی فشرده

(متراکم) می‌باشد که برگرفته شده از شبکه هگزا گونال ساده است که در صفحه موازی با قاعده و در فاصله $\frac{c}{2}$ از قاعده (صفحات 0 0 1) سه نقطه شبکه قرار دارد. محل قرار گرفتن نقاط روی صفحه طوری است که تصویر آنها در فضای خالی نقاط شبکه قاعده واقع می‌شود که در شکل ذیل نشان داده شده است. این شبکه از عناصر که در جدول (۲) نامگذاری جهات و صفحات کریستالی شبکه های hcp مانند سایر شبکه های کریستالی می‌باشد و محور های کریستالی a_1 ، a_2 و c اختیار می‌شود. ولی گاهی اوقات برای بعضی از صفحات و جهات کریستالی استفاده سیستم مختصات چهار محور نسبت به سیستم مختصات سه محوری در شبکه های hcp ساده تر می‌باشد. همان طور که در شکل ذیل نشان داده شده است عموماً مبدا مختصات در مرکز قاعده و محور های a_1 ، a_2 ، a_3 که با یکدیگر زاویه (120°) درجه می‌سازند در صفحه قاعده منشور شش وجهی منظم قرار دارند و محور c عمود بر صفحه قاعده می‌باشد.



شکل (۶): نمایش شبکه h c p و دستگاه مختصات چهارمحوری a_1 ، a_2 ، a_3 و c (ناصری، ۱۳۹۲، صفحه ۴۸)

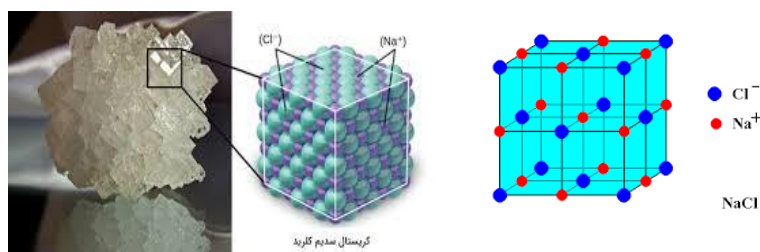
اگرچه ساختمان شبکه شش گوشه که به بسیار نزدیک بهم بسته بندی شده است یک شبکه براوه نیست، اما همراه با شبکه های براوه مکعبی مرکز حجمی و مکعبی مرکز سطحی از جایگاهی مهمی برخوردار است (خانلری، ۱۴۰۰، صفحه ۹۳).

جدول (۲): عناصر با ساختمان کرسطالی شش گوشي با بسته بندي نزديک

ELEMENT	a (Å)	c	c/a	ELEMENT	a (Å)	c	c/a
Be	2.29	3.58	1.56	Os	2.74	4.32	1.58
Cd	2.98	5.62	1.89	Pr	3.67	5.92	1.61
Ce	3.65	5.96	1.63	Re	2.76	4.46	1.62
α -Co	2.51	4.07	1.62	Ru	2.70	4.28	1.59
Dy	3.59	5.65	1.57	Sc	3.31	5.27	1.59
Er	3.56	5.59	1.57	Tb	3.60	5.69	1.58
Gd	3.64	5.78	1.59	Ti	2.95	4.69	1.59
He (2 K)	3.57	5.83	1.63	Tl	3.46	5.53	1.60
Hf	3.20	5.06	1.58	Tm	3.54	5.55	1.57
Ho	3.58	5.62	1.57	Y	3.65	5.73	1.57
La	3.75	6.07	1.62	Zn	2.66	4.95	1.86
Lu	3.50	5.55	1.59	Zr	3.23	5.15	1.59
Mg	3.21	5.21	1.62		—	—	
Nd	3.66	5.90	1.61	"Ideal"			1.63

۳-۵. ساختمان سوديم کلوراید

این ساختمان نمک خوراکی معمولی NaCl است، که ساختمان مکعبی داشته و همان طوریکه در شکل (۷) نشان داده شده است در امتداد سه جهت اصلی (محورها) متناوباً با اتم های Na و Cl قرار گرفته اند. در سه بعد، سلول واحد مانند شکل (۷ب) به طور خلاصه می‌گوییم که NaCl یک ساختمان غیر براوه است که از ترکیب دو زیر شبکه یی fcc که درهم فرو رفته اند ایجاد شده یکی از این زیر شبکه ها از اتم های Na و Cl تشکیل شده است که یکی نسبت به دیگری به اندازه $\frac{1}{2}a$ انتقال یافته است (علی عمر مترجم نیبونی، ۱۳۹۰، صفحه ۲۳).

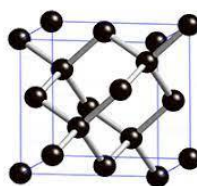


شکل (۷الف): ساختمان سوديم کلوراید و (ب) شکل سه بعدی سوديم کلوراید

۳-۶. ساختمان الماس

شبکه الماس (متشکل از اتم‌های کاربن در کرسطال الماس) که از دو شبکه براوه مکعبی مرکز سطحی ساخته شده که درهم نفوذ کرده و در راستای قطر اصلی سلول مکعبی، به اندازه یک چهارم طول قطر، انتقال شده اند. دلیل اصلی سخت بودن الماس رابطه اتمی آن است که دو به دو به هم قفل شده اند. می‌توان آن را به صورت یک شبکه مکعبی مرکز سطحی با پایه دو نقطه ای در (0) و $(x+y+z)$

$\frac{a}{4}$ درنظر گرفت. نزدیکترین همسایه گان است یعنی با چهار اتوم همسایه است شبکه الماس یک شبکه براوه نیست، زیرا سمت گیری محیط اطراف هر نقطه با محیط اطراف نزدیکترین همسایه گان آن فرق می کند شکل (۸) سلول مکعبی قراردادی شبکه الماسی. برای وضوح بیشتر، نقاط مربوط به یکی از دو شبکه مکعبی مرکز سطحی درهم فرو رفته توخالی نشان داده شده اند. و نقاط توخالی بانوع دیگر) رابطه بین نزدیکترین همسایه ها رسم شده است. چهار نزدیکترین همسایه رءوس یک چهار وجهی منظم را تشکیل می دهند (خانلری، ۱۴۰۰، صفحه ۹۲).



شکل (۸): سلول مکعبی قراردادی شبکه الماسی

۱۲. نتیجه گیری

کرسنال شناسی هندسی مواد بخش از علوم زمین شناسی می باشد که در طول زمان از شکل سنتی آن خارج و به شکل امروزی در آمده، در واقع این بخش از کرسنالوگرا فی در گذشته برپایه گوهرشناسی که در جواهر شناسی کاربرد داشته و در آن به بررسی محور های کرسنال شناسی می پرداخته است. خواص کیمیاوی کرسنال به بررسی نحوه ترتیب ذرات تشکیل دهنده کرسنال می پردازد. ترتیب ذرات تشکیل دهنده دانه ها و فواصل بین این ذرات در راستای مختلف به شدت روی خواص فیزیکی، کیمیاوی و میخانیکی مواد تاثیر می گذارد. این ذرات تشکیل دهنده هریک از دانه ها که در مواد کرسنالی یک یکدانه کرسنال نامیده می شود مهم ترین وجه تمایز انواع جامدات آن است که برخی کرسنالی و برخی بی شکل اند. جامدات کرسنالی جامدات هستند که اتوم ها، آیونها، یا مالیکولهای آنها ترتیب منظم و گسترده یی دارند. این نظم در سطح اتومی نیز دیده می شوند، پس مجموعه ای از نقاط ریاضی که به هرپایه وابسته است، شبکه نامیده می شود. شبکه ها به انواع و اقسام مختلف ترتیب گردیده است که مشهورترین آنها عبارت اند شبکه یک بعدی، شبکه دو بعدی، سه بعدی یا مکعب می باشد. تعداد شبکه غیر برآوه به (۲۳۰ عدد)، میرسد ولی بازهم متناهی است. اما شبکه های برآوه چهارده شبکه بوده که به هفت سیستم کرسنالی طبقه بندی می شوند که هر کدام با شکل و تناظر



سلول واحد مشخص می شود. این سیستم ها، سه میلی، تک میلی راست گوشه، سه گوشه چهار گوشه، مکعبی شش گوشه می باشد. چهارده شبکه یی براوه سیستم ها، شبکه ها و مقادیر مناسب وکتورهای a, b, c و همین طور زوایای α, β, γ را نشان می دهد که عبارت اند از شبکه مکعبی ساده sc، شبکه مکعبی مرکزدار bcc، شبکه مکعبی وجه مرکزدار fcc و شبکه هگزگونال hcp تقسیم گردیده است. هریک از این شبکه ها در حرارت مختلف ساختمان های مختلف دارند. مثلاً آهن از درجه حرارت (۳۰-۹۱۲) درجه سانتی گراد ساختمان bcc دارد و (۱۴۰۰-۹۱۲) درجه سانتی گراد به شبکه fcc تبدیل می شود و قتی که حرارت بالاتر از ۱۴۰۰ درجه سانتی گراد می رسد دوباره به ساختمان bcc بر می گردد. پس باید گفت که هرگاه نظم و ترتیب ذرات در فواصل مختلف جهت ایجاد یک ماده نتیجه مرکبات شود این مرکبات آلی، مرکبات معدنی و حتی مصنوعی خواهد بود که از آن انسان ها در زنده گی روز مره خویش استفاده می نمایند.

فهرست منابع

۱. اسلامی فارسانی، ر. (۱۳۹۲). کرسنالوگرافی.
۲. تنهایی، ا. (۱۳۹۶). حل مسایل فیزیک حالت جامد پیشرفته. چاپ پنجم.
۳. حسن، ب. ب. (۱۳۹۰). بلورشناسی و سیستم های تبلوری. مجتمع آموزشی عالی پیامبر اعظم (ص).
۴. خانلری، د. م. (۱۴۰۰). فزیک ماده چگال. تهران: دانشگاه تهران.
۵. رودن ام ان/ ویلسون وجی، م. (۱۳۸۱). فیزیک حالت جامد. چاپ اول.
۶. علی عمرترجم نبیونی، غ. (۱۳۹۰). فیزیک حالت جامد. اراک، ایران: دانشگاه اراک.
۷. فاضل، م. &، معین، س. م. (۱۳۹۲). تابستان ۱۳۹۲. (بلورشناسی نوری. مشهد، ایران: انتشارات سخن گستر باهمکاری معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد.
۸. قربانی، ر. & عرب شاهی، ه. (۱۳۹۰). فیزیک ماده چگال. تهران، ایران: دانش نگار.
۹. کیتل، ج. ترجمه قربانی، ش &، عرب شاهی، ه. (۱۳۹۰: ۱۵). (مقدمه ای بر فیزیک حالت جامد ویرایش هشتم. تهران: دانش نگار.
۱۰. مایرز، ا. ترجمه تجر، د.، علی نژاد، د &، یزدی، ش. چاپ اول ۱۳۸۷. (مبانی فیزیک حالت جامد. مشهد، ایران: دانشگاه فردوسی مشهد.
۱۱. ناصری، م. ر. (۱۳۹۲). بلورشناسی. مشهد: انتشارات سخن گستر و معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی.
۱۲. ندا، م. (۱۳۹۹). کیمیا ی غیرعضوی. کابل: انتشارات نوپا.