ISSN: 3135-6133
e-ISSN: 3135-6133



د افغانستان اسلامي امارت
د علومو اکاډمي
دطبيعي - تخنيکي علومو معاونيت

طبیعت

مجلۀ علمی - تحقیقی طبیعت
شمارۀ مسلسل ۷۹ ربع دوم سال ۱۴۰۵ هـ.ش.

په دې ګڼه کې:

- بررسی و منطقه‌بندی کیفی آب‌های زیرزمینی ...
- تعیین ساحات مناسب برای توسعۀ جنگلات ...
- تحلیل مناقشه آب دریای کابل میان افغانستان و ...
- ارزیابی انتشار سیگنال ها با امواج رادیویی
- د نباتي آفتونو په کنټرول کې ...



- دورۀ سوم
- ربع دوم
- شمارۀ مسلسل: ۷۹
- سال ۱۴۰۵ هـ. ش.
- سال تأسیس: ۱۳۶۸ هـ. ش.
- کابل – افغانستان

۲

ISSN: 3135-6133
e-ISSN: 3135-6141



TABIAT
Quarterly Journal

Establishment : 1989
Research and Scientific Publication of
Afghanistan Science Academy
Serial No: 79

Address:
Afghanistan Science Academy
Torabaz Khan, Shahbobo Jan Str.
Shahr-e-Now, Kabul, Afghanistan.
Tel: 0202201279

ISSN: 3135 – 6133
e-ISSN: 3135-6141



د افغانستان اسلامي امارت

د علومو اکاډمي

معاونیت بخش علوم طبیعی – تخنیکی

طبیعت

مجلۀ علمی - تحقیقی

کیمیا، زراعت، بیولـوژی، طب، فارمسـی، جیولوجـی، جیوفزیک،
جغرافیۀ طبیعی، هایدرومیتیورولوژی، ریاضی، فزیک، مهندسی،
انرژی، تکنالوژی معلوماتی و ...

سال تأسیس 1368 هـ . ش

شمارۀ مسلسل 79

یادداشت

- مقاله رسماً از آدرس مشخص با ذکر نام، تخلص، رتبه علمی، نمبر تیلفون، و ایمیل آدرس نویسنده به اداره اکادمی علوم فرستاده شود.
- مقالۀ ارسالی باید علمی– تحقیقی، بکر و مطابق معیارهای پذیرفته شدۀ علمی باشد.
- مقاله باید قبلاً در جای دیگری چاپ نشده باشد.
- عنوان مقاله مختصر و با محتوا مطابقت داشته باشد.
- مقاله باید دارای خلاصۀ حد اقل حاوی 80 الی 200 کلمه بوده، و گویای پرسشی اصلی باشد که مقاله در پی پاسخ دهی به آن است. همچنان خلاصه باید به یکی از زبان‌های یونسکو ترجمه شده باشد.
- مقاله باید دارای مقدمه، اهمیت، مبرمیت، هدف، سؤال تحقیق، روش تحقیق، نتایج به دست آمده و فهرست منابع بوده و در متن به منبع اشاره شده باشد.
- مقاله باید بدون اغلاط تایپی با رعایت تمام نکات دستور زبان، تسلسل منطقی موضوعات در صفحۀ یک رویه کاغذ A4 در برنامۀ Word تنظیم شده باشد.
- حجم مقاله حد اقل 7 و حد اکثر 15صفحه معیاری بوده، با فونت 13 تایپ شود، فاصله بین سطر ها واحد (Single) باشد و به شکل هارد و سافت کاپی فرستاده شود.
- هیأت تحریر مجله صلاحیت رد، قبول و اصلاح مقالات را با در نظر داشت لایحۀ نشراتی اکادمی علوم دارد.
- تحلیل ها و اندیشه های ارائه شده بیانگر نظریات محقق و نویسنده بوده، الزاماً ربطی به موقف اداره ندارد.
- حق کاپی مقالات و مضامین منتشره محفوظ بوده، فقط در صورت ذکر مأخذ از آن استفاده نشراتی شده می تواند.
- مقالۀ وارده دوباره مسترد نمی گردد.



اَلْحَمْدُ لِلّٰهِ رَبِّ الْعٰلَمِيْنَ وَالصَّلوٰةُ وَالسَّلَامُ عَلٰى سيِّدِ الْمُرْسَلِيْنَ وعَلٰى آلِهِ وَ اَصْحَابِهِ اَجْمَعِيْنَ.

هیئت تحریر

- سر محقق دیپلوم انجنیر رحمت گل احمدی
- سر محقق داکتر ضیاءالرحمن حقمل
- سر محقق انجنیر محمد اکرم شهیم
- سر محقق دکتور شاهدالله ساپی
- معاون سر محقق رفیع الله نصرتی
- معاون سر محقق انجنیر محمد مرتضی شیرزوی
- معاون سر محقق دکتور احمد امید افضلی
- معاون سر محقق دکتور محمد ادریس رسولی
- محقق حامد امان
- معاون محقق داکتر حجت الله موحد
- نامزد معاون سر محقق دکتور محمد الیاس مطمئن

خصوصیات اثر

ناشر: ریاست اطلاعات و ارتباط عامه اکادمی علوم افغانستان

سرپرست مدیر مسؤول: محقق معراج خان سلطان‌زوی

به اهتمام: الیاس عمر فرهمند

کمپوز و دیزاین: الیاس عمر فرهمند

محل چاپ: مطبعه حبیب ناصری، کابل - افغانستان

آدرس: اکادمی علوم افغانستان، طره باز خان واټ، کوچۀ شاه بوبوجان، شهرنو، کابل

شمارۀ تماس ریاست اطلاعات و ارتباط عامه: 0202201279 (0093)

شمارۀ مدیر مسؤول: 702550524 (0093)

ایمیل ریاست اطلاعات و ارتباط عامه: info@asa.gov.af

ایمیل مدیریت مجله: Tabiat.journal@asa.gov.af

شماره ISSN : 3135 – 6133

شماره e-ISSN: 3135-6141

اشتراک سالانه:

کابل: 320 افغانی

ولایات: 480 افغانی

کشورهای خارجی: 20 دالر امریکایی

- قیمت یک شماره در کابل:
  - برای استادان و دانشمندان اکادمی علوم: 70 افغانی
  - برای محصلین و شاگردان مکاتب: 40 افغانی
  - برای سایر ادارات: 80 افغانی

فهرست مطالب

شماره	عنوان	نویسنده	صفحه
1	بررسی و منطقه‌بندی کیفی آب‌های ...	معاون سرمحقق احمد امید افضلی	1
2	تعیین ساحات مناسب برای توسعهٔ ...	سرمحقق محمد یاسین فرهمند	21
3	تحلیل مناقشه آب دریای کابل میان...	معاون سرمحقق نصرالله فلک	34
4	ارزیابی انتشار سیگنال ها با امواج رادیویی	سرمحقق محمد اکرم شهیم	55
5	بررسی کشت و پرورش نبات سارگم...	معاون سرمحقق محمد طاهر رسولی	71
6	تحلیل تغییرات پوشش نباتی ولایت هلمند ...	محقق عبدالروف قادری	86
7	د نباتي آفتونو په کنټرول کې د نانو ...	څېړنیار عبدالقدیر بصیرزی	102
8	بررسی عوامل سببی تریسموس	معاون محقق داکتر حجت الله موحد	117

معاون سرمحقق دکتور احمد امید افضلی

بررسی و منطقه‌بندی کیفی آب‌های زیرزمینی شهر کابل با کاربرد روش هدایت الکتریکی و الگوریتم اوسط گیری وزنی معکوس

Assessment and Qualitative Zonation of Groundwater in Kabul City Using Electrical Conductivity and Inverse Distance Weighted Algorithm

Associate Professor Dr. Ahmad Omid Afzali

Abstract

This study aimed to assess and qualitatively zone the groundwater of Kabul city based on the Electrical Conductivity (EC) index and spatial modeling using the Inverse Distance Weighted (IDW) interpolation method. Multi-temporal groundwater EC data over a 20-year period (2004–2024 / 1383–1403 H.S.) were analyzed to develop a dynamic spatiotemporal model of EC and ionic pollution in the city's aquifers.

The results indicated that EC values increased from the range of 500–1500 µS/cm in 2004 (1383 H.S.) to 2500–8700 µS/cm in 2024 (1403 H.S.). Groundwater in the central and eastern zones of the city including downtown, Bagrami, Pul-e-Charkhi, Shahr-e-Now, and Khairkhana exhibited the highest EC values, indicating intensified salinization due to pollutant intrusion. In contrast, the western and southwestern zones (Darulaman, Paghman, and Dasht-e-Barchi) showed lower EC values, reflecting relatively better water quality.

Comparative analysis with national and international water quality standards revealed that over 70% of Kabul's urban area exhibited EC values exceeding 3000 µS/cm, classifying these waters as unsuitable for drinking purposes. The average EC increase from 4900 µS/cm in 2020 (1399 H.S.) to 8706 µS/cm in 2024 (1403 H.S.) approximately a 25% rise highlights intensified pollutant infiltration, improper disposal of domestic and industrial wastewater, increased dissolved solids, and declining groundwater levels.

خلاصه

این تحقیق با هدف ارزیابی و زون‌بندی کیفی آب‌های زیرزمینی شـهر کابل بر اسـاس شـاخص هدایت الکتریکی (EC) و مودل‌سازی مکانی به روش انتروپولیشـن وزنی معکوس انجام شـد. ارقام چند دوره یی هدایت الکتریکی(EC) آبهای زیرزمینی در حد فاصـل زمانی بیسـت سـاله(1383تا 1403 هـــ. ش.) تحلیل گردید تا مودل دینامیکی فضـا–زمان هدایت الکتریکی و آلودگی آیونیک در اکوفیر های فعال شهر کابل تبیین یابد.

نتایج نشان داد که مقدارهدایت الکتریکی(EC) از محدودهٔ µS/cm 1500–500 در سال 1383 به µS/cm 2500–8700 در سال 1403 افزایش یافته است. آبهای زیرزمینی زون‌های مرکزی و شرقی شهر شامل مرکز شهر، بگرامی، پلچرخی، شهرنو و خیرخانه بیشـــترین مقادیرهـــدایت الکتریکی(EC) را دارا بوده‌اند،که نشـــاندهندهٔ افزایش شورشدگی(Salinization) در اثر نفوذ آلوده‌کننده ها میباشد. در مقابل، زون‌های غربی و جنوب‌غربی (دارالامان، پغمان و دشت برچی) با مقادیر پایین‌ترEC ، کیفیت نسبتاً بهتری را نشان می‌دهند.

تحلیل مقایسوی ارقام بدست آمده با ستندرد ملی کیفیت آب افغانستان (ANDWQS) و معیار های جهانی (WHO) نشان داد که در حال حاضر بیش از 70% از محدودهٔ شهری کابل دارای مقادیرهدایت الکتریکی(EC) بالاتر از 3000µS/cm بوده و در قطار آب های نامطلوب برای مصرف آشامیدنی قرار می‌گیرد. افزایش اوسط EC از 4900 میکروزیمنس فی سانتی متر در سال 1399ه.ش به 8706 µS/cm در سال 1403ه.ش (افزایش حدود 56%) نشاندهندهٔ تشدید نفوذ آلوده کننده ها، دفع نامناسب فاضلاب‌های خانگی و صنعتی، تراکم املاح محلول و کاهش سطح آبهای زیرزمینی می‌باشد.

مقدمه

منابع آبهای زیرزمینی در کابل اهمیت زیاد دارند، زیرا منابع سطحی محدود و اغلب فصلی هستند. نفوس شهر کابل که بیش از 5.3 میلیون نفر تخمین زده می‌شود (نسیا، 2021)، همراه با انکشاف غیر معیاری شهری و کمبود زیربنا های توزیع شبکه های آب، وابستگی شدید به چاه‌های شخصی و استخراج بیش از حد آب زیرزمینی ایجاد کرده است.

مطالعات پیشین نشان می‌دهند که کیفیت آب زیرزمینی در کابل متغیر است. بررسی 148 چاه توسط بروشر و دیگران (1383ه.ش) نشان داد که غلظت مجموعی مواد جامد محلول (TDS) در برخی مناطق کمتر از 500 ملی گرام فی لیتر و نایترات در 14 نمونه بیش از 10 ملی گرام فی لیتر است. همچنین، غلظت بور در 31 نمونه بیش از 1000 ملی گرام فی لیتر و کلوروفورم در 24 نمونه مشاهده شده است.

مک و دیگران (1390ه.ش) گزارش داده اند که ذخایر آب‌های زیرزمینی در اکوفیرهای رسوبی کابل می‌تواند تا 1000 متر ضخامت داشته باشد و سن آب‌های عمیق بر اساس انالیز کاربن 14 به هزاران سال می‌رسد. صافی (2011م.) کاهش قابل‌توجه سطح آب زیرزمینی و افزایش شوری، نایترات و آلودگی‌های باکتریایی را گزارش کرده است.

زریاب و همکاران (2017م.) کاهش سطح آب‌های زیرزمینی حدود یک متر در سال را گزارش کردند و آلوده‌گی نایترات، بور و باکتریاهای مدفوعی در برخی نقاط بیش از حد مجاز سازمان صحی جهان (WHO)است. و نیز تذکر داده است که بیش از 85 فیصد جمعیت کابل عمدتاً به منابع آب زیرزمینی وابسته‌اند. به همین ترتیب زریاب و دیگران

(2022) بیان داشتند که شهرنشینی سریع کابل اثر قابل‌توجهی بر اکوفیرها و کیفیت آب‌های زیرزمینی داشته است. بین سال‌های 2000 و 1399، مساحت سطح شهری 40 فیصد افزایش و زمین‌های زراعتی 32 فیصد کاهش یافت . کاهش سطح آب‌های زیرزمینی به‌طور اوسط 0.8 متر در سال و افزایش غلظت کلوراید و شوری مشاهده شد.

تانی و گوکمن (2021) در نتیجهٔ تحقیقات شان که به روش سلسلهٔ مراتبی(AHP) اجرأ شده است، نشان می‌دهد تنها% 18 از آب بارندگی سالانه به زیرزمین نفوذ می‌کند و مناطق با پتانسیل بالا عمدتاً در بخش‌های مرکزی و پایین‌دست حوزهٔ کابل قرار دارند.

هدایت الکتریکی (EC) یکی از شاخص‌های اصلی کیفیت آب زیرزمینی است که نشان دهندهٔ میزان آیون‌های محلول و شوری آب است. هرچه غلظت آیون‌های محلول (مانند سودیم، پتاسیم، کلسیم، مگنیزیم، کلورین و سلفیت) در آب بیشتر باشد، هدایت الکتریکی نیز افزایش می‌یابد. ارزیابی گسترش مکانی(EC) و مقایسه با ستندردهای ملی و جهانی و مقادیر مجاز آشامیدنی، زراعتی و صنعتی، امکان شناسایی مناطق آلوده و مدیریت پایدار منابع آب را فراهم می‌کند (2: ص.، 5)، (16: ص. 7).

مطالعات نشان می‌دهند که تکنیک‌های جیواستاتیستیک مانند روش اوسط یابی مکانی (Interpolation) و الگوریتم اوسط‌گیری وزنی معکوس (IDW) دقت بالایی در دریافت گسترش مکانی مقدار هدایت الکتریکی(EC)دارند. تلفیق دیتا های مکانی و کیفیت آب یکی از ابزار مؤثر برای بررسی منابع آبی که در نتیجهٔ تهیه نقشه‌های گسترش هدایت الکتریکی(EC) در ساحهٔ مشخص را فراهم کرده میتواند (11: ص. 1-5)، (5: ص . 3)، (10: ص. 3-5).

دریافت مقادیر هدایت الکتریکی آبها با استفاده از روش‌های جیواستاتیستیک در مناطق نیمه‌خشک(مانند شهر کابل)، نتایج دقیقی برای مدیریت منابع آب و شناسایی مناطق آسیب‌پذیر ارائه کرده میتواند.

الگوریتم اوسط‌گیری وزنی معکوس (IDW) یکی از روش‌های متداول در انترپولیشن مکانی است که برای تخمین مقادیر یک متغیر در نقاط ناشناخته بر اساس دیتا مشاهده‌شده در نقاط شناخته‌شده به‌کار می‌رود(11: ص. 8). اساس این روش بر فرض کاهش شباهت مکانی با افزایش فاصله است؛ بدین معنا که نقاط نزدیک‌تر به نقطه مورد نظر شباهت بیشتری با آن دارند و در نتیجه وزن بیشتری در برآورد نهایی خواهند داشت.

رابطه ریاضیکی IDW به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\frac{\frac{Z(x_i)}{d_i^p}\sum_{i=1}^{n}}{\frac{1}{d_i^p}\sum_{i=1}^{n}} = Z(x_0)$$

که در این جا:

$Z(x_0)$ مقدار برآوردشده در نقطه ناشناخته، $Z(x_i)$ مقدار مشاهده‌شده در نقطه i، d_i فاصله بین نقطه iو نقطه x_0، p توان وزن‌دهی ، و n تعداد نقاط مجاور مورد استفاده در محاسبه است.

با توجه به کاهش سطح آب‌های زیرزمینی، افزایش شوری و آلودگی، و اهمیت زون بندی هدایت الکتریکی (EC) به‌عنوان شاخص کیفیت آب در این شهر و انترپولیشن مکانی به روش اوسط‌گیری وزنی معکوس (IDW) ، مطالعه حاضر با هدف ارزیابی و منطقه‌بندی کیفی آب‌های زیرزمینی شهر کابل با استفاده از EC و روش اوسط‌گیری وزنی معکوس (IDW) انجام می‌شود. نتایج این تحقیق می‌تواند به درک بهتر وضعیت آبهای زیرزمینی این شهر کمک خواهد کرد و هم چنان برای مسئولین و مدیران بخش آب امکان آنرا فراهم خواهد کرد و تا در قسمت مدیریت پایدار این شهر و حفاظت از منابع آب زیرزمینی را از نتایج آن بهره مند شوند.

اهمیت تحقیق

این تحقیق با تمرکز بر هدایت الکتریکی (EC) به‌عنوان متحول اصلی هایدروجیوکیمیاوی آب‌های زیرزمینی، نقش مؤثری در شناسایی روندهای شورشدگی، آلودگی آیونیک و تنزیل کیفیت اکوفیرهای شهر کابل دارد. تحلیل مکانی-زمانی EC با بهره‌گیری از روش انترپولیشن اوسط گیری وزنی معکوس امکان زون‌بندی دقیق کیفیت آب و تعیین زون های آسیب‌پذیر را فراهم ساخته است. یکی از جنبه اساسی اهمیت تحقیق در آن است که برای نخستین‌بار تحول دو دهه یی کیفیت آب زیرزمینی کابل (1383-1403)را به‌صورت کمی مودل‌سازی کرده و نتایج آن مبنای علمی کنترول آلوده گی و مدیریت پایدار آب را مساعد میسازد.

مبرمیت تحقیق

در سال‌های اخیر، شهر کابل با بحران روز افزون کاهش و آلوده گی آبهای زیرزمینی مواجه است. گسترش سریع شهرنشینی و وابستگی شدید به منابع آبهای زیرزمینی، سبب تغییرات شدید در ترکیب هایدروجیوکیمیا و کیفیت اکوفیرهای اصلی شده است. ضرورت این تحقیق از آنجا ناشی میشود که مطالعهٔ علمی کیفیت و کمیت منابع آبهای زیرزمینی یکی از مسایل مهم و حیاتی در حال حاضر میباشد.

هدف تحقیق

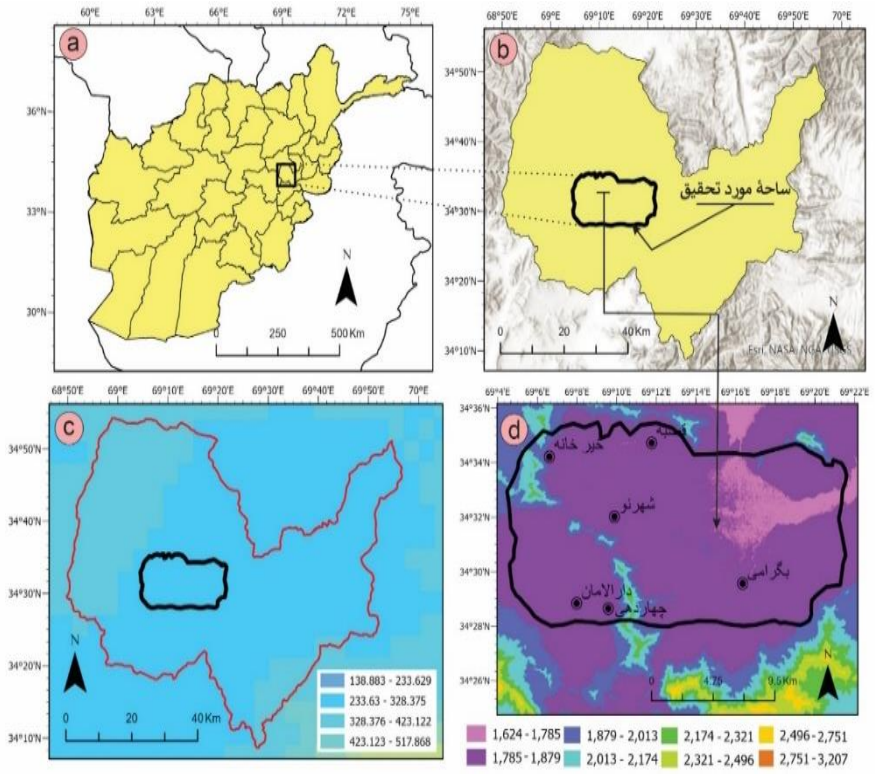
هدف این پژوهش، بررسی، تحلیل، زون‌بندی کیفی آب‌های زیرزمینی و شناسایی مناطق آسیب پذیر شهر کابل با تمرکز بر شاخص هدایت الکتریکی (EC) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای اساسی است. در این تحقیق با تحلیل شاخص EC و استفاده از روش اوسط گیری وزنی معکوس مودل گسترش مکانی و تغییرات زمانی شاخص فوق الذکر تثبت و تحلیل گردید.

سوال تحقیق

این پژوهش در پی پاسخ به پرسش‌های اساسی زیر است: (1) روند تغییرات هدایت الکتریکی (EC) آب‌های زیرزمینی شهر کابل در دورهٔ زمانی 1383 تا 1403 چگونه بوده و این تغییرات چه تأثیری بر کیفیت آب داشته است؟ (2) مقادیر به‌دست‌آمده از هدایت الکتریکی در چه حدی با ستندردهای ملی کیفیت آب (ANDWQS) و معیار های جهانی(WHO, FAO) مطابقت دارد و وضعیت آب شهر کابل برای مصارف آشامیدنی، زراعتی و صنعتی چگونه ارزیابی می‌شود؟ (3) کدام مناطق از نظر آسیب‌پذیری و آلودگی آب زیرزمینی به اساس شاخص هدایت الکتریکی (EC) در وضعیت بحرانی قرار دارند؟

ساحهٔ مورد تحقیق شهر کابل و حومه های آنرا احتوأ میکند (شکل1a, 1b). از لحاظ جغرافیایی ساحه شکل دو فرورفتگی بزرگ بین کوهی کاسه مانند را دارا بوده که اطراف آنها توسط کوه های که ترکیب لیتولوجیکی احجار میتامورفیکی را دارا است احاطه شده

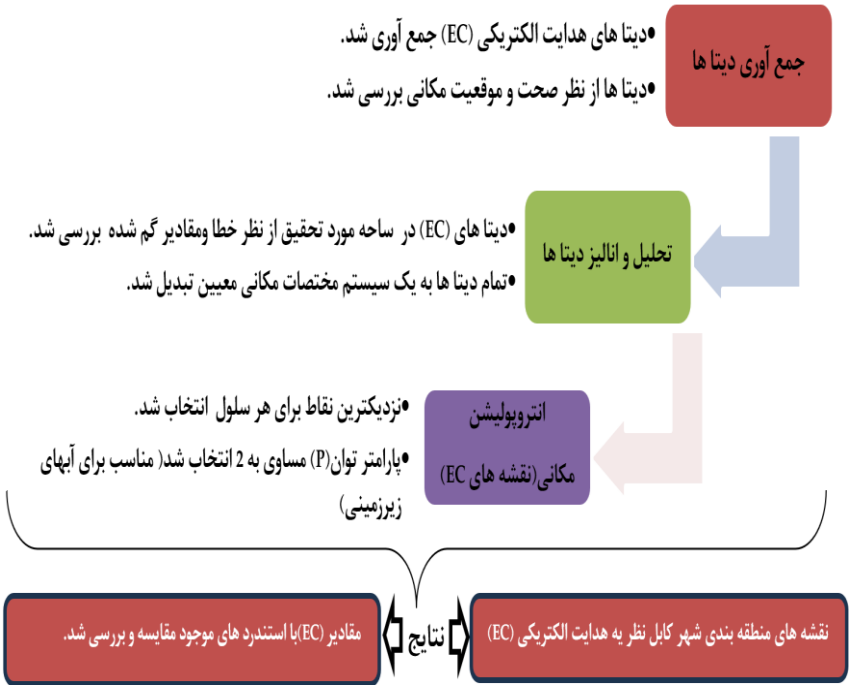
است. تحلیل مدول ارتفاعی دیجیتالی (DEM) نشاندهندۀ غیر متجانسیت ارتفاع در این حوزه بوده که ارقام موجود ارتفاع 2700– 1750 متر از سطح بحر را در این ساحه نشان میدهد (شکل 1d). مقدار بارندگی سالانه در این محدوده به اساس ارقام بدست آمده استیشن هوا شناسی میدان هوایی بین المللی کابل به طور اوسط 300 ملی متر در سال و ارقام اخذ شده از ستلایت 312 ملی در سال را نشان میدهد(شکل 1c)، تغییرات درجه حرارت در این شهر بین منفی 5 درجه سانتیگراد در ماه های زمستانی (جدی و د لو) و الی 35 درجه سانتیگراد در ماه های تابستانی (سرطان و اسد) نوسان دارد.



شکل(1): نقشۀ موقعیت جغرافـــیایی و مشخصات ساحۀ مورد تحقیق در شـــهر کابل و حومۀ آن، (a) موقعیت عمومی منطقه تحقیق در قلمرو افغانستان، (b) محدودۀ هایدروجیولوجیکی کابل و ناحیه مورد بررسی، (c)مقدار اوسط بارش سالانه در محدودۀ مورد مطالعه، و (d) مودل ارتفاع رقومی (DEM)که نواحی مهم شهری از جمله بگرامی، خیرخانه، شهرنو و دارالامان را نشان می‌دهد.

روش تحقیق

به منظور حل مسئلهٔ تحقیق یک روش تحقیق جامع و چند چندبُعدی اتخاذ گردید، میتودولوژی تحقیق از ترکیب روش های متعدد استفاده صورت گرفته است، که عبارتند از: میتود ساحوی، کمی، کیفی، مقایسوی و میتود تحلیلی- جیواستاتستیکی میباشد. دیتا از ارگان های مانند وزارت انرژی و آب و مؤسسهٔ داکار (DACCAR)، ستلایت و مراجعه به ساحه بدست آمده است. جمع آوری ارقام و روش تحقیق این مقاله به صورت خلاصه در شکل (2) نشان داده شده است.



شکل(2): فلو چارت جمع آوری و تحلیل ارقام مقاله

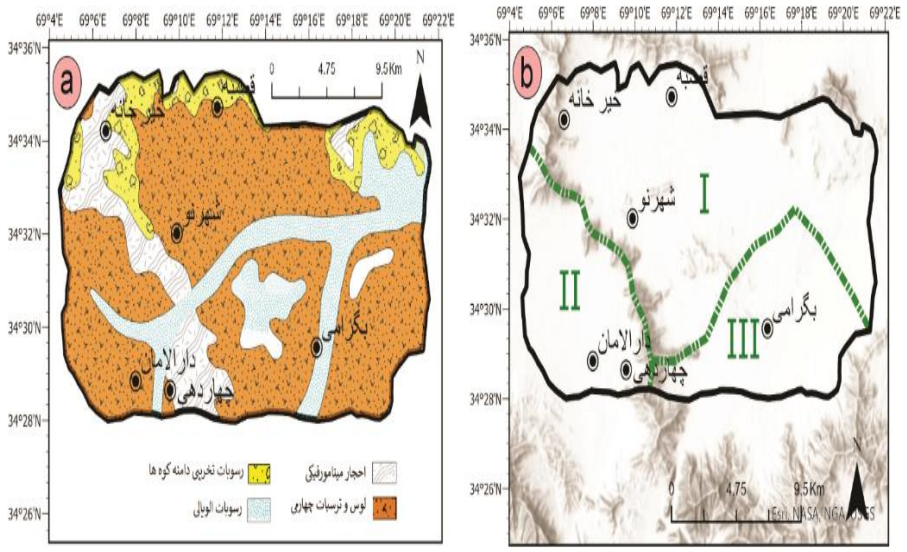
مشخصات جیولوجیکی و هایدروجیولوجیکی

ساحهٔ کابل، شامل شهر کابل و حومه‌های اطراف، در یک محدودهٔ جیولوجیکی و تکتونیکی پیچیده قرار دارد. این حوزه توسط احجار میتامورفیکی با عمر پروتروزوئیک (P) احاطه و توسط رسوبات نیوجین (N) و چهارمی (Q) پر شده است.

بخش‌های شمالی و مرکزی احجار میتامورفیکی که به شکل کوه ها تبارز کرده اند عمدتاً شامل گنایس‌ها، شیست‌های میکا، امفیبولیت‌ها و کوارتزیت‌ها هستند (6: صص.3-7) (4: صص. 1-6). این سنگ‌بسترها عمدتاً غیرقابل نفوذ بوده و تنها در نواحی دارای شکستگی جریان محدود آب زیرزمینی ممکن است.

قسمت های پرشدگی حوزه شامل رسوبات نیوجین و کواترنری است که از رسوبات الویالی ، تراس‌های دریایی و رسوبات لوسی تشکیل شده‌اند. رسوبات الویالی شامل ریگ و جغل هستند و هدایت هایدرولیکی بالایی دارند، در حالی که طبقات عمیق‌تر (رسوبات نیوجین) از سنگ های ریگی و کانگلومیراتها همراه با لایه‌های رسی نفوذپذیری ضعیف دارند (3:ص 23).

از نظر هایدروجیولوجیکی، حوزۀ کابل به سه حوزۀ فرعی تقسیم می‌شود: پغمان-دارالامان، کابل مرکزی و لوگر(4: صص10-30)(شکل 3). حوزۀ پغمان به عنوان منطقه اصلی تغذیه، با نفوذ بارش و جریان سطحی کوه‌ها، آب را به سیستم اکوفیر های زیرزمینی وارد می‌کند. آبهای زیرزمینی شهر کابل به اساس تقسیمات فوق شامل سه اکوفیر اصلی هستند، که عبارتند از : کابل، لوگر و پغمان .این اکوفیر ها در رسوبات کواترنری و نیوجین توسعه یافته‌اند و ضخامت آن‌ها متغیر بوده و از 30 متر تا بیش از 600 متر می‌رسد (همان:13). لایه‌های فوقانی عمدتاً جغل و رسوبات لوسی با هدایت هایدرولیکی بالا دارند، در حالی که طبقات عمیق‌تر از کانـــگلومیرات ها، سنگ ریگی و رس با نفوذپذیری پایین تشکیل شده اند. این ساختـــــــمان جیولوجـــــیکی و هایدروجیولوجیکی به منظور تحلیل کیفیت آب‌های زیرزمینی و نقشه‌برداری پارامترهایی مانند هدایت الکتریکی (EC) در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است.



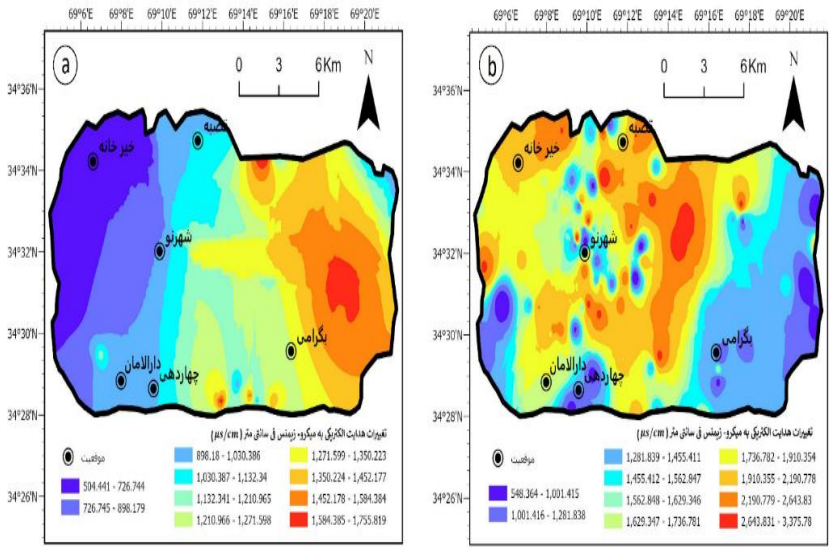
شکل (3): خصوصیات جیولوجیکی و منطقه‌بندی هایدروجیولوجیکی ساحهٔ مورد مطالعه (a) .نقشهٔ جیولوجیکی ساحه، و (b) تقسیم‌بندی ساحهٔ مورد تحقیق به سه زون فرعی هایدروجیولوجیکی (I- حوزهٔ کابل مرکزی، II-حوزهٔ پغمان - دارالامان وIII - حوزهٔ لوگر).

دینامیک فضا-زمان پارامتر هدایت الکتریکی (EC) آب‌های زیرزمینی در شهر کابل(1383-1403 هـ . ش.)

نتایج حاصل از تحلیل مکانی دیتاهای هدایت الکتریکی (EC) آب‌های زیرزمینی در شهر کابل طی دوره‌های زمانی مختلف نشان‌دهنده تغییرات قابل توجهی در کیفیت منابع آب زیرزمینی است. بر اساس نقشه‌های ترسیم‌شده با روش اوسط گیری وزنی معکوس (IDW)، مقدار هدایت الکتریکی(EC) در سال 1383 (شکل3a) عمدتاً در محدوده‌های پایین تا متوسط (500-1500 $\mu s/cm$) قرار داشته و بیشترین مقادیر در بخش‌های شرقی و جنوب‌شرقی (نواحی بگرامی و اطراف دارالامان) مشاهده می‌شده است. در مقابل، ارقام مربوط سال 1390 (شکل 3b) افزایش محسوسی در مقادیرEC را (600-3375 $\mu s/cm$) در حوزهٔ مرکزی (در مناطق مرکزی و شمالی شهر) به‌ویژه در محدوده‌های شهرنو و خیرخانه، نشان می‌دهند. در آن زمان به احتمال نزدیک این افزایش حاکی از تغییر محسوس در کیفیت آب‌های زیرزمینی و آغاز مرحلهٔ شورشدگی

در اثر رشد سریع جمعیت، گسترش ساخت‌وسازهای شهری و تخلیه‌ی نامناسب فاضلاب‌های خانگی است که در آن دوره زمانی رخ داده است.

در حالیکه مناطق شرقی حوزه در سال1390 تغییرات چشمگیری را نسبت به سال 1383 نشان نداده است و در محدودهٔ ($\mu s/cm$ 1500-550) باقی مانده بوده اند، بناً طی این شش سال هدایت الکتریکی آب های زیرزمینی زون شرق ساحه (بگرامی) ثابت مانده، اما تغییرات قابل ملاحظهٔ در قسمت های مرکزی و شمالی ساحه مشاهده گردیده است که با تغییر هدایت الکتریکی از ($800-1000\ \mu s/cm$) به ($\mu s/cm$ 2000-1500) تغییر یافته بوده است که این تغییر حالت انومالی کیفی را نشان می‌دهد و ارتباط به تأثیر افزایش فعالیت‌های انسانی، از جمله افزایش تراکم جمعیت، توسعه ساخت‌وساز شهری و تخلیه نامناسب فاضلاب‌های خانگی بر کیفیت آب زیرزمینی است در آن زمان است. قابل تذکر است به‌طور کلی، مقدار تغییرات EC طی این دورهٔ زمانی نشان می‌دهد که شورشدگی آب زیرزمینی در شهر کابل در حال گسترش بوده است.

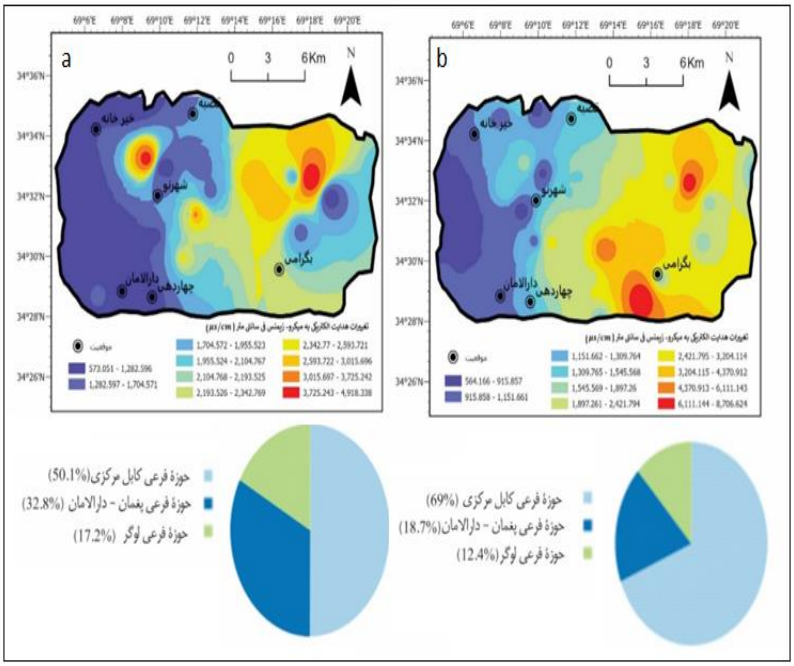


شکل(4): تغییرات مکانی- زمانی هدایت الکتریکی (EC) آب‌های زیرزمینی در شهر کابل در سال‌های (a) 1383 و(b) 1390.

از جانب دیگر بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از دیتا های سال‌های 1399 تا 1403، مقدار هدایت الکتریکی (EC) آب‌های زیرزمینی در محدوده‌های مختلف شهر کابل

تغییرات قابل‌توجهی را نشان می‌دهد. در سال 1399 مقدار اوسط هدایت الکتریکی(EC)در حدود 600 الی4900 µS/cm ثبت شده است که نشاندهندهٔ افزایش هدایت الکتریکی و کیفیت نسبتاً پایین آب می‌باشد. در مقایسه، ارقام سال 1403 افزایش محسوسی را با اوسط 1000-8706 µS/cm نشان می‌دهد (شکل5a,b).

تحلیل مکانی ارقام موجود بر اساس مودل‌سازی با روش اوسط وزنی معکوس (IDW) نشان می‌دهد که طی این دوره‌ی چهار ساله، هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی در سراسر شهر کابل روندی صعودی داشته است. در سال 1403 حدود 69 فیصد شهر کابل در انتروال مقادیر بالای EC قرار دارد که نشان‌دهنده‌ی گسترش شوری و نفوذ آلوده گی ها در سطح وسیع می‌باشد(شکل 5b).



شکل(5): تغییرات مکانی- زمانی هدایت الکتریکی (EC) آب‌های زیرزمینی در شهر کابل در سال‌های (a) 1399 و(b) 1403.

از دید مکانی، بیشترین افزایش EC در مناطق مرکزی و شرقی شهر (به‌ویژه در محدوده‌های شهرنو، خیرخانه، بگرامی و پلچرخی) مشاهده می‌شود؛ جایی که مقادیر ECاز 2000–4900 µS/cmدر سال 1399 به 2500–8700 µS/cmدر سال 1403 افزایش

یافته است شکل(5a). در مقابل، در مناطق غربی شهر (مانند دشت برچی دارالامان)، مقدار EC از 1000–2000 µS/cmدر سال 1399 به 1000–2500 µS/cmدر سال 1403 افزایش یافته است (شکل5a,b).

در این زمان مقدار هدایت الکتریکی در تمام شهر کابل روند صعودی افزایش را نشان میدهد و سهم (69%) نسبت به سایر قسمت ها دارای مقدار بالا هدایت الکتریکی میباشد. در سال 1403 مقدار هدایت الکتریکی در قسمت های مرکزی و شرقی شهر افزایش بیشتر (2500-8700 µS/cm) در حالیکه چهار سال قبل از آن (1399) در همین قسمت شهر کابل مقدار هدایت الکتریکی (2000-4900 µS/cm) و در قسمت های غربی (1000-2500 µS/cm) بوده است(شکل 5a,b). این افزایش معادل حدود 20 فیصد رشد در میزان هدایت الکتریکی طی چهار سال است که نشان‌دهندۀ تشدید روند شورشدگی و نفوذ آلوده کننده ها به اکوفیرهای شهر کابل می‌باشد.

بررسی مکانی ارقام نشان می‌دهد که بیشترین مقادیر EC در نواحی مرکزی، شمال شرقی، جنوبی و جنوب شرقی شهر کابل (مرکز شهر، شهر نو، پلچرخی، بگرامی) مشاهده شده است، در حالی‌که نواحی غربی، شمال‌غربی و جنوب غربی(پغمان، دارالامان، چهلستون چهاردهی) دارای مقادیر نسبتاً پایین‌تر و کیفیت بهتر آب می‌باشند(شکل 5a,b). این روند احتمالاً متأثر از میلان توپوگرافی، نوع لیتولوژی و تراکم شهری و صنعتی است.

افزایش مداوم EC در فاصله‌ی زمانی 1399 تا 1403 را می‌توان ناشی از کاهش تغذیۀ طبیعی اکوفیر، افزایش استخراج بیش از حد، و نفوذ پساب‌های خانگی و صنعتی به طبقات آبدار دانست. همچنین، کاهش سطح آبهای زیرزمینی و تمرکز املاح محلول در اعماق بیشتر نقش چشم‌گیری در افزایش هدایت الکتریکی دارد. به‌صورت کلی، تغییرات هدایت الکتریکی در این مدت نشان‌دهندۀ تشدید روند شورشدگی و افزایش آلوده گی آب‌های زیرزمینی و تهدید پایداری منابع آبی کابل میباشد.

تفسیر مقادیر هدایت الکتریکی (EC) بر اساس معیارهای کیفی و نوع مصرف در ساحۀ مورد تحقیق

برای ارزیابی کیفی نتایج حاصل از تحلیل هدایت الکتریکی (EC) آب‌های زیرزمینی شهر کابل، مقادیر به‌دست‌آمده با معیارهای ستندرد کیفی آب در سه گروپ مصرفی (آشامیدنی، زراعتی و صنعتی) به اساس نورم های ملی که عبارت از ستندرد ملی کیفیت آب آشامیدنی افغانستان (ANDWQS) که در سال 1391 تو سط ادارۀ ملی نورم و ستندرد تدوین گردیده است(1:ص.15) و معیارهای بین المللی که توسط سازمان صحی جهان (WHO) تدوین یافته است، مطابق جدول (1) مقایسه گردید. این مقایسه امکان تفسیر دقیق‌تر تأثیر تغییراتEC بر قابلیت استفاده از آب‌های زیرزمینی را در بخش‌های مختلف مشخص میسازد. بر اساس این طبقه‌بندی، آب‌های با مقدار EC کمتر از 750 µS/cm کیفیت مناسبی برای شرب دارند، در حالی‌که مقادیر بیش از 3000 µS/cm برای مصرف انسانی نامطلوب محسوب می‌شود. از سوی دیگر، مقادیر بالاتر از 5000 µS/cm نشان‌دهندۀ غیرقابل استفاده بودن آب برای آبیاری اغلب محصولات زراعتی است.

نتایج حاصل از تحلیل مکانی هدایت الکتریکی (EC) آب‌های زیرزمینی شهر کابل در سال‌های 1399 (شکل 5a) و 1403 (شکل 5b) نشان‌دهندۀ تغییرات معنی‌داری در کیفیت و قابلیت استفاده از این منابع برای مصارف مختلف است. در سال 1399، مقادیر هدایت الکتریکی بین 600 تا 4900 میکرو زیمنس فی سانتی متر متغیر بوده است. بر اساس نقشه مکانی، نواحی با هدایت پایین‌تر در غرب و شمال شرقی شهر مانند چهاردهی، پغمان و دارالامان قرار دارند، در حالی‌که مقادیر بالاتر در مناطق مرکزی و شمالی شامل پلچرخی، شهرنو و خیرخانه مشاهده می‌شود. در این سال حدود 30% از مناطق دارای EC کمتر از 1500 µS/cm بوده و در محدوده قابل قبول تا متوسط برای شرب قرار می‌گیرد. با این حال، در نواحی مرکزی شهر، مقادیر بالای 3000 µS/cm کیفیت آب را برای شرب نامطلوب ساخته است. اما به منظور زراعت و صنعت قابل استفاده بوده و صرف در حالات محدود قابل استفاده نمیباشند.

در سال 1403، هدایت الکتریکی بین 1000 تا 8700 میکرو زیمنس فی سانتی متر متغیر بوده و افزایش آشکاری نسبت به سال 1399 نشان می‌دهد. بیشترین مقادیر EC در مناطق شرقی و مرکزی شامل مناطق پلچرخی، بگرامی، شهرنو، خیرخانه و اطراف دارالامان ملاحظه می‌شود. توزیع مکانی این افزایش نشان می‌دهد که حدود 69٪ از کل محدوده به حوزهٔ فرعی کابل مرکزی تعلق دارد که دارای بیشترین مقدار EC است. مقادیر (EC) در این سال در مناطق مرکزی و شرقی در محدودهٔ (2000-8700 µS/cm) قرار داشته و نظر به ستندرد های ملی(ANDWQS) و بین المللی(WHO) در محدوده غیر مجاز برای شرب بوده، در حالی که مناطق غربی با مقادیر (1500-4500 µS/cm) وضعیت نسبتاً بهتر را نشان میدهد، که از نظر شرب در محدودهٔ غیرمجاز بوده ولی برای مصارف صنعتی و زراعتی صرف در حالا خاص قابل استفاده میباشد.

از نظر مصارف صنعتی مناطق مرکزی و شرقی شامل مرکزشهر الی پلچرخی برای برخی از مصارف صنعتی به اساس معیار های ملی و بین المللی محدود میباشد.

آب شرب بیش از70% از نواحی شهر کابل دارای EC بالاتر از 3000 µS/cm بوده و در ردهٔ نامطلوب برای شرب قرار می گیرد. تنها نواحی کوچک غربی و جنوب‌غربی با EC تحت 1500 µS/cmهنوز در رده قابل استفاده برای شرب هستند. افزایش هدایت الکتریکی باعث شده است که حدود 20% از مناطق در ردهٔ ضعیف (3000–8700 µS/cm) از نظر مصارف زراعتی قرار گیرند، این وضعیت نشاندهندهٔ افزایش خطر شوری خاک و کاهش حاصل دهی زراعتی در آینده است. از لحاظ مصرف صنعتی در سال 1403 نیز، تنها بخش‌های غربی و جنوب‌غربی (EC<2500 µS/cm) برای مصارف صنعتی عادی مناسب هستند. اما مناطق با مقادیر بین 5000تا 8700 میکرو زیمنس فی سانتی متر که در اکثر مناطق مرکزی و شرقی مشاهده می‌شود، تنها در صورت تصفیه سنگین یا کاربردهای صنعتی خاص قابل استفاده است.

جدول(1): طبقه‌بندی کیفی هدایت الکتریکی (EC) آب برای مصارف آشامیدنی، زراعتی و صنعتی (1: ص. 15)، (13: ص.123).

نوع مصرف	درجهٔ کیفیت	محدوده(µS/cm) EC	توضیحات
آب آشامیدنی	عالی	0 – 250	قابل استفاده مستقیم بدون تصفیه
	خوب	251 – 750	قابل استفاده با طعم کمی شوری
	متوسط	751 – 2000	نیاز به بررسی و گاهی تصفیه
	ضعیف	2001 – 3000	استفاده محدود، نیاز به تصفیه
	نامطلوب	>3000	مصرف مستقیم غیرمجاز
آب زراعتی	عالی	0 – 700	مناسب برای بیشتر محصولات زراعتی
	خوب	701 – 1500	مناسب با مدیریت خاک و شستشوی زمین
	متوسط	1501 – 3000	محدودیت برای برخی محصولات حساس
	ضعیف	3001 – 5000	فقط برای محصولات مقاوم به شوری
	نامطلوب	>5000	غیرمناسب برای زراعتی
آب صنعتی	عالی	0 – 1000	مناسب برای بیشتر مصارف صنعتی
	خوب	1001 – 2500	نیاز به مراقبت در برخی کاربردهای صنعتی
	متوسط	2501 – 5000	نیاز به تصفیه یا نرم‌سازی قبل از استفاده
	ضعیف	5001 – 10000	مناسب برای کاربردهای محدود صنعتی
	نامطلوب	>10000	استفاده صنعتی غیرمجاز یا با تصفیه سنگین

با توجه به نتایج این تحقیق، در سال‌های اخیر (1399 تا 1403) بیشتر نواحی مرکزی و شرقی شهر کابل دارای مقادیر بالاتر از 3000 µS/cm بوده‌اند که بر اساس جدول (1)، مشمول آب‌های نامطلوب برای شرب و قرار می‌گیرند. این امر مؤید روند افزایشی شورشدگی و کاهش کیفیت آب زیرزمینی در منطقه است.

افزایش اوسط EC از حدود 4900 µS/cm در سال 1399 به 8706 µS/cm در سال 1403 (افزایش تقریبی 56 فیصد) نشان‌دهندهٔ وخامت کیفیت آب‌های زیرزمینی است.

این افزایش ناشی از عوامل مانند تخلیهٔ غیرمعیاری فاضلاب‌ها، نفوذ آلوده کننده ها، کاهش سطح استاتیکی و رشد سریع شهرنشینی می‌باشد. از دیدگاه مدیریتی، این تغییرات نشان می‌دهد که منابع آب زیرزمینی کابل در حال گذار از وضعیت قابل استفاده به وضعیت بحرانی بوده و نیاز فوری به نظارت کیفی، کنترول آلودگی، و اعمال سیاست‌های مدیریتی دقیق در بخش‌های شرب، زراعتی و صنعتی دارد.

نتیجه گیری

تحلیل دیتا هدایت الکتریکی (EC) آب‌های زیرزمینی شهر کابل در محدودهٔ زمانی 1383 تا 1403 هـ.ش. بیانگر تغییرات چشم‌گیر در کیفیت هایدروجیوکیمیاوی اکوفیرهای این حوزه است. مقدار EC از حدود 500–1500 µS/cm در سال 1383 به 2500–8700 µS/cm در سال 1403 افزایش یافته که این امر نشان‌دهندهٔ شورشدگی پیشرونده(Progressive Salinization) ، نفوذ آلوده کننده های محلول، و کاهش چشم‌گیر توان احیأ کیفی اکوفیرها است.

از دیدگاه پروسه های هایدروجیوکیمیاوی، افزایش هدایت الکتریکی نه‌تنها ناشی از استخراج بیش از حد و کاهش تغذیهٔ طبیعی (Recharge Decline) است، بلکه به‌واسطهٔ تغییرات جیوکیمیاوی ثانویه مانند تبادل آیونی سودیم–کلسیم(Na–Ca Exchange) ، افزایش نسبت Na^{+}/Ca^{2+} ، و تجمع کلوراید و سولفات‌های محلول در محیط آبدار نیز تشدید شده است. در اکوفیرهای مرکزی کابل، این فرایندها منجر به افزایش بار آیونی، تغییر تعادل آیونی و تضعیف ظرفیت خنثی سازی طبیعی سیستم آب زیرزمینی شده‌اند. بر اساس نتایج، زون‌های مرکزی و شرقی شهر کابل از جمله شهرنو، خیرخانه، پلچرخی و بگرامی بالاترین مقادیر EC را دارا بوده‌اند، در حالی که زون‌های غربی و جنوب‌غربی (دارالامان، پغمان و دشت برچی) به‌دلیل لیتولوژی غالب الویالی با ریگ و جغل، نفوذپذیری بالا و تغذیهٔ مناسب‌تر، کیفیت آب بهتری را حفظ کرده‌اند.

مطالعه هم‌چنین نشان داد که تغییرات EC با گرادیان توپوگرافیکی و لیتولوژیکی ارتباط معکوس دارد؛ طوری که در نواحی پست‌تر شهر مانند شهرنو و بگرامی، تمرکز املاح محلول بیشتر بوده و این امر احتمالاً ناشی از افت سطح استاتیکی، تبخیر ثانویه در طبقات کم‌عمق و کاهش نفوذ مؤثر بارندگی است. مودل‌سازی فضایی نشان داد که

بیش از 70 فیصد از محدوده شهری کابل دارای مقادیر بالاتر از 3000 µS/cm می‌باشد و مطابق با ستندردهای ملی (ANDWQS) و بین‌المللی(WHO) ، این آب‌ها در ردهٔ نامطلوب برای مصرف آشامیدنی قرار می‌گیرند. افزایش مقدار هدایت الکتریکی از 4900 µS/cm در سال 1399 به8706 µS/cm در سال 1403 (افزایش حدود 25 فیصد) تأییدکنندهٔ روند وخامت تدریجی کیفیت آب‌های زیرزمینی است. این تغییر به‌وضوح نشاندهندهٔ کاهش بیلانس هایدرولوژیکی، تمرکز املاح محلول در نواحی بسته هایدرولوژیکی، و نفوذ مداوم آلوده کننده ها به اکوفیرهای فعال کابل است. این وضعیت نشان می‌دهد که رشد سریع شهرنشینی و دفع غیرمعیاری فاضلاب مهم‌ترین محرک‌های انسانی در تغییرات کیفی آب زیرزمینی کابل محسوب می‌شوند. در نهایت یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که سیستم آب زیرزمینی کابل در حال گذار از یک رژیم نیمه‌پایدار به یک رژیم بحرانی از نظر کیفی است.

پیشنهاد

به وزارت محترم انرژی و آب و ادارات ذیربط پیشنهاد میگردد تا تدوین استراتیژی های هماهنگ و مدیریت اکوفیر های فعال شهر کابل، مانیتورنگ کیفی دوام دار و بازیافت، تصفیه و مدیریت فاضلاب های شهری برای پیشگیری از بحران هایدروجیوکیمیاوی شهر کابل مد نظر گرفته شود.

مآخذ

1. Afghanistan National Standards Authority. Afghanistan national drinking water quality standards. ANSA/ TC 14. AS:2012. Kabul: Afghan National Standards Authority; 2013.

2. Bhuiyan, M.A.H., Bodrud-Doza, M., Islam, A.T., Rakib, M.A., Rahman, M.S. and Ramanathan, A.L., 2016. Assessment of groundwater quality of Lakshimpur district of Bangladesh using water quality indices, geostatistical methods, and multivariate analysis. *Environmental Earth Sciences*, *75*(12), p.1020.

3. Broshears, R.E., Chornack, M.P., Mueller, D.K. and Ruddy, B.C., 1383. *Inventory of ground-water resources in*

the Kabul Basin, Afghanistan (No. 1383-5090). US Geological Survey.

4. Houben, G., Niard, N., Tünnermeier, T. and Himmelsbach, T., 2009. Hydrogeology of the Kabul Basin (Afghanistan), part I: aquifers and hydrology. *Hydrogeology Journal*, *17*(3), pp.665-677.

5. Hu, K., Huang, Y., Li, H., Li, B., Chen, D. and White, R.E., 1383. Spatial variability of shallow groundwater level, electrical conductivity and nitrate concentration, and risk assessment of nitrate contamination in North China Plain. *Environment international*, *31*(6), pp.896-903.

6. Kansun, G. and Afzalı, A.O., 2022. Geology, petrographic characteristics and tectonic structure of paleoproterozoic basement of Kabul Block (North Eastern Afghanistan), initial findings. *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, *6*(1), pp.117-133.

7. Mack, Thomas J., MAmin Akbari, MHanif Ashoor, Michael P. Chornack, Tyler B. Coplen, Douglas G. Emerson, Bernard E. Hubbard et al. *Conceptual model of water resources in the Kabul Basin, Afghanistan*. 1390.

8. Robert E. Broshears, M. Amin Akbari, Michael P. Chormack, 1383, USGS, 1383 Inventory of Ground-water Resources in the Kabul Basin, Kabul, Afghanistan 58.

9. Robinson, T.P. and Metternicht, G., 2006. Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties. *Computers and electronics in agriculture*, *50*(2), pp.97-108.

10. Salehi, S., Barati, R., Baghani, M., Sakhdari, S. and Maghrebi, M., 1403. Interpolation methods for spatial distribution of groundwater mapping electrical conductivity. *Scientific Reports*, *14*(1), p.30337.

11. Seyedmohammadi, J., Esmaeelnejad, L. and Shabanpour, M., 2016. Spatial variaAtion modelling of groundwater electrical conductivity using geostatistics and GIS. *Modeling earth systems and environment*, *2*(4), pp.1-10.

12. Tani, Hamidullah, and Gokmen Tayfur. "Identification of groundwater potential zones in Kabul River Basin, Afghanistan. " *Groundwater for Sustainable Development* 15 (2021): 100666.

13. World Health Organization, 2004. *Guidelines for drinking-water quality* (Vol. 1). World health organization.

14. Zaryab, A., Nassery, H.R. and Alijani, F., 2022. The effects of urbanization on the groundwater system of the Kabul shallow aquifers, Afghanistan. *Hydrogeology Journal*, *30*(2), pp.429-443.

15. Zaryab, Abdulhalim, Ali Reza Noori, Kai Wegerich, and Bjørn Kløve. "Assessment of water quality and quantity trends in Kabul aquifers with an outline for future drinking water supplies." *Central Asian Journal of Water Research* 3, no. 2 (2017): 3-11.

16. Zehtabian, G.R., Mohammad Asgari, H. and Tahmoures, M., 2012. Assessment of spatial structure of groundwater quality variables based on the geostatistical simulation. *Desert*, *17*(3), pp.215-224.

سر محقق محمد یاسین فرهمند

تعیین ساحات مناسب برای توسعهٔ جنگلات جلغوزه در افغانستان

Determination of Suitable Areas for the Expansion of Pine Nut Forests in Afghanistan

Professor Mohammad Yasin Farahmand

Abstract

Pine nut forests have long been recognized as one of the important ecological and economic resources of Afghanistan and constitute a significant export commodity of the country. However, climate change and the unsustainable exploitation of natural resources have caused a decline in both the area and quality of these forests. The aim of this study is to identify suitable areas for the expansion and restoration of pine nut forests beyond their natural distribution range by using descriptive and analytical methods.

In this research, environmental data including elevation, slope, slope aspect, soil type, annual precipitation, temperature, and existing vegetation cover were collected and analyzed using satellite imagery. The results indicate

that, in addition to the natural pine nut forest regions, some parts of the northeastern and western provinces of Afghanistan possess suitable ecological conditions for the cultivation and expansion of pine nut forests. These areas are characterized by gentle slopes, well-drained soils, and sufficient rainfall necessary for the growth and development of pine nut trees.

The findings of this study can serve as a scientific guideline for forestry planning, natural resource conservation, and the sustainable development of pine nut forests in Afghanistan. Considering the economic importance and limited extent of pine nut forests in the country, it is necessary, where feasible, to expand these forests into other provinces as well. Since each plant species requires specific climatic conditions and soil characteristics for proper growth and development, it is essential first to compare the climatic conditions, elevation above sea level, and soil types of the existing pine nut forest areas with those of other provinces. After identifying regions with climatic and soil conditions similar to the current pine nut forest areas, suitable locations for the expansion of these forests in other provinces can then be determined.

خلاصه

جنگلات جلغوزه یکی از منابع مهم ایکولوژیکی و اقتصادی از قرن‌ها قبل در افغانستان شناخته شده اند و دانه‌های این نبات یکی از اقلام مهم صادراتی این مملکت را تشکیل می‌دهند. متأسفانه تغییرات اقلیمی و بهره‌برداری غیر علمی از منابع طبیعی باعث کاهش وسعت و کیفیت این جنگلات شده است. هدف از این تحقیق، شناسایی مناطق مناسب برای توسعه و بازسازی جنگلات جلغوزه، فراتر از محدوده طبیعی انتشار آن، با استفاده از روش‌های توصیفی و تحلیلی است.

در این تحقیق، معلومات محیطی از قبیل ارتفاع، نشیب، جهت‌گیری نشیب، نوع خاک، بارندگی سالانه، حرارت و پوشش نباتی موجود جمع‌آوری و با استفاده از تصاویری که به وسیلهٔ ستلایت گرفته شده، جمع‌آوری و تحلیل گردیده است .

نتایج نشان می‌دهد که علاوه بر مناطق طبیعی جلغوزه، بخش‌هایی از ولایت‌های شمال‌شرق و غرب افغانستان دارای شرایط ایکولوژیکی مناسب برای کاشت و توسعه جنگلات جلغوزه هستند. این مناطق دارای نشیب کمتر، خاک با زهکشی مناسب و میزان بارندگی کافی برای رشد و توسعه درختان جلغوزه می‌باشند. یافته‌های این تحقیق می‌تواند به عنوان راهنمای علمی برای برنامه‌ریزی جنگلداری، حفاظت از منابع طبیعی و توسعه پایدار جنگلات جلغوزه در افغانستان مورد استفاده قرار گیرد.

بادرنظرداشت ارزش اقتصادی دانه های جلغوزه و محدود بودن ساحۀ جنگلات آن در افغانستان، ضرورت است تا این جنگلات در صورت امکان در سایر ولایات نیز توسعه داده شود، از اینکه هر نبات برای رشد و نموی خویش به شرایط اقلیمی و نوع خاک مخصوص ضرورت دارد، بناءً برای دریافت شرایط مناسب اقلیمی و خاک مورد نیاز درختان جلغوزه ضرورت است تا در گام نخست شرایط اقلیمی، ارتفاع ازسطح بحر و نوع خاک مناطقی‌که فعلاً جنگلات جلغوزه در آن موجود است با سایر ولایات مورد مقایسه قرار داده شود، بعد از دریافت شرایط اقلیمی و خاک مشابه به مناطق جنگلات موجودۀ جلغوزه، محل مناسب برای توسعۀ این جنگلات در سایر ولایات تعیین گردد.

مقدمه

جنگلات جلغوزه یکی از اجزای مهم ایکوسیستم‌های افغانستان محسوب می‌شوند که نقش اساسی را در بهبود محیط زیست و رشد اقتصاد یک جامعه داراد. این جنگلات با ذخیره نمودن کاربن دای اکساید، حفاظت خاک، تنظیم دوران آب و تهیۀ محیط زیست برای حیوانات و سایر نباتات به ثبات محیط‌زیست کمک می‌کند. علاوه بر آن، محصولات فرعی آن مانند چوب، صمغ و دانه‌های جلغوزه منبع درآمد و معیشت برای جوامع محلی محسوب می‌شوند.

جنگلات جلغوزه در افغانستان با تهدیدهای جدی از قبیل قطع درختان، بهره‌برداری غیرعلمی، چرای مفرط مواشی ، تغییرات اقلیمی، و توسعۀ زراعت مواجه بوده که باعث کاهش سطح جنگلات و تخریب محیط زیست طبیعی شده است. مطالعات اخیر نشان می‌دهند که بازسازی و توسعه جنگلات جلغوزه نیازمند شناسایی مناطق دارای شرایط ایکولوژیکی مناسب برای رشد و نموی درختان جلغوزه می‌باشد.

با توجه به محدودیت‌های انتشار طبیعی این نوع، استفاده از وسایل سیستم معلومات جغرافیایی (GIS) و مدل‌سازی چندمعیاره (MCE) می‌تواند امکان شناسایی مناطق بالقوه برای توسعه جنگلات جلغوزه را فراتر از محدوده طبیعی آن فراهم نمود. این روش علاوه بر افزایش سطح جنگل‌ها، می‌تواند به حفاظت از تنوع حیات، مهار فرسایش خاک و تقویت معیشت جوامع محلی کمک نماید.

اهمیت تحقیق

با انجام این تحقیق می توان ساحات مناسب بذر درختان جلغوزه را تشخیص نموده و ساحۀ جنگلات این درختان با ارزش را در کشور توسعه بخشید.

مبرمیت تحقیق

درختان جلغوزه نه تنها از نقطه نظر اهمیت اقتصادی حایز اهمیت فوق العاده بوده، بلکه از نقطه نظر ایکولوژیکی نیز از اهمیت به سزای برخوردار می باشند، مگر نسبت عدم توجه به حفاظت و توسعۀ آنها، سطح پوشش این جنگلات با ارزش رو به کاهش بوده و در لست سرخ نباتات در حال انقراض شامل گردیده است، بناءً برای توسعۀ جنگل این نبات با ارزش تعیین ساحات مناسب رشد ونموی آن نبات ضروری می باشد.

هدف تحقیق

دریافت ساحات مناسب برای توسعۀ جنگلات جلغوزه در کشور.

روش تحقیق

این تحقیق به اساس روش توصیفی – تحلیلی انجام داده شده است.

سوال تحقیق

1- فعلاً جنگلات جلغوزه در کدام ولایات افغانستان و به چی مساحت موجود می باشد.

2- درختان جلغوزه برای رشد ونموی مناسب به کدام نوع شرایط اقلیمی ضرورت دارند.

3- آیا به استثناء ساحاتیکه فعلاً جنگلات جلغوزه به شکل طبیعی آن و جود دارد، سایرنقاط در افغانستان برای رشد و نموی درختان جلغوزه مساعد است و یا خیر؟

مشخصات نباتی درختان جلغوزه

نام علمی این نبات *Pinus gerardiana* بوده، مربوط فامیل *Pinacea* (مخروطیان) است. این نبات بومی کوه‌های همالیا، قسمت‌های شرقی و جنوبی افغانستان، غرب پاکستان و شمال‌غرب هند است. جنگلات جلغوزه در افغانستان در بین درختان سدر، نشتر و بلوط در ولایات کنر، ننگرهار، لغمان، پکتیا، پکتیکا، خوست و کاپیسا به شکل طبیعی موجود می‌باشد.

نام این نبات از میوه آن گرفته شده به این معنی که در یک غوزه 40 عدد دانه موجود می باشد. نام لاتین این نبات (*gerardiana*) از نام یک افسر بریتانیایی (Patric Gerard) گرفته شده است، زیرا موصوف برای اولین بار تخم این نبات را در سال 1839م. از هند به بریتانیا انتقال داده و در آنجا آنرا بذر نمود.

درخت جلغوزه از جملهٔ درختان سوزنی برگ، همیشه سبز و کانیفرز است. در سطح جهان تقریباً 25 نوع درختان کاج وجود دارد که دانه های بزرگ و قابل خوردن را تولید می نمایند که یکی از آن‌ها جلغوزه می باشد. درختان جلغوزه نیز دو نوع می باشند که یک نوع آن مخصوص کشورهای اروپایی بوده و به نام *Pinus pinae* و نوع دیـگر مخصوص کشور های آسیایی است که بـه نـام Pinus gerardiana یاد می شوند. جلغوزه افغانستان مربوط نوع دومی است. دانهٔ این درختان برخلاف میوه‌های نهان دانه‌گان که در داخل ساختمان پوشیدهٔ به نام تخمدان تولید می‌شوند، به شکل برهنه بالای فلس‌ها تولید می‌شوند. (5:ص.45).

درختان جلغوزه از اهمیت خاصی برخوردارند، زیرا این درختان نه تنها اینکه در بهسازی محیط زیست نقش به سزای دارند، بلکه از نقطه نظر اقتصادی و غذایی از اهمیت والای برخوردار اند. در ایجاد شغل و بلند بردن سطح زندگی روستانشینان سهم بارز دارند. دانه‌های جلغوزه یک قلم مهم صادراتی افغانستان را تشکیل می‌دهد، قرار راپور ریاست احصائیه مرکزی سالانه در حدود 20 تا 30 هزار تن جلغوزه در کشور تولید شده که از جمله 10 الی 15 هزار تن جلغوزه به خارج صادر می گردد، البته نرخ هر کیلو جلغوزه در بازار های جهانی 10 تا 15 دالر می‌باشد. به اساس راپور فوق گفته می توانیم که سالانه در حدود 150 میلیون دالر از طریق فروش جلغوزه به افغانستان وارد می‌گردد که یک قلم مهم صادرات کشور را تشکیل میدهد(1:ص.10).

انتشار جنگلات جلغوزه در افغانستان محدود به چند ولایت خاص بوده و در سطح جهان هم جنگلات جلغوزه نوع gerardina بسیار نادر بوده صرف در چند مملکت مانند هند، پاکستان، افغانستان و کوه های همالیا محدود می باشد. محدود بودن این جنگلات از یک جهت و چرای مفرط ، قطع بی رویه و استفاده بیش از حد از جهت دیگر سبب گردیده تا وسعت این جنگلات کاهش یافته و در لست سرخ نباتات شامل گردد، بنا بر ملحوظات فوق ضرور دانستم تا مطالعاتی را پیرامون توسعهٔ این درختان انجام دهم.

برگهای درختان جلغوزه سوزنی شکل بوده، به شکل بندل قرار داشته و در هر بندل به تعداد 2 الی 3 سوزن قرار دارد. سوزن ها همیشه سبز بوده، 3 الی 4 سال عمر دارند، طول سوزن ها نظر به نوع درختان جلغوزه از هم متفاوت بوده مثلاً در Pinus gerardiana طول سوزن ها معمولاً بین 15 تا 20 سانتی متر بوده، در حالیکه Pinus pinea طول سوزن ها از 15 سانتی متر بیشتر نمی باشد. ساقه این درختان مستقیم بوده، ارتفاع آنها معمولاً بین 15 تا 25 متر می رسد، ساقه‌های این درختان دارای رنگ زرد خاکستری بوده و با ازدیاد عمر روی ساقه ها توسط ورقه های پوست های مرده سال‌های گذشته پوش میگردد (1:ص. 13).

تاج این درختان شکل هرمی را داشته و شاخچه هایکه تاج نبات را تشکیل می دهند از مرکز به طرف بالا به صورت راست نمو می نمایند، بنا برآن تاج درختان جلغوزه نسبت به سایر انواع کاج کوچکتر است. درختان جلغوزه در مقابل خشکی فوق العاده مقاوم اند، مگر در مقابل رطوبت بیش از حد حساس هستند، زیرا در صورت موجودیت رطوبت بیش از حد قارچهای نوع Diplodia pinea و Mycospharella درختان جلغوزه را مورد حمله قرار داده که قارچ نوع اولی سبب بطی شدن رشد شاخچه های جدید گردیده و شاخچه بسیار کوتاه باقی می ماند و نوع دومی باعث بوجود آوردن بند ها و یا گره ها به رنگ سرخ در برگ ها گردیده و سبب می گردد تا برگها قبل از وقت ریخته و نبات از بین برود.

درختان جلغوزه روشنی پسند بوده، حرارت های بلند را تحمل داشته، در مقابل هوای سرد حساس بوده و در منفی 25 درجه سانتی گرید از بین میروند. این درختان در خاکهای ریگی و سیلتی به خوبی رشد و نمو می نمایند، خاکهای آهکی و کلسیمی را نیز تحمل کرده می توانند. درختان جلغوزه یک جنسه (Monoecious) و یا Unisexual بوده، غوزه

ها در ورایتی ها اشکال مختلف را داشته معمولاً مستطیلی، بیضوی و حتی در بعضی ورایتی ها مدور نیز می باشند. رنگ غوزه در ابتدا سبز بوده و در هنگام پخته شدن رنگ نصواری را به خود می گیرند. غوزه ها معمولاً بین 10 تا 20 سانتی متر طول دارند. دانه های جلغوزه رنگ سفید داشته و توسط یک پوش نصواری مایل به سیاه پوشیده شده اند. طول دانه 15 تا 20 میلی متر و قطر آنها بین 5 تا 7 میلی متر می رسد. دانه ها زمانیکه در بین فلس ها قرار داشته باشند دارای بالهای ابتدایی می باشند، مگر در هنگام پختگی بال ها از بین می روند. پخته شدن دانه های جلغوزه سه سال را در بر میگیرد(2:ص.253).

انتشار جغرافیایی درختان جلغوزه

درختان جلغوزه در پاکستان به امتداد کوه های هندوکش، در کوه های سلیمان که بین سه ایالت سرحدی بلوچستان، خیبر پختونخواه و پنجاب موقیعت دارد، موجود است. این کوه در عرض البلد 36 درجه شمالی و 59 تا 69 درجه شرقی قرار دارد، این کوه ها بین 500 تا 3441 متر از سطح بحر ارتفاع دارند. نشیب های تند کوهستانی با اقلیم خشک و گرم و شرایط توپوگرافیکی مختلف شرایط مناسبی را برای رشد درختان جلغوزه تشکیل می دهد. تابستان داغ و خشک و زمستان سرد ازجملهٔ شرایط اقلیمی این مناطق است که در چنین جاها بلند ترین درجه حرارت 39 درجه سانتی گرید در ماه سرطان و اسد و پائین‌ترین درجه حرارت 13 - درجه سانتی گرید در زمستان می باشد. مقدار بارند گی سالانهٔ این مناطق 320 میلی متر می باشد، کوه های سلیمان با داشتن شرایط فوق بیشترین وسعت جنگلات جلغوزه را دارا می باشد که به 260 کیلومتر مربع می رسد. این جنگلات برعلاوهٔ اهمیت اقتصادی که برای یک کشور به خصوص برای مردمانیکه در نزدیکی جنگلات جلغوزه زنده گی می نمایند دارد، از اهمیت ایکولوژیکی و محیط زیستی خاصی نیز برخوردار می باشند(4:ص.98).

کشت تخم درختان جلغوزه

تخم های درختان جلغوزه در خاک های نرم، ریگی، لومی و کلی می تواند بذر گردند، اما خاکهای زهکشی شده را ترجیح می دهند. رشد نهال های جلغوزه در خاکهایکه دارای pH خنثی تا تیزابی اند خوب تر رشد می نمایند، اما در خاک هایکه pH آن قلوی اند رشد و نمو کرده نمی توانند. تخم درختان جلغوزه برای یک مدت کوتاه به

(Stratification) ضرورت دارد ، بناءً کشت آن در افغانستان باید در اخیر خزان قبل از اینکه یخبندان شروع گردد، صورت گیرد، اگر کشت تخم های جلغوزه در گلدان ها صورت می گیرد، پس 6 هفته قبل از شروع بهار در گلدانهای جداگانه بذر گردیده و تحت حرارت 4 درجه سانتی گرید برای مدت 6 هفته گذاشته شوند، می تواند به آسانی جوانه بزنند. این نبات آفتاب دوست بوده و در طی 10 سال اول رشد به ارتفاع سریع بوده که تقریباً به 2 الی 3 متر می رسد که بزرگی تاج آن ممکن به 120 سانتی برسد. نـهال های جـلغوزه تــحمل سایــه را نــدارند. درجاهای که نبات زعفران کشت و پرورش یافته می تواند، برای کشت و پرورش درختان جلغوزه نیز مساعد می باشد. باید گفت که این درخت در اکثر ساحات افغانستان می تواند رشد و نمو نماید به استثنی مناطقی که زمستان بسیار سرد دارند مانند بامیان، دایکندی، غزنی، بدخشان و سالنگ‌ها (2:ص.95).

تکثیر این نبات به صورت مصنوعی فوق العاده مشکل می باشد، زیرا این نبات اکثراً به شکل جنگل های مخلوط با درختان نشتر، بلوط و سدر رشد می نمایند، به شکل تنهایی به زودی ازبین می روند چنانچه در Himachal Pradesh هند این نبات چندین بار کشت گردیده، اما نتیجه مطلوب از آن به دست نیاوردند. از یک جهت تکثیر این نبات به شکل مصنوعی بسیار مشکل می باشد و از جهت دیگر جمع آوری غوزه های این نبات توسط مردم، قطع جنگلات و چرای مفرط مانع احیای طبیعی گردیده است، بناءً درختان متذکره در معرض انقراض قرار گرفته اند.

جهت جلو گیری از انهدام این جنگلات با ارزش و توسعهٔ بیشتر آن در سایر ولایات ضرور است تا در قدم نخست شرایط نمویی درختان جلغوزه مانند حرارت، رطوبت، نور و نوع خاک مطالعه گردیده و سپس شرایط اقلیمی و موقعیت جغرافیایی ولایات افغانستان به بررسی گرفته شود، در صورت مطابقت با شرایط مناسب رشد و نموی درختان جلغوزه، برای توسعهٔ جنگلات جلغوزه انتخاب گردد.

جهت دریافت ساحات مناسب برای توسعهٔ جنگلات جلغوزه در جدول ذیل مشخصات جغرافیایی مانند ارتفاع از سطح بحر، عرض البلد و طول البلد، بلند ترین و پائین ترین درجهٔ حرارت ولایات افغانستان درج گردیده که بعد از مطالعه و مقایسه پارامتر های اقلیمی و جغرافیایی به آسانی می‌توان سایر محلاتی را که برای پرورش جنگلات جلغوزه مناسب است، مشخص نمود. به اساس مطالعه و مقایسهٔ پارامتر های ذیل که در جدول 1 به آن‌ها اشاره گردیده است، ولایاتی که امکان توسعهٔ جنگلات جلغوزه در آن‌ها موجود است در جدول ذیل مشخص گردیده است.

جدول – 1: ولایاتی که از لحاظ شرایط اقلیمی برای تکثیر درختان جلغوزه مساعد می باشند(3:ص. 100).

شماره	ولایات	موقعیت جغرافیایی		نوع اقلیم	ارتفاع ازسطح بحر به متر(M)	درجه حرارت به سانتی گرید		زرع درختان جلغوزه امکان دارد و یا خیر
		طول البلد	عرض البلد			بلند ترین درجهٔ حرارت به °C	پایین ترین درجهٔ حرارت به °C	
1	کابل	69.13	33.34	معتدله	1791	40	-18	✓
2	پروان	69.11	35.12	معتدله و سرد	2000	38	-22	✓
3	کاپیسا	69.20	34.1	نیمه استوایی	1746	40	-15	✓
4	لوگر	69.3	34.6	معتدله و سرد	1800	40	-10	✓
5	ننگرهار	70.28	34.26	نیمه استوایی	700	46	-2	✓
6	کنر	71.15	34.87	نیمه استوایی و مرطوب	2500	40	-2	✓
7	لغمان	70.13	34.39	نیمه استوایی	800	44	0	✓
8	تخار	69.3	36.44	نیمه صحرایی	900	30	-10	✓
9	بغلان	68.39	36.6	نیمه صحرایی	1000	40	-5	✓
10	کندز	68.55	36.40	نیمه صحرایی	433	40	0	✓
11	سمنگان	68.1	39.16	نیمه صحرایی	2200	30	-10	✓
12	فاریاب	63.45	35.55	نیمه صحرایی	815	40	-15	✓
13	هلمند	64.21	31.35	صحرایی	1100	40	-2	✓

شماره	ولایات	موقعیت جغرافیایی		نوع اقلیم	ارتفاع ازسطح بحر به متر(M)	درجه حرارت به سانتی گرید		زرع درختان جلغوزه امکان دارد و یا خیر
		طول البلد	عرض البلد			بلند ترین درجهٔ حرارت به °C	پایین ترین درجهٔ حرارت به °C	
14	سرپل	65.93	35.21	معتدله	525	40	-7	✓
15	دایکندی	66.14	32.66	سرد و کوهستانی	2150	35	-12	✓
16	هرات	62.18	34.35	معتدله	940	42	-5	✓
17	قندهار	65.51	31.30	نمیه استوایی	1010	45	-5	✓
18	زابل	66.54	32.7	نیمه صحرایی	1565	37	-7	✓
19	فراه	62.11	32.22	نیمه صحرایی	1200	46	-2	✓
20	نیمروز	61.52	31	صحرایی	478	49	-5	✓
21	پکتیکا	68.47	33.60	مدیترانه یی	2996	38	-8	✓
22	پکتیا	69.14	33.85	مدیترانه یی	1146	34	-10	✓
23	خوست	69.22	33.34	مدیترانه یی	2500	42	-2	✓
24	نورستان	70.90	35.32	مدیترانه یی	3300	30	-15	✓

از مطالعهٔ جدول فوق چنین بر می آید که برعلاوهٔ ولایاتی که فعلاً جنگلات جلغوزه در آن‌ها موجود است در اکثر ولایات دیگر نیز امکان زرع و پرورش این نبات موجود می‌باشد که می‌توان از کابل، پروان، لوگر، تخار، کندز، سمنگان، فاریاب ، فراه ، نیمروز ، زابل و غیره نام برد. در مجموع می‌توان گفت که امکان احداث جنگلات جلغوزه در بیشتر از 18 ولایت دیگر نیز وجود دارد.

نتیجه‌گیری

مطالعاتی که در مورد شرایط نمویی درختان جلغوزه به خصوص شرایط اقلیمی و توپوگرافی در ولایاتی که فعلاً جنگلات جلغوزه موجود است انجام داده شد، چنین نتیجه گیری می‌گردد که این درختان معمولاَ درجاهای رشد ونمو کرده می توانند که درجه حرارت در تابستان بلندتر از 40 درجه سانتی گرید و در زمستان پائینتر ازمنفی 25- درجه سانتی گرید نباشد، ارتفاع از سطح بحر در بین 1800 تا 3200 متر در افغانستان نتیجه خوب داده، ولی در بعضی نقاط جهان بین ارتفاعات 300 تا 3500 متر هم موجود می باشد، خاک‌های زهکشی شده و صخره ها را نسبت به خاک‌های دیگر ترجیح داده که به اساس فکتورهای فوق 24 ولایت افغانستان که در جدول 1 مشخص گردیده اند، دارای اقلیم و توپوگرافی مساعد برای تربیه و پرورش درختان جلغوزه هستند، اما نکتهٔ قابل توجه اینجاست که نهال های جلغوزه به صورت تنهایی نمو کرده نمی توانند، زیرا نوجست های این درختان بسیار نازک بوده و در مقابل شعاع مستقیم آفتاب حساس می باشند و به زودی به آفتاب سوختگی مواجه می گردند و درتحت تاج خود درختان جلغوزه به نسبت ترشح مواد مانع کنندهٔ نمو(Inhibitor) از برگ درختان جلغوزه، تخم درختان جوانه زده نمی توانند که در اینصورت احیای درختان جلغوزه به صورت طبیعی ناممکن می باشد، برعلاوهٔ پرابلم های فوق چون دانه جلغوزه از ارزش اقتصادی فوق العاده برخوردار می باشد، بناءَ تخم این نبات توسط انسانها جمع آوری گردیده و برای احیای طبیعی چیزی باقی نمی ماند، از این رو ضرور است که ابتدا تخم این نبات در تحت تاج درختان دیگر بذر

گردیده و بعد از گذشت دو الی سه سال نهالی آن به جای اصلی آن انتقال داده شود.

به اساس مطالعاتی که پیرامون رشد و نموی درختان جلغوزه صورت گرفت گفته می‌توانیم که برعلاوه شش ولایت که فعلاً جنگلات جلغوزه در آن‌ها موجود است، 18 ولایت دیگر افغانستان نیز برای رشد و نموی این درختان مساعد می‌باشد، در حالیکه فعلاً فقط در شش ولایت جنگلات آن به صورت طبیعی موجود است که از طرف مردم همان مناطق کنترول گردیده و حاصل آن هم مربوط به همان مردم می‌باشد، خوشبختانه در این اواخر مردم اهمیت جنگلات جلغوزه را درک نموده و از قطع آن به منظور تهیه مواد سوخت و یا چوب ساختمانی، جلوگیری می نمایند.

پیشنهادات

طـوریکه دیده می شود درخــتان جلــغوزه از جملهٔ درختانی است کــه جنگلات طبیعی را در کشور تشکیل می دهند، با ارزشترین درخت بوده و یگانه درختان سوزنی برگ است که میوه قابل خوردن و با ارزش را تولید می نماید، اما جنگلات جلغوزه محدود به چند ولایت افغانستان بوده، آن هم نسبت عدم منجمنت صحیح در حالت از بین رفتن است، برای اینکه از انهدام این جنگل با ارزش جلو گیری کرده و در ولایات دیگر هم این جنگل احداث گردد، پیشنهادات ذیل ارائه میگردد:

1- به ریاست محترم جنگلات وزارت زراعت، آبیاری و مالداری پیشنهاد می گردد، هر چه عاجل از قطع و قاچاق جنگلات در سراسر کشور جلوگیری نموده و مردم را از طریق دایر نمودن پروگرام های آموزشی نسبت به اهمیت اقتصادی و محیط زیستی جنگلات آگاه سازد.

2- به ریاست تحقیقات وزارت محترم زراعت پیشنهاد می گردد که به منظور توسعهٔ جنگلات جلغوزه پروژه های تحقیقی را در ولایاتی که در جدول فوق از آنها تذکر به عمل آمده است، ایجاد نماید تا به صورت علمی و عملی تشخیص گردد که آیا در ولایات متذکره واقعاً امکان پرورش درختان جلغوزه میسر است و یا خیر؟

مآخذ

1- حسن یار، سید امیر شاه .جنگلات طبیعی افغانستان، مطبعه پوهنتون کابل، سال 1362 هـ.ش.

2- ناصری، غلام نقشبند. مبادی جنگلداری ، مطبعه پوهنتون کابل، سال 1380هـ.ش.

3- عارض، غلام جیلانی، اطلس ولایات افغانستان، اداره کتابخانه های سیار اریک، پشاور، پاکستان،سال ، 1381هـ.ش.

4- Akbar M, Khan H, Hussian A, Hyder F, and ali S. present status and future trend of chilghoza forest in Afghanistan, jurnal of Biodiversity and Environmental science, 2005.

5- Chandy K T. Chilghoza pine nut, Booklet no 188, Nut production, Indian social institute. New Delhi 2002.

6- Shalizi M N and Khurram S. Socio- economic importance of Chilghoza pine forests of Afghanistan, Asian Journal of science and Technology, 2008.

معاون سرمحقق نصرالله فلک

تحلیل مناقشه آب دریای کابل میان افغانستان و پاکستان بر پایه نظریه بازی‌ها

Analysis of the Kabul River Water Dispute between Afghanistan and Pakistan Based on Game Theory

Associate Prof. Nasrullah Falak

Abstract:

Game theory studies decision-making in competitive or cooperative situations where each individual's choice affects others. The theory developed from the 1920s and gained prominence with von Neumann and Morgenstern's book in 1944, subsequently finding applications across various sciences. In game theory, the utility function represents a player's level of satisfaction, and the best response function denotes the optimal strategy in reaction to others' decisions. The Nash equilibrium describes a situation where no player can improve their outcome by unilaterally changing their strategy, and this equilibrium is stable when all players are rational and informed. This theory is especially relevant for Afghanistan due to its shared water resources with neighboring countries, particularly Pakistan, and can offer solutions based on equilibrium concepts. In the Afghanistan-Pakistan water

conflict, the Nash equilibrium suggests that cooperation and the establishment of joint institutions for water resource management are the best solutions.

خلاصه

نظریه بازی‌ها مطالعه تصمیم‌گیری در شرایط رقابت یا همکاری است که انتخاب هر فرد بر دیگران تأثیر می‌گذارد. این نظریه از دهه 1920م. توسعه یافته و با کتاب فون نویمان و مورگنسترن در 1944م. به شهرت رسید، در علوم مختلف راه باز کرد و کاربرد یافت. در نظریه بازی‌ها، تابع مطلوبیت میزان رضایت بازیکن را نشان می‌دهد و تابع بهترین پاسخ استراتژی مطلوب در واکنش به تصمیم‌های دیگران است. در این نظریه تعادل نَش وضعیتی است که هیچ بازیکنی با تغییر استراتژی خود نمی‌تواند بهتر شود. این حالت زمانی پایدار است که همه بازیکن‌ها عقلانی و آگاه باشند. این نظریه برای افغانستان به دلیل منابع آبی مشترک با کشورهای همسایه، به‌ویژه پاکستان، در موقعیت حساسی است که می‌تواند راه‌کار مبتنی بر تعادل ارایه کند. در منازعه آبی افغانستان و پاکستان، تعادل نش نشان می‌دهد که همکاری و ایجاد نهادهای مشترک برای مدیریت منابع آبی، بهترین راه‌حل است.

مقدمه

نظریه بازی‌ها شاخه‌ای از اقتصاد ریاضی و علوم تصمیم‌گیری است و به تحلیل موقعیت‌هایی می‌پردازد که تصمیم‌های هر بازیکن بر نتایج خود و دیگران تأثیر دارد. این نظریه، علم استراتژی محسوب می‌شود و با مدل‌سازی ریاضی تعاملات بازیکن‌ها تحت قوانین مشخص، رفتار عقلانی آن‌ها را در شرایط رقابت یا همکاری پیش‌بینی و راهبرد مطلوب برای حداکثرسازی منفعت را تعیین می‌کند

برخی مفاهیم بنیادین نظریه بازی‌ها را می‌توان به قرن هجدهم میلادی نسبت داد، اما توسعه نظام‌مند و مدون این نظریه از سال 1920م. آغاز شد؛ زمانی که ریاضیدان فرانسوی به نام امیل بورل(Emile Borel)، بین سال های 1871-1956م. و سپس جان فون نیومان (John von Neumann)، ریاضیدان مجارستانی در بین سال های 1903-1957م. که به دانشمند چند رشته‌ای برجسته نیز شهرت دارد، گام‌های اولیه را در طرح

ساختارهای ریاضی این نظریه برداشتند. نقطه عطفی در تاریخچه این حوزه انتشار "کتاب نظریه بازی‌ها و رفتار اقتصادی" در سال 1944م. بود که به‌طور مشترک توسط فون نیومان و اقتصاددان اتریشی اسکار مورگنسترن (Oskar Morgenstern) تألیف شد. این اثر زیربنای نظری برای تحلیل‌های تصمیم‌گیری استراتژیک در شرایط تعاملی را فراهم آورد. در دهه 1950م.، مدل‌های نظریه بازی به‌تدریج وارد عرصه اقتصاد، علوم سیاسی، علوم طبیعی و اجتماعی شد. همچنین، این نظریه به طور گسترده در حوزه‌های مختلفی چون علوم اجتماعی، علوم رفتاری، روابط بین‌الملل، و حتی فلسفه کاربرد یافت. اهمیت روز افزون این نظریه در علم اقتصاد با اهدای جایزه نوبل اقتصاد در سال 1994م. به سه تن از نظریه‌پردازان برجسته این حوزه، یعنی جان سی. هارسانی (John C. Harsanyi) بین سال های 1920-2000م.، جان اف. نَش (John F. Nash) ریاضیدان امریکایی در بین سال های 1927-2015م. و راینهارد زِلتنِ (Reinhard Selten) در سال های 1930-2016م.، رسمیت یافت و به رسمیت شناخته شد (7: ص. 3).

چند ایده از جان اف. نَش که در دوران تحصیلات تکمیلی‌اش در پرینستون از 1948 تا 1950م. توسعه یافت، نظریه بازی‌ها را متحول کرد. جان‌نَش مفهوم تعادل را در تیزیس دکتوری اش توسعه داد و این مفهوم اکنون بنام (تعادل‌نَش) شناخته می‌شود. مفهوم تعادل نَش نظریه بازی ها را به صورت چشم گیر توسعه داد. در واقع ایدهٔ تعادل نَش در سال 1951م. پایه های نظریهٔ بازی های غیر همکارانه مدرن را بنا نهاد (6: ص. 19).

تحلیل استراتژیک مناقشهٔ آبی میان افغانستان و پاکستان با رویکرد نظریه بازی‌ها: افغانستان با منابع آبی فرامرزی، موقعیتی استراتژیک دارد که در صورت مدیریت نادرست می‌تواند منبع منازعه باشد. سه رودخانه مهم، کابل، هیرمند و آمو منافع متضاد با همسایگانش ایجاد می‌کنند. با استفاده از نظریه بازی‌ها و تعادل نَش، روابط آبی با این کشورها تحلیل می‌شود؛ نمونهٔ از آن مناقشه آب افغانستان با پاکستان است. مناقشه آب میان افغانستان و پاکستان، به‌ویژه بر سر رودخانه کابل، به‌عنوان یک چالش پیچیده در روابط دوجانبه و منطقه‌ای مطرح است. این مناقشه نه تنها به‌دلیل کمبود منابع آبی و وابستگی‌های کشاورزی، بلکه به خاطر نبود توافق نامه رسمی برای تخصیص آب، به تنش‌های سیاسی و امنیتی دامن می‌زند. مطالعات مختلف، از جمله تحقیقاتی که از نظریه بازی‌ها برای تحلیل رفتارهای استراتژیک طرفین استفاده کرده اند، نشان

می‌دهند که در شرایط کنونی، هیچ یک از طرفین انگیزهٔ برای همکاری ندارند و هر دو به‌دنبال به حداکثر رساندن منافع خود هستند. این وضعـــیت منجر به یک بازی «بازنده-بازنده» می‌شود که در آن هیچ کدام از کشورها به طور کامل از منابع بهره برداری نمی‌کنند و در عین حال، خطرات زیست‌محیطی و اجتماعی افزایش می‌یابد.

در زمینه تحلیل مناقشه‌های آبی میان افغانستان و پاکستان با استفاده از نظریه بازی‌ها، چندین مطالعه معتبر وجود دارد که به بررسی رفتار استراتژیک دو کشور در مواجهه با منابع آبی مشترک پرداخته اند. این مطالعات به ویژه بر روی رودخانه کابل و حوزه‌های آبی مرتبط تمرکز دارند.

مطالعه‌ای با استفاده از مودل WEAP و نظریه چانه‌زنی نش: این تحقیق به تحلیل تقاضای آب در حوضه رودخانه کابل با استفاده از مودل WEAP و نظریه چانه زنی نش پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که تخصیص عادلانه منابع آبی می‌تواند به کاهش تنش‌ها و بهبود همکاری میان افغانستان و پاکستان منجر شود (4: ص. 8)

تحلیل متاگیم (Metagame) در روابط دوجانبه افغانستان و پاکستان :این مطالعه از روش متاگیم برای تحلیل مناقشه‌های آبی میان افغانستان و پاکستان استفاده کرده است. نتایج نشان می‌دهد که تحلیل‌های کمی و کیفی می‌توانند به درک بهتری از رفتارهای استراتژیک دو کشور در مدیریت منابع آبی مشترک کمک کنند. مدل سازی بازی‌های سه جانبه در توزیع منابع آبی :این تحقیق به مدل‌سازی بازی‌های سه‌جانبه در توزیع منابع آبی میان افغانستان، پاکستان و یک کشور سوم پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از نظریه بازی‌ها می‌تواند به شناسایی تعادل‌های نش و استراتژی‌های مطلوب در مدیریت منابع آبی مشترک کمک کند (7: ص. 95).

رود کابل و بازی بین افغانستان – پاکستان: در بازی استراتژیک بین افغانستان و پاکستان بر سر رود کابل، دو بازیگر با منافع متضاد درگیراند. افغانستان خواهان استفاده از این منبع برای تولید برق و تأمین آب آشامیدنی کابل است (مثلاً انتقال آب دریا پنجشیر به شهر کابل)، در حالی که پاکستان نگران کاهش جریان آب به سمت مناطق خود در داخل مرز های خویش است. در یک مودل سادهٔ بازی، هر کشور می‌تواند بین "همکاری" یا "عدم همکاری" (یعنی ساخت یک‌جانبه پروژه یا اعمال فشار دیپلماتیک) یکی را انتخاب کند. در نبود معاهده رسمی، هر دو کشور ممکن است استراتژی های غیر همکارانه اتخاذ

کنند که در نهایت به کاهش رفاه هر دو منجر خواهد شد. تعادل نَش در این وضعیت می‌تواند شرایطی باشد که هر کشور با آگاهی از انتخاب دیگری، به گونه‌ای تصمیم بگیرد که هیچ‌کدام سودی در تغییر تصمیم خود نداشته باشند. اگرچه استراتژی غالب برای هر کشور ممکن است عدم همکاری باشد، اما این تعادل یک تعادل ناکارآمد (نَش) است که در آن هر دو طرف نسبت به وضعیت همکاری ضعیف‌تر هستند.

راه‌حل، از دید نظریه بازی‌ها، حرکت به سمت تعادل نَش مطلوبیت پارتو (هیچ استراتژی دیگری وجود ندارد که یک بازیگر در موقعیت بهتر نسبت به دیگر قرار بگیرد بدون این‌که وضعیت حداقل یکی از دیگر بازیگران بدتر شود) از طریق مذاکرات و معاهدات دوجانبه است.

اهمیت تحقیق

تحلیل مناقشه آب دریای کابل میان افغانستان و پاکستان با نظریه بازی‌ها اهمیت بالایی دارد، زیرا منابع آبی محدود و راهبردی‌اند. این رویکرد امکان پیش‌بینی رفتار استراتژیک کشورها، ارزیابی پایداری استراتژی‌ها و طراحی سیاست‌های همکاری و مدیریت بلندمدت منابع آبی را فراهم می‌کند و تأثیر آن در سطح ملی و منطقه‌ای برجسته است.

مبرمیت تحقیق

مبرمیت تحقیق در این است که با تحلیل تعادل نش، می‌توان از بروز تنش‌های آبی جلوگیری کرده و همکاری پایدار منطقه‌ای را بر مبنای منافع متقابل شکل داد.

هدف تحقیق

هدف این تحقیق تحلیل تعاملات آبی افغانستان با همسایه‌ها بر مبنای نظریه بازی‌ها به‌منظور یافتن راهکارهای پایدار و عادلانه برای مدیریت منابع مشترک آب است.

سوال تحقیق

چگونه می‌توان با استفاده از نظریه بازی‌ها و تعادل نش، راه‌حل‌های پایدار و منصفانه‌ای برای مدیریت و توزیع منابع آبی مشترک افغانستان با کشورهای همسایه (پاکستان) ارائه داد؟

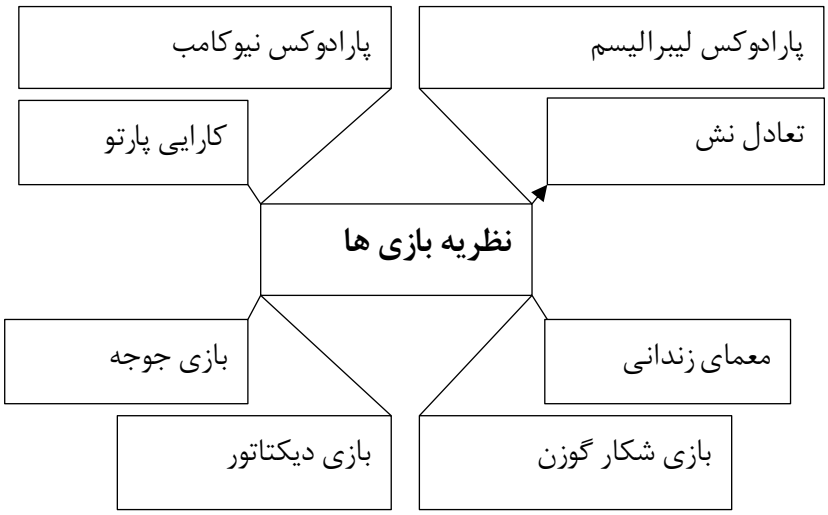
سوالات فرعی می‌گویند: در شرایط نبود توافق حقوقی مشخص، چگونه رفتارهای استراتژیک افغانستان و پاکستان در قالب یک بازی غیرهمکارانه قابل مودل‌سازی است؟ چه ترکیب استراتژی‌ها منجر به تعادل نَش می‌شود و کدام یک از کشورها از آن منتفع یا متضرر می‌گردند؟ آیا امکان دستیابی به تعادل‌های پایدار و برد- برد در این منازعه وجود دارد یا بازی به سمت منطق برد- باخت میل می‌کند؟

روش تحقیق

این تحقیق به شیوه‌ی توصیفی– تحلیلی و با استفاده از مودل‌سازی نظریه بازی‌ها، تحلیل تعادل نش و بررسی داده‌های تاریخی و حقوقی منابع آبی مشترک میان افغانستان و کشور همسایه (پاکستان) انجام می‌شود.

نظریه بازی های (Game Theory)

نظریه بازی‌ها موقعیت‌هایی را بررسی می‌کند که در آن تصمیم‌گیرندگان با هم تعامل دارند و در حوزه‌های اقتصادی، سیاسی و زیستی کاربرد دارد. مدل‌ها انتزاعی و ساده‌شده‌اند، مفید یا غیرمفید و با فرضیات واقع بینانه ساخته می‌شوند. مدل‌سازی شامل ایجاد، تحلیل و بهبود مدل‌هاست تا فهم ما از تعاملات انسانی ارتقا یابد (6. ص: 1).



شکل 1، عناصر سازندۀ نظریه بازی ها در یک مودل مفهومی

طبیعت

نظریه بازی‌ها به تصمیم‌گیرندگانی مربوط است که اقدامات شان بر دیگران تأثیر می‌گذارد و واکنش‌های دیگران را در نظر می‌گیرند. عناصر کلیدی یک بازی ریاضی در ادامه توضیح داده خواهدشد . (4: ص. 1). قوانین بازی‌های ریاضی و ویژگی‌های آن به شرح زیر است:

قوانین

حرکات محدود و از پیش تعریف‌شده‌اند، برخلاف بازی‌های واقعی که نوآوری ممکن است.

نتایج و پاداش‌ها

هدف پیروزی است و پاداش‌ها شامل پول یا رضایت فردی می‌شوند.

نااطمینانی از نتیجه

هیجان بازی به دلیل غیرقابل پیش‌بینی بودن نتیجه ناشی از عناصر تصادفی یا تصمیم‌های بازیکن‌هااست.

تصمیم‌گیری

بازی‌ها شامل تصمیم‌گیری ذهنی هستند و با نظریه بازی‌ها قابل تحلیل‌اند.

بدون تقلب

نظریه بازی‌ها تقلب را نمی‌پذیرد و تمرکز بر برنده‌شدن بدون تقلب است.

هر بازی مجموعهٔ از قوانین است؛ هر بار بازی کردن نمونهٔ از آن قوانین است. حرکت تصمیمی است که بازیکن می‌گیرد، اما استراتژی نقشهٔ است که همه حرکت‌ها را مشخص می‌کند. بازیکن‌های عقلانی با توجه به ترجیحات و باورهای‌شان سود خود را به حداکثر می‌رسانند و می‌دانند دیگران نیز همین کار را انجام می‌دهند (5. ص: 3).

طبقه‌بندی بازی‌ها

بازی‌ها را می‌توان بر اساس معیارهای زیر دسته‌بندی کرد:

1. تعداد بازیکن‌ها: معمولاً چند بازیکن اند، بازی‌های تک‌نفره با عنصر تصادف هم ممکن است.

2. همزمانی یا توالی: بازیکن‌ها یا هم‌زمان حرکت می‌کنند یا نوبتی و چندباره.
3. حرکات تصادفی: ممکن است رویدادهای تصادفی نتیجه بازی را تحت تأثیر قرار دهند.
4. اطلاعات کامل: در بازی توالی‌دار، بازیکن همه حرکات قبلی را بداند.
5. اطلاعات جامع: همه بازیکن‌ها ساختار بازی، ترتیب حرکت‌ها و پاداش‌ها را بدانند.
6. جمع صفر: مجموع پاداش بازیکن‌ها صفر است؛ مثل پوکر و شطرنج.
7. ارتباط بازیکن‌ها: گاهی پیش یا حین بازی مجاز است، گاهی نیست.
8. همکاری‌طلب یا غیرهمکاری: بازی همکاری‌طلب نتایج مذاکره قابل قرارداد و تقسیم پاداش دارد، در غیر آن «گفتار ارزان» رخ می‌دهد (2: ص. 34).

توصیف یک بازی

عناصر اساسی یک بازی شامل بازیکن‌ها (Players) ، اقدامات (Actions) ، پاداش‌ها (Payoffs) و اطلاعات (Information) یا «PAPI» است. این عناصر قوانین بازی را تشکیل می‌دهند. بازیکن‌ها برای حداکثرسازی پاداش‌ها استراتژی طراحی می‌کنند و ترکیب استراتژی‌ها «تعادل» نامیده می‌شود که نتایج نهایی بازی را تعیین می‌کند.

بازیکن‌ها(Players)

افرادی هستند که تصمیم‌گیری می‌کنند. هدف هر بازیکن این است که با انتخاب اقدامات(Actions) ، سودمندی (Utility) خود را به حداکثر برساند.

اقدامات (Actions)

اقدام بازیکن i با a_i نشان داده می‌شود و مجموعه اقدامات او $A_i = \{a_i\}$ است. ترکیب اقدامات $a = \{a_i\}$ شامل یک اقدام برای هر بازیکن $i = 1, \dots, n$ است.

پاداش(Payoff)

پاداش بازیکن i با $\pi_i(s_1, \dots, s_n)$ ارایه شده می‌تواند شامل موارد زیر باشد:
1. مطلوبیتی که پس از اجرای بازی و انتخاب استراتژی‌ها دریافت می‌کند.

2. مطلوبیت مورد انتظار تابعی از استراتژی‌های خود و دیگر بازیکن‌ها.

در مودل‌سازی، «استراتژی» گاهی معادل «اقدام» است و پاداش واقعی یا مورد انتظار با توجه به زمینه تعیین می‌شود که این بخش معمولاً دشوارترین قسمت است.

اطلاعات (Information)

اطلاعات مشخص می‌کند هر بازیکن چه می‌داند و چگونه تصمیم می‌گیرد. در بازی با اطلاعات کامل، بازیکن‌ها از مجموعه بازیکن‌ها، اقدامات ممکن، توابع پرداخت و ترجیحات یکدیگر آگاه‌اند (3: ص. 194).

تابع مطلوبیت (Utility Function)

تابع مطلوبیت در نظریه بازی‌ها ترجیحات بازیکن نسبت به نتایج مختلف را نشان می‌دهد و به هر ترکیب استراتژی‌ها عددی برای میزان رضایت بازیکن اختصاص می‌یابد. فرضیات این تابع نیز مشخص شده‌اند. $N = (1,2,\cdots,n)$ مجموع بازیکن‌ها، $A_i = \{a_1, a_2, \cdots, a_n\}$: مجموعه اقدامات مکن هر بازیکن i فرض شده است. نظر به اصل ضرب فضای استراتژی های ترکیبی $S_i = s_1 \times s_2 \times \cdots \times s_n$ تعریف می‌شود و هر اقدام $a \in \{a_1, a_2, \cdots, a_n$ یا $s_1, s_2, \cdots, s_n\}$ ترکیبی از استراتژی ها است. تابع مطلوبیت i نیز برا ین اساس تعریف می‌شود:

$$u_i: A \text{ یا } S \longrightarrow \mathbb{R}$$

$$\pi_i(a) = u_i(a_1, a_2, \cdots, a_n),\ \ \pi_i(a) = u_i(a)$$

مطلوبیت بازیکن i وقتی همه بازیکن‌ها پروفایل اقدام $a = (a_1, \dots, a_n)$ را انتخاب کنند، نشان می‌دهد. بازیکن‌ها به سه دسته ریسک‌پذیر، ریسک‌گریز و ریسک‌خنثی تقسیم می‌شوند. تابع مطلوبیت فون نیومان- مورگنسترن $U(a)$ ارزش مورد انتظار استراتژی را با توجه به تابع توزیع احتمال محاسبه می‌کند (6. ص: 10).

$$U(a) = \sum_{i=1}^{n} P_i(a)\, u_i(x_i),\ \ U(s) = \sum_{i=1}^{n} P_i(s)\, u_i(x_i)$$

در این رابطه: $u_i(x_i)$ مطلوبیت قطعی، $P_i(a)$ احتمال وقوع نتیجه x_i و $U(a)$ مطلوبیت مورد انتظار بازیکن از اقدام aاست. تابع مطلوبیت می‌تواند سود مالی، رضایت ذهنی یا هر منفعت دیگر باشد و در شرایط عدم قطعیت تصادفی است (5: ص. 163).

تابع بهترین پاسخ (Best Response Function)

در نظریه بازی‌ها، تابع بهترین پاسخ نقش کلیدی در تحلیل رفتار بازیکن‌ها دارد. فرض کنید، بازی در برگیرندهٔ n بازیکن باشد. برای هر بازیکن $i \in \{1,2,\cdots,n\}$ مجموعهٔ استراتژی های ممکن را با S_i نشان داده و استژی ترکیبی بازیکن‌ها دیگر (غیر از i) را با $s_{-i} \in S_i$ بیان می‌نمائیم. تابع بهترین پاسخ بازیکن i بر این اساس تعریف می‌شود:

$$B_i(s_{-i}) = \arg\max_{s_i \in S_i} u_i(s_i, s_{-i})$$

در این رابطه: $B_i(s_{-i})$ مجموعهٔ از استراتژی های بازیکن i است که در پاسخ به استراتژی بازیکن‌ها دیگر بیشترین مطلوبیت را دارد. $u_i(s_i, s_{-i})$ تابع مطلوبیت بازیکن i است که به استراتژی خودش و استراتژی سایر بازیکن‌ها بستگی دارد. $\arg max$ عملکرد است که مقدار s_i را برمی‌گرداند و بیشترین مقدار تابع مطلوبیت را ایجاد می‌کند(1: ص. 571).

تعریف: ساده تر از تابع بهترین پاسخ عبارت است از:

$$B_i\{s_i\} = \{s_i \in S_i \,/\, u_i(s_i, s_{-i}) \geq u_i(\grave{s}_i, s_{-i}), \quad \forall\, \grave{s}_i \in S_i\}$$
$$B_i\{a_{-i}\} = \{a_{-i} \in A_i \,/\, u_i(a_i, a_{-i}) \geq u_i(\grave{a}_i, a_{-i}), \quad \forall\, \grave{a}_i \in A_i\}$$

تابع بهترین پاسخ بر اساس تابع مطلوبیت u_i ساخته می‌شود و بازیکن بهترین واکنش را نسبت به استراتژی‌های دیگران انتخاب می‌کند. در بازی‌های تصادفی یا با ریسک، این تابع با تابع فون نیومان- مورگنسترن تلفیق می‌شود.

$$B_i(s_{-i}) = \arg\max_{s_i \in S_i} \mathbb{E}[u_i(s_i, s_{-i})] = \arg\max_{s_i \in S_i} \sum_{x \in X} p(x \,/\, s_i, s_{-i}) u_i(x)$$

در این رابطه، $E[u_i(s_i, s_{-i})]$ مطلوبیت مورد انتظار بازیکن i است که با استراتژی s_i و دیگران s_{-i} محاسبه می‌شود. $p(x/s_i, s_{-i})$ احتمال وقوع پیامد x و $u_i(x)$ مطلوبیت فون نویمان- مورگنسترن آن پیامد است. بازیکن i استراتژی‌ای انتخاب می‌کند که بیشترین ارزش مورد انتظار را بدهد و استراتژی خود را بر اساس تحلیل و باور درباره رقیب طراحی می‌کند، نه تبادل اطلاعات (5: ص. 153).

تعادل نَش (Nash Equilibrium): تعادل نَش مجموعه‌ای از استراتژی‌هاست که هیچ بازیکنی نمی‌تواند با تغییر انتخاب خود، پاداش بهتری کسب کند. حتی با اطلاع از استراتژی‌های دیگران، بهترین انتخاب هر بازیکن همان انتخاب عقلانی قبلی است.

برای برقراری تعادل نَش، شرایط زیر لازم است:

1. بازیکن‌ها استراتژی‌های خود را برای حداکثر کردن پاداش انتخاب می‌کنند.
2. استراتژی‌ها به خوبی اجرا می‌شوند.
3. بازیکن‌ها هوش کافی برای تعیین راه‌حل دارند.
4. هر بازیکن استراتژی دیگران را می‌داند یا پیش‌بینی می‌کند.
5. تغییر استراتژی یک نفر، تغییر دیگران را به دنبال ندارد.
6. همه بازیکن‌ها از برقرار بودن این شرایط و آگاهی دیگران مطمئن هستند.

تعادل نَش تعریفی پذیرفته‌شده است که بیان می‌کند اگر هیچ بازیکنی انگیزه‌ای برای تغییر استراتژی خود نداشته باشد، پروفایل استراتژی موجود یک تعادل نَش است. بازیکن‌ها عاقل بوده و انتخاب‌های‌شان در راستای منافع‌شان قرار دارد. بنابراین، برای هر i از N رابطه زیر یک تعادل نَش است:

$$\forall i \in N \Longrightarrow u_i(s_i^*, s_{-i}^*) \geq u_i(\acute{s}_i, s_{-i}^*) \geq \ \forall \acute{s}_i \in S$$

تعادل نَش حالتی است که استراتژی هر بازیکن نسبت به دیگران مطلوب باشد و هیچ‌کس به‌تنهایی از استراتژی خود عدول نکند. برای یافتن آن، پروفایل استراتژی‌ها بررسی می‌شود تا مطمئن شوند هر بازیکن بهترین پاسخ را داده است. تعادل نَش می‌تواند ضعیف یا قوی باشد و با بازی‌های تکراری پایدارتر می‌شود. تعادل نَش ضعیف یعنی بازیکن ممکن است نسبت به استراتژی‌های دیگر بی‌تفاوت باشد، یعنی:

$$\forall i \in N \Longrightarrow u_i(s_i^*, s_{-i}^*) \geq u_i(\acute{s}_i, s_{-i}^*) \quad \forall \acute{s}_i \in S$$

ولی در تعادل نَش قوی این بی‌تفاوتی مجاز نیست.

$$\forall i \in N \Longrightarrow u_i(s_i^*, s_{-i}^*) > u_i(\acute{s}_i, s_{-i}^*) \quad \forall \acute{s}_i \in S$$

هر تعادل استراتژی غالب، نَش است؛ اما نَش فقط بهترین پاسخ به استراتژی‌های دیگران است و مبتنی بر احتمال و مطلوبیت نسبی است. در تعادل نَش، مفهوم احتمال به‌طور ضمنی حضور دارد، زیرا کنش‌ها بر پیش‌بینی رفتار رقیب مبتنی است(4. ص: 27). این ویژگی، ماهیت احتمالی تصمیم‌گیری را آشکار می‌کند. اگر فرض کنیم که α_i^* بخشی از یک تعادل نَش باشد، آنگاه برای هر بازیکن $\forall i \in N$ و هر استراتژی جایگزین ممکن $\forall \alpha_i \in A_i$ رابطه زیر بر قرار است:

$$\forall i \in N, \forall \alpha_i \in A_i \rightarrow u_i(\alpha_i^*, \alpha_{-i}^*) \geq u_i(\alpha_i, \alpha_{-i}^*)$$

این نامساوات زمانی برقرار است که α_i^* بهترین پاسخ (Best Response) بازیکن i

نسبت به استراتژی‌های بازیکن‌ها دیگر یعنی α^*_{-i} باشد. در این صورت، تعادل نَش را می‌توان چنین تعریف کرد:

$$\forall i \in N,\ \ \alpha_i^* = B_i(\alpha^*_{-i})$$

با این تعریف، ماتریکس استراتژی‌های دو بازیکن مدل‌سازی می‌شود: بازیکن اول با احتمال p از استراتژی T استفاده می‌کند و با احتمال $(1-p)$ از استراتژی B، به همین ترتیب، بازیکن دوم با احتمال q استراتژی L را انتخاب می‌کند و با احتمال$(1-q)$ از استراتژی R بهره می‌برد، بنابراین، تعادل نَش $\alpha = (p,q)$.

	بازیکن دوم		
		$L \to q$	$R \to (1-q)$
بازیکن اول	$T \to p$	$\left.\begin{matrix}u_1(T,L)\\u_2(T,L)\end{matrix}\right\} \to p \times q$	$\left.\begin{matrix}u_1(T,R)\\u_2(T,R)\end{matrix}\right\} \to p \times (1-q)$
	$B \to (1-p)$	$\left.\begin{matrix}u_1(B,L)\\u_2(B,L)\end{matrix}\right\} \to (1-p) \times q$	$\left.\begin{matrix}u_1(B,R)\\u_2(B,R)\end{matrix}\right\} \to (1-p) \times (1-q)$

برمبنای این ماتریکس عاید بازیکن اول عبارت است از:

$$\pi_1(p,q) = \pi_1(\alpha) = p \times qu_1(T,L) + p \times (1-q)u_1(T,R) + (1-p) \times qu_1(B,L) + (1-p) \times (1-q)u_1(B,R)$$

عاید بازکن دوم بر اساس رابطه ذیل محاسبه می‌شود:

$$\pi_2(p,q) = \pi_2(\alpha) = p \times qu_1(T,L) + p \times (1-q)u_2(T,R) + (1-p) \times qu_2(B,L) + (1-p) \times (1-q)u_2(B,R)$$

برمبنای ماتریکس فوق عاید بازیکن اول را به صورت ریاضی به شرح ذیل بررسی می‌کنیم:

$$\pi_1(p,q) = p\left[\underbrace{qu_1(T,L) + (1-q)u_1(T,R)}_{E_1(T,q)=pE_1(T,q)}\right] + (1-p)\left[\underbrace{qu_1(B,L) + (1-q)u_1(B,R)}_{E_1(B,q)=(1-q)E_1(B,q)}\right]$$

از معادل به وضوح پیدا است که با احتمال q مطلوبیت $u_1(T,L)$ را در خانه اول ماتریکس محاسبه می نمائیم و با احتمال $(1-q)$ مطلوبیت $u_1(T,R)$ در خانه دوم ماتریکس بدست می آوریم. به همین ترتیب با احتمال q در خانه سوم ماتریکس مطلوبیت $u_1(B,L)$ و با احتمال $(1-q)$ مطلوبیت $u_1(B,R)$ در خانه چهارم بدست می‌آید. در نهایت امید ریاضی این تحلیل به شرح زیر است (6: ص. 98).

$$E_1(T,q) = p\overset{X}{\overbrace{E_1(T,q)}} + (1-q)\overset{X}{\overbrace{E_1(B,q)}} \to \pi_1(p,q)$$

رابطه اخیر نشان می‌دهد که تابع عاید p و q است. بهترین پاسخ بازیگر اول برای هر q محاسبه می‌شود با توجه به $pE_1(T,q) > (1-q)E_1(B,q)$، پس تمرکز روی آن باید باشد.

با این حساب

$$pX + (1-q)X = X$$

بنابراین تعادل نش را برای بازیکن اول بررسی می‌کنیم:

$$q\colon E_1(T,q) > E_1(B,q) \to p = 1, \qquad q\colon E_1(T,q) < E_1(B,q) \to p = 0$$
$$q\colon E_1(T,q) = E_1(B,q) \to p \in [1,0]$$

یعنی بازیکن اول به‌گونه‌ای عمل می‌کند که استراتژی T بیشترین عاید مورد انتظارش را با فرض ثابت بودن q بدست بیاورد.

پایداری تعادل نَش بیانگر حالتی است که در آن هیچ بازیکنی انگیزه‌ای برای تغییر استراتژی خود ندارد، زیرا این کار موجب بهبود سودش نمی‌شود. در این وضعیت، هر استراتژی بهترین پاسخ به دیگری است و در بلند مدت نیز با رفتار منطقی بازیکن‌ها پایدار و پیش‌بینی‌پذیر باقی می‌ماند. فرض کنیم $\pi_i(s_i, s_{-i})$ عاید بازیکن i با استراتژی s_i در برابر استراتژی‌های رقیب s_{-i} باشد. تعادل نش پایدار است اگر:

$$\forall i \in N,\ \ \pi_i(s_i^*, s_{-i}^*) \geq \pi_i(\grave{s}_i, s_{-i}^*),\ \ \forall \grave{s}_i \in S_i$$

که در آن: s_i^* استراتژی تعادلی بازیکن i، s_{-i}^* استراتژی تعادلی سایر بازیکن‌ها و S_i مجموعهٔ تمام استراتژی های ممکن برای بازیکن i است. این نامساوات بیان می‌کند که هیچ بازیکنی نمی‌تواند با تغییر استراتژی خود، در حالی که دیگران همان استراتژی‌های تعادلی را حفظ کرده‌اند، سود بیشتری کسب کند؛ که دقیقا مفهوم پایداری تعادل نَش است (8: ص. 152).

مسئله کاربردی: منازعه آبی بر سر رود کابل بین افغا نستان و پاکستان

رودخانه کابل که از عمق خاک افغانستان سرچشمه می‌گیرد، منبع مهم آب برای هر دو کشور است. افغانستان به دنبال توسعه بندها برای تولید برق و آبیاری است، در حالی‌که پاکستان نگران کاهش جریان آب ورودی به مناطق حیاتی خود است. با توجه به نبود توافقنامه دوجانبه جامع و الزام‌آور بین دو کشور دربارهٔ مدیریت منابع مشترک

رود کابل، وضعیت به‌گونه‌ای است که هر اقدام توسعهٔ یک‌جانبه از سوی افغانستان می‌تواند با واکنش منفی و تهدیدآمیز از سوی پاکستان مواجه شود. این وضعیت، منازعهٔ آبی بالقوه‌ای را رقم زده است که اگر مدیریت نشود، می‌تواند به تشدید تنش‌های سیاسی، افزایش ناامنی در مناطق مرزی، و تضعیف روابط دو کشور بی‌انجامد.

در این بستر، نظریه بازی‌ها به عنوان چارچوبی تحلیلی برای بررسی رفتارهای استراتژیک کشورها در قبال منابع مشترک، امکان تحلیل وضعیت تعارض و پیش‌بینی کنش‌های متقابل را فراهم می‌کند. در این نظریه، افغانستان و پاکستان به عنوان دو بازیگر عقلانی، هر کدام مجموعهٔ از استراتژی‌های ممکن (مانند: ساخت بند، همکاری، تهدید، دیپلوماسی، بی‌تفاوتی، داوری بین‌المللی و ...) را در اختیار دارند که با انتخاب آن‌ها، تابع مطلوب متفاوتی برای هر کشور ایجاد می‌شود.

بنابراین، بازی دو جانبهٔ افغانستان و پاکستان بر سر آب دریای کابل طی چهار استراتژی برای افغانتسان و دو استراتژی برای پاکستان بررسی می‌شود. استراتژی های افغانستان و پاکستان را با دلایل آن‌ها در جدول (1) بیان کرده و امتیازات و علت آن ها را برای طرف های تعامل به صورت کمّی در جدول زیر روشن گردیده است:

جدول 1، استراتژی های هر دو طرف تعامل با دلایل امتیاز ها، آن ها را باز تاب می‌دهد.

استراتژی های هردو کشور	T_1: دیپلوماسی (مذاکره و توافق) ← پاکستان	
افغانستان ↓	(پاکستان ، افغانستان)	دلیل امتیاز ها
s_1 ساخت بند به صورت یک جانبه	2: کم ، 4: مطلوب	افغانستان با وجود نبود توافق، بند می‌سازد و منفعت بالای انرژی و آب را کسب می‌کند؛ اما پاکستان به دلیل تنش دیپلماتیک و کاهش آب ورودی، نفع کمتری دارد.
s_2 همکار ی در ساخت ساز مشترک	4: مطلوب ، 3: متوسط ↑	پروژه مشترک منجر به هم‌افزایی(Synergy) منافع، کاهش تنش و اعتمادسازی می‌شود. افغانستان سود اقتصادی متوسط دارد (زیرا پروژه مشترک است)، ولی در سطح سیاسی و امنیتی سود قابل توجه می‌برد. پاکستان نیز بیشترین سود را به دلیل دسترسی کنترول‌شده به منابع آبی و کاهش تهدید از سمت بالا دست دارد.
s_3 بی تفاوتی (وضعیت فعلی)	3: متوسط ↑، 2: کم	افغانستان هیچ سودی از نظر توسعه نمی‌برد، ولی تنش‌ها هم کاهش یافته‌اند. پاکستان نیز با ثبات وضعیت موجود سود امنیتی و سیاسی متوسط می‌برد.

s_4 استفاده از میانجی بین المللی	3: متوسط ، 3: متوسط	ورود میانجی بین‌المللی نوعی مصالحه است. افغانستان از فشار پاکستان در امان می‌ماند و توافق حاصل می‌شود، ولی با واگذاری بخشی از اختیارات بر رود خانه، پاکستان نیز نتیجه مطلوبی می‌گیرد اما نه به اندازه همکاری مستقیم دوجانبه.
استراتژی های هر دو کشور	**T_2: تهدید و فشار (سیاسی/ نظامی)**	
s_1 ساخت بند به صورت یک جانبه	1: ضعیف ، 1: ضعیت	افغانستان تحت تهدید با چالش‌های امنیتی و سیاسی روبرو بوده و سود اقتصادی کم می‌شود. پاکستان هم موفق به جلوگیری کامل نمی‌شود، ولی هزینه تهدید بالا است.
s_2 همکار ی در ساخت ساز مشترک	2: کم ، 2: کم	با وجود فشار، افغانستان وارد همکاری می‌شود، ولی این همکاری بیشتر اجباری است تا داوطلبانه، لذا سود کمتر از همکاری واقعی. پاکستان نیز سودی محدود از همکاری زیر فشار می‌برد.
s_3 بی تفاوتی (وضعیت فعلی)	1: ضعیف ، 0: بی فایده	افغانستان برای جلوگیری از درگیری عقب‌نشینی می‌کند، لذا هیچ سود اقتصادی ندارد. پاکستان بدون هزینه بالا مانع اقدام افغانستان شده، سود ناچیزی می‌برد.
s_4 استفاده از میانجی بین المللی	1.5: ضعیف ↑، 2: کم	تهدید پاکستان موجب مداخله سازمان‌های ثالث می‌شود. افغانستان از بحران عبور می‌کند، ولی استقلال تصمیم‌گیری کاهش می‌یابد. پاکستان نیز نفع نسبی می‌برد، ولی بخشی از کنترول را از دست می‌دهد.

مودل ماتریکس منافع هر دو کشور در این بازی به شرح جدول (2) تعیین گریده است:

ماتریکس عاید (افغانستان، پاکستان)		
T_2 تهدید و فشار (سیاسی/ نظامی)	**T_1 دیپلوماسی (مذاکره و توافق)**	**پاکستان / افغانستان ↓ ←**
$(1 , 1)$	$(4 , 2)$	s_1 ساخت بند
$(2 , 2)$	$(3 , 4)$	s_2 همکار مشترک
$(0 , 1)$	$(2 , 3)$	s_3 بی تفاوتی
$(2 , 1.5)$	$(3 , 3)$	s_4 استفاده از میانجی بین المللی

تابع بهترین پاسخ (Best Response Functions) برای افغانستان

اگر فرض براین باشد که پاکستان استراتژی T_1 را استفاده می‌کند، آنگاه مطلوب ترین اقدام برای افغانستان:

$$B_A\{T_1\} = \boldsymbol{max}\{\mathbf{4}, 3,2,3\} = \mathbf{4} \Longrightarrow \boldsymbol{s_1}$$

اگر پاکستان مذاکره کند، افغانستان بهترین پاسخ را در ساخت بند ها یعنی استراتژی $\boldsymbol{s_1}$ می‌بیند.

اگر فرض براین باشد که پاکستان استراتژی T_2 را استفاده می‌کند، آنگاه مطلوب ترین اقدام برای افغانستان:

$$B_A\{T_2\} = \boldsymbol{max}\{1,2,0,2\} = \mathbf{2} \Longrightarrow \boldsymbol{s_2, s_4}$$

اگر پاکستان تهدید کند، افغانستان بین همکاری مشترک $\boldsymbol{s_2}$ و میانجی $\boldsymbol{s_4}$ یکی را انتخاب می‌کند.

تابع بهترین پاسخ (Best Response Functions) پاکستان

اگر فرض براین باشد که افغانستان از استراتژی $\boldsymbol{s_1}$ استفاده می‌کند و به همین ترتیب الی آخر، آنگاه مطلوب ترین اقدام برای پاکستان عبارت است از:

$$B_P\{\boldsymbol{s_1}\} = \boldsymbol{max}\{\mathbf{2}, 1\} = \mathbf{2} \Longrightarrow \boldsymbol{T_1}$$
$$B_P\{\boldsymbol{s_2}\} = \boldsymbol{max}\{\mathbf{4}, 2\} = \mathbf{4} \Longrightarrow \boldsymbol{T_1}$$
$$B_P\{\boldsymbol{s_3}\} = \boldsymbol{max}\{\mathbf{3}, 1\} = \mathbf{3} \Longrightarrow \boldsymbol{T_1}$$
$$B_P\{\boldsymbol{s_4}\} = \boldsymbol{max}\{\mathbf{3}, 1.5\} = \mathbf{3} \Longrightarrow \boldsymbol{T_1}$$

با این حساب ترجیح پاکستان همیشه دیپلوماسی یا استراتژی T_1 است.

تعادل نَش برای این منازعه

تعادل نَش نقطهٔ است که هر بازیکن بهترین پاسخ را نسبت به استراتژی طرف مقابل داده باشد و انگیزه برای تغییر استراتژی نداشته باشد. بنابر این استراتژی های $(s_1\ ,\ T_1)$، $(s_2\ ,\ T_1)$ و $(s_4\ ,\ T_1)$ محتمل ترین استراتژی ها برای هردو طرف اند. مطلوبیت این استراتژی ها برای هر کشور در نقاط $(2\ ,\ 4)$، $(4\ ,\ 2)$ و $(3\ ,\ 2)$ مشخص شده اند. اما نقطه تعادل $(2,\ 4)$ است چرا؟ چون هر دو کشور انگیزهٔ برای تغییر استراتژی خویش ندارند. بنابراین تعادل نَش در s_1: ساختن بند ها برای افغانستان و T_1: دیپلوماسی و مذاکره برای پاکستان است. پس پاسخ برای پرسش اصلی و پرسش ها فرعی به این شرح است:

- تحلیل ماتریکس استراتژی‌ها در بازی میان افغانستان و پاکستان پیرامون منازعهٔ آبی رود کابل نشان می‌دهد که نقطه $(4,2)$ معّرف وضعیتی است که در آن افغانستان استراتژی ساخت بندها به‌صورت یک‌جانبه را انتخاب می‌کند و پاکستان به‌جای مقابله، از طریق دیپلوماسی وارد تعامل می‌شود. در این ترکیب، افغانستان 4 واحد امتیاز کسب می‌کند، چرا که موفق می‌شود کنترل بهتری بر منابع آبی اعمال کند، در حالی‌که پاکستان با کسب 2 واحد امتیاز از هزینه‌های نظامی، امنیتی و تنش‌های دیپلماتیک می‌کاهد و فضای باثبات‌تری برای مدیریت آب دریافت می‌کند. در این وضعیت، افغانستان با در نظر داشتن اصول انصاف و رعایت حقآبه پایین‌دست، مدیریت آب را در فضایی امن دنبال می‌کند. این راه‌حل، نمونهٔ از تعامل منصفانه و حرکت به‌سوی برد-برد است که در آن منافع هر دو طرف نسبی ولی قابل پذیرش است.

- **پاسخ به پرسش فرعی اول: آیا مودل‌سازی نظریه بازی‌ها برای منازعه آبی مؤثر است؟** بله، نظریه بازی‌ها به‌ویژه با تمرکز بر مدل‌های استراتژیک، ابزار مؤثری برای تحلیل منازعات آبی میان کشورها فراهم می‌سازد. این نظریه توانایی تحلیل سطوح مختلف تصمیم‌گیری، شناسایی انگیزه‌ها، و پیش‌بینی واکنش طرف مقابل را دارد.

- **پاسخ به پرسش فرعی دوم: آیا تعادل نَش در این بازی ممکن است؟**

با فرض اولیه مبنی بر بازی غیرتکراری، تنها ترکیب استراتژیک پایدار که به تعادل نَش می‌انجامد، همان نقطه (s_1 , T_1) است، یعنی استراتژی ساخت یک‌جانبهٔ بندها توسط افغانستان و تعامل دیپلماتیک از سوی پاکستان. سایر ترکیب‌ها به‌دلیل نبود اعتماد یا تضاد منافع، پایدار نیستند.

- **پاسخ پرسش فرعی سوم: ماهیت واقعی بازی چیست و چه پیامدی دارد؟**

با بررسی روابط تاریخی و جغرافیایی بین دو کشور، روشن می‌شود که این منازعه از نوع بازی تکراری است، نه یکباره. در بازی‌های تکراری، امکان یادگیری، اعتمادسازی، و انعطاف‌پذیری در استراتژی‌ها بیشتر است. بنابراین، احتمال رسیدن به تعادل نَش‌های متنوع‌تر و حتی دست‌یابی به الگوهای برد-برد پایدار نیز افزایش می‌یابد. در چنین شرایطی، طرفین ممکن است به‌جای دنبال‌کردن بازی‌های برد-باخت، به‌تدریج به سمت همکاری‌های سودمند و پایدار حرکت کنند.

نتیجه گیری

در منازعه آبی میان افغانستان و پاکستان، هرچند فرض اولیه بر بازی غیرتکراری است، اما تعاملات واقعی نشان‌دهنده بازی تکراری میان دو کشور است. این وضعیت امکان سیاست‌گذاری منطقی، مذاکره و همکاری منطقه‌ای را فراهم می‌سازد. نظریه بازی‌ها در این زمینه ابزار مناسبی برای شناسایی استراتژی‌های مؤثر است، به‌ویژه وقتی تصمیم‌ها دو کشور بر یکدیگر اثر متقابل دارند. تعادل نَش، زمانی حاصل می‌شود که هیچ طرفی با تغییر یک‌جانبه استراتژی خود نتواند منفعت بیشتری کسب کند؛ تحقق آن نیازمند عقلانیت، اطلاعات کافی، و آگاهی از پیامدهای تصمیم‌ها متقابل است. با این تفسیر نتایج حاصله از این تحلیل در سه مورد به شرح ذیل بیان می‌گردد:

1. تعادل نَش به‌مثابه راه‌حل پایدار در غیاب توافقنامه حقوقی

تحلیل ماتریکس استراتژی ها در این مسئله نشان می‌دهد که در نبود توافقنامه الزام‌آور، ترکیب استراتژی (s_1 , T_1)، یعنی ساخت بندهای یک‌جانبه توسط افغانستان و پاسخ دیپلماتیک از سوی پاکستان، به‌عنوان تعادل نَش ظاهر می‌شود. در این وضعیت، هر دو کشور به نقطه‌ای می‌رسند که هیچ‌کدام انگیزه‌ای برای تغییر استراتژی خود ندارند، در نتیجه یک وضعیت باثبات اما نسبی از نظر منافع شکل می‌گیرد. افغانستان بیشترین نفع اقتصادی را کسب می‌کند (4 واحد) و پاکستان از تشدید بحران و هزینه‌های مقابله پرهیز می‌نماید (2 واحد).

2. نظریه بازی‌ها ابزاری مؤثر برای مدل‌سازی منازعه و پیش‌بینی رفتارها

این مطالعه نشان می‌دهد که نظریه بازی‌ها، به‌ویژه در قالب مدل‌های استراتژیک، می‌تواند رفتارهای متقابل کشورها را به‌طور دقیق تحلیل و پیش‌بینی کند. ابزارهایی مانند تابع پاسخ مطلوب و ماتریکس سود، امکان ارزیابی تأثیر هر استراتژی را فراهم کرده و به تصمیم‌گیرها کمک می‌کنند که پیامدهای تصمیم‌ها احتمالی خود و طرف مقابل را بسنجند. این تحلیل همچنین مبین آن است که در فضای غیردوستانه نیز امکان رسیدن به تعامل نسبی و کاهش تنش وجود دارد.

3. ماهیت تکراری منازعه و ضرورت حرکت به‌سوی الگوی برد – برد بلندمدت

برخلاف فرض اولیه که منازعه را یک بازی غیرتکراری معرفی می‌کند، تحلیل‌های تاریخی و جیوپولیتیک نشان می‌دهد که تعاملات دو کشور بر سرآب رود کابل، ماهیت تکراری دارد. این ویژگی، فرصت ایجاد سازوکارهای اعتمادسازی، یادگیری متقابل، و انعطاف در استراتژی‌ها را فراهم می‌سازد. بنابراین، می‌توان به‌جای تمرکز صرف بر تعادل نَش آنی، به‌تدریج به سمت الگوهای همکاری برد – برد مانند پروژه‌های مشترک یا میانجی‌گری چندجانبه حرکت کرد که پایداری بلندمدت بیشتری دارند.

بنابر آن در منازعه آبی افغانستان و پاکستان، زمانی به تعادل نَش دست می‌یابند که هر دو کشور درک کنند همکاری در مدیریت منابع آبی سودمندتر از رقابت و منازعه است، و هیچ‌کدام با تغییر یک‌جانبه استراتژی خود نمی‌توانند منافع بیشتری کسب کنند. این تعادل تنها در صورت وجود عقلانیت، شفافیت، تبادل اطلاعات و سازوکارهای اعتمادسازی دوجانبه امکان‌پذیر است.

پیشنهادها

با توجه به تحلیل نظریه بازی‌ها و شناسایی تعادل نَش در منازعه آبی رود کابل میان افغانستان و پاکستان، مبتنی بر نتایج بدست آمده، اتخاذ استراتژی‌های عقلانی و تعامل‌محور، راه را برای دستیابی به راه‌حل‌های پایدار و منصفانه هموار می‌سازد. اگرچه تعادل اولیه در ساخت یک‌جانبه بندها از سوی افغانستان و رویکرد دیپلماتیک از سوی پاکستان به‌دست می‌آید، اما ماهیت تکرارشونده این منازعه نشان می‌دهد که فرصت‌هایی برای همکاری پایدارتر و برد-برد وجود دارد. در این راستا، سه پیشنهاد سازنده و کاربردی به شرح زیر ارائه می‌شود:

1. طرح توافق‌نامه جامع مدیریت آب با چارچوب برد-برد: افغانستان و پاکستان باید با میانجی‌گری نهادهای بین‌المللی یا منطقه‌ای، یک توافق‌نامه الزام‌آور دوجانبه برای

مدیریت و توسعه منابع آب رود کابل پیریزی کنند که ضمن احترام به حاکمیت ملی هر دو کشور، حقوق پایین‌دستی و منافع مشترک را تضمین کند.

2. ایجاد کمیسیون دایمی مشترک برای نظارت و تبادل اطلاعات: تشکیل یک کمیسیون فنی-سیاسی دایمی بین دو کشور جهت نظارت بر ساخت و بهره‌برداری از تأسیسات آبی، تبادل داده‌های هلیدرولوجیکی، و حل‌وفصل اختلافات پیش از بحرانی‌شدن، می‌تواند اعتمادسازی تدریجی و پیشگیری از بازی‌های برد-باخت را ممکن سازد.

3. سرمایه‌گذاری مشترک در پروژه‌های انرژی و آبیاری مرزی: پیشنهاد می‌شود دو کشور در قالب پروژه‌های مشترک برق‌آبی و زراعت در مناطق مرزی سرمایه‌گذاری کنند، به‌گونه‌ای که سود اقتصادی برای هر دو طرف حاصل شود. این همکاری می‌تواند انگیزه‌های منفی را کاهش و ساختار بازی را به سوی منطق برد-برد تغییر دهد.

از نظر محقق، این پیشنهادها بر اساس چارچوب نظریه بازی‌ها، ضمن کاهش احتمال تنش، ایجاد تعادل‌های پایدار و حرکت به سمت همکاری استراتژیک بین دو کشور را فراهم خواهد ساخت.

مآخذ

1. تاتایی، پیمان و (همکاران)"ارائه رویکرد ترکیبی از تحلیل پوششی داده ها و نظریه بازی ها به منظور رتبه بندی میزان تاثیر گذاری شاخص های کارت امتیازی متوازن در سنجش کارایی سازمان" فصلنامه عملی-پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی- سال چهاردهم شماره 41 تابستان 1395ه.ش، صفحات 215- 189.

2. محمود نیا، داود و (همکاران)" نظریه بازی ها و تعادل نش منفعت طلبانه در برابر تعادل برگ نوع دوستانه در چارچوب رویکرد اخلاقی" مجله جستار های اقتصادی. Journal homepage: https://iee.rihu.ac.ir/

3. علی‌نژاد، علیرضا و (همکاران)" کاربرد نظریه بازی‌های همکارانه در مطلوبسازی انتخاب سبد سهام" فصلنامه عملی پژوهشی دانش سرمایه گذاری، سال دهم/ شماره سی و نهم/ پائیز 1400 هـ.ش.

4. Ahmadi, Arceshi and at all. Game Theory Applications in a Water Distribution Problem. Journal of Water Resource and Protection, 2013, 5, 91-96. http://dx.doi.org/10.4236/jwarp.2013.51011, Published Online January 2013 http://www.scirp.org/journal/jwarp

5. Erich Prisne"Game theory Thtough Examples"Franklin University Switzerland, Published and Distributed by: The Mathematical Association of America,2014. (3)

6. Eric Rasmusen and Basil Blackwell" GAMES AND INFORMATION, FOURTH EDITION An Introduction to Game Theory. December 12, 2003. 24 March 2005. http://www.rasmusen.org/GI

7. Khalid, Mohiq and at all. Integration of the Water Evaluation and Planning System Model with the Nash Bargaining Theory for Future Water Demand and Allocation in the Kabul River Transboundary Basin under Different Scenarios. DOI: https://dx.doi.org/10.30919/es1146

8. Martin J. Osborne" An Introduction to Game Theory" University of Toronto. Toronto, Canada. 2000.

سرمحقق محمد اکرم شهیم

ارزیابی انتشار سیگنال ها با امواج رادیویی

Evaluation of Signal Transmission Using Radio Waves

Professor Mohammad Akram Shahim

Abstract

Radio signals are a set of information carried (modulated) on radio waves for the purpose of transmission, whereas radio waves are a type of electromagnetic wave that propagates through space. These waves constitute a physical phenomenon forming part of the electromagnetic spectrum and are utilized for the transmission and carriage of radio signals over long distances.

Radio wave propagation is considered one of the most fundamental topics in telecommunications engineering, wireless systems, and communication network design. The quality of information transmission in telecommunication devices is strongly influenced by the characteristics of the propagation environment, operating frequency, transmitter

power, and antenna properties. This study presents a scientific investigation and evaluation of signal propagation using radio waves, analyzes the factors affecting signal attenuation and distortion, and examines propagation models in different environments. The findings indicate that selecting an appropriate propagation model plays a decisive role in improving the accuracy of radio coverage prediction, optimizing power consumption, and enhancing the quality of service in telecommunication networks.

خلاصه

سیگنال های رادیویی مجموعهٔ اطلاعاتی است که روی امواج رادیویی حمل می‌شوند تا منتقل گردند، اما امواج رادیویی نوعی از امواج الکترومقناطیسی هستند که در فضا منتشر می‌شوند. این امواج یک پدیده فزیکی‌است که بخشی از طیف الکترومقناطیسی را تشکیل داده و جهت انتقال و حمل سیگنال های رادیویی در فواصل بعید به کار می‌روند.

انتشار امواج رادیویی یکی از بنیادی‌ترین مباحث در انجنیری مخابرات، سیستم‌های بی‌سیم و طراحی شبکه‌های ارتباطی محسوب می‌شود. کیفیت انتقال معلومات در وسایل مخابراتی به شدت تحت تأثیر ویژگی‌های محیط انتشار، فریکانس کاری، توان فرستنده و خصوصیات آنتن قرار دارد. در این تحقیق، بررسی و ارزیابی علمی انتشار سیگنال‌ها با استفاده از امواج رادیویی، تحلیل عوامل مؤثر بر تضعیف و اعوجاج سیگنال و مطالعه مودل‌های انتشار در محیط‌های مختلف است. نتایج نشان می‌دهد که انتخاب مودل مناسب انتشار، نقش تعیین‌کننده‌ای در افزایش دقت پیش‌بینی پوشش رادیویی، مناسب سازی مصرف توان و ارتقای کیفیت سرویس در شبکه‌های مخابراتی ایفا می‌کند.

واژه‌های کلیدی

انتشار امواج رادیویی، سیگنال رادیویی، مدولیشن سیگنال، مخابرات بی‌سیم، پوشش رادیویی.

مقدمه

با گسترش روزافزون تکنالوژی‌های بی‌سیم، از شبکه‌های موبایل نسل پنجم و ششم (5G & 6G) گرفته تا سیستم‌های ماهواره‌ای و انترنت اشیاء، شناخت رفتار سیگنال‌های رادیویی در محیط‌های مختلف به یک ضرورت علمی و صنعتی تبدیل شده است. سیگنال‌های الکترومقناطیسی هنگام انتشار از فرستنده به گیرنده با پدیده‌هایی مانند بازتاب، شکست، پراکندگی و جذب مواجه می‌شوند که موجب تغییر دامنه، فاز و کیفیت آن‌ها می‌گردد.

ارزیابی دقیق انتشار سیگنال، امکان طراحی مناسب شبکه‌ها، تعیین محل مناسب ایستگاه‌های پایه، کاهش نواحی کور (ساحات غرملموث) و افزایش بهره‌وری طیف فریکانسی را فراهم می‌سازد. از این رو، پژوهش در زمینه انتشار امواج رادیویی از مسایل اساسی انجنیری مخابرات مدرن محسوب می‌شود.

اهمیت تحقیق

با توسعهٔ خدمات دیجیتلی در جهان، مسئلهٔ انتشار امواج رادیویی با کیفیت جهت تأمین مطمئن اخذ و ارسال دیتاها و جلب اعتماد دقیق مستفید شوندگان به حیث کلید اساسی گسترش خدمات دیجیتلی در عصر نسل پنجم و ششم (5G & 6G) تبدیل شده و جایگاه خاصی را احراز نموده است که در تحقیقات علمی، ارزیابی موضوع فوق از اهمیت ویژه ای برخوردار می‌باشد.

مبرمیت تحقیق

این تحقیق با درنظر داشت شرایط خاص ارتباطات مخابراتی و تکنالوژی معلوماتی افغانستان رویدست گرفته شده و جهت ارتقای کیفیت خدمات اخذ و ارسال دیتا ها هم برای مستهلکین و هم برای عرضه کنندگان خدمات (اپراتور ها) تسهیلات لازم را پیشکش خواهد نمود. بناءً مسئلهٔ ارزیابی انتشار سیگنال ها با امواج رادیویی در شرایط کشور ما دارای مبرمیت علمی- تحقیقی خاص می‌باشد.

هدف تحقیق

هدف از تحقیق هذا بررسی و ارزیابی علمی انتشار سیگنال‌ها با استفاده از امواج رادیویی، تحلیل عوامل مؤثر بر تضعیف و اعوجاج سیگنال و مطالعه مودل‌های انتشار در محیط‌های مختلف است. زیرا موضوع فوق نقش تعیین کننده ای را در ارتقای کیفیت سیگنال های رادیویی داشته، مصارف توان را کاهش داده و پرازیت ها و نویز را منحیث عناصر مخرب و اذیتی میزداید.

سؤالات تحقیق

1- سیگنال های رادیویی بار شده روی امواج رادیویی چگونه انتشار می‌یابند؟

2- انواع انتشارات رادیویی کدام ها اند؟

3- عوامل مؤثر بر انتشار سیگنال های رادیویی چیست؟

4- مودل‌های انتشار امواج رادیویی کدام است؟

روش تحقیق

در این تحقیق از روش توصیفی- تحلیلی استفاده به عمل آمده و بر اساس مطالعات آثار دانشمندان اهل رشته شامل مقالات، رسالات و تألیفات علمی- تحقیقی آن ها و همچنان از مرور متون و بررسی تحقیقات انجام شدهٔ مسایل مرتبط با موضوع صورت گرفته است.

مبانی نظری انتشار امواج رادیویی

امواج رادیویی بخشی از طیف الکترومقناطیسی هستند که معمولاً در محدوده فریکانسی 3 KHz (کیلو هرتز) تا 300 GHz (گیگاهرتز) قرار می‌گیرند. این امواج قادر اند اطلاعات را بدون نیاز به تغییرات فزیکی انتقال دهند (1:ص،87).

انتشار امواج رادیویی به سه شیوه اصلی صورت می‌گیرد:

I. انتشار امواج زمینی (Ground Wave Propagation)

در این روش، موج در امتداد سطح زمین حرکت می‌کند. این نوع انتشار عمدتاً در فریکانس‌های پایین مورد استفاده قرار می‌گیرد و در بخش های مسیر یابی (کشتی رانی) و پخش رادیویی کاربرد دارد.

ناوبری عبارت از تعیین موقعیت، جهت و مسیر حرکت یک وسیله متحرک مانند طیاره، کشتی، موتر یا پهپاد گفته می‌شود. این کار معمولاً با استفاده از سیستم‌های ماهواره‌ای مانند Global Positioning System (GPS)، قطب‌نما، نقشه‌ها و حسگر های مختلف انجام می‌شود (2:ص،245).

II. انتشار آسمانی (Sky Wave Propagation)

امواج رادیویی پس از برخورد با لایه یونسفیر به زمین بازتاب شده و امکان برقراری ارتباط در فواصل طولانی را فراهم می‌سازند. این روش در باندهای فریکانس های بلند High Frequency (HF) بسیار رایج است.

III. انتشار دید مستقیم (Line-of-Sight Propagation)

در فریکانس‌های بسیار بلند و فوق العاده بلند (VHF ، UHF) Very High Frequency & Ultra High Frequency و مایکروویو، ارتباط عمدتاً به صورت دید مستقیم بین فرستنده و گیرنده برقرار می‌شود. شبکه‌های سلولی و لینک‌های مایکروویو از این نوع انتشار بهره می‌برند(1:ص،137).

عوامل مؤثر بر انتشار سیگنال‌های رادیویی

کیفیت انتشار سیگنال های رادیویی تحت تأثیر عوامل متعددی قرار دارد که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

الف) فریکانس سیگنال: با افزایش فریکانس، میزان ضایعات در مسیر افزایش یافته و نفوذپذیری سیگنال کاهش می‌یابد.

ب) فاصله فرستنده تا گیرنده: افزایش فاصله موجب کاهش توان دریافتی می‌شود و برعکس اخذ دیتاها در فواصل کمتر دقت بیشتر داشته و با توان بهتر معلومات اخذ می گردد(3:ص،264).

ج) شرایط جوی :باران، مه، رطوبت و برف به ویژه در فریکانس‌های بالا سبب تضعیف قابل توجه سیگنال می‌شوند.

د) موانع محیطی :ساختمان‌ها، درختان، کوه‌ها و سایر اجسام باعث منعکس، بازتاب و پراکندگی امواج می‌شوند(5:ص،218).

هـ) ویژگی‌های آنتن :ارتفاع، بهره و الگوی تشعشعی آنتن بر محدوده پوشش و کیفیت ارتباط تأثیر مستقیم دارند(3:ص،327).

مودل‌های انتشار امواج رادیویی

به منظور پیش‌بینی و چگونگی عملکرد سیگنال های رادیویی در محیط‌های مختلف، مودل‌های متعدد انتشار امواج توسعه یافته‌اند. در ذیل عمده ترین این مودل ها را به بررسی می گیریم:

- **مودل فضای آزاد (Free Space Model)**

ساده‌ترین نوع مودل انتشار امواج رادیویی است که در این مودل فرض می‌شود هیچ مانعی بین فرستنده و گیرنده وجود ندارد. این مودل پایه و اساس عمدهٔ بسیاری از تحلیل‌های مخابراتی محسوب می‌شود.

- **مودل اوکومورا (Okumura Model)**

یکی از نخستین مودل‌های تجربی انتشار امواج رادیویی برای محیط‌های شهری است که بر اساس اندازه‌گیری‌های واقعی توسعه یافته است.

- مودل هاتا (Hata Model)

این مودل انتشار امواج رادیویی نسخه نسبتاً پیشرفته و ریاضیکی مودل اوکومورا بوده و در طراحی شبکه‌های سلولی کاربرد گسترده دارد.

- مودل COST-231

مودل (COST-231 Propagation Model) COST-231 یکی از معروف‌ترین مودل‌های انتشار امواج رادیویی است که برای پیش‌بینی ضایعات مسیر (Path Loss) در شبکه‌های مخابرات سیار استفاده می‌شود. این مودل توسط پروژه اروپایی COST (European Cooperation in Science and Technology) توسعه یافته و نسخه تکامل‌یافته هردو مودل Okumura-Hata محسوب می‌شود (8:ص،246).

مدل COST-231 یک مدل نیمه‌تجربی (Semi-Empirical) است که بر اساس اندازه‌گیری‌های واقعی و روابط ریاضی، میزان تضعیف سیگنال رادیویی را بین فرستنده و گیرنده تخمین می‌کند. برای فریکانس‌های VHF، UHF و محیط‌های شهری متراکم توسعه یافته و در برنامه‌ریزی شبکه‌های نسل دوم و سوم استفاده می‌شود.

- مودل‌های مبتنی بر راهگیری اشعه (Ray Tracing)

این مودل‌ها با استفاده از هندسه محیط و قوانین الکترومقناطیس، مسیر های انتشار را با دقت بسیار بلند شبیه‌سازی می‌کنند و در طراحی شبکه‌های نسل پنجم و ششم دارای اهمیت بسیار خاص و مهم می‌باشد (5:ص،213).

امواج رادیویی (Radio Waves) و سیگنال‌های رادیویی (Radio Signals) با هم تفاوت هایی دارند. چون این امواج و سیگنال ها دقیقاً یک چیز نیستند، هرچند به هم مرتبط بوده اما در ساحۀ عملکرد خصوصیات مختلف دارند که هریک را از نگاه کاری و عملکرد به ارزیابی می‌گیریم:

1- امواج رادیویی (Radio Waves)

امواج رادیویی نوعی از امواج الکترومقناطیسی هستند که در فضا منتشر می‌شوند. این امواج یک پدیده فزیکی بوده و بخشی از طیف الکترومقناطیسی را تشکیل می‌دهند. مثلاً موجی که از آنتن فرستنده خارج می‌شود و در هوا حرکت می‌کند؛ فریکانس‌های FM، AM، وای‌فای و بلوتود همگی از امواج رادیویی استفاده می‌کنند.

2- سیگنال رادیویی (Radio Signal)

سیگنال رادیویی اطلاعاتی است که روی امواج رادیویی حمل می‌شود تا منتقل گردد. مثلاً:

- صدای گوینده یک ستیشن (ایستگاه) رادیویی؛
- تصویر تلویزیونی؛
- داده‌های انترنت وای‌فای؛
- پیام‌های مخابراتی.

این اطلاعات به کمک روش‌هایی مدولیشنن روی موج حامل قرار می‌گیرند و به صورت سیگنال ارسال می‌شوند.

تفاوت های اساسی میان امواج رادیویی و سیگنال های رادیویی را در جدول (1) مورد ارزیابی قرار می‌دهیم (7:ص،167).

جدول (1): تفاوت ها میان امواج رادیویی و سیگنال های رادیویی (7:ص،167)

شماره	سیگنال رادیویی	امواج رادیویی
1	اطلاعات منتقل‌شده توسط آن موج	پدیده فزیکی و موج الکترومقناطیسی
2	نقش «پیام» را دارد	نقش «وسیله حمل» را دارد
3	برای انتقال داده ایجاد می‌شود	بدون اطلاعات هم می‌تواند وجود داشته باشد
4	هدف است	وسیله است
5	مانند موتر یا بار روی جاده است	مانند جاده است

در نتیجه دیده شد که امواج رادیویی جهت بار نمودن یا مدولیشن برای سیگنال های رادیویی استفاده می‌گردد. بیشتر جهت بار نمودن از دو نوع مدولیشن استفاده می‌گردد:

جهت ارسال سیگنال تصویری به فضا در تمامی معیار های بین المللی از مدولیشن امپلیتودی (amplitude modulation AM) استفاده می‌گردد، زیرا با مقایسه با انواع دیگر مدولیشن ها مثل فریکونس مدولیشن (FM)، مدولیشن فازی φM و مدولیشن پلزی عرضی ، ساحه سیگنال در اثنای مدولیشن کوچک بوده که در نتیجه ساختمان فرستنده ها و آ خذه های مخابراتی ساده گردیده، در نتیجه مصارف اقتصادی آن کمتر می‌شود.

مدولیشن عبارت از بار نمودن سیگنال های صوتی پائینی و یا تصویری بالائی روی یک موج حامل دارای فریکونسی بلندتر می‌باشد. چون فریکونسی های پائینی به مسافات بعید نسبت مشکلات ساختمان آنتن ها، انتقال و فرستاده شده نمی تواند؛ لذا برای فرستادن سیگنال های مذکور اهتزازات امواج الکترومقناطیسی فریکونسی بلند را به قسم موج حامل یا انتقال دهنده (carrier) فریکونسی های پائینی (صدائی) و فریکونسی سیگنال های تصویری که خود قدرت انتشار را به مسافات بعید ندارند، به کار برده می‌شود. اگر تنها امپلیتود موج حامل (UAM) نظربه تغییرات (ریتم) امپلیتود فریکونسی پائینی تغییر داده شود در صورتیکه فریکنسی (W) وفاز (φ) موج حامل تغییر نه نماید و ثابت نگهداشته شود، در آنصورت مدولیشن مذکور را بنام مدولیشن امپلیتودی یاد می‌شود.

$$U = U_m \sin(\omega t + \varphi) \dots\dots\dots\dots (I)$$

به همین ترتیب اگر مطابق رابطه (1) امپلیتود ثابت نگهداشته شود و فریکونسی موج حامل مطابق تغییرات فریکونسی پائینی تغییر داده شود مدولیشن مذکور بنام مدولیشن فریکونسی (FM) نامیده می شود.

سیگنال های تصویری در تمام ستندردهای جهان وسیستم های مخلف تلویزیونی به شیوه مدولیشن امپلیتودی بالای موج حامل بار و ارسال می‌شوند. در امپلیتود مودلیشن عرض و وسعت باند و سپکتروم موج حامل مساوی به دو چند ساحه بالائی موج مودله کننده می گردد، یعنی (4:ص،149):

$$F = 2Fmax \text{ ..... (II)}$$

طور مثال اگر خواسته باشیم سیگنالی را که فریکونسی بالائی آن 6.5 MHz است به طریق مدولیشن امپلیتودی به فضا ارسال نمائیم طیف سپکتروم موج منتشره دوچند فریکونسی بالائی سیگنال مذکور یعنی 13MHz می گردد.

برای ارسال صدا با تصویر همزمان کانال رادیوئی جداگانه انتخاب می گردد. چون سپکتروم فریکونسی صوتی کوچک است، لذا پرابلم خورد ساختن طیف در فریکونسی های صوتی مدنظر نبوده، بدین لحاظ از هرنوع مدولیشن برای ارسال صدا استفاده شده می‌تواند (5:ص،96).

از اینکه در مدولیشن فریکونسی (FM) پرازیت های مراکز صنعتی، فابریکات، ستیشن های برق ، رعد و برق و غیره عوامل نسبت به مدولیشن امپلیتودی کمتر تاثیر وارد می‌کند، لذاجهت ارتقای کیفیت در تمام معیار های بین المللی برای ارسال صدا از مدولیشن فریکونسی (FM) استفاده صورت می‌گیرد.

فضا و اتموسفیر زمین در صورت موجودیت گازات خنثی محیط بسیار خوب و ایدال برای انتقال سیگنال ها بوده ، اما موجودیت اجزای اضافی و گازات ایونایز شده در طبقات مختلف اتموسفیر، ایدال بودن آنرا مختل ساخته ، امواج الکترومقناطیسی را منکسر نموده و باعث تغییر آن ها می‌گردد(4:ص،113).

زمانی که امواج منتشره فرستنده رادیویی از محیط گازات خنثی به ساحه گازات ایونایز شده برسد ،الکترون های آزاد محیط ایونایره شده را تحریک نموده و باالمقابل گازات ایونایز شده بالای ساحه مقناطیسی موج منتشره باعث تغییر و انکسار استقامت اشعه می‌گردد.

ضرب انکسار متذکره ذریعه رابطه (3) معین می‌گردد (4:ص،114):

$$n = \sin \theta_1 / \sin \theta_2 \text{ ---------- (III)}$$

دررابطه فوق:

n- ضریب انکسار؛ $б_1$- زاویه وارده؛ $б_2$- زاویه منکسره؛

ضریب انکسار امواج رادیوئی متناسب به جذر مربع قابلیت نفوذ پذیری دی الکتریکی نسبی دو محیط است. هرگاه قابلیت نفوذ پذیری دی الکتریکی نسبی گازات ایونایزشده ($\varepsilon_{I.g.}$) را در نظر بگیریـــم و گازات محیط خنثی را واحد قبول نمائیم، رابطه (3) شکل ذیل را اختیار می نماید.

$$n = \sqrt{\varepsilon_{I.g.}} \dots\dots\dots\dots\dots (IV)$$

قابلیت نفوذ پذیری دی الکتریکی جامدات وگازات بیشتر از واحد است تنها قابلیت نفوذ پذیری خلا کمتر از واحد است ، اما بصورت استثنا محیط گازات ایونایزه شده نیز دارای قابلیت نفوذ پذیری کمتر از واحد بوده ، زیرا این محیط دارای خصوصیات مخصوص و مربوط به خود می‌باشد.

بعد از ساده سازی متماتیکی رابطه (5) شکل ذیل را اختیار می نماید.

$$\varepsilon_{I.g.} = 1 - \frac{81N}{f^2} \dots\dots\dots (V)$$

دررابطه فوق:

N- تعدادالکترون های آزاد در $1Cm^3$ ؛

f - فریکونسی موج منتشره به KHz؛

با مقایسه روابط (4) و(5) میتوان نوشت:

$$n = \sqrt{1 - 81N/f^2} \dots\dots\dots \quad (VI)$$

از فورمول فوق برمی آید که هر قدر طول موج منتشره دراز تر و مقدار ایونایزیشن طبقه بیشتر باشد، به همان اندازه شدت انکسار موج بیشتر و زاویه انکسار بطرف زمین کوچکتر می‌گردد.

اگر فرض شود که موج بصورت عمودی به طبقه ایونایزه شده وارد می‌شود (0 = ϭ)، در آنصورت رابطه (6) شکل ذیل را اختیار می نماید.

$$\sqrt{1 - \frac{81N}{f^2}} = 0 \dots\dots\dots \quad (VII)$$

در فورمول (7)، f را به نام فریکونسی بحرانی طبقه یاد کرده و چنین محا سبه می‌گردد.

$$f_{cr} = \sqrt{81N} = 9\sqrt{N} \dots\dots\dots \quad (VIII)$$

با در نظر داشت فریکونسی امواج رادیوئی تعداد الکترون های آزاد را چنین می توان دریافت کرد (4:ص،121):

$$N = f^2/81 \dots\dots\dots\dots\dots\dots \quad (IX)$$

جهت مقایسه و محاسبه باید تعداد الکترون های آزاد طبقات چهار گانه اتموسفیر را بدانیم (6:ص،44):

تعداد الکترون های آزاد طبقهٔ D در روز $N_D = 10^3$ El/ cm^3

تعداد الکترون های آزاد طبقهٔ E در روز $N_E = 4*10^5$ El/cm^3

تعداد الکترون های آزاد طبقهٔ E در شب $N_E = 10^4$ El/cm^3

تعداد الکترون های آزاد طبقهٔ F_1 در روز $N_{F1} = 5*10^5\ El/cm^3$

تعداد الکترون های آزاد طبقهٔ F_2 در شب $N_{F2} = 2*10^5\ El/cm^3$

تعداد الکترون های آزاد طبقهٔ F_2 در روز $N_{F2}= 2*10^6\ El/cm^3$

طبقات F و D در روز موجود بوده و درشب به نسبت عدم موجودیت شعاع آفتاب از بین می‌روند . فریکونسی بحرانی طبقه F_2 در روز و شب چنین دریافت میشود:

$$f_{cr.day} = 9\sqrt{2*10^6} \cong 13000KHz = 13MHz$$

$$f_{cr.night} = 9\sqrt{2*10^5} \cong 4000KHz = 4MHz$$

به کمک فورمول های (7) و (8) می توان تعیین نمود که کدام طول موج از کدام طبقه انعکاس و یا انکسار کرده ، از طبقات اتموسفیر خارج می‌شود و دوباره به زمین بر نمی گردند(2:ص،267).

جهت دانستن این که امواج دراز چگونه منعکس می‌گردد، فریکونسی سپکتروم امواج دراز ($f = 3*10^2$ KHz) را در فورمول (10) وضع نموده تعداد الکترون های آزاد طبقه را می‌یابیم.

$$N = f^2 /81 = (3*10^2)^2 /81 \approx 10^3\ El/cm^3$$

عدد حاصله را هرگاه با تعداد الکترون های آزاد طبقات ایونایز شده مقایسه نمائیم، دیده می‌شود که امواج دراز از طبقه D منعکس گردیده و چون درشب طبقه D موجود نیست، پس درشب امواج متذکره از طبقه E به صورت بهتر و به فواصل بیشتر منعکس می گردد، زیرا این طبقه الکترون های آزاد بیشتر دارد. جهت مقاسیه امواج فضایی رادیویی باند UHF و VHF با طبقات اتموسفیر باید فریکونسی اولین کانال باند VHF_I (60MHz) در رابطه (10) وضع گردد:

$$N = f^2/81 = (60000)^2/81 = 5*10^7$$

عدد مذکور را که پائین ترین فریکونسی باند VHF است حتی اگر باغلطت ایونایزشین طبقۀ F_2 در روز زمستانی هم مقایسه نمائیم که مقدار اعظمی الکترون های آزاد را داراست ($2*10^6 El/cm^3$)، دیده می‌شود که تعداد الکترون های این موج بیشتر از الکترون های طبقه متذکره می‌باشد. این بدان معنی است که فریکونسی متذکره منعکس نشده، بلکه از تمام طبقات منکسر شده و دوباره به زمین برنمی‌گردد. این موج طول خیلی کوتاه داشته و قابلیت لغزش از موانع را نیز دارا نمی‌باشد (4:ص،133).

چالش‌های انتشار امواج رادیویی

ظهور تکنالوژی های جدید در عرصۀ مخابرات و تکنالوژی معلوماتی مخصوصاً نسل های پنجم و ششم، چالش‌های جدیدی را در حوزه انتشار امواج رادیویی ایجاد کرده است که عمده ترین آن ها قرار ذیل است:

1. استفاده از باندهای میلی‌متری با حساسیت بلند نسبت به موانع؛
2. افزایش تراکم ایستگاه‌های پایه؛
3. نیاز به مودل‌سازی سه بعدی محیط؛
4. توسعه تکنالوژی های هوشمند بازپیکربندی سطح (RIS) ؛
5. به‌کارگیری الگوریتم‌های یادگیری ماشین در پیش‌بینی انتشار (6:ص،35).

باز پیکر بندی سطح RIS عبارت از مخفف Reconfigurable Intelligent Surface به معنای سطح هوشمند باز پیکر بندی پذیر است. این وسیله یکی از تکنالوژی‌های نوظهور در مخابرات نسل ششم (6G) محسوب می‌شود که هدف آن کنترول و هدایت هوشمند امواج الکترومقناطیسی در محیط انتشار است.

مطالعات نشان می‌دهد که هیچ مودل انتشاری برای تمام شرایط محیطی مناسب نیست. انتخاب مودل باید بر اساس نوع محیط، باند فریکانسی، ارتفاع آنتن‌ها و هدف

طراحی صورت گیرد. ترکیب داده‌های میدانی با روش‌های هوش مصنوعی می‌تواند دقت پیش‌بینی را به میزان قابل توجهی افزایش دهد. همچنین توسعه مودل‌های تطبیقی برای شبکه‌های نسل آینده، از مهم‌ترین حوزه‌های تحقیقاتی محسوب می‌شود.

نتیجه‌گیری

از تحقیق روی انتشار سیگنال ها با امواج رادیویی، نتایج ذیل حاصل می‌شود:

1- ارزیابی انتشار سیگنال‌ها با امواج رادیویی، یکی از ارکان های اساسی طراحی و بهره‌برداری از تکنالوژی های مخابرات بی‌سیم بوده، روی آن دقت لازم به عمل آید.

2- شناخت دقیق سازوکار های انتشار امواج رادیویی و انتخاب مودل مناسب، موجب بهبود کیفیت سرویس، افزایش پوشش، کاهش هزینه‌های استقرار و استفاده مناسب از منابع فریکانسی می‌شود.

3- با حرکت به سوی شبکه‌های هوشمند نسل آینده، استفاده از مودل‌های پیشرفته مبتنی بر داده ها و هوش مصنوعی، افق‌های جدیدی را در تحلیل و پیش‌بینی انتشار امواج رادیویی خواهد گشود.

پیشنهاد ها

با آنچه در زمینهٔ انتشار سیگنال ها با امواج رادیویی تحریر یافت، جهت بهبود انتشار، اخذ و ارسال دیتا ها و کاربرد تکنالوژی های جدید و بالاخره استفاده از نسل های پنجم و ششم تکنالوژی های معلوماتی و مخابراتی و رفع چالش های موجود؛ پیشنهاد های ذیل را در زمینه مؤجه می‌دانم:

1- از تکنالوژی های هوشمند بازپیکر بندی سطح (RIS) که یکی از تکنالوژی‌های نوظهور در مخابرات نسل ششم (6G) محسوب می‌شود، در انتشار

سیگنال ها و امواج رادیویی استفادۀ اعظمی به عمل آید.

2- کاربرد هوش مصنوعی و به‌کارگیری الگوریتم‌های یادگیری ماشین در پیش‌بینی انتشار امواج مؤثریت لازم داشته، بناءً توسعۀ آن را در بخش انتشارات مخابراتی و تکنالوژی معلوماتی پیشنهاد می‌نمایم.

3- ایجاد و ترویج نسل های پیشرفتۀ پنجم و ششم تکنالوژی های معلوماتی و مخابراتی رامنحیث ضرورت مبرم اکثر سکتور های اقتصادی- اجتماعی کشور توصیه می‌نمایم.

مآخذ

1- امین زی، اسدالله؛ محرکات اتوماتیزه شدۀ برقی، پوهنتون پولیتخنیک کابل، 1394 هـ ش.

2- ان دی کراسن، آنتن ها اصول و مبانی، ترجمه داکتر زهرا امامی، انتشارات صدا و سیمای جمهوری اسلامی ایران، سروش– تهران 1374هـ ش.

3- رج کندی، سیستم های مخابرات الکترونیکی، ترجمه داکتر حجت کاشانی و داکتر صفی الدین صفوی نائینی، انتشارات فنی حسینیان، مرکز پخش تهران 1381 هـ ش.

4- شهیم، محمد اکرم؛ انتشارات تلویزیونی، ریاست اطلاعات و ارتباط عامۀ اکادمی علوم افغانستان، 1388 هـ ش.

5- Andrea Goldsmith. Wireless Communications, Cambridge University Press, UK. 2005.

6- Recommendation ITU-R P.1546: Method for point-to-area predictions for terrestrial services, 2001.

7- Saunders, S. R. & Aragón-Zavala, A. Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems, Chichester. UK. Wiley.2007

8- Theodors S. Rappaport. Wireless Communications: Principles and Practice, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey USA. 1996.

معاون سرمحقق محمد طاهر رسولی

بررسی کشت و پرورش نبات سارگم و اهمیت اقتصادی آن در افغانستان

Assessment of the cultivation and production of Sorghum and its economic importance in Afghanistan

Associate Prof. Mohammad Tahir Rasouli

Abstract

Sorghum (Sorghum bicolor L.) is an important cereal and forage crop that can be of particular importance for the agricultural conditions of Afghanistan due to its relative tolerance to drought, heat, and water shortage. Sorghum has acceptable production potential in areas where crops such as corn are difficult to grow due to water shortages.

In Afghanistan, sorghum can be used both for grain and human food production and for the production of green, dry, and silage fodder. Its residues can also be used as animal feed, thereby contributing to the development of livestock and reducing the cost of fodder production.

From an economic perspective, sorghum cultivation can play an important role by reducing water consumption, increasing the diversity of agricultural products, providing fodder, and generating income for farmers. Therefore, given the recurring droughts, limited water resources, and the importance of livestock in Afghanistan, developing sorghum cultivation, using drought-resistant varieties, and proper water and fertilizer management can be effective in increasing forage production, improving food security, and strengthening the country's agricultural economy .In one study, the use of about 80 kilograms of nitrogen, equivalent to 108 kilos of urea, per hectare has been suggested as a suitable option to increase productivity and profitability.

خلاصه

سارگم (*Sorghum bicolor L.*) یکی از نباتات مهم غله‌ای و علوفه‌ای است که به دلیل تحمل نسبتاً در برابر خشکی، گرمای هوا و کمبود آب، می‌تواند برای شرایط زراعتی افغانستان اهمیت ویژه داشته باشد. سارگم در مناطقی که کشت نباتاتی مانند جواری با کمبود آب با مشکل مواجه می‌شود، قابلیت تولید قابل‌قبولی دارد .

در افغانستان، سارگم می‌تواند هم برای تولید دانه و غذای انسان و هم برای تولید علوفه سبز، خشک و سیلو مورد استفاده قرار گیرد. همچنین بقایای آن می‌تواند به عنوان خوراک حیوان استفاده شود و در نتیجه به توسعه مالداری و کاهش هزینه تهیه علوفه کمک کند .

از نظر اقتصادی، کشت سارگم می‌تواند با کاهش مصرف آب، افزایش تنوع محصولات زراعتی، تأمین علوفه و ایجاد درآمد برای دهقانان نقش مهمی داشته باشد. بنابراین، با توجه به خشکسالی‌های متناوب، محدودیت منابع آب و اهمیت مالداری در افغانستان، توسعه کشت سارگم، استفاده از ارقام مقاوم به خشکی و مدیریت درست آب و کود می‌تواند در افزایش تولید علوفه، بهبود امنیت غذایی و تقویت اقتصاد زراعتی کشور مؤثر باشد .در

یک مطالعه استفاده از حدود 80 کیلوگرام نایتروجن که معادل 108 کیلو یوریا می شود در هکتار به‌عنوان گزینه مناسب برای افزایش بهره‌وری و سودآوری پیشنهاد شده است.

مقدمه

سارگم (Sorghum) یکی از مهم‌ترین نباتات غله‌ای جهان است که پس از گندم، برنج و جواری در شمار محصولات مهم غذایی قرار می‌گیرد. این نبات به دلیل مقاومت زیاد در برابر خشکی، گرما و کم‌آبی، برای مناطق خشک و نیمه‌خشک افغانستان بسیار مناسب است.

سارگم که متعلق به خانواده Poacaea می‌باشد، یکی از نباتات است که توانایی رشد در شرایط سخت محیطی را دارد. این نبات علاوه بر تأمین غذای انسان، نقش مهمی در تغذیه حیوان و صنایع مختلف ایفا می‌کند.

منشاء آن به آفریقا نسبت داده می‌شود. امروزه در آسیا، آفریقا و بخش‌هایی از آمریکا به‌طور گسترده کشت می‌شود.

سارگم منبع مهم خوراکه برای انسانها ، پرنده گان وعلوفه حیوانی در اقلیم های خشک ،نیمه خشک و مناطق حاره دنیا می باشد. تولیدات دانه سارگم 75 فیصد در تغذیه انسانها 15 فیصد در تغذیه حیوانات و پرنده گان و متباقی شان در ساختن بیده به مصرف میرسد

سارگم ازجمله نباتات مهم غله ای است که کشت آن 5 الی 6 هزار سال قبل از میلاد تخمین زده می شود. احتمالاً کشت اولی آن در افریقای مرکزی صورت گرفته باشد، و از آنجا به دیگر نقاط جهان انتشار یافته است. احتمال دارد بعضی از انواع سارگم از هندوستان منشأ گرفته باشد.

این نبات به مقابل خشکسالی ، درجه حرارت نسبتاً بلندتر و سیلاب یک اندازه مقاومت داشته و علف تازه آن تا حدود (70) الی (80) فیصد برای حیوانات قابل هضم است. این نبات یکی از سابقه دارترین نبات اهلی شده می باشد ، امکان دارد سارگم از شرق افریقای مرکزی (سودان و حبشه) نشئت کرده باشد.

دانه های آن برای خوردن بشکل غذا استفاده می شود. انواع زراعتی آن که فعلاً وجود

دارد در مناطق معتدل نیز توافق دارد. کشت سارگم دانه ای (Grain sorghum) در سال 1874 م در کشورهای اروپایی رواج پیدا کرد. تاریخ اولی کشت سارگم در افغانستان دقیقاً معلوم نیست، اما کشت آن در نواحی نزدیک دریای آمو، مزارشریف، شبرغان و بعضی ولایات دیگر صورت می گیرد (3).

دانه سارگم در بسیاری کشورها مانند هند ، چین و افریقا یکی از مهم ترین غذاهای مردم آنجا را تشکیل میدهد.

همچنان از تخم سارگم در تهیه خوراک (جیره) حیوانات نیز استفاده وسیع صورت می گیرد. از علوفه سبز سارگم بقسم علوفه سبز و سایلج نیز استفاده می گردد.

اهمیت تحقیق

در افغانستان، به ویژه در مناطق گرم و کم‌آب، سورگم می‌تواند جایگزین مناسبی برای برخی غلات پرمصرف آب باشد. گسترش کشت آن می‌تواند به کاهش اثرات ناگوار خشکسالی، تأمین خوراک حیوانات و افزایش تولید محصولات زراعتی کمک کند.

مبرمیت تحقیق

مهم‌ترین دلیل مبرمیت نبات سارگم برای افغانستان، مقاومت نسبتاً زیاد به خشکی، مصرف کمتر آب و قابلیت تولید هم زمان، دانه و علوفه است.

هدف تحقیق

بررسی ویژگی‌های زراعتی، حاصل و اهمیت اقتصادی نبات سارگم به منظور افزایش تولید و استفادهٔ معقول از این محصول در شرایط اقلیمی خشک مانند افغانستان است.

سوال تحقیق

آیا توسعه کشت و پرورش سارگم در افغانستان اقتصادی است ؟

روش تحقیق

این تحقیق کتابخانه ای با استفاده از منابع علمی معتبر و موثر داخلی و خارجی انجام شده است.

سارگم Sorghum

نام علمی این نبات Sorghum Bicolor می باشد . علوفه خشک سارگم نسبت به علوفه جواری دارای مواد معدنی زیاد بوده اندازه پروتین خام نباتی ، نشایسته و رشته های فایبری در سارگم تقریباً مشابه به جواری می باشد. از دانه سارگم ، سایلیج و بیده آن بصورت جداگانه استفاده می شود (1 ص 128) .



شکل اول : تصویر از علوفه سارگم(2).

سارگم نبات یکساله بوده که مربوط جنس Sorghum می باشد. ساقه سارگم از گره ها و میان گره ها تشکیل گردیده است، از هرگره یک برگ بوجود می آید، تعداد گره ها در انواع مختلف از 7 تا 18 عدد گره می رسد. ارتفاع ساقه از 1 الی 3 متر بوده اما در بعضی انواع تا 5 متر هم می رسد. ساقه اکثر انواع سارگم نسبت به ساقه جواری باریک بوده ، اما ساقه سارگم دانه ای نسبت به ساقه سارگم قندی و جارویی ضخیم است. ساقه سارگم مستقیم ، رنگ آن سبز تیره و سطح آن لشم و هموراست. داخل ساقه میان پر بوده و دارای شیره می باشد.

برگ بصورت متناوب بالای ساقه قرار دارد. برگ سارگم نسبت به جواری خورد بوده و ریشه آن رشتوی و افشان و نسبت به جواری بیشتر است(2).

سیستم گلی آن خوشه ای و یا Spike و در بعضی انواع مرکب و یا Panicle می باشد. گل سارگم ازطرف شب و یا صبح از قسمت بالایی شاخه ها بطرف پایین باز می شود. برای باز شدن تمام گلهای panicle و یا spike سه الی نه روز ضرورت است. گرده افشانی در سارگم خودبخودی صورت می گرد، اما تا 6 فیصد گرده افشانی غیرخودی نیز صورت می گیرد.

سارگم نبات روز کوتاه بوده و برای گل کردن خود به روزهای کوتاه و شب های دراز ضرورت دارد، زیرا که گلهای سارگم از طرف شب باز می شود. تخم سارگم دارای رنگهای سفید، تباشیری، زرد ، نصواری ، سرخ و قهوه ای می باشد.

سارگم برای نموی خود به هوای نسبتاً گرم و خشک ضرورت دارند، بنابر این باید در مناطق کشت شود که هوای آن نسبتاً گرم تر باشد. مقاومت سارگم در مقابل گرمی بیشتر از جواری است. پایین ترین درجه حرارت برای نموی آن 30 تا 32 درجه سانتی گرید می باشد. اگر درجه حرارت در وقت انکشاف به 15 درجه سانتی گرید پایین آید رشد آن به کندی مواجه می شود. نبات سارگم را میتوان به ارتفاع 2500 متر ازسطح بحر کشت نمود. نبات سارگم درطول فصل نمویی خود به نور زیاد ضرورت دارد.

شرایط اقلیمی و خاک برای کشت سارگم

اقلیم

- در مناطق گرم و خشک بهترین رشد را دارد .
- حرارت مناسب برای رشد: 25 تا 35 درجه سانتی‌گراد .
- نسبت به خشکسالی مقاوم‌تر از جواری است .

خاک

- در انواع مختلف خاک رشد می‌کند .
- بهترین عملکرد را در خاک‌های لومی با زهکشی شده مناسب دارد .
- PHمناسب: 6 تا 8 .

زمان کشت

- در افغانستان معمولاً از اواخر حمل تا اوایل جوزا کشت می‌شود .
- در مناطق گرم‌تر می‌توان زودتر کشت نمود .

مقدار تخم

- برای تولید دانه: 8 تا 12 کیلوگرام تخم در هکتار .
- برای تولید علوفه: 15 تا 20 کیلوگرام تخم در هکتار (8).

خاک های مورد نیاز سارگم باید دارای عمق کافی بوده و رطوبت را با اندازه ای کافی درخود ذخیره کرده بتواند. در خاکهای ریگی به علت اینکه زود خشک می گردد برای کشت سارگم مناسب نیست. خاکهای کمی تیزابی نسبت به خاکهای قلوی مناسب تر است. این نبات در مقابل نمکیات خیلی حساس می باشد. خاکها باید از نگاه مواد عضوی غنی باشد.

زمین که در آن سارگم کشت می شود، باید کاملاً نرم بوده و بدون گیاه های هرزه باشد. گر چه نبات سارگم در مقابل کمبود آب مقاومت دارد اما باز هم لازم است جهت ذخیره رطوبت زمین بیشتر در تیرماه قلبه گردد. عمق قلبه بهاری نسبت به قلبه تیرمایی کمتر می باشد، یعنی 18 تا 20 سانتی متر.

کشت تخم باید در زمین وتر صورت گیرد و تخم بعد از پاشیدن باید به عمق 4 الی 5 سانتی متر توسط خاک نرم و مرطوب پوشیده شود. سارگم به دوطریق ذیل کشت می گردد.

1) پاشکی .
2) خطی .

1 – طریقه پاشکی یا محلی :

در این طریقه بعد از آماده ساختن زمین زمانیکه رطوبت کافی در خاک موجود باشد ، تخم و کود به صورت یکنواخت پاش داده بعداً توسط خاک نرم پوشانیده شود ، درینصورت خاک باید رطوبت کافی به مقصد جوانه زدن تخم داشته باشد.

2 – طریقه خطی یا فنی :

درین طریقه تخم در قطار هائیکه از همدیگر 30 سانتی متر فاصله داشته ، بعد از آماده ساختن زمین و کود پاشی کشت شده و توسط خاک پوشانیده شده و باید برای جوانه زدن تخم رطوبت کافی در خاک موجود باشد(1 ص 82) .

در مناطق گرم از استعمال کود حیوانی که باعث بالا رفتن درجه حرارت خاک می گردد باید خود داری شود. اما در مناطق معتدل مقدار 20 تن پاروی حیوانی در فی هکتار قابل سفارش است. در مناطق گرم بعوض کود حیوانی کودهای معدنی استفاده می شود. برای تولید 5 تن دانه سارگم به مقدار 120 کیلوگرام نایتروجن که معادل 260 کیلوگرام یوریا 50 کیلوگرام فاسفورس که معادل به 108 کیلوگرام کود DAP در فی هکتار استعمال گردد. در مناطق خشک تأثیر کود بالای نبات سارگم خیلی ضعیف می باشد، بنابر این لازم است نظر به وضعیت رطوبت خاک استعمال گردد(6).

با وجود اینکه سارگم نباتی است مقاوم به خشکی و به علت داشتن دانه های کوچک در زمان جوانه زدن به آب فراوان نیاز دارد و در شرایط نیمه للمی قادر به تولید حاصل بیشتر است. این نبات به آبیاری نیز واکنش خوبی نشان میدهد، ازینرو در زراعت نیمه للمی آن ، در صورت لزوم از آبیاری تکمیلی و در زراعت آبی از آبیاری کامل استفاده می شود. در حالت کلی اگر زمین درحین کاشت به اندازه کافی رطوبت داشته باشد تا 15 الی 20 روز بعد احتیاج به آبیاری ندارد و بعد از آن بنابر ضرورت از8 تا 15 روز آبیاری تا زمان برداشت احتیاج دارد.

زمان و نحوه برداشت بستگی به نوع مصرف آن دارد. اگر سارگم جهت تهیه علوفه کشت شود ، پس از ظهور کامل گلها آنهارا درو مینماید. هرقدر دانه ها رسیده تر می شود میزان ماده خشک افزایش و مقدار ماده سمی کاهش می یابد.

اگر جمع آوری به مقصد تولید دانه باشد باید رطوبت دانه بین 18 تا 20 فیصد باشد، اما در بعضی اوقات خوشه های سارگم زمانی جمع آوری می گردد که رطوبت آن به 14 فیصد رسیده باشد.

برای سایلج نبات سارگم را در مرحله شیره جمع آوری می کنند، در این مرحله مقدار زیاد مواد قندی در ساقه نبات موجود می باشد.

بر اساس گزارش‌های وزارت زراعت افغانستان و تحقیقات انجام‌شده، سارگم عمدتاً در این ولایات کشت می‌شود:

- جوزجان ، فایاب ، بلخ، سرپل، کندز، تخار، کندهار و هلمند

تحقیقات زراعتی و گزارش‌های وزارت زراعت نشان می‌دهد که فاریاب، تخار و قندهار از مناطق مهم تولید سارگم هستند ، یک مطالعه انجام‌شده در منطقه قندهار نشان داده است که مدیریت مناسب کود نایتروجن و آبیاری می‌تواند عملکرد و سودآوری سارگم را بهبود بخشد؛ در این مطالعه استفاده از حدود 80 کیلوگرام نایتروجن که معادل 108 کیلو یوریا می شود در هکتار به‌عنوان گزینه مناسب برای افزایش بهره‌وری و سودآوری پیشنهاد شده است (7) .

جدول (1) : مقدار حاصل نبات سارگم در جهان(7).

نوع تولید	مقدار حاصل
دانه سارگم	2تا 5 تن در هکتار
دانه سارگم با مدیریت خوب	5تا 7 تن در هکتار
علوفه سبز	30تا 60 تن در هکتار
علوفه سبز با مدیریت خوب	60تا 80 تن در هکتار

طبقه بندی سارگم

1 – سارگم دانه ای (Grain sorghum) : این نوع سارگم بیشتر برای تولید دانه کشت می شود، البته بعضی ورایتی های آن به منظور تولید علوفه سبز و سیلو نیز استفاده می گردد. بعضی از ورایتی های آن عبارت اند از:

الف-کفیر (Kafir): این ورایتی منشاء افریقای جنوبی داشته و خوشه های آن استوانه ای شکل، متراکم و رنگ دانه آن سفید و یا سرخ می باشد. این ورایتی برای تولید دانه و تهیه علوفه کشت می شود.

ب -هگاری (Hegari): این ورایتی منشۀ آن سودان بوده، خوشه آن تخم مرغی شکل ، دانه های سفید و ساقه های فرعی زیادی تولید می کند. برای تولید علوفه بیشتر استفاده می گردد.

ج -میلو (Milo): منشاء آن شرق افریقا است، خوشه آن ، متراکم و دانه آن درشت و رنگ سفید و یا زرد را دارا می باشد. این ورایتی قد کوتاه بوده و بیشتر بخاطر تولید دانه کشت می شود.

د -دورا (Dura) : دورا خوشه های کرکدار و متراکم دارد. شکل دانه گرد ویا عدسی میباشد. منشاء این ورایتی شمال افریقا میباشد.

و -شالو (Shallu): این ورایتی خوشه های باز دارد. دانه آن بیضوی شکل بوده و به رنگ سفید می باشد. این ورایتی بیشتر در هند کشت می شود.

هـ -کائولیانک (Kaoliang): دارای ساقه های باریک وخشک بوده ، دانه های آن کوچک و به رنگ سفید و یا قهوه ای می باشد. این ورایتی بیشتر در چین کشت می شود.

2 – سارگم قندی (Sweet Sorghum) : این نوع سارگم ساقه آبدار و شیرین دارد و بیشتر به منظور تولید سایلج و مایعات قندی کار برد دارد.

3 – سارگم علوفه ای (Grass Sorghum) : جهت تهیه علوفه کشت می شود، سودان گراس (Sudan grass) و جانسون گراس (Janson grass) یا قیاق از ورایتی های سورگوم علوفه ای می باشد. این ورایتی سارگم بیشتر جهت تهیه علوفه سیلو و چراگاه کاربرد دارد.

بقسم وحشی در اکثر جاها سبز می شود و بسیار مقاوم می باشد.

4 – سارگم جارویی (Broom Sorghum) : طول خوشه و یا Panicle آن زیاد بوده و به طول 30 تا 90 سانتی متر می باشد، برای تولید جارو کشت می گردد.

5 – سارگم مومی (Waxy Sorghum) : اندوسپرم این نوع مقدار قابل توجهی موم دارد، که برای تولید چپس ها بکار میرود.

باید یاد آور شد که تمام انواع سارگم های یاد شده قبل از تولید گل دارای مقدار ماده سمی بنام Dhurrin می باشد که یک گلوکوزید بوده و به سادگی به پروسیک اسید تبدیل می شود که در حیوانات مخصوصاً گاوهای شیری تولید مسمومیت می کند، لذا بهتر است پس از ظهور گل مورد استفاده قرارگیرد ، و یا پس از درو به مدت 24 ساعت در سایه قرا ر گیرد تا پروسیک اسید آن تجزیه و تبخیر گردد تا از خطر کاهش یابد(5).

در یک تجربه مزرعه‌ای زراعت ولایت تخار، استفاده از 100 کیلوگرام نایتروجن که معادل 217 کیلوگرام یوریا در هکتار باعث افزایش معنی‌دار رشد و تولید علوفه شد .

همچنین در یک تجربه مزرعه ای زراعت ولایت قندهار، بهترین قطار ها حدود 1546 کیلوگرام دانه در هکتار و 5546 کیلوگرام کاه و ساقه در هکتار تولید کردند و کارمندان فنی نتیجه گرفتند که مصرف حدود 80 کیلوگرم نایتروجن که معادل 174 کیلوگرام یوریا در هکتار از نظر اقتصادی گزینه مناسبی است .

به دلایل آتی سارگم در افغانستان برای تغذیه حیوانات کشت می گردد.

- رشد سریع دارد .
- چندین بار قابل برداشت است (در برخی علوفه‌ای)
- نسبت به جواری آب کمتری نیاز دارد .
- در خشکسالی نیز تولید علوفه می‌کند .

دانه سارگم برای

- تهیه آرد ، پخت نان محلی، آش و غذاهای سنتی،خوراک طیور و خوراک گاو و گوسفند استفاده می شود.

اهمیت کشت سارگم در افغانستان

- نیاز آبی آن حدود 30 تا 50 فیصد کمتر از جواری است .
- در حرارت بالای 40 درجه سانتی‌گراد نیز می‌تواند رشد کند .
- در خاک‌های نسبتاً فقیر نیز عملکرد قابل قبولی دارد .
- برای مناطقی که با کمبود آب روبه‌رو هستند، گزینه‌ای مناسب محسوب می‌شود .

اهمیت اقتصادی سارگم

1 - تولید علوفه

- علوفه سبز سارگم دارای ارزش غذایی خوب برای گاو، گوسفند و بز است .
- امکان چندین بار برداشت علوفه در یک فصل وجود دارد .

2 - مقاومت به خشکی

- در شرایط کمبود آب نیز محصول قابل قبولی تولید می‌کند .
- هزینه آبیاری کمتر نسبت به دیگر نباتات علوفه یی.

3 - درآمد اقتصادی

- در صورت مدیریت خوب حاصل دانه معمولاً بین 3 تا 6 تن در هکتار است .
- عملکرد علوفه سبز می‌تواند به 30 تا 60 تن در هکتار برسد .
- در شرایط افغانستان می‌تواند جایگزین مناسبی برای برخی نباتات پرمصرف آب باشد (9) .

اهمیت اقتصادی نبات سارگم در شرایط امروزی، مخصوصاً در کشورهایی مانند افغانستان، بسیار قابل توجه و در عین حال وابسته به مدیریت درست است. این نبات به‌دلیل مقاومت بالا در برابر خشکسالی و گرما، می‌تواند در زمین‌هایی که برای بسیاری از غلات دیگر مناسب نیستند نیز به‌خوبی رشد کند؛ همین ویژگی باعث می‌شود هزینه تولید آن نسبت به محصولاتی مانند گندم و جو پایین‌تر باشد (4).

از نظر کاربرد، سارگم یک محـصول دو منظوره است؛ هم به‌عنـــوان غـذای انـسان (در قالب آرد و نان) استفاده می‌شود و هم به‌عنوان علوفه باارزش برای تغذیه حیوانات. این ویژگی باعث می‌شود که بازار مصرف آن گسترده‌تر باشد و ریسک فروش کاهش یابد. علاوه بر این، در بخش مالداری، استفاده از سارگم به‌عنوان علوفه می‌تواند هزینه خوراک حیوان را کاهش داده و در نتیجه سودآوری مالداران را افزایش دهد. همچنین این نبات قابلیت تولید بیوماس بالا دارد و در سیستم‌های زراعتی-مالداری نقش مهمی ایفا می‌کند.

در مجموع، سارگم می‌تواند نقش مهمی در بهبود اقتصاد زراعتی، افزایش امنیت غذایی، کاهش هزینه‌های تولید و ایجاد فرصت‌های درآمدی ایفا کند، اما موفقیت اقتصادی آن مستقیماً به نحوه مدیریت، برنامه‌ریزی بازار و استفاده هوشمندانه از این محصول بستگی دارد. اگر این عوامل به‌درستی در نظر گرفته شوند، سارگم می‌تواند از یک نبات عادی به یک فرصت اقتصادی واقعی تبدیل شود.

جدول (2) :ارزش غذایی دانه سارگم (5)

ماده غذایی	مقدار تقریبی
پروتین	9 الی 12 فیصد
نشایسته	65 الی 75 فیصد
چربی	2 الی 4 فیصد
فایبر	2 الی 7 فیصد

در جدول فوق نشان میدهد که در ارزش غذایی دانه سارگم نشایسته بلند ترین فیصدی و پروتین به درجه دوم قرار دارد.

نتیجه گیری

با توجه به کمبود آب در بسیاری از ولایات افغانستان، توسعه کشت سارگم می‌تواند در افزایش تولید دانه و علوفه، تأمین خوراک انسان ، حیوان، کاهش مصارف آبیاری و در افزایش درآمد دهقانان نقش مهمی داشته باشد.

سارگم در افغانستان بیشتر در ولایات قندهار، تخار، بلخ، کندز، جوزجان، فاریاب، هلمند، ننگرهار و هرات کشت می‌شود. محصول دانه آن معمولاً در مدیریت مطلوب 3 تا 6 تن در هکتار و محصول علوفه تازه 30 تا 60 تن در هکتار است. مهم‌ترین هدف از کشت این محصول، تأمین علوفه حیوان است، اما از دانه آن نیز برای غذای انسان، خوراک طیور و حیوان استفاده می‌شود.

سارگم یک محصول برای آینده زراعت، به‌ویژه در مناطق خشک مانند افغانستان است. این نبات با توجه به مقاومت بالا، مصارف کم تولید و کاربردهای متنوع، می‌تواند نقش مهمی در توسعه اقتصادی و امنیت غذایی ایفا کند. سارگم به دلیل مقاومت بالا در برابر خشکی و نیاز آبی کمتر نسبت به جواری، یکی از نباتات مناسب برای شمال، شمال‌شرق و جنوب افغانستان است. در مناطقی که کمبود آب وجود دارد، سارگم می‌تواند از نظر اقتصادی و تأمین خوراک اهمیت زیادی داشته باشد.

پیشنهادها

1 – به وزارت زراعت، آبیاری و مالداری پیشنهاد میگردد که:

کشت و اروزش نبات سارگم را در مناطق خشک ترویج نماید .

2 - دهقانان را درباره مدیریت صحیح کشت و برداشت سارگم آموزش دهند .

مآخذ

1-خدابنده، ناصر.غلات.دانشگاه تهران،سال 1382 ، صفحات 537 .

2- *سارگم 2011year.* Available at: https/ keshtokar.mihanblog.com/post/. Accessed(10/2/1405, 11AM).

3- نبـــــات ســـــارگـــم -پرورش. Available at: https/ tanha-keshavarz.blogspot.com//blog-post_01.ht Accessed (2/2/1405, 2PM).

4-اهمیت سارگم. Available at: https /agricultureafghanistan.blogspot.com/…/blog-post_ Accessed (22/1/1405, 9AM).

5-Sorghum production and utilization. Available at: https/ Food and Agriculture Organization (2023). Accessed (10/2/1405, 9AM).

6 -Sorghum agronomy and breeding. Available at: https/ International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (2022). Accessed (16/2/1405, 11AM).

7 -Sorghum and millets in human nutrition. Rome: (1995). Available: https/ Food and Agriculture Organization FAO.Accessed (17/3/1405 /10 AM).

8-ICRISAT. (2024). Available at: https/ Sorghum improvement and production. Hyderabad, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Accessed (20 /3/1405 /9 AM).

9-United States Department of Agriculture. (2024). Available at: https Food Data Central: Sorghum grain. USDA Accessed (7/3/1405 /2 PM).

محقق عبدالروف قادری

تحلیل تغییرات پوشش نباتی ولایت هلمند طی سال‌های (2000–2025)م.

Analysis of Vegetation Cover Changes in Helmand Province During the Years (2000–2025)

Assistant Prof. Abdul Rawof Qaderi

Abstract

Vegetation cover is considered one of the most important indicators of environmental sustainability in arid and semi-arid regions and is strongly influenced by climatic conditions. Helmand Province, located in southwestern Afghanistan, has experienced significant environmental and agricultural challenges due to fluctuations in precipitation and increasing air temperatures. The present study aims to investigate vegetation cover changes and analyze their relationship with precipitation and air temperature in Helmand Province during the period 2000–2025. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was used as the primary indicator of vegetation cover conditions. Climatic data, including precipitation and air temperature, were obtained from Google Earth Engine datasets and analyzed on an annual average basis. The results

reveal that vegetation cover changes in Helmand Province are associated with variations in precipitation and air temperature. Years with relatively higher precipitation generally exhibited improved vegetation conditions, whereas increasing air temperatures contributed to greater moisture loss and environmental stress on vegetation. The findings highlight the combined influence of precipitation and air temperature on vegetation dynamics and provide valuable scientific information for natural resource management, agricultural planning, and climate change adaptation in Helmand Province.

خلاصه

پوشش نباتی یکی از مهم‌ترین شاخص‌های پایداری محیط‌زیست در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می رود و به شدت تحت تأثیر شرایط اقلیمی قرار دارد. ولایت هلمند به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص خود، همواره با چالش‌های محیط‌زیستی و زراعتی ناشی از نوسانات بارنده‌گی و افزایش درجۀ حرارت هوا مواجه بوده است. هدف این تحقیق بررسی تغییرات پوشش نباتی و تحلیل رابطۀ آن با بارنده‌گی و درجۀ حرارت هوا در ولایت هلمند طی دورۀ زمانی 2000 تا 2025م. می‌باشد. در این تحقیق، شاخص تفاضل نورمال‌شدۀ پوشش نباتی (NDVI) به عنوان مهم‌ترین شاخص ارزیابی وضعیت پوشش نباتی مورد استفاده قرار گرفته است. دیـتاهای اقلیـمی شـامـل بارنده‌گی و درجـۀ حرارت هـوا از پایـگـاه Google Earth Engine استخراج و به صورت اوسط سالانه مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که تغییرات پوشش نباتی در ولایت هلمند با نوسانات بارنده‌گی و درجۀ حرارت هوا ارتباط نزدیک دارد. سال‌هایی که دارای بارنده‌گی بیشتر بوده‌اند، عموماً از وضعیت بهتر پوشش نباتی برخوردار بوده‌اند، در حالی که افزایش درجۀ حرارت هوا موجب افزایش تبخیر، کاهش رطوبت مؤثر محیط و تشدید تنش بر پوشش نباتی گردیده است. یافته‌های این تحقیق نقش همزمان بارنده‌گی و درجۀ حرارت هوا را در تغییرات پوشش نباتی برجسته ساخته و می‌تواند مبنای علمی مناسبی برای مدیریت منابع طبیعی، برنامه‌ریزی زراعتی و سازگاری با تغییرات اقلیمی در ولایت هلمند فراهم نماید.

مقدمه

پوشش نباتی یکی از عناصر اساسی محیط طبیعی به شمار می رود و نقش مهمی در حفظ تعادل اکولوژیکی، جلوگیری از فرسایش خاک، تنظیم چرخه آب، حفاظت تنوع زیستی و تأمین منابع معیشتی جوامع انسانی ایفا می‌کند. وضعیت و پایداری پوشش نباتی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شدت تحت تأثیر شرایط اقلیمی قرار دارد و هرگونه تغییر در عوامل اقلیمی می‌تواند باعث دگرگونی در ساختار و تراکم آن گردد. از میان عوامل اقلیمی، بارنده‌گی و درجۀ حرارت هوا از مهم‌ترین متغیرهایی هستند که رشد، توسعه و پراکندگی پوشش نباتی را متأثر می‌سازند.

افغانستان به دلیل موقعیت جغرافیایی و اقلیم خشک و نیمه‌خشک خود، در دهه‌های اخیر با تغییرات قابل ملاحظۀ اقلیمی مواجه بوده است. افزایش درجۀ حرارت هوا، نوسانات بارنده‌گی و وقوع خشک‌سالی‌های پیهم، از جمله چالش‌های عمده‌ای هستند که تأثیرات گسترده‌ای بر منابع آب، اراضی زراعتی و پوشش نباتی کشور برجا گذاشته‌اند. این وضعیت در بسیاری از ولایات افغانستان سبب کاهش حاصل‌خیزی زمین، گسترش بیابان زایی و تضعیف اکوسیستم‌های طبیعی گردیده است.

ولایت هلمند به عنوان یکی از بزرگ‌ترین و مهم ترین ولایات زراعتی افغانستان، وابستگی زیادی به منابع آب و شرایط اقلیمی دارد. این ولایت به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص، بارنده‌گی اندک و درجۀ حرارت نسبتاً بلند، از جمله مناطق آسیب‌پذیر در برابر تغییرات اقلیمی محسوب می‌شود. از این‌رو، بررسی تغییرات پوشش نباتی و شناخت رابطۀ آن با بارنده‌گی و درجۀ حرارت هوا می‌تواند در درک بهتر وضعیت محیط‌زیستی و زراعتی این ولایت نقش مهمی داشته باشد.

در سال‌های اخیر، استفاده از تکنالوژی سنجش از دور و شاخص تفاضل نورمال شدۀ پوشش نباتی (NDVI) به یکی از روش‌های مؤثر برای ارزیابی وضعیت و تغییرات پوشش نباتی در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی مبدل گردیده است. این شاخص امکان بررسی دقیق تغییرات پوشش نباتی و ارتباط آن با عوامل اقلیمی را فراهم می‌سازد. با وجود انجام برخی مطالعات در زمینۀ تغییرات اقلیمی و منابع طبیعی در افغانستان، تحقیقات اندکی به

بررسی رابطهٔ بارنده‌گی و درجهٔ حرارت هوا با تغییرات پوشش نباتی در ولایت هلمند پرداخته‌اند. بناءً، پژوهش حاضر با هدف بررسی تغییرات پوشش نباتی و تحلیل رابطهٔ آن با بارنده‌گی و درجهٔ حرارت هوا در ولایت هلمند طی دورهٔ 2000 تا 2025م. انجام گردیده است.

اهمیت تحقیق

تغییر در الگوی بارندگی، افزایش درجه حرارت هوا می‌تواند به‌طور مستقیم بر پوشش نباتی، منابع آب، تولیدات زراعتی و معیشت مردم ولایت هلمند اثر بگذارد. بناءً این تحقیق از اهمیت زیاد بر خوردار است.

مبرمیت تحقیق

در ولایت هلمند تاکنون مطالعات جامع و مبتنی بر دیتا های بلندمدت ماهواره‌ای که به صورت همزمان تغییرات پوشش نباتی و متغیرهای اصلی اقلیمی را بررسی کند، بسیار محدود کار شده است. از سوی دیگر، افزایش خشکسالی‌ها، کاهش منابع آب و تخریب زمین های زراعتی، ضرورت به انجام مطالعات علمی دقیق را دوچندان ساخته است. این تحقیق با ترکیب شاخص پوشش نباتی نورمال شده (NDVI) و پارامترهای اقلیمی شامل بارنده گی و درجه حرارت هوا ، تلاش می‌کند رابطهٔ متقابل میان اقلیم و پوشش نباتی را به‌صورت کمی و مکانی تحلیل نماید.

هدف تحقیق

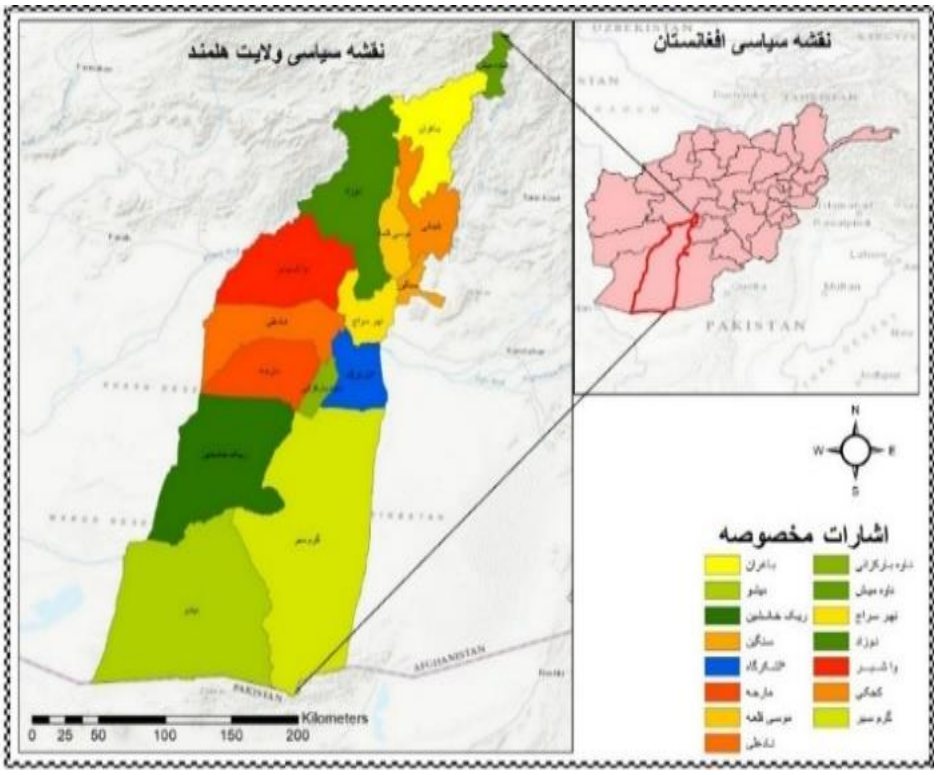
هدف این تحقیق بررسی جامع تأثیر تغییرات اقلیمی بر پوشش نباتی ولایت هلمند در جریان سال های 2000 تا 2025م. می‌باشد.

سوالات تحقیق

- روند تغییرات شاخص NDVI در ولایت هلمند طی سال‌های 2000 تا 2025م. چگونه بوده است؟
- شاخص NDVI در ولایت هلمند چه رابطه‌ای با بارندگی و درجه حرارت هوا دارد و کدام متغیر اقلیمی بیشترین تأثیر را بر پوشش نباتی می‌گذارد؟

معلومات عمومی (نگاه مختصر به ولایت هلمند)

ولایت هلمند در جنوب‌غرب افغانستان موقعیت دارد که دارای اقلیم خشک تا نیمه‌خشک می‌باشد. این ولایت از نظر زراعتی وابستگی بالایی به بارنده‌گی و منابع آبی داشته و هرگونه تغییر اقلیمی می‌تواند تأثیر مستقیم بر پوشش نباتی آن داشته باشد.



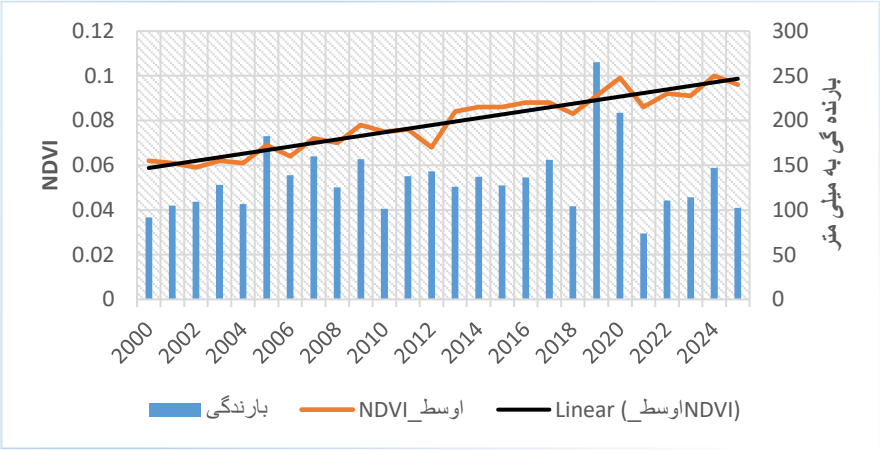
شکل 1: نقشه سیاسی ولایت هلمند (2).

ولایت هلمند (58305.1) کیلومتر مربع مساحت را احتوا میکند که از سطح بحر 780 متر ارتفاع داشته و عرض البلد 38، 29 – 33.37 درجهٔ شمالی و طول البلد 62.55 – 65.38 درجهٔ شرقی از بالای این ولایت میگذرد. این موقعیت جغرافیایی سبب شده است که هلمند تحت تأثیر اقلیم گرم و خشک قرار گیرد و در بیشتر ایام سال دارای درجه حرارت بالا و بارنده گی اندک باشد. تابش شدید آفتاب و مقدار بالای تبخیر از ویژگی‌های اقلیمی غالب این ولایت محسوب می‌شود که تأثیر مستقیمی بر منابع آب، خاک و پوشش نباتی دارد.

ولایت هلمند از طرف شمال به ولایت غور، از طرف جنوب به بلوچستان، از طرف شرق با ولایات دایکندی، ارزگان و کندهار و از سوی غرب با ولایات فراه و نیمروز هم سرحد می باشد(1:ص.966).

تحلیل رابطه بارنده‌گی و شاخص NDVI در ولایت هلمند (2000–2025)

در گراف ذیل، رابطهٔ میان اوسط بارنده‌گی سالانه و اوسط شاخص تفاضل نورمال شدهٔ پوشش نباتی (NDVI) در ولایت هلمند طی سال‌های 2000 تا 2025م. به‌منظور بررسی تأثیر بارنده‌گی بر تغییرات پوشش نباتی مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است.



شکل 2: گراف رابطهٔ اوسط بارنده‌گی سالانه و اوسط شاخص تفاضل نورمال‌شدهٔ پوشش نباتی (NDVI)در ولایت هلمند طی سال‌های 2000–2025م(5) .

نتایج حاصل از مقایسهٔ بارنده‌گی سالانه و اوسط شاخص تفاضل نورمال شدهٔ پوشش نباتی (NDVI) نشان می‌دهد که میان این دو متغیر به طور کلی رابطهٔ مثبت وجود دارد. به عبارت دیگر، در بسیاری از سال‌هایی که میزان بارنده‌گی افزایش یافته، مقدار NDVI نیز افزایش نشان داده است که بیانگر تأثیر مثبت بارنده‌گی بر رشد و تراکم پوشش نباتی در ولایت هلمند می‌باشد.

بررسی دیتاها نشان می‌دهد که در سال‌های ابتدایی دوره مورد مطالعه، به ویژه بین سال‌های 2000 تا 2004، بارنده‌گی در حدود 91 تا 128 میلی‌متر و مقدار NDVI نیز در

سطح نسبتاً پایین و بین 0.059 تا 0.062 قرار داشته است. در مقابل، در سال‌های 2005، 2007 و 2009 که میزان بارنده‌گی به بیش از 150 میلی‌متر افزایش یافته، مقدار NDVI نیز نسبت به سال‌های قبل افزایش یافته و به ترتیب به 0.069، 0.072 و 0.078 رسیده است.

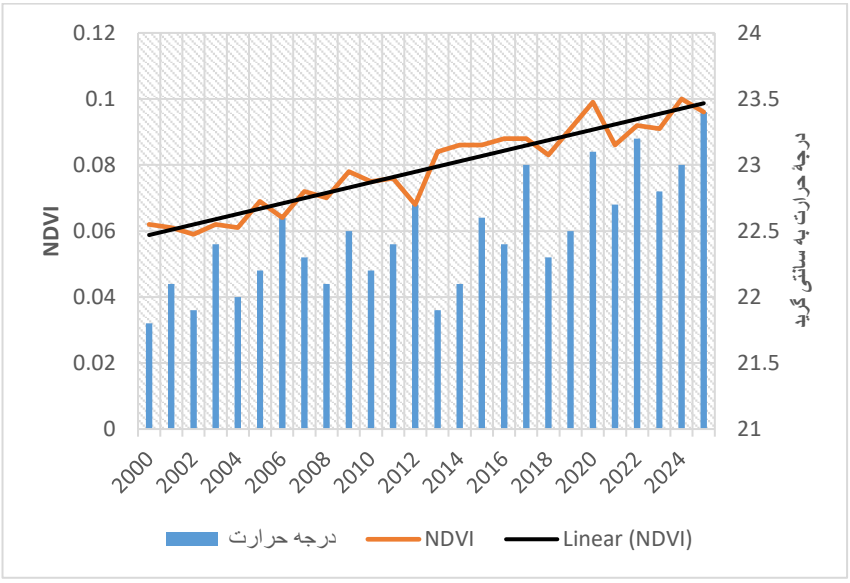
بالاترین مقدار بارنده‌گی در سال 2019 با مقدار 265.34 میلی‌متر ثبت گردیده که همزمان با افزایش NDVI تا مقدار 0.091 همراه بوده است. همچنان در سال 2020 با ثبت 208.68 میلی‌متر بارنده‌گی، مقدار NDVI به 0.099 افزایش یافته که از بلندترین مقادیر این شاخص در طول دوره مورد مطالعه محسوب می‌شود. این وضعیت نشان می‌دهد که افزایش بارنده‌گی نقش مهمی در فراهم‌سازی رطوبت مورد نیاز گیاهان و بهبود شرایط رشد پوشش نباتی داشته است.

با این حال، نتایج نشان می‌دهد که رابطهٔ میان بارنده‌گی و NDVI کاملاً مستقیم و یکنواخت نیست. به عنوان مثال، در سال 2021 با وجود کاهش شدید بارنده‌گی به حدود 73.86 میلی‌متر، مقدار NDVI هنوز در سطح نسبتاً بلند 0.086 باقی مانده است. همچنین در برخی سال‌ها با وجود بارنده‌گی مشابه، مقادیر متفاوت NDVI مشاهده می‌شود. این موضوع نشان می‌دهد که تغییرات پوشش نباتی تنها تحت تأثیر بارنده‌گی قرار ندارد و عوامل دیگری مانند درجهٔ حرارت هوا، دسترسی به منابع آب سطحی و زیرزمینی، سیستم‌های آبیاری و شرایط محلی نیز در تغییرات پوشش نباتی نقش دارند.

به طور کلی، نتایج این تحلیل نشان می‌دهد که بارنده‌گی یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار بر وضعیت پوشش نباتی در ولایت هلمند است و افزایش آن معمولاً با بهبود شاخص NDVI همراه می‌باشد. با وجود این، تغییرات پوشش نباتی حاصل تأثیر همزمان چندین عامل محیطی است و نمی‌توان آن را تنها به تغییرات بارنده‌گی نسبت داد. این یافته اهمیت مدیریت منابع آب و استفاده مؤثر از بارنده‌گی در حفظ و تقویت پوشش نباتی ولایت هلمند را برجسته می‌سازد.

تحلیل رابطه درجهٔ حرارت هوا و شاخص NDVI در ولایت هلمند(2000–2025)

در گراف ذیل، رابطهٔ میان اوسط درجهٔ حرارت سالانه هوا و اوسط شاخص تفاضل نورمال شدهٔ پوشش نباتی (NDVI) در ولایت هلمند طی سال‌های 2000 تا 2025م. به‌منظور بررسی تأثیر درجهٔ حرارت هوا بر تغییرات پوشش نباتی مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است.



شکل 3: گراف رابطهٔ اوسط بارنده‌گی سالانه و اوسط شاخص تفاضل نورمال‌شدهٔ پوشش نباتی (NDVI) در ولایت هلمند طی سال‌های 2000–2025م.

نتایج حاصل از بررسی رابطهٔ میان اوسط درجهٔ حرارت هوا و اوسط شاخص تفاضل نورمال شدهٔ پوشش نباتی (NDVI) در ولایت هلمند نشان می‌دهد که رابطهٔ میان این دو متغیر نسبت به رابطهٔ بارنده‌گی و NDVI پیچیده‌تر بوده و از یک الگوی کاملاً مستقیم پیروی نمی‌کند. به طور کلی، در طول دورهٔ مورد مطالعه، همزمان با افزایش تدریجی درجهٔ حرارت هوا، مقدار NDVI نیز تا حدودی افزایش یافته است، اما شدت این رابطه ضعیف می‌باشد.

بررسی دیتاها نشان می‌دهد که در سال‌های ابتدایی دوره تحقیق، درجهٔ حرارت در حدود 21.8 تا 22.1 درجهٔ سانتی‌گراد و مقدار NDVI بین 0.059 تا 0.062 قرار داشته است. در مقابل، در سال‌های پایانی دوره، به ویژه در سال‌های 2020، 2024 و 2025 که

درجهٔ حرارت به بیش از 23 درجهٔ سانتی‌گراد رسیده است، مقدار NDVI نیز به مقادیر نسبتاً بلند 0.096 تا 0.100 افزایش یافته است.

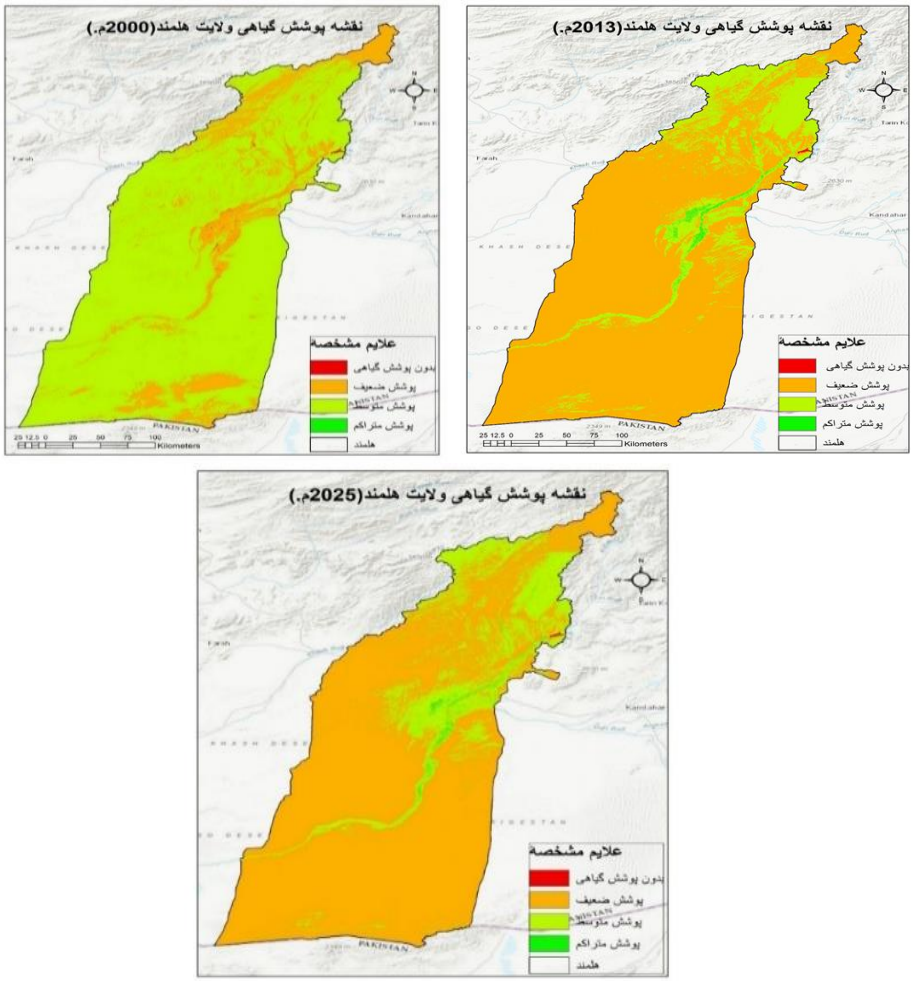
بالاترین مقدار NDVI در سال 2024 با ارزش 0.100 ثبت گردیده که همزمان با درجهٔ حرارت 23 درجهٔ سانتی‌گراد همراه بوده است. همچنان در سال 2020 با درجهٔ حرارت 23.1 درجهٔ سانتی‌گراد، مقدار NDVI به 0.099 رسیده است. این وضعیت نشان می‌دهد که افزایش درجهٔ حرارت لزوماً باعث کاهش پوشش نباتی نشده است. علت این امر را می‌توان در نقش عوامل دیگری مانند بارنده‌گی مناسب، دسترسی به منابع آبی و فعالیت‌های زراعتی جستجو نمود که توانسته‌اند بخشی از اثرات منفی افزایش حرارت را جبران نمایند.

از سوی دیگر، در برخی سال‌ها مانند 2012 با وجود درجهٔ حرارت نسبتاً بلند (22.7 درجهٔ سانتی‌گراد)، مقدار NDVI به 0.068 کاهش یافته است. این موضوع بیانگر آن است که افزایش حرارت در صورت نبود رطوبت کافی می‌تواند سبب افزایش تبخیر–تعرق، کاهش رطوبت خاک و محدود شدن رشد پوشش نباتی گردد. بنابراین تأثیر درجهٔ حرارت بر پوشش نباتی به شرایط رطوبتی و میزان بارنده‌گی نیز وابسته می‌باشد.

به طور کلی، نتایج این تحلیل نشان می‌دهد که اگرچه میان درجهٔ حرارت هوا و NDVI نوعی رابطهٔ مثبت مشاهده می‌شود، اما این رابطه ضعیف بوده و تغییرات پوشش نباتی ولایت هلمند را نمی‌توان تنها با تغییرات درجهٔ حرارت توضیح داد. در واقع، پوشش نباتی این ولایت حاصل تأثیر همزمان عوامل مختلف اقلیمی و محیطی است که در میان آن‌ها بارنده‌گی و دسترسی به منابع آب نقش مهم‌تری در تعیین وضعیت پوشش نباتی ایفا می‌نمایند.

تحلیل تغییرات پوشش نباتی (NDVI) در ولایت هلمند و رابطهٔ آن با بارنده گی و درجهٔ حرارت هوا

به منظور بررسی وضعیت و تغییرات پوشش نباتی در ولایت هلمند، نقشه‌های شاخص تفاضل نورمال شدهٔ پوشش نباتی (NDVI) برای سال‌های 2000، 2013 و 2025 انتخاب و مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. این سه مقطع زمانی نمایانگر وضعیت پوشش نباتی در آغاز، میانه و پایان دورهٔ مورد مطالعه بوده و امکان بررسی تغییرات مکانی پوشش نباتی را در ارتباط با شرایط اقلیمی، به‌ویژه بارنده‌گی و درجهٔ حرارت هوا، فراهم می‌سازند.



شکل 4: نقشه های پوشش نباتی ولایت هلمند (2000, 2013, 2025م.) (6).

جدول 1. مقادیر حداقل و حداکثر شاخص NDVI در ولایت هلمند برای سال های 2000، 2013 و 2025 (6).

Year	NDVI_High	NDVI_Low
2000	0.623	-0.461
2013	0.675	-0.666
2025	0.685	-0.740

نقشه NDVI سال 2000 نشان‌دهندهٔ وضعیت نسبتاً مناسب پوشش نباتی در بخش‌هایی از مناطق مرکزی و اطراف ساحات زراعتی ولایت هلمند می‌باشد. در این سال، اوسط بارنده‌گی حدود 91.5 میلی‌متر و اوسط درجهٔ حرارت حدود 21.8 درجهٔ سانتی‌گراد ثبت گردیده است. پایین بودن نسبی درجهٔ حرارت در مقایسه با سال‌های اخیر و موجودیت رطوبت کافی ناشی از بارنده‌گی، شرایط مناسب‌تری را برای رشد پوشش نباتی فراهم ساخته بود. مقدار حداکثر NDVI در این سال به 0.623 رسیده که بیانگر موجودیت ساحات دارای پوشش نباتی نسبتاً متراکم در برخی مناطق ولایت می‌باشد.

نقشه سال 2013 بیانگر تغییرات قابل ملاحظه در وضعیت پوشش نباتی ولایت هلمند است. در این سال، بخش‌های وسیعی از ولایت دارای پوشش نباتی ضعیف تا متوسط بوده و تراکم پوشش نباتی نسبت به برخی مناطق کاهش یافته است. با وجود آن‌که اوسط بارنده‌گی سالانه به حدود 125.9 میلی‌متر رسیده بود، اما اوسط درجهٔ حرارت حدود 21.9 درجهٔ سانتی‌گراد و شرایط خشک اقلیمی سبب گردیده است که افزایش بارنده‌گی به بهبود گستردهٔ پوشش نباتی منجر نشود. با این حال، مقدار حداکثر NDVI به 0.675 افزایش یافته که نشان می‌دهد برخی مناطق زراعتی و نواحی نزدیک به منابع آب از وضعیت مناسب‌تری برخوردار بوده‌اند.

نقشه NDVI سال 2025 نشان می‌دهد که پوشش نباتی در برخی مناطق مرکزی و نواحی نزدیک به منابع آبی بهبود نسبی یافته است، اما بخش‌های وسیعی از مناطق بیابانی همچنان دارای پوشش نباتی ضعیف باقی مانده‌اند. در این سال، اوسط بارنده‌گی به حدود 102.4 میلی‌متر کاهش یافته، در حالی که اوسط درجهٔ حرارت به 23.4 درجهٔ سانتی‌گراد رسیده است که بلندترین مقدار در طول دورهٔ مطالعه محسوب می‌شود. افزایش درجهٔ حرارت سبب افزایش تبخیر و تنش آبی گردیده و مانع گسترش بیشتر پوشش نباتی شده است. با وجود این شرایط، مقدار حداکثر NDVI به 0.685 رسیده که نشان‌دهندهٔ بهبود نسبی پوشش نباتی در برخی مناطق دارای دسترسی بهتر به منابع آب می‌باشد.

مقایسهٔ نقشه‌های NDVI سال‌های 2000، 2013 و 2025 نشان می‌دهد که تغییرات پوشش نباتی در ولایت هلمند تحت تأثیر مستقیم شرایط اقلیمی، به ویژه بارنده‌گی و درجهٔ حرارت هوا قرار داشته است. نتایج نشان می‌دهد که بارنده‌گی نقش مهمی در تأمین رطوبت مورد نیاز پوشش نباتی داشته، اما افزایش درجهٔ حرارت

هوا در بسیاری از موارد باعث افزایش تبخیر و کاهش اثربخشی بارنده‌گی گردیده است. از سوی دیگر، افزایش تدریجی مقادیر حداکثر NDVI از 0.623 در سال 2000 به 0.675 در سال 2013 و 0.685 در سال 2025 بیانگر آن است که برخی مناطق دارای منابع آبی و اراضی زراعتی توانسته‌اند پوشش نباتی خود را حفظ یا تقویت نمایند. با این حال، گسترش ساحات دارای NDVI منفی و کاهش مقادیر حداقل NDVI از 0.461- در سال 2000 به 0.740- در سال 2025 نشان می‌دهد که بخش‌های وسیعی از ولایت همچنان با شرایط خشک و محدودیت‌های اقلیمی مواجه هستند. این وضعیت بیانگر افزایش ناهمگنی فضایی پوشش نباتی و حساسیت بالای اکوسیستم‌های هلمند در برابر تغییرات اقلیمی می‌باشد.

تحلیل و تفسیر همزمان نتایج شاخص‌های اقلیمی و پوشش نباتی در ولایت هلمند

نتایج حاصل از تحلیل شاخص تفاضل نورمال شدهٔ پوشش نباتی(NDVI) ، بارنده‌گی و درجهٔ حرارت هوا نشان می‌دهد که تغییرات پوشش نباتی در ولایت هلمند تحت تأثیر شرایط اقلیمی قرار داشته و میان این متغیرها رابطهٔ قابل ملاحظه‌ای وجود دارد. بررسی داده‌های سال‌های 2000 تا 2025م. بیانگر آن است که تغییرات پوشش نباتی در این ولایت بیشتر از همه به نوسانات بارنده‌گی و تغییرات درجهٔ حرارت هوا وابسته بوده است.

تحلیل نقشه‌های NDVI نشان می‌دهد که مقدار حداکثر این شاخص از 0.623 در سال 2000 به 0.675 در سال 2013 و 0.685 در سال 2025 افزایش یافته است. در مقابل، مقدار حداقل NDVI از 0.461- در سال 2000 به 0.666- در سال 2013 و 0.740- در سال 2025 کاهش یافته است. این وضعیت نشان می‌دهد که اگرچه در برخی مناطق، به ویژه نواحی نزدیک به منابع آب و اراضی زراعتی، شرایط برای رشد پوشش نباتی بهبود یافته است، اما در عین حال بخش‌های وسیعی از مناطق خشک و بیابانی با کاهش کیفیت پوشش نباتی مواجه بوده‌اند. بنابراین، تفاوت میان مناطق دارای پوشش نباتی مناسب و مناطق فاقد پوشش نباتی در طول دورهٔ مطالعه بیشتر گردیده است.

تحلیل رابطهٔ بارنده‌گی و NDVI نشان می‌دهد که به طور کلی میان این دو متغیر رابطهٔ مثبت وجود دارد. در سال‌هایی که میزان بارنده‌گی افزایش یافته، مقدار NDVI نیز عموماً افزایش نشان داده است. به عنوان نمونه، در سال‌های 2019 و 2020 که به

ترتیب حدود 265 و 209 میلی‌متر بارنده‌گی ثبت گردیده، مقدار NDVI نیز به 0.091 و 0.099 رسیده است که از بلندترین مقادیر این شاخص در دورهٔ مطالعه محسوب می‌شود. این نتایج نشان می‌دهد که بارنده‌گی نقش مهمی در تأمین رطوبت مورد نیاز نباتات و بهبود وضعیت پوشش نباتی داشته است.

با وجود این، نتایج نشان می‌دهد که افزایش بارنده‌گی همیشه به افزایش متناسب NDVI منجر نشده است. در برخی سال‌ها با وجود ثبت بارنده‌گی نسبتاً مناسب، تغییر قابل ملاحظهٔ پوشش نباتی مشاهده نشده است. این موضوع بیانگر آن است که بارنده‌گی به تنهایی تعیین‌کنندهٔ وضعیت پوشش نباتی نبوده و عوامل دیگری نیز در این روند نقش دارند.

تحلیل رابطهٔ درجهٔ حرارت هوا و NDVI نشان می‌دهد که تأثیر درجهٔ حرارت بر پوشش نباتی پیچیده‌تر از بارنده‌گی است. در طول دورهٔ مطالعه، اوسط درجهٔ حرارت از حدود 21.8 درجهٔ سانتی‌گراد در سال 2000 به 23.4 درجهٔ سانتی‌گراد در سال 2025 افزایش یافته است. افزایش درجهٔ حرارت سبب افزایش تبخیر و تعرق و کاهش رطوبت مؤثر خاک گردیده که می‌تواند رشد و توسعه پوشش نباتی را محدود سازد. با این حال، نتایج نشان می‌دهد که تأثیر منفی درجهٔ حرارت در برخی سال‌ها به وسیلهٔ بارنده‌گی مناسب و دسترسی به منابع آبی تا حدودی جبران شده است.

مقایسهٔ مکانی نقشه‌های NDVI نیز نشان می‌دهد که مناطق دارای پوشش نباتی بهتر عمدتاً در امتداد حوزه دریای هلمند، اراضی آبی و مناطق زراعتی متمرکز بوده‌اند، در حالی که مناطق بیابانی و دور از منابع آب کمترین مقادیر NDVI را نشان می‌دهند. این موضوع اهمیت منابع آب را در حفظ و پایداری پوشش نباتی در اقلیم خشک و نیمه‌خشک هلمند به خوبی آشکار می‌سازد.

به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که تغییرات پوشش نباتی در ولایت هلمند حاصل تأثیر همزمان بارنده‌گی و درجهٔ حرارت هوا است. بارنده‌گی از طریق تأمین رطوبت مورد نیاز نباتات نقش مثبت در بهبود پوشش نباتی داشته، در حالی که افزایش درجهٔ حرارت با افزایش تبخیر و تنش آبی، اثر محدودکننده بر رشد پوشش نباتی وارد نموده است. همچنان نتایج بیانگر آن است که در شرایط اقلیمی هلمند، دسترسی به منابع آب یکی از عوامل اساسی

حفظ پوشش نباتی محسوب می‌شود و مدیریت پایدار منابع آبی می‌تواند نقش مهمی در کاهش اثرات تغییرات اقلیمی بر اکوسیستم‌های طبیعی و زراعتی این ولایت داشته باشد.

نتیجه گیری

- نتایج تحقیق نشان می‌دهد که تغییرات پوشش نباتی ولایت هلمند در دوره 2000 تا 2025م. تحت تأثیر مستقیم بارنده‌گی و درجهٔ حرارت هوا قرار داشته و میان این متغیرها و شاخص تفاضل نورمال شدهٔ پوشش نباتی (NDVI) رابطهٔ قابل ملاحظه‌ای وجود دارد.
- تحلیل داده‌ها نشان داد که به طور کلی افزایش بارنده‌گی با افزایش مقدار NDVI همراه بوده است؛ از این‌رو بارنده‌گی یکی از عوامل مهم در بهبود وضعیت پوشش نباتی و تأمین رطوبت مورد نیاز نباتات در ولایت هلمند محسوب می‌شود.
- نتایج بیانگر آن است که افزایش تدریجی درجهٔ حرارت هوا در طول دورهٔ مطالعه سبب افزایش تبخیر و تعرق، کاهش رطوبت مؤثر خاک و تشدید تنش آبی گردیده و در بسیاری از مناطق، رشد و گسترش پوشش نباتی را محدود ساخته است.
- بررسی نقشه‌های NDVI نشان داد که مقدار حداکثر این شاخص از 0.623 در سال 2000 به 0.675 در سال 2013 به 0.685 و در سال 2025 افزایش یافته است که بیانگر بهبود نسبی پوشش نباتی در برخی مناطق دارای منابع آب و اراضی زراعتی می‌باشد.
- در مقابل، کاهش مقدار حداقل NDVI از 0.461- در سال 2000 به 0.666- در سال 2013 به 0.740- و در سال 2025 نشان می‌دهد که بخش‌های وسیعی از مناطق خشک و بیابانی با افت کیفیت پوشش نباتی مواجه بوده‌اند و شدت خشکی محیط در این مناطق افزایش یافته است.
- مقایسهٔ مکانی نقشه‌های NDVI نشان داد که بهترین وضعیت پوشش نباتی در نواحی نزدیک به دریای هلمند، اراضی آبی و مناطق زراعتی مشاهده گردیده، در حالی که مناطق دور از منابع آب و نواحی بیابانی کمترین مقادیر NDVI را داشته‌اند.
- به طور کلی، یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که بارنده‌گی نقش تقویت‌کننده و درجهٔ حرارت هوا نقش محدودکننده در تغییرات پوشش نباتی ولایت هلمند داشته‌اند. بناءً مدیریت پایدار منابع آب، حفاظت از اراضی زراعتی و برنامه‌ریزی مبتنی بر شرایط اقلیمی می‌تواند در حفظ و بهبود پوشش نباتی این ولایت نقش مؤثری ایفا نماید.

پیشنهادها

• به وزارت محترم زراعت، آبیاری و مالداری پیشنهاد می‌گردد تا در برنامه‌ریزی‌های زراعتی و مدیریت منابع طبیعی ولایت هلمند، از شاخص تفاضل نورمال‌شدهٔ پوشش نباتی (NDVI)، بارنده‌گی و درجهٔ حرارت هوا به‌عنوان شاخص‌های اساسی پایداری محیط زیستی استفاده نموده و نتایج آن را در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی به کار گیرند.

• با توجه به کاهش پوشش نباتی در برخی مناطق ولایت، لازم است برنامه‌های احیای پوشش نباتی، جلوگیری از تخریب اراضی و کاهش روند بیابان زایی در ساحات آسیب‌پذیر به‌گونه هدفمند تطبیق گردد.

• به منظور کاهش اثرات منفی افزایش درجهٔ حرارت و کمبود رطوبت، مدیریت پایدار منابع آب، بهبود سیستم‌های آبیاری، جلوگیری از ضایعات آب و استفاده مؤثر از منابع آبی در اولویت برنامه‌های انکشافی ولایت قرار داده شود.

• توصیه می‌شود در مناطق زراعتی هلمند، کشت نباتات و محصولات زراعتی مقاوم به خشکی و گرما گسترش یابد تا آسیب پذیری بخش زراعت در برابر نوسانات اقلیمی کاهش پیدا کند.

• نهادهای مسئول محیط زیست و منابع طبیعی باید پایش دوامدار تغییرات پوشش نباتی را با استفاده از تکنالوژی سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای در سطح ولایت هلمند عملی سازند تا تغییرات محیطی به موقع شناسایی و مدیریت گردد.

• به محققان آینده پیشنهاد می‌شود که علاوه بر شاخص NDVI، از سایر شاخص‌های پوشش نباتی و خشکسالی مانند EVI، SAVI و VCI نیز استفاده نموده و تأثیر عوامل اقلیمی را در مقیاس‌های ماهانه و فصلی مورد بررسی قرار دهند تا درک دقیق‌تری از رابطهٔ اقلیم و پوشش نباتی در ولایت هلمند حاصل گردد.

مآخذ

1- انصاری، سلطان محمد. جغرافیای عمومی ولایات افغانستان، چاپ اول، انتشارات: سرور سعادت، کابل، سال چاپ 1394هـ.ش.

2- ادارهٔ ملی احصائیه و معلومات افغانستان، ریاست سیستم معلومات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور(Remote Sensing) ، شیپ‌فایل اداری ولایت هلمند.

3. Bhatta, B. (2011). Remote Sensing and GIS (2nd ed.). Oxford, India: Oxford University Press

4. Chang, K.-t. (2008). Introduction to Geographical Information System (16th ed.). New York, NY: McGraw-Hill Companies.
5. Google Earth Engine Team. (n.d.). *CHIRPS Precipitation Pentad: Climate Hazards Center InfraRed Precipitation with Station Data (Version 2.0 Final)*. Google for Developers. Retrieved March 28, 2026, from Google Earth Engine CHIRPS Dataset
6. Google Earth Engine Team. (n.d.). *Landsat Collection 2 Tier 1 Level 2 Annual NDVI Composite*. Google for Developers. Retrieved March 28, 2026, from Google Earth Engine NDVI Dataset

څېړنيار عبدالقدير بصيرزی

د نباتي آفتونو په کنټرول کې د نانو آفت وژونکو رول

Role of Nano-pesticides in the control of plant pests

Junior Assistant Prof. Abdul Qadeer Basirzay

Abstract

The world population is increasing day by day, and providing food for this growing population is a major challenge. On the other hand, to fulfill the need for food to support population growth, chemical fertilizers, conventional pesticides, and growth regulators are widely used. Pesticides, fertilizers, growth stimulants, and other agrochemicals are estimated to be worth $266 billion by 2021, with 4.5% annual growth rate. Conventional pesticides not only eliminate the targeted pest but also cause health problems for humans and animals, eliminate beneficial insects, and cause environmental pollution. That's why addressing these problems, for pest control, new alternatives must be practiced. One of these alternatives is the utilization of Nano-pesticides. Nano-pesticides, compared to conventional pesticides, have higher solubility,

environmentally friendly, and target only specific insects. This research was conducted in a descriptive-analytical form, in which Nano-pesticides were discussed.

لنډیز

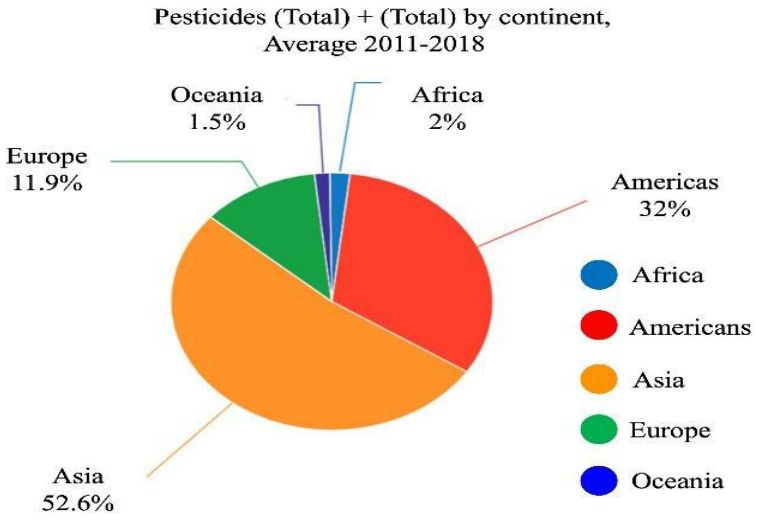
د نړۍ نفوس ورځ تر بلې په ډېرېدو دي او د زياتېدونکي نفوس لپاره د غذايي موادو برابرول يوه لويه ستونزه ده. له بل اړخه د زياتېدونکي نفوس لپاره د غذايي اړتياو د پوره کولو په موخه په پراخه کچه له کيمياوي سرو، دودیزو آفت وژونکو او وده تحريکوونکو موادو څخه ګټه اخيستل کېږي. په 2021 زېږديز کال کې د آفت وژونکو، سرو، د ودې تحريکوونکو او نورو کرنيزو کيمياوي موادو ارزښت د 226 ميلياردە ډالرو په ارزښت اټکل شوی، چې په هر کال په کې 4.5 سلنه زياتوالی رامنځته کېږي. دودیز آفت وژونکي نه دا چې يواځې په نښه شوي آفتونه له منځه وړي، بلکې د انسانانو او حيواناتو صحت ته زيان رسوي، ګټور حشرات له منځه وړي او د چاپېريال د ککړتيا سبب هم کېږي. نو دغو ستونزو ته په کتو بايد د نباتي آفتونو د کنټرول په موخه له نويو لارو چارو څخه کار واخيستل شي، چې يو هم له دې لارو چارو څخه نانو آفت وژونکي دي. نانو آفت وژونکي د دودیزو آفت وژونکو په پرتله د حل کېدو لوړ وړتيا لري، چاپېريال سره دوستانه او يواځې په نښه شوي حشرات له منځه وړي. دا څېړنه په توصيفي تحليلي بڼه ترسره شوی، چې په کې د نانو آفت وژونکو په اړه بحث شوی دی.

سريزه

له هغه وخت راهيسې چې بشر په کرنه پيل وکړ، د خپلو ګټو د خوندیتوب لپاره هغو عواملو چې دوي ته يې زيان رساوه د کنټرول لپاره يې له مختلفو لارو چارو څخه استفاده کوله. په تېرو وختونو کې د آفتونو د کنټرول په موخه له صابون او تيلو څخه استفاده کېدله. د کيمياوي مصنوعي آفت وژونکو د لومړي نسل په ترکيب کې سرب ارسنيټ $PbHAsO_4$ او کلسيم ارسنيټ $Ca_3(AsO_4)_2$ شامل وو، کوم چې د 18 پيړۍ په وروستيو پورې اړه لري.

د لومړی نړیوالې جګړې وروسته D.D.T او مصنوعي عضوي ترکیبونه جوړ شول. د آفت وژونکو دوهم نسل په کوم کې چې اورګانو کلورین، ارګانو فاسفیټونه او کاربامایټونه شامل دي، په 1948 زېږدیز کال کې بازار ته وړاندې شول (1: مخ، 2)

په نړۍواله کچه د کرنې د سکتور مهمه دنده دا ده، چې په چټکي سره زیاتېدونکي نفوس لپاره خواړه تولید کړي، چې تر 2050 زېږدیز کال پورې باید د غذایي موادو تولید 70 سلنه لوړ شي، تر څو د ځمکې پر مخ د میلیاردونو خلکو غذایي اړتیا پوره کړي. چې په نتیجه کې د سرو او آفت وژونکو استعمال هم ورسره زیاتېږي، کوم چې د کرنیزو حاصلاتو په لوړولو کې حیاتي ارزښت لري. د آفتونو د کنټرول مناسبې چاپېریالي ټکنالوژۍ د کمښت له امله آفتونه، حشرات او هرزه بوټي د غذایي موادو له 40 سلنې زیاته برخه له منځه وړي (9: مخ، 1387).



لومړی شکل: له 2011 څخه تر 2018 زېږدیزو کلونو پورې د براعظمونو په سطحه د آفت وژونکو د استعمال سلنه (6: مخ، 12)

له پورتني شکل څخه معلومېږي، چې په زیاته کچه (52.6٪) آفت وژونکي په آسیا، 32٪ په امریکا، 11.9٪ په اروپا، 2٪ په افریقا او 1.5٪ په Oceania کې استعمال شوي دي (6: مخ، 12).

د خوړو او کرنې سازمان د 2019 زېږديز کال د احصايوي ارقامو (FAOSTAT) د راپور په اساس په نړۍ واله کچه په کال کې 4.17 ميليونه ټنه آفت وژونکي کارول کېږي، چې په هغو کې 2.22 ميليونه ټنه هرزه بوټي وژونکي، 0.70 ميليونه ټنه حشره وژونکي او 0.97 ميليونه ټنه فنګس وژونکي او بکتريا وژونکي شامل دي. نانو ټکنالوژي دا وړتيا لري، چې د هرزه بوټو وژونکو د پراخې کارونې د کمولو له امله د هغوی چاپېريالي اغېزې کمې کړي. په زياته کچه 10-70 سلنه آفت وژونکي په نباتاتو پاشل کېږي، په داسې حال کې چې د 0.1 سلنه څخه کم يې بيولوژيکي اهدافو ته رسېږي. Su او ملګرو يې په 2022 زېږديز کال کې د دوديزو او نانو آفت وژونکو اغېزمنتوب د نباتي ناروغيو په مخنيوي کې په دوه طبقو (فلزاتو څخه جوړ شوي آفت وژونکي او نانو انتقالوونکي آفت وژونکي) کې پرتله کړي، چې نانو انتقالوونکي آفت وژونکي د دوديزو کيمياوي آفت وژونکو په پرتله په ښکلا ښکلو شرايطو کې غوره پايلې ښودلې دي، چې په عين دوز کې يې په منځنۍ توګه د مؤثريت کچه د 11.6- 25.4 سلنې پورې ده.

تر 2021 زېږديز کال پورې د آفت وژونکو، سرو، د ودې تحريکوونکو او نورو کرنيزو کيمياوي موادو ارزښت د 266 ميلياردە ډالرو په ارزښت اټکل شوی، چې په کلنې ډول په کې 4.5 سلنه زياتوالی رامنځته کېږي (7: مخونه، 183-194).

د کرنيزو فعاليتونو له امله لږ تر لږه 76 آفت وژونکي سطحي اوبو او 46 آفت وژونکي د ځمکې لاندې اوبو ته داخلېږي. د آفت وژونکو د مختلفو ډولونو له منځه هرزه بوټي وژونکي د لوړ تحرک له امله د فنګس وژونکو او حشره وژونکو په پرتله د ځمکې لاندې اوبو ته د داخلېدو ډېر احتمال لري (1: مخ، 2).

آفت وژونکي هغه کيمياوي مواد دي، چې د نباتي آفتونو او ناروغيو د مخنيوي لپاره ورځخه استفاده کېږي، چې ترټولو عام فعال اجزاوې يې د اورګانو فاسفيټونه، کلورين لرونکي هايدروکاربونونه، کارباماټونه او د کاربامايټونو مشتقات دي. له دې مرکباتو څخه په عام ډول په وترنرۍ، کرنه او صحي برخو کې کار اخيستل کېږي. انسانانو او حيواناتو بدن ته د پوستکي له لارې د جذب کېدو، تنفس او غذايي موادو خوړلو له لارې زيان رسوي

او د چاپېریال د ککړتیا سبب هم کېږي. په کرنه کې د آفت وژونکو ناسم استعمال د انسان د بدن د انټي اکسیدانت او اکسیدانت انزایمونو په کچه کې د بدلونونو له امله د اکسیډیټیو فشار په واسطه د ناروغیو د رامنځته کېدو سبب کېږي. عام آفت وژونکي یو شمېر محدودیتونه لري لکه د عضوي محلولونو لوړ مقدار، د خپریدو وړتیا یې کمه ده، د ډېرې مودې لپاره په خاوره کې پاتې کېږي او دې ته ورته نورې نیمګړتیاوې د دې سبب کېږي، چې ډیری برخه یې په هوا کې خپرېږي او یواځې 1 سلنه یې په سطحه کې پاتې کېږي، چې په شدیده توګه د چاپېریال د ککړتیا سبب کېږي. نو له همدې امله باید د آفت وژونکو ضایعات، د تولید لګښتونه او په چاپېریال کې د خپرېدو کچه کمه کړل شي. د نباتي آفتونو ځینې متخصصینو خپلې هڅې په دې متمرکز کړي دي، چې داسې آفت وژونکي جوړ کړي چې د دودیزو آفت وژونکو په نسبت کم زهري وي (4: مخ، 2).

د څېړنې اهمیت

په نړۍ کې د کرنیزو آفتونو د مخنیوي لپاره په زیاته کچه دودیز آفت وژونکي کارول کېږي. دودیز آفت وژونکي نه یواځې دا چې په نښه شوي حشرات له منځه وړي، بلکې ګټور حشرات هم له منځه وړي، د چاپېریال د ککړتیا سبب کېږي او همدارنګه انساني او حیواني صحت ته هم زیان رسوي. نو دغو ستونزو ته په کتو باید د آفتونو د کنټرول په موخه نوې لارې چارې لکه نانو آفت وژونکي، چې د آفتونو د کنټرول یو له مهمو لارو چارو څخه ده په دوامداره ډول وڅېړل شي، تر څو یو پایداره کرنیز سیستم رامینځته شي، چې دا موضوع د دې څېړنې اهمیت بیانوي.

د څېړنې مبرمیت

دا چې د نړۍ نفوس ورځ تر بلې په ډېرېدو دی او د کرنیزو محصولاتو ډېره برخه (40 سلنه) د کرنیزو آفتونو په وسیله له منځه ځي او له بلې خوا دا چې تر 2050 زېږدیز کال پورې باید کرنیز تولیدات 70 سلنه لوړ کړل شي ، نو د کرنیزو آفتونو په کنټرول د نانو آفت وژونکو پېژندل او د هغو عملي کول یوه مبرمه موضوع ده.

د څېړنې موخه

د دې څېړنې موخه د نباتي آفتونو په کنټرول کې د نانو آفت وژونکو د استعمال پېژندنه ده.

د څېړنې پوښتنه

د نباتي آفتونو په کنټرول کې نانو آفت وژونکي څومره اغېزمن دي؟

د څېړنې میتودولوژي

دا څېړنه په تحلیلي او توصیفي ډول ترسره شوې ده، چې په دې څېړنه کې د نړۍ د معتبرو کتابونو، تحقیقي مقالو او د انټرنټ له سایټونو څخه استفاده شوې ده.

د آفت وژونکو ډولونه

آفت وژونکي په ژوندیو موجوداتو د اغېزې له مخې چې په هغوي استعمالېږي په لاندې ډولونو وېشل شوي دي:

1: حشره وژونکي (Insecticides) د حشراتو د مخنیوي لپاره استعمالېږي.

2: فنجي وژونکي (Fungicides) د فنجي د مخنیوي لپاره استعمالېږي.

3: کنه وژونکي (Acaricides) د کنو د مخنیوي لپاره استعمالېږي.

4: نیماتود وژونکي (Nematocides) د نیماتودونو د مخنیوي لپاره استعمالېږي.

5: بکتریا وژونکي (Bactericides) د بکتریاوو د مخنیوي لپاره استعمالېږي.

6: موږکانو وژونکي (Rodenticides) د موږکانو د مخنیوي لپاره استعمالېږي.

7: هرزه بوټي وژونکي (Herbicides) د هرزه بوټو د مخنیوي لپاره استعمالېږي.

8: ویروس وژونکي (Viricides) هغه درمل دي، چې د وایروسونو د مخنیوي لپاره استعمالېږي (3: مخ، 31).

د روغتیا نړېوال سازمان په وینا آفت وژونکي انساني صحت او چاپېریال لپاره ستر ګواښ دی، نو له همدې امله باید داسې نوي مصنوعي او طبیعي آفت وژونکي جوړ شي، چې په

کمه کچه زهري وي، هدف شوی آفت له منځه یوسي، کم مقدار یې هم اغېزمن وي او د عادي آفت وژونکو په پرتله په چټکۍ سره تجزیه شي. نوي آفت وژونکي په دوه ډلو نانو آفت وژونکي (Nano-pesticides) او بایو آفت وژونکي (Bio pesticides) ویشل شوي دي (4. مخ، 2)

نانو ټکنالوژي له ځلورو عمده برخو نانو درمل، نانو مواد، د نانو د اندازه ګیرۍ کچه او نانو ذراتو څخه جوړه شوی ده. نانو له یوناني کلمې څخه اخیستل شوی چې معنی یې "کوچنی" ده او په تخنیکي لحاظ د یو متر $۱۰^{-۹}$ (د یو متر په یو میلیاردمه) برخې ته ویل کېږي. هغه ذرات چې په نانو ټکنالوژۍ کې ورځخه استفاده کېږي د 0.1 څخه تر 100 نانو مترو پوری قطر لري.

د نانو تکنالوژۍ په واسطه کولای شو چې نوي آفت وژونکي او حشره وژونکي تولید کړو، د نانو کپسول ټکنالوژي چې د نانو په کچه حشره وژونکي مالیکولونه په کې شتون لري، د حشره وژونکو د ترکیب د تولید له مهمو طریقو څخه ده، چې د دی ټکنالوژۍ په مرسته آفت وژونکي مواد په آسانه او چټکه توګه د نباتاتو او آفتونو د نسجونو په واسطه جذبېږي. هغه نانو کپسولونه چې حشره وژونکي مواد لري د عمل په میکانیزم کې یې د انتشار یا خپرېدنه، انحلال، بیولوژیکي تجزیه او د ازموسس فشار مرحلې شاملې دي. نانو ذرات چې حشره وژونکي مواد لري کله چې د نبات انساجو ته داخل شي او حشرات ورځخه تغذیه وکړي، نو د هغوي بدن ته داخلېږي او له منځه یې وړي. نو په دی اساس نانو کپسولونه په راتلونکي کې د نباتي او حیواني آفتونو په کنټرول کې یو له مهمو لارو چارو څخه دی. د نانو ټکنالوژۍ په کارولو سره د حشره وژونکو اغېزمنتیا ډېرېږي، چې له امله یې د دې موادو د استعمال اندازه د عادي حشره وژونکو په پرتله کمه وي. برسېره پردې، د نانو حشره وژونکو هدفمند انتقال او جذب نه یوازې د اغېزمنتیا کچه لوړه وي، بلکې د هغو ناوړه اغېزو مخه هم نیسي چې په غیر هدفي موجوداتو (لکه ګټورو حشراتو، انسانانو او حیواناتو) باندې واردېږي. د عادي حشره وژونکو په ترکیب کې له مختلفو مرکباتو څخه استفاده کېږي، چې دغه مرکبات د آفت وژونکو مالیکولونو تر څنګ، نه یوازې چاپېریال ته، بلکې د وحشي ژویو او انسانانو ژوند ته هم جدي خطرونه پېښوي(2: مخ. 297).



دویم شکل: د نانو آفت وژونکو تأثیرات (8. مخ، 4)

له پورتني شکل څخه معلومېږي، چې نانو آفت وژونکي په نباتي آفتونو کې مقاومت راکموي، چاپېریالي خطرونه راکموي، د آفت وژونکو ضایعات کموي، د آفت وژونکو د نفوذ کچه لوړوي، د آفت وژونکو جذب او مؤثریت لوړوي او د آفتونو بدن ته د آفت وژونکو د جذب وړتیا (Bioavailability)، ثبات او حل کېدو کچه لوړوي.

د نانو آفت وژونکو ترکیبونه د دوديزو کیمیاوي آفت وژونکو ترکیبونو برعکس په داسې ډول جوړ شوي دي، چې د هغه فعاله موادو (Active Ingredients) محلولیت کچه زیاته کړي کوم چې نه حل کېږي او یا په ضعیفه توګه حل کېږي، چې د وژونکو موادو خپرښت په کنټرول شوي او هدفمند ډول ترسره کړي. نو په دی اساس لږ مقدار یې هم د في واحد ساحې لپاره کافي دی او کولای شي چې په پایداره ډول فعاله مواد

انتقال کړي، چې ښایي د اوږدې مودې لپاره اغېزمن پاتې شي. نو په دی توګه د دوي د دوز کمښت له امله د حاصلاتو لګښت، غیر هدفي اغېزې او د نباتاتو په وړاندې زهري اغېزې هم کمېږي (8: مخ، 3).

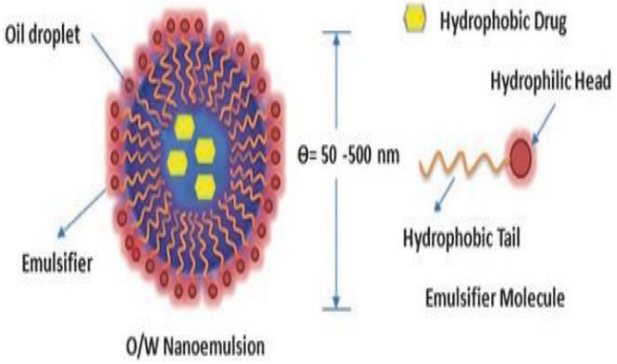
یوه څېړنه چې وانګ او ملګرو یې په 2022 زېږدیز کال کې ترسره کړې، په پایلې یې ښایي، چې نانو آفت وژونکي د دودیزو آفت وژونکو په پرتله ډېر مؤثر، پایدار او انعطاف پذیره وي، چې په چاپېریال باندې لږ منفي تأثیرات لري.

هغه نانو مواد چې د حشراتو په مدیریت کې ورځنې استفاده کېږي، په لاندې ډول دي.

Nano emulsions نانو معلق مواد

نانو ایمولشنونه دوه فازه خپرېدونکی سیستم دی، چې د Surfactant (یو ډول کیمیاوي مواد دي) په واسطه تیل او اوبه سره یوځای کوي جوړېږي. د نانو په کچه څاڅکي (20-200 نانو متر) د دې سیستم حرکت باثباته کوي او ورته شفاف یا نیمه شفاف بڼه ورکوي. نانو ایمولشنونه آفت وژونکي تیل په اوبو کې خپریدونکې سیستم دی په کوم کې چې هغه آفت وژونکي چې په اوبو کې یې د حل کېدو وړتیا کمه ده، د تیلو په کوچنیو څاڅکو کې منحل کړي، جذب او اغېزمنتیا یې ډیره زیاته کړي. سربېره پر دی نانو ایمولشنونه د عامو آفت وژونکو په پرتله د عضوي محلولونو او Surfactants کچه راکموي او په دی وروستیو کلونو کې یې د څېړونکو پام ځانته را اړولی دی (4: مخ، 7).

د نانو ایمولشنونو ثبات د وخت په اوږدو کې د آفت وژونکو د ذخیره کولو وخت زیاتوي، د خرابوالي مخه یې نیسي او د آفت وژونکو د استعمال ثبات ته وده ورکوي. وروستیو څېړنو ښودلې ده، چې نانو ایمولشنونه د آفتونو بدن ته د آفت وژونکو ننوتلو وړتیا ښه کوي، چې د کم دوز په استعمال سره د آفتونو د مرګ کچه لوړوي او په چاپېریال یې اغېزې هم کمېږي.



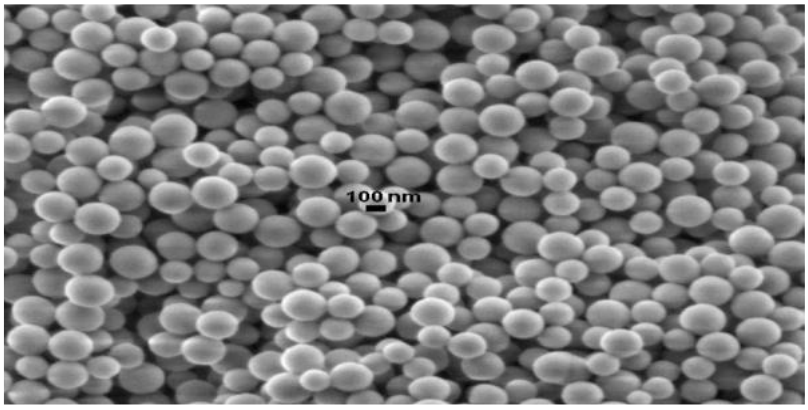
درېيم شکل: Nano emulsions نانو ايمولشنونه

Nanoparticles نانو ذرات

فلزي نانو ذرات په خاصه توګه له سپينو ذرو، سرو زرو او جست اکسايد څخه جوړ شوي وي قوي حشره وژونکي ځانګړتياوې لري. دا نانو ذرات د حشراتو بدن ته د کيوتيکل له لارې ننوځي او د اکسيډيټيو فشار له لارې د حشراتو د بدن په داخلي فزيالوژيکي پروسو کې مداخله کوي، کوم چې د حجرو د محتوياتو د خرابوالي سبب کېږي او په پاې کې د حشراتو د مړينې سبب کېږي. د مثال په ډول، د سپينو ذرو نانو ذرات د ګڼ شمېر حشراتو پر وړاندې اغېزمن ثابت شوي حتی د هغه حشراتو پر وړاندې، چې د عامو حشره وژونکو پر وړاندې مقاومت ښودلی هم اغېزمن ثابت شوي دي. د نانو ذراتو کوچنۍ ذرې کولای شي، چې د حجرو او مالیکولونو سره تعامل وکړي او د عمل يو نوی میکانیزم رامنځته کړي کوم چې په حشراتو کې د مقاومت د رامنځته کېدو امکان کموي (5: مخ، 21).

نانو جوړښت لرونکي المونيم، نانو جوړښت لرونکي سره زر، نانو جوړښت لرونکي سپين زر، نانو جوړښت لرونکي کدميم سلفايد او داسې نور د حشراتو په کنټرول کې ډېر اغېزمن دي. Debnat او ملګرو يې په 2012 زېږديز کال کې وموندله چې amorphous lipophilic silica نانو ذرات د وړو سرو ګونګټو *Tribolium castaneum* پر وړاندې کوم چې د ذخيره خانو آفت دی زهري خاصيت لري.

Goswami او ملګرو یې په 2010 زېږدیز کال کې راپور ورکړ چې نانو سیلیکا (nano-silica) د غوماشو د ځینو هغه نوعو پر وړاندې چې انساني ناروغۍ انتقالوي زهري خاصیت لري. ظاهر او ملګرو یې په 2012 زېږدیز کال په خپله تجربه کې ومونډله چې د سپینو زرو نانو ذرات (Ag NPs) د وریجو د ګونګټو (*Sitophilus oryzae*) په کنټرول او همدرانګه د *Euphorbia prostrata* یو طبي نبات څخه د اوبو په استخراج کې د سلور نایتریت په پرتله ډېر اغېزمن دي. سربېره پر دی د سپینو زرو نانو ذرات په کمه کچه هم کولای شي بالغه حشرات له منځه یوسي (10: مخ، 7).



څلورم شکل: Nanoparticles نانو ذرات

Nanogels and Nanofibers نانو جیل او نانو فایبر

نانو جیلونه یوه ټرل شوې پولیمیري شبکه ده، چې د زیاتو اوبو د جذبولو وړتیا لري او آفت وژونکو د ساتلو او بېرته په ورو شکل د خوشې کولو وړتیا لري او په دوامداره توګه د حشراتو مخنیوی کوي. نانو جیلونه او نانو فایبرونه فعاله مواد (Active ingredients) په دوامداره توګه خوشې کوي د اوږدې مودې لپاره د آفتونو کنټرول مطمئن کوي او د آفت وژونکو د استعمال تکرار کموي. له بلې خوا نانو فایبرونه د دې لپاره هم کارېدلی شي، چې ور څخه داسې نازکه پرده یا فلم هم جوړ شي، چې په تدریجي شکل آفت وژونکي مواد خوشې کړي او هم فزیکي موانع جوړې کړي، چې کیمیاوي کنټرول هم ترسره کوي. د آفت وژونکو د خوشې کولو دا

پایداره سیستم نه یوازې دا چې د آفتونو د کنټرول مدیریت اغېزمنتیا نښه کوي، بلکې چاپېریال ته د آفت وژونکو خپرښت هم کموي، چې ورسره په چاپېریال باندې اغېزې هم کمېږي. نانو جیلونه د طبیعي فرامون په پرتله کیمیاوي، حرارتي او میخانیکي لوړ ثبات لري. په لوړه کچه د تبخیر کېدونکي فرامون methyl eugenol (ME) د تبخیر کچه راکموي او د چاپېریالي عواملو لکه هوا، اوبو او د لمر وړانګو په واسطه د تخریب څخه یې ساتنه کوي. Bhagat او همکارانو یې په 2013 زېږدیز کال د *Bactrocera dorsalis* د کنټرول په موخه د نانو جیل څخه د جوړ شویو فرامونو مؤثریت وڅېړه. چې یاد آفت د امروتو په ګډون د مختلفو مېوه جاتو لپاره یو زیان رسوونکی آفت دی. د څېړنو پایلو وښودله، چې د نانو جیل پر بنسټ جوړ شوی فرامون د طبیعي فرامون methyl eugenol (ME) په پرتله یې د مؤثریت کچه لوړه ده. همدارنګه هغوي وښودله چې نانو جیل د نباتاتو د ساتنې یو باالقوه ذروي سیستم دی، چې د اوږدې مودې لپاره پاتې کېدونکې اغېزې لري، مؤثریت یې لوړ دی، د خوندیتوب مناسبې ځانګړتیاوې لري او په بارانې موسم کې هم اغېزمن تمامیږي (10: مخ، 7).

Nanocarriers نانو انتقالوونکي

نانو انتقالوونکي لکه liposomes او پولیمیري نانو ذرې د آفت وژونکو د انتقال پروسه نښه کوي او ځانګړو حشراتو په کنټرول کې حیاتي رول لوبوي. نانو انتقالوونکي د آفت وژونکو فعاله مواد په ځان کې پوښي، د چاپېریال د تخریب څخه یې ساتي او انتخاب شوي هدف ته د دوی رسېدنه یقیني کوي. نو په دې اساس په غیر هدف شوو ژوندیو موجوداتو او چاپېریال باندې یې اغېزې کمېږي. په ځانګړې توګه د liposomes څخه جوړ شوي نانو انتقالوونکو موادو د hydrophilic (اوبو خوښوونکو) او hydrophobic (اوبو نه خوښوونکو) وړتیا په اړه پراخه څېړنې شوي دي او د آفتونو په مدیریت کې د بدلون منلو وړتیا رامنځته کوي. سربېره پردې پولیمیري نانو ذرې داسې هم ډیزاین کیدلای شي، چې د ځانګړو چاپېریالي محرکاتو لکه پي اچ او تودوخې پروړاندې غبرګون ښیي او د آفت وژونکو د کارونې دقت هم زیاتوي (5: مخ، 21).

1- جدول: ځینې نانو حشره وژونکي او د هغوی فعاله مواد چې د حشراتو په کنټرول کې ور څخه ګټه اخیستل کېږي (10: مخ، 4).

Nanoparticles	Active ingredients	Targeted Organism
Nanoencapsulation	Essential oil (EO) of Carum copticum	Diamondback moth (Plutella xylostella)
Myristic acid-chitosan nanogels	Essential oil (EO) of Carum copticum	د غنمو ګونګټې (Sitophilus granarius)
Polyethylene glycol coated nanoparticles	Essential oil of garlic	د اوړو سرې ګونګټې (Tribolium castaneum)
Nanogel	Methyl eugeno	د ام، اووکاډو او پپایا د مېوې مچ (Bactrocera dorsalis)
Nanocapsules	Pyridalyl	د پنبې د غوزې چینجی (Helicoverpa armigera)
Nanocapsules with azidobenzaldehyde	Methomyl	لښکري چینجیان (Spodoptera frugiperda)
Chitosan-coated nanoformulations	Pyrifluquinazon	د شفتالو شنې سپړی (Myzus persicae)
Chitosan nanocarrier	Nomuraearileyi	د تنباکو قطع کوونکي چینجیان (Spodoptera litura)
Nano dust	Nano-Al_2O_3 dust	دوریجو ګونګټې (Sitophilus oryzae)
Nano-DEPA (diethylphenylacetamide	DEPA	غوماشی (Culex quinquefasciatus)

پایلې

1. دا چې د نړۍ نفوس ورځ تر بلې ډېرېږي او داسې انګېرل کېږي چې تر 2050 زېږدیز کال پورې باید کرنیز تولیدات 70 سلنه لوړ شي. د کرنیزو محصولاتو د 40 سلنې ډېره برخه نباتي آفتونه له منځه وړي، چې په نړۍ کې د نباتي آفتونو د کنټرول په موخه په زیاته کچه (4.17 میلیونه ټنه) آفت وژونکي کارول کېږي.

2. د دودیزو آفت وژونکو د استعمال له امله لږ تر لږه 76 آفت وژونکي سطحي اوبو او 46 آفت وژونکي د ځمکې لاندې اوبو ته داخلېږي. همدارنګه دودیز آفت وژونکي د

کارولو څخه وروسته په کرنیزو محصولاتو کې پاتې کېږي، چې د انساني ناروغیو د رامنځته کېدو سبب کېږي.

3. نانو آفت وژونکي د دودیزو آفت وژونکو په پرتله د فعاله موادو د انحلالیت کچه لوړوي. په خاص ډول هغه فعاله مواد چې په تیلو کې نه حلېږي، چې ورسره یې د مؤثریت کچه هم لوړوي.

4. نانو آفت وژونکي د دودیزو آفت وژونکو په پرتله چاپېریال سره دوستانه او د نباتي آفتونو په کنټرول کې ډیر مؤثر دي، چې یواځې په نښه شوي حشرات له منځه وړي.

وړاندیزونه

1. د کرنې سکتور اړوند ټولو څېړنیزو ادارو ته وړاندیز کېږي، د نباتي آفتونو په کنټرول کې د نانو آفت وژونکو د اغېزو په اړه نورې څېړنې ترسره کړي.

2. خصوصي سکتور ته وړاندیز کېږي، چې هېواد ته د نانو آفت وژونکو په واردولو کې سرمایه ګذاري وکړي.

مآخذ

1.دهراری، مسلم، صالحی پور، فرهاد. عناصر سنگین، سموم، کودها و آلودگی محصولات کشاورزي و محیط زیست. بررسی تأثیر سموم آفت کش بر کیفیت آبهاي سطحی و زیرزمینی. دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان 1392.

2.عنایتي، احمد علي. ابراهیم نژاد، پدرام. آفت کش های نانو: تولید، کاربرد و ملاحظات زیست محیطی. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران 1390.

3.نادری، رضوان الله. د کرنیزو آفتونو مخنیوی. مومند خپرندویه ټولنه. 1394

4. Abdollahdokht, Danial, Gao, Yunhao, Faramarz, Sanaz, Poustforoosh, Alireza, Abbasi, Mojtaba, Asadikaram, Gholamreza and Nematollahi, Mohammad Hadi. Conventional agrochemicals towards nano-biopesticides: an overviewon recent advances. Chemical and biological technologies in agriculture. 2022

5. Anitha V, Shudeer, Savithri K and T, Chethan. Nanotechnology in insect pest management: Advances, challenges, and future perspectives. 2024
6. Das, Kadambini, Katiyar, Arpana, Kumari, Ritika, Kirai, Niti, Kumar, Deepak, Kumari, Poonam, Kumari, Neelam, Kumari, Ranjana. Nano-pesticides: Emerging Opportunities for Sustainable Agriculture and Food Security. International Journal of Agriculture and Nutrition. 2025
7. Liaqat, Zobia, Nawab, Asad, Balqees, Kousar, Khan, Wesal, Zahoor, Akbar, Babur Ali, Sadiqa, Ayesha, Amir, Muhammad, Tariq, Aqsa. Nanopesticides in the Era of Sustainable Agriculture: Comparative Insights with Conventional Pesticides, Cost-Benefit Analysis, and Future Perspectives. Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences. 2025
8. Yadav, Jayant, Jasrotia, Poonam, Kashyap, Prem Lal, Bhardwaj, Ajay Kumar, Kumar, Sudheer, Singh, Maha, Singh, Gyanendra Pratap. Nanopesticides: Current status and scope for their application in agriculture. Plant Protection Science. 2022
9. Yousef, Hasham A, Fahmy, Heba M, Arafa, F. Nser, Abdullah, Mahmoud Y, Tawfik, Youssef M, El Halwani, Kholoud K, El-Ashmanty, AL-ananys, Fatima Sh, Mohamad, Maha A, Bassily, Marina E. Nanotechology in pest management: advances, application, and challenges. International Journal of Tropical Insect Science 2023.
10. Zannat, R, Rahman, M.M, Afroz, M. APPLICATION OF NANOTECHNOLOGY IN INSECT PEST MANAGEMENT: A REVIEW. Department of Entomology Bangabandhu Sheikh Mujibur Rahman Agricultural University, Gazipur, Bangladesh.2021

معاون محقق داکتر حجت الله موحد

بررسی عوامل سببی تریسموس

A Review of the Etiological Factors of Trismus

Research Assistant Dr. Hujatullah Muwahed

Abstract

Trismus is defined as the inability to open the mouth normally, which can lead to difficulties in mastication, speech, oral hygiene maintenance, and access to dental treatments. Understanding the etiological factors of trismus is essential for prevention, early diagnosis, and effective treatment.

This study is a review article conducted by searching scientific literature and reputable databases including PubMed, ScienceDirect, and ResearchGate, using the keywords: Trismus, Etiology, Dental Infections, Temporomandibular Disorders. Relevant sources were selected and reviewed.

Based on the reviewed sources, the causes of trismus are classified into several main categories: infections (of dental origin such as pulpitis, periodontitis, and pericoronitis, and of non-dental origin such as tonsillitis, tetanus, meningitis, and abscesses), trauma (jaw and zygomatic fractures), complications of dental treatments (third molar extraction, local anesthetic injection), temporomandibular joint disorders (TMD), benign and malignant tumors, submucosal fibrosis, radiotherapy and chemotherapy, congenital disorders, drug-related causes, and psychological disorders. Among the aforementioned causes, life-threatening etiologies include tetanus, head and neck malignancies, and progressive facial space infections. Pericoronitis has been reported as the most common dental cause of trismus.

Trismus has multiple etiologies, the most important of which are dental infections and temporomandibular joint disorders. Early diagnosis and timely treatment, especially in life-threatening cases, are of great importance. Patient education and referral to experienced specialists can prevent serious complications of this condition.

Keywords: Trismus, Etiology, Dental Infections, Temporomandibular Joint Disorders

خلاصه

تریسموس عبارت از ناتوانی در باز کردن طبیعی دهن می باشد که می تواند باعث ایجاد مشکلاتی در جویدن، تکلم، حفظ الصحهٔ دهن و دسترسی به تداوی های دندانی گردد. دانستن در مورد عوامل اتیولوژیک تریسموس برای وقایه، تشخیص به موقع و تداوی مؤثر آن ضروری است.

این مطالعه یک مقالهٔ مروری (Narrative Review) است که با جستجو در کتوب علمی و در دیتابیزهای معتبر PubMed، ScienceDirect و ResearchGate با استفاده از کلمات کلیدی Trismus ، Etiology، Dental Infections، Temporomandibular Disorders انجام شده است . منابع مرتبط انتخاب و مورد بررسی قرار گرفتند.

بر اساس منابع بررسی شده، عوامل تریسموس به چند دستهٔ اصلی تقسیم می شوند: انتانات (با منشأ دندانی مانند پولپیت، پریودنتیت و پریکورونیت، و با منشأ غیردندانی مانند تانسیلیت، تیتانوس، مننژیت و آبسه‌ها)، تروما (کسور فک و زیگوما)، عوارض تداوی های دندانی (کشیدن مولر سوم، تزریق انستیزی موضعی)، اختلالات مفصل صدغی فکی (TMD)، تومورهای سلیم و خبیث، فیبروز تحت مخاطی، رادیوتراپی و کیموتراپی، اختلالات مادرزادی، علل دوایی و اختلالات روانی. از میان عوامل، عوامل تهدیدکنندهٔ حیات شامل تیتانوس، سرطان های سر و گردن و انتانات پیشروندهٔ فضای وجه می باشند. پریکورونیت شایع ترین علت دندانی تریسموس گزارش شده است.

تریسموس دارای عوامل متعددی است که مهم ترین آنها انتانات دندانی و اختلالات مفصل صدغی فکی می باشند. تشخیص و تداوی به موقع، خصوصاً در موارد تهدیدکنندهٔ حیات، از اهمیت بالایی برخوردار است. آگاهی دهی به مریضان و ارجاع به متخصصان مجرب می تواند از عوارض جدی این عارضه جلوگیری نماید.

کلمات کلیدی : تریسموس، اتیولوژی، انتانات دندانی، اختلالات مفصل صدغی فکی.

مقدمه

تریسموس که در زبان عامیانه به "قفل فک" نیز معروف است، عبارت از کاهش قابل توجه در توانایی باز کردن دهن می باشد. به طور معمول، دامنهٔ طبیعی باز شدن دهن در بزرگسالان بین 35 تا 55 میلی متر متغیر است و باز شدن کمتر از 35 میلی متر معمولاً به عنوان تریسموس تعریف می شود .

این عرض اگرچه ممکن است موقتی و خفیف باشد، اما در موارد شدید و مزمن می‌تواند عواقب جدی برای مریض به همراه داشته باشد. از جملهٔ این عواقب می توان به اختلال در تغذیه و جویدن، مشکلات در تکلم، ناتوانی در رعایت حفظ الصحه دهن و دندان، و محدودیت در دسترسی ستومالوگ برای معاینه و تداوی اشاره کرد.

پتوفیزیولوژی تریسموس عمدتاً به دو میکانیزم اصلی مرتبط است: اول، اسپزم عضلات جونده (خصوصاً عضلات مسیتر و تریگوئید داخلی) که معمولاً در عکس العمل به درد، التهاب یا تحریک عصب ترای جمینال رخ می دهد؛ و دوم، محدودیت های میخانیکی ناشی از فیبروز و آنکیلوز مفصل (2. ص. 167).

با وجود اهمیت کلینیکی تریسموس، در بسیاری از مناطق از جمله افغانستان، مریضان معمولاً زمانی به داکتر مراجعه می کنند که مریضی به مراحل پیشرفته رسیده و تداوی مشکلتر گردیده است. این تأخیر در مراجعه می تواند به تغییرات غیر قابل برگشت در مفصل صدغی فکی و عضلات جونده منجر شود و در موارد انتانی، گسترش انتان به فضا های عمیق سر و گردن، حیات مریض را به خطر بیندازد .

با توجه به مطالب فوق، این مقالهٔ مروری با هدف شناسایی و دسته بندی عوامل سببی تریسموس، آگاهی دهی به جامعهٔ داکتران، و ارائهٔ راه های حل تشخیص و تداوی مناسب تحقیق و تحریر گردیده است.

اهمیت تحقیق

تریسموس یکی از مشکلات مهم طبی وجه و فک است که می تواند بر عملکرد دهن، تغذیه، صحبت‌کردن و کیفیت زندگی مریضان تأثیر منفی بگذارد. شناخت اسباب و عوامل خطر مرتبط با تریسموس برای داکتران اهمیت اساسی دارد؛ زیرا تشخیص به موقع عوامل ایجادکننده می‌تواند زمینه وقایه، تشخیص به موقع و انتخاب روش مناسب تداوی را فراهم سازد. همچنان آگاهی مریضان از علایم و خطرات تریسموس می تواند آنان را به مراجعه به موقع به مراکز صحی تشویق نماید.

مبرمیت تحقیق

در افغانستان، به‌دلیل مراجعه مریضان در مراحل پیشرفته مرض به داکتر، ممکن است تریسموس زمانی تشخیص و تداوی شود که اختلالات قابل توجهی در حرکات فک و ساختمان های مرتبط ایجاد شده باشد. تأخیر در تشخیص و تداوی می‌تواند روند تداوی را مغلقتر و طولانی تر ساخته و نیاز به مداخلات تخصصی تر را افزایش دهد. از طرف دیگر، در مواردی که تریسموس ناشی از انتانات شدید باشد، پیشرفت مرض می‌تواند عوارض جدی و حتی تهدیدکننده حیات ایجاد نماید. بنابراین، انجام تحقیق در مورد اسباب، عوامل خطر و پیامد های تریسموس در شرایط افغانستان، برای شناسایی عوامل قابل وقایه، بهبود تشخیص به موقع و ارتقای کیفیت خدمات صحی، مبرم و ضروری می باشد.

هدف تحقیق

دریافت عوامل سببی تریسموس و تحریر یک مقاله علمی- تحقیقی جهت حصول معلومات طبی در مورد تریسموس می باشد.

سوال تحقیق

عوامل سببی تریسموس کدام ها اند و چگونه میتوان با استفاده از روشهای تشخیصی مناسب و مداخلات تداوی به موقع، از پیشرفت عوارض جدی و تهدیدکنندهٔ حیات این مشکل جلوگیری کرد؟

روش تحقیق

این مطالعه یک مقالهٔ مروری (Narrative Review) می‌باشد که با هدف جمع‌آوری، دسته بندی و تحلیل معلومات موجود در مورد عوامل سببی تریسموس انجام شده است. مقالات مرتبط با استفاده از دیتابیز های معتبر شامل PubMed، ScienceDirect و ResearchGate مورد جستجو قرار گرفتند. از کلمات کلیدی جستجوی: Trismus، Etiology، Causes، Dental Infection، Pericoronitis، Temporomandibular Disorders، استفاده صورت گرفته است.

معیارهای ورود به مطالعه، شامل مقالاتی که به زبان انگلیسی نوشته شده باشند، مرتبط بودن مستقیم با عوامل، تشخیص یا تداوی تریسموس، نشر مقالات در محدوده زمانی سال های 2000 تا 2024.

معیارهای خروج از مطالعه، شامل مقالات به زبان غیر انگلیسی، مقالات غیرمرتبط با موضوع اصلی

اسباب و پتوجنیزیس

اسباب تریسموس را می توان به موارد زیر طبقه بندی کرد: انتانات، تروما، تداوی دندانی، اختلالات مفصل صدغی و فکی، تومورهای سلیم و خبیث و فیبروز تحت مخاطی، ناشی از دوا، رادیوتراپی و کیموتراپی، اختلالات مادرزادی، اختلالات متفرقه عبارتند از هیستری، لوپوس اریتماتوز(1).

جدول (۱): عوامل سببی تریسموس نشان می‌دهد(1، 2، 6، 9، 11).

دستهٔ اصلی	دسته فرعی	مثال ها
انتانات	با منشأ دندانی	پولپیت، پریودنتیت، پریکورونیت (شایع ترین علت دندانی)
	با منشأ غیردندانی	تانسیلیت، تیتانوس، منتژیت، آبسی پاروتید، آبسی مغزی
ترضیضات	-	کسور فک بالا، فک پایین، زیگوما و قوس زیگوماتیک
عوارض تداوی دندانی	جراحی	کشیدن مولر سوم فک پایین
	تزریق انستیزی	بلاک عصب فک تحتانی، بلاک عصب سنخی خلفی علوی
اختلالات مفصل صدغی فکی	خارج کپسولی	اسپزم عضلات جونده، درد میوفاشیال
	داخل کپسولی	خلع قدامی دیسک، آنکیلوز، فیبروز/هیپوپلازی کندیل
تومور ها	سلیم و خبیث	سرطان های سر و گردن، ادینوکارسینومای ناحیه صدغی
فیبروز تحت مخاطی	-	فیبروز تحت مخاطی، فیبروز عضله جناحی انسی
رادیوتراپی و کیموتراپی	-	فیبروز ناشی از رادیوتراپی (خصوصاً عضله جناحی انسی)
علل دوایی	-	دوا های سایکوتومیمتیک (مانند آمفتامین‌ها)
اختلالات روانی	-	هیستری
متفرقه	-	سکته مغزی، لوپوس اریتماتوز

تریسموس یکی از علامه کلاسیک انتانات فضای جونده می باشد. انتانات ایجاد کننده تریسموس می توانند منشأ دندانی یا غیر دندانی داشته باشند. انتانات منشأ دندانی که سبب تریسموس می شوند عبارتند از انتانات پولپ دندان که این وضعیت به عنوان پولپیت نیز شناخته می شود. پوسیدگی دندان در بیشتر حالت سبب پولپیت می شود. پولپیت می تواند به دلیل تروما، آسیب های حرارتی مکرر پس از پروسیجر های

دندانی نیز ایجاد شود. هنگامی که پولپ به دلیل انتانات التهابی شود، فشار بیش از حد در حفره پولپ بوجود میآید که باعث درد دندان می شود. درد همچنین می تواند به دلیل فشار بیش از حد بر نسج های مجاور و تحریک عصب ترایجیمنال ایجاد شود که منجر به اسپزم عضلات جونده و باعث تریسموس می شود. انتانات پریودنتال ممکن است انتهای عصب آزاد را تحریک کند و باعث اسپزم عضلات جونده شود. تقریباً در تمام شرایط التهابی که دندان ها را درگیر می کند، تحریک عصب ترایجیمنال است که منجر به تریسموس می شود. انتانات و التهابات پریکورونال که بنام پریکورونیت نیز یاد می شود، شامل التهاب انساج نرم اطراف تاج دندان نیمه خروج یافته است. مانند سایر انتانات دندانی، پریکورونیت نیز می تواند باعث تحریک عکسه عصب تریجیمینال شود که عضله جونده را به اسپزم میاندازد و باعث تریسموس می شود.

انتانات غیر دندانی که سبب تریسموس میشود شامل تانسلیت، تیتانوس، مننژیت، آبسه پاروتید و آبسه مغزی است(1). علت اساسی تریسموس پریکورنیت حاد همرا با اسپزم عضلی می باشد. کله چرک نیز باعث محدودیت خفیف دهن بشکل گذری می شود (9. ص. 192). کسور فک بالا، فک پایین، زیگوما و قوس زیگوماتیک می تواند باعث تریسموس شود. این کسور سبب اختلالات حرکت مفصل صدغی فکی و باعث ایجاد تریسموس می شوند. شایع ترین علت تریسموس در این دسته، ترضیض مستقیم است که باعث کسور فک پاین و سایر استخوان های وجه می شود، شکل (1). روش های جراحی جوف دهن ممکن است منجر به محدودیت در باز شدن دهن شود. حتی کشیدن دندان می تواند به دلیل التهاب عضلات جونده یا به دلیل ضربه مستقیم به مفصل صدغی فکی منجر به تریسموس شود. تعدادی پروسیجر های دندانی که سبب تریسموس میشوند عبارتند از کشیدن دندان های مولر فک پایین ، بلاک عصب مندیبولار، بلاک عصب سنخی خلفی علوی و پروسیجر های ترمیمی دندان می باشد. در این مریضان Trismus به طور مشخص 2 – 5 روز پس از پروسیجر ایجاد می شود. این مریضان به تداوی محافظه کارانه مانند، گرم کردن، مسکن ها، رخاوت دهنده عضلاتی

جهت کنترول اسپزم عضلات، فیزیوتراپی ضرورت دارد. یکی دیگر از عوامل شایع تریسموس تطبیق نادرست سوزن هنگام انستیزی مندیبولر است که باعث آسیب به عضله جناحی انسی می شود. خونریزی که به دلیل آسیب ایجاد می شود باعث هماتوم و متعاقب آن فیبروز می شود که باعث تریسموس شده می تواند. تداوی تریسموس ناشی از فیبروز عضله جناحی انسی نسبتاً دشوار است. اختلالاتی مفصل صدغی فکی که منجر به تریسموس می شود به منظور راحتی به دو دسته خارج کپسولی و داخل کپسولی تقسیم می شوند. این وضعیت در زنان شایع است. علل داخل کپسولی تریسموس معمولاً در اثر تروما ایجاد می شود. درد در جس کردن جانبی کپسول مفصلی یک علامه کلاسیک آن است که در این شرایط دیده می شود. وجود صدا در مفصل صدغی فکی نشان دهنده خلع قدامی دیسک مفصلی است. اگر صدا بدون درد باشد. تداوی نیاز نیست. فیبروز/هیپوپلازی یک طرفه کندیل باید با جراحی اصلاح شود. تریسموس حاد ناشی از علل مفصل صدغی فکی تقریباً همیشه زمانی رخ می دهد که دیسک مفصلی بطرف قدامی انسی بیجا شود. این مریضان معمولاً 20 – 25 میلی متر دهن خود را باز میتواند. باز شدن دهن که کمتر از این سطح ، معمولا ناشی از اسپزم عضلاتی است (1).

اسباب تریسموس که تهدید کننده حیات است عبارتند از تیتانوس، سرطان و التهاب فضایی وجه می باشد. در مریضان سکته مغزی، تریسموس ممکن است به عنوان عواقب ناگوار اختلال فعالیت CNS ظاهر شود. برخی از دوا های سایکوتومیمتیک (مانند آمفتامین ها) می توانند باعث شخی عضلات جونده شوند که به زور باعث دندان قروچه و تریسموس می شود. در برخی از حالات روحی مانند هیستری ممکن است تریسموس به نظر برسد(2. ص. 167).

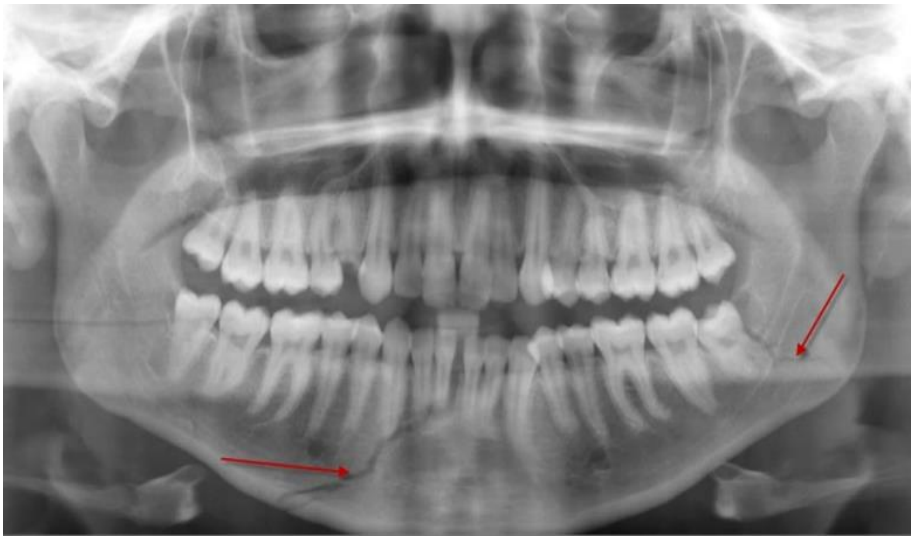
شرایط متعدد می تواند منجر به تریسموس شود. تریسموس حاد ممکن است در اثر ترضیضات وجه، فک پایین یا ایتروژنیک ایجاد شود. مثال هایی از ترومای ایتروژنیک شامل کشیدن مولر سوم و زرق انستیزی موضعی است. ترضیضات شدید معمولا باعث

تریسموس مزمن می شود (6). تریسموس یک عارضه احتمالی بلاک عصب فک سفلی است. هنگام زرق، عضلات جونده می توانند به طور تصادفی آسیب پذیر شود، خصوصاً عضله جناحی انسی ، که سبب درد می شود. درد باعث تقلص عضلات و محدودیت باز شدن جوف دهن می شود. تریسموس همچنین ممکن است زمانی ایجاد شود که هماتوم عضلاتی رخ دهد. آسیب به شریان آلوئولار تحتانی یا ورید ممکن است منجر به هماتوم در فضای pterygomandibular و در نتیجه تریسموس شود. تریسموس پس از دو تا سه روز از تزریق به احتمال زیاد ناشی از انتان سوزن است (6). عارضه تریسموس پس از تزریق بی حسی موضعی نادر است و ممکن است با استفاده از سوزن های کوتاه برای تزریق خلفی فک بالا جلوگیری شود (3). درد، تریسموس و تورم از عوارض شایع کشیدن دندان های مولر سوم فک پایین با جراحی هستند (7). چنین عوارضی ناشی از عکس العمل التهابی در مقابل ترومای جراحی است و به طور کلاسیک کوتاه مـــدت است (7)، (6). کسور، عمدتاً کسور فک پایین، ممکن است منجر به تریسموس شود. گرچه نادر است، اما کسور قوس زیگوماتیک سبب ایجاد تریسموس شده میتواند، زیرا مانع حرکت coronoid process می شوند (6). اختلالات صدغی فکی شامل ناتوانی فعالیت مفصل صدغی فکی ، درد مفصل صدغی فکی و درد عضلات جونده میباشد (11). اختلالات صدغی فکی معمولاً باعث درد وجه و پیش گوش، صداها در مفصل صدغی فکی و محدودیت در تریسموس می شوند (11). بنابراین، بسیاری از مریضان که تریسموس را گزارش می کنند، احتمالاً اختلالات صدغی فکی دارند. درد میوفاشیال و خلع دیسک ممکن است باعث تریسموس شوند (6). مریضانیکه با تریسموس حاد مراجعه می کنند باید به انتانات دندان مشکوک شد، زیرا انتانات شدید دندانی که عضلات جونده را درگیر می کنند اغلب باعث تریسموس می شوند (8). این انتانات می توانند به فضاهای سر و گردن گسترش یافته و منجر به عوارض تهدید کننده زندگی شوند. از انتانات با منشاء دندانی، پریکورونیت بیشتر با تریسموس همراه است. مثال هایی از انتانات با منشأ غیر دندانی که ممکن است سبب تریسموس شوند عبارتند از التهاب تانسل، آبسه پاروتید،

تیتانوس، مننژیت و آبسه مغزی (6). مریضان تریسموس که با درد در ناحیه پیش گوش مراجعه می کنند، احتمالاً مبتلا به اختلات صدغی فکی تشخیص شوند (5). با این حال، اگرچه کمتر شایع است، تریسموس نیز ممکن است ناشی از سرطان باشد. Trismus به ندرت به عنوان علامت اولیه سرطان ظاهر می شود، اما نباید آن را رد کرد. مواردی از تشخیص اشتباه تریسموس به عنوان اختلالات مفصل صدغی و فکی که منجر به تشخیص تاخیری سرطان می شود گزارش شده است. به عنوان مثال، یک مریض 62 ساله که با درد شدید مفصل صدغی فکی و تریسموس مراجعه می کند و به اشتباه تشخیص داده شد که دارای اختلاطات صدغی فکی است و تحت تداوی قرار گرفت اما یک سال بعد مشخص شد که ادینوکارسینوما ناحیه صدغی دارد. به همین دلیل، یک کلینیک تخصصی اختلالات مفصل صدغی و فکی، یک چک لیست برای شناسایی موارد تریسموس با خصوصیات های غیر معمول تهیه کرده است. اگر مریض با هر یک از پنج علامت زیر مراجعه کند، رادیوگرافی و معرفی به داکتر مربوطه باید در نظر گرفته شود. باز کردن دهن کمتر از 15 میلی متر، بدون سابقه صدا در مفصل، درد با منشا غیر میوفاشیال (مانند، نورالژی)، لنف ادینوپتی، ضایعه مشکوک انساج رخوه داخل دهن. تریسموس یک عارضه جانبی شایع سرطان سر و گردن و عارضه جانبی تداوی سرطان سر و گردن میباشد(4). طبق مطالعات اخیر در 38% تا 42% مریضان مبتلا به سرطان سر و گردن ایجاد می شود. مفصل صدغی فکی یا عضلات جونده می توانند به دلیل رادیوتراپی فیبروز را تجربه کنند که منجر به تریسموس می شود(4). خطر مبتلا شدن به تریسموس زمانی بالا می رود که عضله جناحی انسی در معرض تابش شعاع قرار گیرد. علاوه بر این، روش های جراحی برای تداوی سرطان سر و گردن می تواند عضلات جونده را زخمی کند و سبب تریسموس گردد (6).

به جز از تریسموس که از سبب ترومای حاد و تیتانوس بوجود میاید، متباقی تریسموس تمایل به پیشرفت آهسته دارد و تعدادی از مریضان ممکن است تا زمانی که فقط بتوانند دهن خود را تا 20 میلی متر یا کمتر باز کنند، آگاه نباشند. یک تست

تشخیصی ساده، تست سه انگشت است. از مریض خواسته شود تا سه انگشت خود را داخل دهن کند. اگر هر سه انگشت بتوانند بین دندانهای ثنایا قرار بگیرند، باز شدن دهن طبیعی در نظر گرفته میشود، اما اگر نتواند سه انگشت را داخل دهن کند ، تریسموس است. علت باید جستجو شود و یک معاینه کلینیکی و اکسری باید انجام شود تا تومور ها در حلق و نواحی تحت صدغی و همچنین مفصل صدغی و فکی، فک ها و غده لعابی پروتید رد شوند. امراض زمینه ای باید در صورت امکان تداوی شود. تیتانوس یک حالت عاجل است و باید با دوا های ضد میکروبی (پنی سیلین یا مترونیدازول)، ایمونوگلوبولین تیتانوس و رخاوت دهنده عضلات (مانند دیازیپم) تداوی شود. تداوی تریسموس باید در اوایل پیشرفت تریسموس آغاز شود زیرا در این صورت احتمالاً مؤثرتر و برای مریض آسان تر است. اگر تداوی به تعویق بیفتد، تداوی کردن تریسموس مشکل می شود. اگر انتانات موضعی سبب تریسموس باشد، دواهای ضد میکروبی مناسب در اوایل شروع شود. در بیشتر موارد، رژیم غذایی نرم توصیه شود. برای تسکین اعراض و علایم دوای ضد درد، ضد التهاب مانند NSAID ها، رخاوت دهنده عضلاتی مانند بنزودیازپین ها، گرما، فیزیوتراپی و دستگاه های range of motion استفاده می شود. گرما بهتر است با دستمال های گرم مرطوب در هر ساعت به مدت 15 دقیقه روی ناحیه آسیب دیده قرار گیرد. استفاده از ساجق بدون قند ممکن است کمک کننده باشد. ثبت اندازه باز شدن اولیه (فاصله بین انسیزال) در دوسیه قبل از شروع تداوی مریض مهم است. سپس مریض باید دهن بشکل کمکی 5 بار باز و بسته کند و حالت باز را تا حداکثر بدون درد برای 5 ثانیه باز نگه دارد. آنها باید این کار را 5 بار در روز انجام دهند.



شکل (1): رادیوگرافی پانورامیک نشان دهندهٔ کسر در فک پایین که سبب شایع تریسموس ناشی از ترضیض محسوب می‌شود(10).

نتیجه گیری

بر اساس یافته های این مطالعهٔ مروری، تریسموس یک عارضهٔ چند عاملی است که می تواند ناشی از انتانات دندانی و غیردندانی، تروما، عوارض تداوی، اختلالات مفصل صدغی فکی، تومورها، رادیوتراپی، دواها و علل متفرقه باشد. در میان عوامل مذکور، انتانات با منشأ دندانی خصوصاً پریکورونیت، شایع ترین عامل سببی تریسموس محسوب می شوند.

عوامل تهدید کنندهٔ حیات تریسموس شامل تیتانوس، سرطان های سر و گردن و انتانات پیشروندهٔ فضای وجه می باشند که تشخیص و تداوی سریع آنها ضروری است.

تشخیص به موقع و تداوی به موقع تریسموس از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا با تأخیر در تداوی، عکس العمل به مداخلات تداوی کاهش یافته و احتمال بروز عوارض جدی افزایش می یابد. معاینهٔ کلینیکی دقیق، استفاده از "تست سه انگشت" برای ارزیابی اولیه، و انجام اکسری در موارد مشکوک، از ارکان اصلی تشخیص صحیح می باشند.

آگاهی دهی به مریضان در مورد اهمیت مراجعهٔ به موقع و اجتناب از تداوی توسط افراد غیرمتخصص، نقش مؤثری در کاهش عوارض تریسموس خواهد داشت.

محدودیت های مطالعه

این مقالهٔ مروری با محدودیت های زیر مواجه بوده است:

1. این مطالعه یک مقالهٔ مروری است، دیتای اولیه از مریضان وجود ندارد و نتایج مبتنی بر منابع موجود می‌باشند.
2. برخی از مقالات معتبر به دلیل نیاز به پرداخت مالی قابل دسترس نبودند.
3. شیوع عوامل مختلف تریسموس در مناطق جغرافیایی متفاوت است و ممکن است نتایج این مطالعه به طور کامل با شرایط افغانستان مطابقت نداشته باشد.
4. در افغانستان مطالعهٔ خاصی در مورد شیوع و عوامل تریسموس یافت نشد که بتوان نتایج آن را با یافته های این مقاله مقایسه نمود.

پیشنهادات

بر اساس نتایج به دست آمده این مطالعه، پیشنهادات ذیل ارائه می‌گردد:

الف) پیشنهادات برای مریضان:

1. مراجعهٔ به موقع به ستوماتولوگان در صورت بروز محدودیت در باز کردن دهن.
2. جلوگیری از تداوی توسط افراد غیرمتخصص و غیرمسلکی.
3. رعایت حفظ الصحه دهن و دندان برای وقایه از انتانات دندانی.

ب) پیشنهادات برای داکتران:

1. انجام معاینهٔ دقیق و "تست سه انگشت" در تمام مریضان با شکایت از محدودیت باز شدن دهن.
2. راجع کردن مریضان به اکسری در موارد با محدودیت باز شدن دهن کمتر از 15 میلی‌متر، وجود لنف‌آدینوپتی، یا علائم غیرمعمول.
3. شروع به موقع تداوی های محافظه‌کارانه شامل گرم کردن، مسکن ها، رخاوت دهنده های عضلاتی و فیزیوتراپی.
4. راجع کردن به موقع مریضان مشکوک به سرطان به متخصصین مربوطه.

ج) پیشنهادات برای سیستم صحی:

1. برگزاری برنامه های آگاهی دهی از طریق رسانه ها در مورد خطرات تأخیر در تداوی تریسموس.
2. ارتقای ظرفیت ستومالوگان در مورد تشخیص و مدیریت صحیح تریسموس.
3. ایجاد پروتوکول های استاندارد برای مدیریت تریسموس در مراکز تداوی.
4. انجام تحقیقات در افغانستان برای تعیین شیوع و علل شایع تریسموس .

مآخذ

1. Balasubramanian Thiagarajan. Trismus an overview. June 2014.
Available at:
https://www.researchgate.net/publication/263277344_Trismus_an_overview
Accessed on 5 June 2024

2. Crispian Scully. Oral and Maxillofacial Medicine. the basis of diagnosis and treatment. third edition.Elsevier Ltd 2013.

3. Jeffrey Stone, Leonard B. Kaban. Trismus after injection of local anesthetic, 15 May 2005.
Available at:
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0030422079902317
Accessed on 6 July, 2024.

4. Kamstra JI, van Leeuwen M, Roodenburg JL, Dijkstra PU. Exercise therapy for trismus secondary to head and neck cancer: A systematic review. Head Neck. Jan 2017.
Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26876238/
Accessed on 4 July, 2024.

5. Kousuke Honda and etal, Mucinous adenocarcinoma of the temporal region initially diagnosed as temporomandibular disorders: a case report, Oct 2006.
Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16968242/
Accessed on 14 July, 2024.

6. Livia M. Santiago-Rosado and Cheryl S. Lewison, Trismus, 27 October, 2022.

Available at: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK493203/
Accessed on 9 June, 2024.

7. Osunde OD, Adebola RA and Omeje UK. Management of inflammatory complications in third molar surgery: a review of the literature. Afr Health Sci. 11 Sep 2011.
Available at:
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3261018/
Accessed on 4 July, 2024.

8. Patrick Ryan and Geraldine McMahon. Severe dental infections in the emergency department. Aug 2012
Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22127295/
Accessed on: 14 July, 2024.

9. Roderick A. Cawson. Cawson's Essentials of Oral Pathology and Oral Medicine. Eighth Edition. Elsevier Limited 2008.

10. Science Photo Library.
Available at:
https://www.sciencephoto.com/media/265413/view/fractured-jawbone-x-ray

11. Thomas List, Rigmor Højland Jensen. Temporomandibular disorders: Old ideas and new concepts. Cephalalgia. Epub 2017 Jan 9.
Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28068790/
Accessed on 24July, 2024.

Published: Afghanistan Sciences Academy
Editor in Chief (Acting): Assistant Professor Mairaj Khan Sultanzoi
Assistant: Elyas Omer Farahmand
Editorial Board:
Professor Eng. Rahmat Gul Ahmadi
Professor Eng. Mohammad Akram Shahim
Professor Dr. Ziaurrahman Haqmal
Professor Dr. Shahidullah Sapai
Associate Professor Rafiullah Nasrati
Associate Professor Eng. Mohammad Mortaza Shirzoy
Associate Professor Dr. Ahmad Omid Afzali
Associate Professor Dr. Mohammad Idris Rasooli
Assistant Professor Hamid Aman
Junior Assistant Professor Dr. Hojatullah Moahid
Candidate Associate Professor Dr. Mohammad Elyas Motmaeen
Composed & designed by:
Elyas Omer Farahmand
Kabul: 320 AFN
Provinces: 480 AFN
Foreign Countries: 20 U$D
Price of Each Issue in Kabul:

- For Professors, Teachers and Members of Afghanistan Sciences Academy: 70 AFN
- For the Disciples and students of Schools: 40 AFN
- For Other Departments and Offices: 80 AFN