



د افغانستان اسلامي امارت
د لوړو زده کړو وزارت
وردگ د لوړو زده کړو مؤسسه
د علمي او محصلانو چارو معاونیت
د طبیعي علومو علمي - څېړنیزه مجله



وردگ علمي - څېړنیزه مجله

مجله علمی - تحقیقي وردگ

دویمه دوره، دویمه (برله پسې درېیمه) ګڼه، ۱۴۰۳هـ.ل / ۱۴۴۶هـ.ق





وردگ علمي - څېړنيزه مجله

دويمه دوره، دويمه (پرله پسې درېيمه) گڼه، ۱۴۰۳ کال، ژمی

د مجلې نوم: وردگ علمي - څېړنيزه مجله

د امتياز خاوند: وردگ د لوړو زده کړو مؤسسه

مسؤل مدير: پوهنمل دکتور عنايت الرحمن مايار

د څېړنو او علمي مجلې آمر: پوهنمل زاهدالله زاهد

د علمي مجلې عمومي مدير: محمد داوود دانش

د ثبت گڼه: RCTD- GNJR- 0032-23

د صدور نېټه: ۱۴۰۲/۵/۸ کال

د خپرېدو موده: شپږ مياشتنۍ

د چاپ شمېر: ۲۰۰ ټوکه

د چاپ کال: ۱۴۴۶هـ.ق/ ۱۴۰۳هـ.ل

ايمل آدرس: rjd@wu.edu.af

پته: ټوپ دښته، سيدآباد ولسوالي، ميدان وردگ - افغانستان

د علمي مجلې د بورډ غړي

۱- پوهنمل نورمحمد احمدي

۲- پوهنمل اېمل ناصري

۳- پوهنمل محمد جان آرین

۴- پوهندوي دوکتور عبدالله احمدي

۵- پوهنوال عبدالرحمن عثمانې

۶- پوهندوي دوکتور محمد ولي سالاري

۷- پوهنيار اجمل حبيبي

د علمي مجلې کتنپلاوی (مرورگران)

۱- پوهندوی محمد داوود شېرزاد

۲- پوهنمل دوکتور شفيق الله رحمانې

۳- پوهنمل حبيب الله همايون

۴- پوهندوي احسان الله کامران

۵- پوهنمل محمد زبير تنوير

۶- پوهنمل روشن حيران

۷- پوهندوی عبدالنواب عزيزي

د وردگ د لوړو زده کړو مؤسسې د رئيس پيغام

اَلْحَمْدُ لِلّٰهِ وَالصَّلٰوةُ عَلٰى اَهْلِهَا اَمَّا بَعْدُ!

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ

عَلَّمَ الْاِنْسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمُ سورة العلق ٥

وَعَنْ مُعَاوِيَةَ رَضِيَ اللّٰهُ عَنْهُ قَالَ: قَالَ رَسُوْلُ اللّٰهِ ((مَنْ يُرِدِ اللّٰهُ بِهِ خَيْرًا يُفَقِّهْهُ فِي الدِّيْنِ))
مُتَّفَقٌ عَلَيْهِ.

پوهه د انساني ټولنې لپاره د الله ﷻ يو ستر نعمت دی، هغه ټولنې چې له دې لوی نعمت څخه برخمنې دي، د نړۍ هسکې او پرمختللي ټولنې بلل کېږي. دوی د پوهې او څېړنو پر مټ دا نړۍ تر معاصرې تکنالوژۍ او پرمختګه رسولې ده. د نړۍ په هر گوټ کې پنځونې او موندنې د پوهې او علمي څېړنو پر مټ ترلاسه شوې دي. هغه ملتونه چې وېش ذهنونه، پاڅه کلتورونه، غېښتلي سياسي، اقتصادي او ټولنيز آرونه لري، د هغوی لپاره علمي څېړنې او پلټنې اصلي موضوعات ګڼل کېږي، ځکه يوازې څېړنه او پلټنه کولای شي، د هغوی ټولنيزې ځانګړتياوې او نيمګړتياوې را په ډاګه کړي، انساني ځواک يې راوېش او په ټولو، ديني، سياسي، فرهنگي، اقتصادي او ټولنيزو برخو کې ترې يوه نوښتګره او پرمختللي ټولنه جوړه کړي.

په تحصيلي او علمي بنسټونو کې د علمي څېړنو او مقالو پر مټ کولای شو د هېواد په کچه علمي او تحصيلي نظام ځواکمن کړو، محصلينو، استادانو او ګټه اخيستونکو ته د اوسنۍ زمانې له غوښتنو سره سم علمي او اغېزمنې څېړنې وړاندې کړو او په دې توګه د ټولنيزې پوهې په لوړولو کې خپله دنده ترسره کړو. له نېکمرغه اسلامي امارت په پوهنتونونو کې د نورو چارو ترڅنګ دا برخه هم له پامه نه ده غورځولې، په دې برخه کې لوړو زده کړو وزارت د يو بساري اقدام په ترڅ کې د ټولو پوهنتونونو لپاره د څېړنو معاونيتونه، آمریتونه او علمي مجلې ايجاد کړې دي، ترڅو له دې لارې وکولای شي په پوهنتونونو کې څېړنيزې چارې او خپرونې مدیریت کړي. په دې لړ کې وردگ د لوړو زده کړو مؤسسې هم هڅه کړې، ترڅو په څېړنيزو برخو کې خپلې هڅې جاري وساتي او پايلې يې د دغې علمي-څېړنيزې مجلې له لارې خپرې کړي. په دې لړ کې وردگ د لوړو زده کړو مؤسسه د طبيعي علومو په برخه کې د دغې علمي-څېړنيزې مجلې دوهمه ګڼه چاپ ته استوي. زه دا لاسته راوړنه د وردگ د لوړو زده کړو مؤسسې د استادانو او څېړونکو لپاره يوه با ارزښته کړنه بولم او د تحقيق او تدوين په برخه کې له ټولو هغو دوستانو څخه مننه کوم، چې په دې برخه کې يې زيار ګاللی دی.

شيخ الحديث مولوي صفت الله حقاني

د وردگ د لوړو زده کړو مؤسسې رئيس

د وردگ علمي - څېړنيزې مجلې لپاره د مقالې ليکلو لارښود

دا مجله به يوازې هغه مقالې خپروي چې د طبيعي علومو په برخه کې تازه او اصلي موندنې ولري. استادان او څېړونکي بايد په دغه علمي - څېړنيزه مجله کې د خپلو مقالو د خپرولو په موخه لاندې ټکي په پام کې ونيسي:

۱. مقاله بايد په بل ژورنال کې نه وي خپره شوې او هم مهاله به بلې مجلې ته نه وي لېږل شوې.
۲. د مقالو په ليکلو کې بايد له باوري او معتبرو سرچينو څخه کار واخيستل شي او د سرچينو شمېر بايد له (۷) څخه کم نه وي.
۳. علمي - څېړنيزه مقاله بايد له هر ډول علمي او ادبي درغلي (Plagiarism) څخه پاکه وي.
۴. مقاله بايد په ژبنيو او ادبي معيارونو برابره، له املايي او ترکيبي تېروتنو څخه پاکه وي.
۵. ليکوال د خپلې مقالې د منځپانگې او پايلو مسؤل دی او دا د علمي مجلې په مديريت پورې اړه نه لري.
۶. د علمي مجلې مديريت د مقالو په بڼه او سمونه کې خلاص لاس لري.
۷. مقالې د تحرير کمېټې له کتنې وروسته په مجله کې خپرېږي.
۸. د مقالې حجم بايد له ۲۰ مخونو او د کلمو شمېر يې له ۱۲۰۰۰ څخه زيات نه وي.
۹. د مقالې د سرليک اندازه بايد په بولې بڼه (Bahij Zar ۱۴)، د اصلي برخو سرليکونه په بولې بڼه (Bahij Zar ۱۲)، او د متن اندازه بايد په بهيج فونټ (Bahij Zar ۱۲) وي.
۱۰. د مقالو د فونټ ډول په پښتو کې (Bahij Zar) په فارسي کې (Bahij Zar) او په انگليسي کې (Times New Roman) بايد وي.
۱۱. د گرافونو د کرښو اندازه بايد لس (۱۰) وي.
۱۲. د مأخذونو د ليست اندازه بايد لس (۱۰) وي.
۱۳. په متن کې د کرښو ترمنځ فاصله بايد (۱،۱۵) وي.
۱۴. د مقالې لنډيز بايد له ۱۵۰ کم او تر ۲۰۰ کلمو زيات نه وي.
۱۵. د يوې مقالې کليدي کلمې بايد د ۳ او ۵ تر منځ وي (غوره ترتيب يې الفبايي ترتيب دی).
۱۶. که د علمي مقالې لپاره د څېړنې مېتود، موخه، پايلې او لنډيز له ټاکل شوو معيارنو سره سم نه وي، مقاله بېرته ليکوال ته ورگرځول کېږي.
۱۷. د ليکوال علمي رتبه، بشپړ نوم، برېښنالیک او د پوهنتون نوم بايد په ملي او انگليسي ژبو وليکل شي.
۱۸. جدولونه بايد په معياري (APA) بڼه ترتيب شي (د نورو معلوماتو لپاره، د مقالو جدولونه وگورئ).
۱۹. ټيټ کيفيت لرونکي گرافونه د منلو وړ نه دي، ممکن دې اصل ته د نه پاملرنې له امله مقاله خپره نه شي. ټولې مقالې بايد په پورتنیو معيارونو برابرې وي، د نه پاملرنې په صورت کې به مقاله بېرته ليکوال ته ورگرځول کېږي.

ليک لړ

سرليک _____ مخکښه

- ۱ سريزه
- ۲ د ميدان وردگ ولايت تر اقليمي شرايطو لاندې د غنمو په وده او حاصل باندې د فاسفورس د بېلابېلو اندازو اغېزې... پوهنمل محمد جان آرښ
- ۱۲ په سختو تمريناتو کې د عضلاتو پر وده او پياوړتيا باندې د پروټينو اغېزې پوهنمل حزب الله بهير، نوماند پوهنيار محمد فهم سروري
- ۲۷ د سيلو قضيو په مرسته د ځينو ساده گروپونو څېړل پوهنيار سيد مالک حيدري، پوهنمل نويد الله هاشم
- ۴۰ د درېيم ډول s,m - محدبو تابعگانو لپاره ځينې انتيگرافي نامساويگاني او په عددي انتيگرالونو کې د هغو کارونه پوهنواله زرغونه سپېڅلې، پوهنواله منيژه سرهنگ
- ۵۴ پيشرفت های پسين در کاربرد فوتوکاتاليسټ ها برای برطرف کردن آلاينده های دارویی آب پوهنيار احمدسمير کريمی حقميل، پوهنمل حزب الله بهير
- ۷۶ درون يايي مقيد با استفاده از سپالين مکعبی هيرميت پوهنمل محمد خالد ستوری
- ۸۸ مروړی بر مسایل مصوّنيت بيولوژيکی در بایوتکنالوژی پوهنيار گل خانگه لمر
- ۱۱۰ د کښمالي يا ريحان گل روزنه او ارزښت پوهنوال مسعود سعيد
- ۱۱۹ پيشرفتهای پسين در کاربرد فوتوکتليست برای برطرف کردن آلودگی مواد عضوی آب پوهنيار احمدسمير کريمی حقميل
- ۱۳۹ مروړی به کارېرد الگوريتمهای رمزنگاری کليد متناظر و نامتناظر از لحاظ مزایا و معایب آنها پوهنوال منيژه سرهنگ، پوهنوال زرغونه سپېڅلې
- ۱۵۵ د کرنيزې خاورې په روغتيا او حاصلاتو باندې د مايکرو ارگانيزمونو د بيوتکنالوژۍ اغيزې پوهنيار سيد رحيم نيکمل، پوهنوال عبدالرحمن عثماني
- ۱۶۲ د انارو او انگورو د مخلوط مساله لرونکې RTS جوس پراختيا پوهنمل عبدالکريم امين، پوهنمل ايمل ناصري، پوهنيار محمد يوسف سلطاني

سريزه

د انساني ټولنې اوسنۍ پوهه او پرمختگ د ټولو هغو څېړنيزو هڅو پايله ده چې له پېړيو راهيسې په پرلپسې توگه ترسره شوې دي، موندنې يې له يو نسل څخه بل ته لېږدول شوې او هر نسل پرې د خپلې پوهې زرينې لاسته راوړنې ور زياتې کړې دي. په دې توگه د هرې ورځې په تېرېدو سره د بشري ټولنې د پوهې پولې پراخې شوې، د خلقت ناڅرگند اړخونه رابرسېره شوي او بالاخره په انساني ژوندانه کې د هوساينې، ژغورنې او آبادۍ لامل شوې دي، خو دا ټولې څېړنې او پلټنې يوازې چاپيريالي ستونزو او انساني اړتياوو ته د ځواب موندنې په موخه ترسره شوې دي. په اوسني عصر کې د پرمختللو ټولنو برلاسی، ځواک او پرمختگ له څېړنيزو کړنو سره تړلی دی، هره ټولنه خپلو انساني اړتياوو ته په کتو سره د ځان بسياينې په موخه هڅه کوي، چې د آلهي خلقت په لمن کې الله ورکړې ډالۍ راوسپړي او په بېلابېلو برخو کې د خپلې ټولنې د پرمختگ لامل شي، د نړۍ په کچه پوهنتونونه، علمي او اکاډميک مرکزونو د همدغې چارې ذمه وار دي، له همدې امله د نورو علمي او تدريسي فعاليتونو ترڅنگ د ټولنيزو ستونزو د حل او يا هم د انساني هوساينې په موخه څېړنيز فعاليتونه ترسره کوي، خو له دې ټولو سره سره پوهنتونونه د تدريس او څېړونکي ترڅنگ يوه درېيمه دنده هم پر غاړه لري چې هغه د پوهې، تجربو او علمي لاسته راوړنو لېږدول او تعميمول دي، ترڅو انساني ټولنې له هغو مواردو گټه واخيستلای شي چې د يوې ټولنې څېړونکي ورته لاسرسی پيدا کوي. په همدې اساس دغه علمي-څېړنيز ژورنال د څېړنيزو کړنو د خپراوي په موخه رامنځته شوی او هڅه شوې چې د طبيعي علومو په برخه کې د دغه پوهنتون علمي-څېړنيزې مقالې خپرې کړي او هغو ستونزو او مسائلو ته د حل لارې پيدا کړي چې په ټول هېواد او په ځانگړې توگه په ميدان وردگ ولايت کې شتون لري. له همدغې موخې سره سم الحمدلله د دغې گڼې ډېرې څېړنې د وردگ د لوړو زده کړو مؤسسې په څېړنيز فارم کې تر موجوده اقليمي شرايطو لاندې ترسره شوې دي چې په علمي او کاربردي برخو کې د پام وړ لاسته راوړنې لري، يادې لاسته راوړنې به د دغه ولايت د کرنيزو محصولاتو په زياتوالي، د اقتصادي او ټولنيز ژوند په ښه والي د پام وړ اغېزې ولري. په پای کې اړينه بولم چې د دغه ژورنال د ايجاد او چاپ ته د دوهمې گڼې د چمتو کولو په برخه کې د وردگ د لوړو زده کړو مؤسسې له مشرتابه، اداري همکارانو، کادري غړو او استادانو څخه مننه وکړم، دوی هر يوه پر خپل ځای د دغې گڼې د چمتو کولو او خپرولو په برخه کې نه ستړې کېدونکې هلې ځلې ترسره کړې دي، په دې هيله چې د ټول هېواد او په ځانگړې توگه د وردگ د لوړو زده کړو مؤسسې په کچه د څېړنو دغه لړۍ دوام ومومي او يو عزتمن او ځواکمن افغانستان ته د رسيدو په لاره کې اغېزمنې واقع شي.

پوهنمل دکتور عنايت الرحمن مايار

د وردگ علمي - څېړنيزې مجلې مسؤل مدير

د ميدان وردگ ولايت تر اقليمي شرايطو لاندې د غنمو په وده او حاصل باندې د فاسفورس د بېلابېلو اندازو اغېزې

۱- پوهنمل محمد جان آرين *

۱- اگړانومي دېپارتمنت، کرنې پوهنځی، وردگ لوړو زده کړو مؤسسه، افغانستان

لنډيز

دا علمي څېړنه د ۱۴۰۳ هـ ل کال په جريان کې د وردگ د لوړو زده کړو مؤسسې د کرنې پوهنځي په څېړنيز فارم کې د (د ميدان وردگ ولايت تر اقليمي شرايطو لاندې د غنمو په وده او حاصل باندې د فاسفورس د بېلابېلو اندازو اغېزې) تر عنوان لاندې د ۱۴۰۳ هـ ل کال په جريان کې تر سره شوه، ياده څېړنه په تصادفي مکمل بلاک طرحه (RCBD) کې د څلورو (Control, 50 Kg P₂O₅/ha, 70 Kg P₂O₅/ha, 90 Kg P₂O₅/ha) ترمتونو او دريو (۳) تکرارونو په لرلو سره ترسره شوه. په هر تکرار کې څلور تجربوي واحدونه او په هر تجربوي واحد کې د غنمو د نباتاتو څلور قطارونه موجود وو، د نباتاتو د قطارونو ترمنځ ۴۰ سانتي متره، د تکرارونو ترمنځ (۱۰۰) سانتي متره او د تجربوي واحدونو ترمنځ (۵۰) سانتي متره فاصلې په نظر کې نيول شوې وه، د غنمو د ودې او حاصل اړوند پارامترونو ارقام په دريو مرحلو (د نباتاتو د ۲۰ سانتي مترو ارتفاع پر وخت، د نباتاتو د وړو د تشکیل پر وخت او د نباتاتو د وړو د پوخوالي پر وخت) راټول او ثبت شول، راټول شوي ارقام د (STAR) سافټوير په مرسته تحليل شوي چې د بېلابېلو ترمتونوله ډلې څخه په T₄ (90 Kg kgP₂O₅/ha) ترمت کې د کنترول او نورو ترمتونو په نسبت لوړ نباتات ۸۹،۷۰ سانتي متره، په نبات کې د پاڼو لوړ شمېر ۲۷،۶۰، په نبات کې د تېلرونو لوړ شمېر ۷،۰۳، په وري کې د دانو لوړ شمېر ۵۱،۷۰ د ۱۰۰۰ دانو وزن ۴۰ گرامه، په هکتار کې د دانو مجموعي حاصل ۴۰۴۳،۸۹ کيلو گرامه تر لاسه شو.

کلیدي کلمې: غنم، فاسفورس، وده او حاصل.

* Email: mohammadjanarian@gmail.com

The Effects of Different Levels of Phosphorus on the Growth and Yield of Wheat under the Climatic Conditions of Maidan Wardak Province

1-Senior Teaching Assistant Mohammad-Jan Arian^{*1}

1- Agronomy Department, Agriculture Faculty, Wardak Institute of Higher Education, Afghanistan

Abstract

This scientific research was conducted in 2024 at Research Farm of the Faculty of Agriculture Faculty Wardak University to study The Effects of Different Levels of Phosphorus on the Growth and Yield of Wheat under the Climatic Conditions of Maidan-Wardak Province, the study was carried out using a Randomized Complete Block Design (RCBD) with four treatments (Control, 50 Kg P₂O₅/ha, 70 Kg P₂O₅/ha, 90 Kg P₂O₅/ha) and three replications. In each replication, there were four experimental units, and in each experimental unit, four rows of wheat plants were present. A 40 cm distance was maintained between plant rows, 100 cm between Replications, and 50 cm between experimental units. Data related to wheat growth and yield parameters were collected and recorded in three stages (at the time when the plants reached a height of 20 cm, during the formation of spikes, and when the spikes were fully mature. The collected data were analyzed using the STAR (Statistical Tool for Agricultural Researches) software. The results showed that in the T4 treatment (90 kg P₂O₅/ha), plants were taller (89.70 cm), with a higher number of leaves per plant (27.60), a higher number of tillers per plant (7.03), a higher number of grains per spike (51.70), a 1000-grain weight of 40 grams, and a total grain yield per hectare of 4043.89 kg, compared to the control and other treatments.

Keywords: Wheat, Phosphorus, Growth and yield.

* Email: mohammadjanarian@gmail.com

سريزه

غنم (*Triticum aestivum*. L) دگرامیناسيې (Graminaceae) په کورنۍ پورې اړه لري، چې په نړۍ کې یو له خورا مهمو غذایي دانه لرونکو نباتاتو څخه دی، همدارنګه د درېیمې نړۍ د وګړو د ورځنیو خوړو اساسي برخه ګڼل کیږي (Majeed and Ahmad, 2014). غنم په خپل ترکیب کې په تقریبي ډول له ۹-۱۰ سلنو پورې پروټین او د ۶۰-۸۰ سلنه کاربوهایدرېټ لري او د پروټینو، ویتامینونو او کاربوهایدریتونو مهمه او بډایه سرچینه ګڼل کیږي. د نړۍ د میلیونونو وګړو لپاره د ورځنۍ متوازنې غذا په برابرولو کې مهم رول لري (Khalid *et al.*, 2023).

فاسفورس د نبات د ودې لپاره مهم او لومړنی ضروري غذایي عنصر دی (Tariq *et al.*, 2023). د غنمو کروندې ته د فاسفورس د مناسبې اندازې په کارولو سره د غنمو په حاصل کې (۲۰) سلنه زیاتوالی راځي (Jamal *et al.*, 2023). د فاسفورس د زیات استعمال په وجه د نباتاتو په واسطه د نایتروجن او فاسفورس د اخیستلو پروسه چټکه کیږي (Shehzad *et al.*, 2023).

فاسفورس د نباتاتو په بېلابېلو فزیولوژیکي فعالیتونو لکه فوتوسنتزیزیس، د کاربن میتابولیزم او حجروي غشا په تولید کې مهمه ونډه لري (Ullah *et al.*, 2023). په هغو خاورو کې چې په کمه اندازه سرې ورکړل شوې وي، په ځانګړې توګه هغه خاورې چې په لوړه اندازه کلسیم کاربونټ ولري د فاسفورس د انحلال د کمېدو سبب کیږي، همدارنګه په خاوره کې د فاسفورس کمبود د نباتاتو د منظمې ودې مخنیوی کوي او په پایله کې د نباتاتو څخه کم حاصل لاسته راځي (Amanullah *et al.*, 2015).

کله چې فاسفورس په لږه اندازه وکارول شي نباتات ورڅخه په کمه اندازه استفاده کولی شي چې د نباتاتو د کمې حاصلخېزۍ سبب کېږي، سربېره پردې په داسې خاورو کې د ګټورو مایکرو ارګانیزمونو (BMO) علاوه کول نباتاتو ته فاسفورس د استفادې وړ ګرځوي او د نباتاتو حاصلخېزې زیاتوي، د خاورې د مایکرو فلورا متنوع ټولنه د مغلق فاسفورس په منحلېدو کې مهم رول لوبوي چې په پایله کې نباتات په آسانی سره فاسفورس د خپلې ودې لپاره جذبوي (Ahmed *et al.*, 2018).

فاسفورس د نباتاتو د ریښو په وده او انکشاف کې رغنده رول لوبوي خصوصاً د کوچني نیالګي (Seedling) په مرحله کې د نبات د ژر او په زړه پورې ودې سبب کېږي، سربېره پر دې په غله ییزو نباتاتو کې د زیاتو ټیلرونو د تولید باعث ګرځي، د دانو او وښو نسبت لوړېږي چې په پایله کې په لوړ تناسب سره د بزګر د خوښې وړ دانو حاصل لاسته راځي (Majeed *et al.*, 2014).

په خاوره کې غذایي عناصر د نباتي حاصل د لوړ کیفیت په ساتلو او تل پاتې والي کې مهم او حیاتي رول لري، نو دا ضروري خبره ده چې په خاوره کې ضروري غذایي عناصر په کافي اندازه وساتل شي، کله چې په زیاته اندازه سرې استعمالېږي د زیاتو مصارفو سبب کېږي، په دې

توگه بزگران نشي- کولی چې په ترلاسه شوو حاصلاتو باندې خپل مصارف پوره کړي، چې دا مناسبه نه بريښي (Krasilnicov, 2022)، (Kaleri., 2024).

دا چې له يوې خوا د غنمو هر اړخيزه ارزښت بيان شو او له بلې خوا په ميدان وردگو ولايت کې د غنمو کښت په پراخه پيمانه وجود لري، ليکن متأسفانه تر اوسه پورې د غنمو په اړه کروندگرو ته د غنمو په حاصل باندې د فاسفور اغېزې نه دي ښودل شوې او په دې برخه کې کافي څېړنې نه دي ترسره شوې، چې د عضوي او کيمياوي سرو د نامناسب استعمال او نورو معياري اصولو د نه مراعاتولو په سبب د غنمو د کروندو څخه کم او تېټ کيفيت لرونکي حاصلات ترلاسه کوي، نو لازمه مو وبلله ترڅو د غنمو د باکمېته او باکيفيته توليد په موخه د غنمو په وده او حاصل باندې د فاسفورس د بېلابېلو اندازو د استعمال اغېزې وڅېړو او د يادې سرې مناسبه اندازه ومومو.

دا چې د غنمو غذايي او کرنيز ارزښت د نورو غلو دانو په نسبت لوړ دی نو د دې څېړنې پر مټ به وکولی شو چې د ښه او ډېر توليد لپاره يې د فاسفورسي سرې مناسبه اندازه پيدا کړو، له يوه لوري به د بې ځايه مصارفو مخه ونیول شي او له بله اړخه به په زړه پورې توليدات ولرو.

د څېړنې موخې

1. د غنمو په وده باندې د فاسفورس د بېلابېلو اندازو د اغېزو څېړل.
2. د غنمو په حاصل باندې د فاسفورس د بېلابېلو اندازو د اغېزو څېړل.

د څېړنې توکي او کړنلاره

دغه څېړنه په ۱۴۰۳ هـ ل کال کې د وردگ د لوړو زده کړو مؤسسي د کرنې پوهنځي په څېړنيز فارم کې، چې د بحر له سطحې څخه ۲۲۱۰ متره ارتفاع لري او د شمالي عرض البلد په ۳۴ درجو-۱۰ دقيقو او ۳۹ ثانياو، د ختيځ طول البلد په ۶۸ درجو-۴۷ دقيقو او ۳۹ ثانياو کې موقعيت لري، د «ميدان وردگ ولايت تر اقليمي شرايطو لاندې د غنمو په وده او حاصل باندې د فاسفورس د بېلابېلو اندازو اغېزې» تر عنوان لاندې ترسره شوه،

د دې څېړنيزې ساحې خاوره له کرنې څخه مخکې د بادام باغ د کرنيزو څېړنو انستيتيوت په لابراتوار کې تر تجزيې لاندې ونيول شوه چې بي اېچ ۸،۳ او تېکسچر يې د سطحې څخه بيا تر ۲۵ سانتي مترو ژوروالي پورې ريگي لوم (Sandy loam) او د عضوي موادو اندازه يې (۱،۰۰) وه.

د څېړنې موندنې

الف. د نبات د ودې پارامترونه:

د نبات لوړوالی، د پاڼو او ټيلرونو شمېر: د نبات لوړوالی (په سانتي متر)، د پاڼو په شمېر او د ټيلرونو په شمېر باندې د فاسفورس بېلابېلو اندازو د پام وړ اغېزې درلودې، چې د يادې سرې د

بېلابېلو ترتمنتونو څخه په (T_4) ترتمنت کې د نبات ترټولو زيات لوړوالی، په نبات کې د پاڼو تر ټولو لوړ شمېر او په نبات کې د ټيلرونو تر ټولو زيات شمېر په ترتيب سره ۸۹،۷۰، ۲۷،۶۰ او ۷،۰۳ سانتي متره تر لاسه شو په داسې حال کې چې د يادو پارامترونو تر ټولو ټيټې اندازې په ترتيب سره ۱۵،۳۰، ۷۴ او ۴،۵ سانتي متره په کنترول ترتمنت (T_1) کې لاسته راغلي دي (۱- جدول).

(۱-جدول): د نبات په لوړوالي، پاڼو شمېر او ټيلرونو په شمېر باندې د فاسفورس د بېلابېلو اندازو اغېزې

ترتمتونه	د نبات لوړوالی (سانتي متر)	په نبات کې د پاڼو شمېر	په نبات کې د ټيلرونو شمېر
T_1 = (control)	74.00c	15.30b	4.5 c
T_2 = (50 Kg P_2O_5 / ha)	82.30b	18.13 b	5.83 b
T_3 = (70 Kg P_2O_5 / ha)	88.93a	24.13 a	6.30 ab
T_4 = (90 Kg P_2O_5 / ha)	89.70a	27.60 a	7.03 a
CV	2.25	12.24	9.29
LSD	0.05	0.05	2.44

Any tow means not sharing same letters differ significantly ($p < 0.05$)

ب. د حاصل پارامترونه

په وړو کې د دانو شمېر، د (۱۰۰۰) دانو وزن او په هکتار کې د دانې حاصل: د غنمو په حاصل او د حاصل په اجزاوو باندې د فاسفورس د بېلابېلو اندازو د استعمال د اغېزو د معلومولو پايلې نښي چې د فاسفورس بېلابېلو اندازو د غنمو په وړو کې د دانو په شمېر، د ۱۰۰۰ دانو په وزن او په هکتار کې د دانې په حاصل باندې د پام وړ اغېزې درلودې، چې په (T_4) ترتمنت کې د نورو ټولو ترتمنتونو په پرتله په وړو کې د دانو لوړ شمېر ۵۱،۷۰، د ۱۰۰۰ دانو تر ټولو ډېر وزن په (T_3) او (T_4) ترتمنتونو کې ۴۰ گرامه او په هکتار کې د دانې تر ټولو لوړ حاصل هم په (T_4) ترتمنت کې ۴۰۸۳،۸۹ کيلوگرامه او د يادو پارامترونو ترټولو ټيټې اندازې په ترتيب سره ۳۰،۵۰، ۳۶،۶۷ او ۲۹۴۴،۴۴ کيلوگرامه په کنترول ترتمنت (T_1) کې لاسته راغلې (۲-جدول).

(۲-جدول): په وړو کې د دانو په شمېر، د ۱۰۰۰ دانو په وزن او د دانې په حاصل د فاسفورس د بېلابېلو اندازو اغېزې

ترتمتونه	په وړو کې د دانو شمېر	د (۱۰۰۰) دانو وزن په گرام	د دانې حاصل (کيلو گرام پر هکتار)
T_1 = (control)	30.50 c	36.67 c	2944.44 c
T_2 = (50 Kg P_2O_5 / ha)	41.00 b	36.67b	3083.33 b

T ₃ = (70 Kg P ₂ O ₅ /ha)	46.90 ab	40.00a	3799.44 b
T ₄ = (90 Kg P ₂ O ₅ /ha)	51.70 a	40.00a	4083.89 a
CV	7.94	11.50	11.80
LSD	6.74	0.05	

Any tow means not sharing same letters differ significantly ($p < 0.05$)

ج. د ودې پارامترونه

۱- د نبات په لوړوالي باندې د فاسفورس د بېلابېلو اندازو اغېزې: د احصائيوي تحليل او تجزيې څخه څرگنده شوه چې د فاسفورس بېلابېلو اندازو د غنمو په لوړوالي باندې چې په (۱- جدول) کې يې معلومات ځای پرځای شوي دي، د کتنې وړ اغېزه کړې ده، د نبات تر ټولو زيات لوړوالی په (T₄) ترتمنت کې ثبت شوی دی چې په هکتار کې تر ټولو زيات فاسفورس په کې استعمال شوي دي، په داسې حال کې چې د نبات تر ټولو کم لوړوالی په کنټرول ترتمنت (چې فاسفورس نه وو ورته علاوه شوي) کې لاسته راغلی دی. د زيات فاسفورس په استعمال سره په نبات کې په ښه ډول فزيالوژيکي فعاليتونه سرته رسېږي، چې د ښو فزيولوژيکي فعاليتونو په سرته رسېدو سره په نبات کې په ښه توگه غذايي مواد جذبېږي، د حجرو تکثير او اوږدېدل (cell elongation) پراختيا مومي او په پايله کې د نبات د لوړوالي سبب کېږي. فاسفورس د نباتاتو د ودې لپاره تر ټولو ضروري غذايي عنصر دی کوم چې د نباتي حجرو په وده او انکشاف کې ډېر رول لري (Hasan *et al.*, 2022). فاسفورس د نبات د رېښو وده تحريکوي او د تخم د ټوکېدو څخه وروسته (Seedling) مرحله مهم رول لري او د نبات د تېزې ودې سبب گرځي (Pareek *et al.*, 2004), (Memon *et al.*, 2005). زموږ لاسته راغلې پايله د نقيب الله او د هغو د ملگرو (Naqeebullah *et al.*, 2024) له پايلو سره پوره ورته والی لري کوم چې هغه د فاسفورس بېلابېلې اندازې د غنمو په وده او حاصل باندې وڅېړلې او وېې ومونده چې فاسفورس د نبات د ودې سبب گرځي.

۲- د پاڼو په شمېر باندې د فاسفورس د بېلابېلو اندازو اغېزې: د احصائيوي تحليل او تجزيې څخه څرگنده شوه چې د فاسفورس بېلابېلو اندازو د پاڼو په شمېر باندې چې په (۱- جدول) کې يې معلومات ځای پرځای شوي دي، د کتنې وړ اغېزه کړې ده، په نبات کې د پاڼو تر ټولو زيات شمېر په (T₄) ترتمنت کې ثبت شوی دی چې په هکتار کې تر ټولو زيات فاسفورس په کې استعمال شوي دي، په داسې حال کې چې تر ټولو کم د پاڼو شمېر په کنټرول ترتمنت (چې فاسفورس نه وو ورته علاوه شوی) کې لاسته راغلی دی. دا ممکن د فاسفورس هغه لوړ

ظرفيت ته منسوب شي چې په خاوره کې په زياته اندازه علاوه شوی او په علاوه کولو سره يې نبات ته په خاوره کې د اړتيا وړ غذايي مواد اضافه او د استعمال وړ بڼه ځانته غوره کوي او بل دا چې د فاسفورس سرچينه مو ډای امونيم فاسفيټ ټاکلې وه او دا سره په خپل ترکيب کې نايټروجن لري چې د اندازې په زياتېدو سره يې د نايټروجن اندازه هم زياتېږي چې نايټروجن د نبات د جسمي ودې په پراختيا کې فوق العاده رول لري، همدارنگه د زيات فاسفورس په استعمال سره د نبات په پاڼو کې د فوټوسنتيز عمليه زياتېږي او د دې په سبب انزايمونه، کتليستي فعاليتونه او د نبات په داخل کې د ميتابوليزم عمليه به ښه ډول سرته رسېږي، چې د نبات د جسمي ودې د زياتوالي سبب گرځي (Kaleri et al., 2024). فاسفورس د نبات د فوټوسنتيز، تنفس، انرژي ذخيره کولو، د انرژي انتقال، حجروي وېش، حجرو اوږدېدلو او داسې نورو کليدي پروسو کې مهم او د ارزښت څخه ډک رول ادا کوي (Singh, 2003). د دې څېړنې پايلې مجيد او د هغه د ملگرو (Majeed et al., 2014) له موندنو سره ورته والی لري او راپور يې ورکړی دی چې د فاسفورس په زيات استعمال سره د نباتي حجرو تکثير او پراختيا ته ښه شرايط برابرېږي چې د پاڼو په شمېر کې زياتوالی راځي.

۳- په نبات کې د ټيلرونو په شمېر باندې د فاسفورس د بېلابېلو اندازو اغېزې: د احصائيوي تحليل او تجزيې څخه څرگنده شوه چې د فاسفورس بېلابېلو اندازو د ټيلرونو په شمېر باندې چې په (۱-جدول) کې يې معلومات ځای پرځای شوي دي،

د کتنې وړ اغېزه کړې ده، په نبات کې د ټيلرونو تر ټولو لوړ شمېر په (T₄) ترتمنت کې ثبت شوی دی چې په هکتار کې تر ټولو زيات فاسفورس په کې استعمال شوی دی، په داسې حال کې چې تر ټولو کم ټيلرونه په کنټرول ترتمنت (چې فاسفورس نه وو ورته علاوه شوی) کې لاسته راغلي دي.

فاسفورس په مستقيمه توگه د پاڼې د سطحې په پراخوالي او د ټيلرونو په توليد او د شمېر په زياتوالي کې رول لري، دا ځکه چې د فاسفورس د زيات استعمال په وجه د فوټو سنتيز او نور ميتابوليکي فعاليتونو پروسې چټکې کېږي او د نبات دا برخې په زياته اندازه پراختيا او انکشاف کوي (Rodry et al., 1999).

زموږ لاسته راغلې پايلې د کاليري او د هغو د ملگرو (Kaleri et al., 2024) له پايلو سره مطابقت لري چې زموږ څېړنې ته يې ورته څېړنه تر سره کړې او د نبات د زياتو ټيلرونو توليد يې په کافي اندازه سره د فاسفورس شتون او د نبات په وسيله د هغه جذب بللی دی.

د. د حاصل پارامترونه

۱- د غنمو په وړي کې د دانې په شمېر باندې د فاسفورس د بېلابېلو اندازو اغېزې: د احصائيوي تحليل او تجزيې څخه څرگنده شوه چې د فاسفورس بېلابېلو اندازو په وړي کې د دانو په شمېر باندې د کتنې وړ اغېزه کې ده، په وړي کې د دانو تر ټولو زيات شمېر په (T_4) ترتمنت کې ثبت شوی دی په داسې حال کې چې په وړي کې د دانو تر ټولو کم شمېر په کنټرول ترتمنت (T_1) کې لاسته راغلي دي، دا ځکه چې په کافي اندازه د فاسفورس د علاوه کولو په وجه نبات په تيزۍ سره وده کوي او په زياته اندازه د لمر وړانگې جذبي، سربېره پردې فاسفورس د نبات ودې ته پراختيا ورکوي چې په دې سبب په وړي کې په زياته اندازه دانې تشکيلېږي، چې په پايله کې يې د دانو حاصل لوړېږي، دې ته ورته پايلې مالک او د هغو ملگرو او همدارنگه پيريک او د هغو ملگرو (Malik, 1995), (Pareek, 2004). تر لاسه کړې دي، کوم چې په وړو کې د دانو تر ټولو کم شمېر يې په کنټرول ترتمنت کې (چې هيڅ فاسفورس نه وو ورته علاوه شوي) تر لاسه کړ.

۲- د (۱۰۰۰) دانو وزن (په گرام) باندې د فاسفورس د بېلابېلو اندازو اغېزې: د احصائيوي تحليل او تجزيې څخه څرگنده شوه چې د فاسفورس بېلابېلو اندازو د ۱۰۰۰ دانو په وزن (گرام) باندې چې په (۲-جدول) کې يې معلومات ځای پرځای شوي دي، د کتنې وړ اغېزه کې ده او د ۱۰۰۰ دانو تر ټولو زيات وزن (په گرام) په (T_4) ترتمنت کې ثبت شوی دی، په داسې حال کې چې د ۱۰۰۰ دانو تر ټولو کم وزن په کنټرول ترتمنت کې چې فاسفورس نه وو ورته علاوه شوي، لاسته راغلی دی، ځکه د فاسفورس د کموالي په وجه زياتره وختونه ټول نباتات گل نه کوي، کله چې په کافي اندازه فاسفورس موجود نه وي منځ خالي تخمونه تر لاسه کېږي او په دې وجهې سره د ۱۰۰۰ دانوکم وزن کمېږي او د خراب کيفيت دانې لاسته راځي چې دې ته ورته پايلې ميمون او د هغو ملگرو او همدارنگه مهدي او د هغو ملگرو (Mehdi et al, 2007), (Memoon et al., 2005) د خپلو څېړنو په پايله کې تر لاسه کړې دي.

۳- د دانې حاصل (کيلوگرام پر هکتار): د احصائيوي تحليل او تجزيې څخه څرگنده شوه چې د فاسفورس د بېلابېلو اندازو د دانې حاصل (کيلوگرام پر هکتار) باندې چې په (۲-جدول) کې يې معلومات ځای پرځای شوي دي، د کتنې وړ اغېزه کې ده او د دانې حاصل (کيلوگرام پر هکتار) په (T_4) ترتمنت کې ثبت شوی دی، په داسې حال کې چې د دانو تر ټولو کم حاصل په کنټرول ترتمنت (چې فاسفورس نه وو ورته علاوه شوي) کې لاسته

راغلی دی، ځکه چې په زیاته اندازه د فاسفورس علاوه کولو په وجه نباتات په زیاته اندازه تیلرونه تولیدوي، همداشان په وړي کې په زیاته اندازه دانې رامنځته کېږي او بالاخره د ۱۰۰۰ دانو وزن زیاتېږي او بله دا چې د زیات فاسفورس د استعمال په پایله کې په نباتاتو کې د فوتوسنتیزس عملیه او نور میتابولیزمي فعالیتونه سریع کېږي چې په نتیجه کې یې په زیاته اندازه وړي او په وړو کې دانې رامنځته کېږي چې د دانو د حاصل د زیاتوالي سبب کېږي، زموږ لاسته راوړو پایلو ته ورته پایلې میمون او هغو ملگرو (Memoon et al., 2005)، پیریک او د هغو ملگرو (Pareek et al., 2004) او مهدي او د هغو ملگرو (Mehdi et al., 2007) لاسته راوړې دي.

پایله

اوسنۍ څېړنه د (میدان وردگ ولایت تر اقلیمي شرایطو لاندې د غنمو په وده او حاصل باندې د فاسفورس د بېلابېلو اندازو اغېزې) تر عنوان لاندې د وردگ د لوړو زده کړو مؤسسې د کرنې پوهنځي په څېړنیز فارم کې د ۱۴۰۳هـ.ل کال په جریان کې تر سره شوه او د فاسفورس د بېلابېلو ترتمنتونو له ډلې څخه په (T₄) ترتمنت کې د نبات تر ټولو زیات لوړوالی (سانتي متر)، په نبات کې د پاڼو تر ټولو زیات شمېر، د تیلرونو تر ټولو لوړ شمېر، په وړي کې د دانو زیات شمېر، د ۱۰۰۰ دانو تر ټولو زیات وزن او د دانې تر ټولو لوړ حاصل تر لاسه شول او همدارنګه په کنټرول (T₁) ترتمنت کې د یادو پارامترونو تر ټولو ټیټې اندازې لاسته راغلې.

اخځلیکونه

- Ahmed M, Khan S, Irfan M, Aslam MA, Shabbir G, Ahmad S, Fahad S, Basir A, Adnan M. Effect of phosphorus on root signaling of wheat under different water regimes. Global wheat production. 2018; 16:1-29.
- Amanullah SK, Muhammad A. Beneficial microbes and phosphorus management influence dry matter partitioning and accumulation in wheat (*Triticum aestivum* L.) with and without moisture stress condition. J. Microb. Biochem. Technol. 2015; 7:410-6.
- Hasan AK, Carrasco-G FE, Lizana XC, Calderini DF. Low seed rate in square planting arrangement has neutral or positive effect on grain yield and improves grain nitrogen and phosphorus uptake in wheat. Field Crops Research. 2022; 288:108699.
- Jamal A, Saeed MF, Mihoub A, Hopkins BG, Ahmad I, Naeem A. Integrated use of phosphorus fertilizer and farmyard manure improves wheat productivity by improving soil quality and P availability in calcareous soil under subhumid conditions. Frontiers in Plant Science. 2023; 14:1034421.
- Kaleri, A. A., Sadiq, M., Jamali, A., Ullah, Z., Musawwir, A., Islam, M., ... & Adil, S. (2024). Effects of Phosphorus Application Rate on the Growth and Yield of Wheat (*Triticum Aestivum* L.). *Pak-Euro Journal of Medical and Life Sciences*, 7(2), 151-158.

- khalid A, Hameed A, Tahir MF. Wheat quality: A review on chemical composition, nutritional attributes, grain anatomy, types, classification, and function of seed storage proteins in bread making quality. *Frontiers in Nutrition*. 2023; 10:1053196.
- Krasilnicov, P. and Taboada, M.A., 2022. Fertilizer Use, Soil Health and Agricultural Sustainability. 12(4), 462. Kaleri, A.A., Mangan, B.N., Awan, M.H., Banbhan, G.M., Maryam, N., Kaleri, F.A., Manzoor, D., Jamali, A., Hameed, M., Sadiq, M. and Adil, S., 2024. Evaluating the Varied Effects of Micronutrients on Wheat Variety TJ-83 Cultivation in Tando Jam. *Lahore Garrison University Journal of Life Sciences*, 8(2), pp.223-234.
- Majeed MA, Ahmad R, Tahir M, Tanveer A, Ahmad M. Effect of phosphorus fertilizer sources and rates on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Asian Journal of Agriculture and Biology*. 2014; 2:14-20.
- Majeed, M. A., Ahmad, R., Tahir, M., Tanveer, A., & Ahmad, M. (2014). Effect of phosphorus fertilizer sources and rates on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Asian Journal of Agriculture and Biology*, 2, 14-20.
- Majeed, M. A., Ahmad, R., Tahir, M., Tanveer, A., & Ahmad, M. (2014). Effect of phosphorus fertilizer sources and rates on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Asian Journal of Agriculture and Biology*, 2, 14-20.
- Malik MA, Shah SH, and Ali A. 1995. Response of two wheat cultivars to different levels of phosphorus. *Pakistan. J. Agri. Sci.*, 27: 183-185.
- Mehdi SM, Abid M, Sarfraz M, Hafeez M and Hafeez F. 2007. Wheat response to applied phosphorus in light textured soil. *J. of Bio. Sci.*, 7: 1535-1538.
- Memon, K. S. and H. K. Puno. 2005. Effect of different nitrogen and phosphorus levels on the yield and yield components of wheat variety Pavan. *Agriculture Research Station Dadu, Sindh, Pakistan. Indus. J. Plant Sci.*, 4(3): 273-277.
- Pareek. 2004. Effect of phosphorus, sulphur and zinc on growth, yield and nutrient uptake of wheat (*Triticum aestivum*). *Indian. J. Agronomy.*, 49(3): 160-162.
- Pareek. 2004. Effect of phosphorus, sulphur and zinc on growth, yield and nutrient uptake of wheat (*Triticum aestivum*). *Indian. J. Agronomy.*, 49(3): 160-162.
- Rodry-guez, D., H.F. Andrade and J. Goudriaan. 1999. Effects of phosphorus nutrition on tiller emergence in wheat. *Plant and Soil*. 209: 283-295.
- Shehzad RA, Sarwar G, Shah SH, Ali M, Muhammad S, Aftab M, Manzoor MZ, Shehzad I, Saleem U. Growth and Yield Response of Wheat to Organic Manures (Farmyard Manure, Phospho-Compost (PROM) and Press Mud) Alone and in Combination with Mineral Fertilizer. *Pakistan Journal of Agricultural Research*. 2023;36(1).
- Singh, S.S. 2003. Soil fertility and nutrient management. Kalyani Publishers, New Dehli. pp. 37-38.
- Tariq A, Zeng F, Graciano C, Ullah A, Sadia S, Ahmed Z, Murtaza G, Ismoilov K, Zhang Z. Regulation of metabolites by nutrients in plants. *Plant Ionomics: Sensing, Signaling, and Regulation*. 2023:1-8.
- Ullah J, Shah S, Mihoub A, Jamal A, Saeed MF, Székely Á, Radicetti E, Salman M, Caballero-Calvo A. Assessing the effect of combining phosphorus fertilizers with crop residues on maize (*Zea Mays* L.) productivity and financial benefits. *Gesunde Pflanzen*. 2023;75(5):1995-2008.

په سختو تمريناتو کې د عضلاتو پر وده او پياوړتيا باندې د پروټينو اغېزې

۱- پوهنمل حزب الله بهير^۱؛ ۲- نوماند پوهنيار محمد فهم سروري

۱- بيلوژي ديپارټمنټ، ښوونې او روزنې پوهنځی، وردگ د لوړو زده کړو مؤسسه، افغانستان

۲- د بدني روزنې ديپارټمنټ، د اساسي علومو پوهنځی، د افغانستان د کرنيزو علومو او ټکنالوژي ملي پوهنتون، افغانستان

لنډيز

پروټين د بدن د عضلاتو د رغونې او پياوړتيا لپاره يوه بنسټيزه، حياتي او غذايي ماده گڼل کېږي. په ځانگړې توگه، د سختو تمريناتو پر وخت د پروټينو مصرف د عضلاتو پر وده، پياوړتيا او ترميم کې کليدي رول لوبوي. د دې څېړنې هدف د سختو تمريناتو پرمهال د بدن په وزن او پياوړتيا باندې د پروټينو اغېزې توضيح کول دي. د دې موخې ترلاسه کولو لپاره، د تېرو څېړنو تحليل او نيمه تجربوي مېتود په واسطه لومړني معلومات راټول شوي او بيا د SPSS پروگرام په مرسته تحليل شوي دي. دا څېړنه د افغانستان په کندهار ولايت کې د مدينه ورزشي کلب په ۴۰ غړو ترسره شوې ده. گډون کوونکي په دوو گروپونو وېشل شوي، کنټرولي گروپ چې له پروټينو پرته يې تمرينات ترسره کول او هغه گروپ چې له تمريناتو سره يې پروټين هم استعمالول. د دواړو گروپونو تمريني نورمونه له څلورو اوونيو تمريناتو مخکې او وروسته څخه اخيستل شوي، د تمريني نورمونو د پرتله کولو لپاره د (independent samples T-test) کارول شوی. له څلورو اوونيو تمرينونو وروسته، د عضلاتو په مختلفو برخو کې د پام وړ پياوړتيا رامنځته شوې. د سينې په عضلاتو کې ۷،۵ کيلوگرامه، د اوږو په عضلاتو کې ۸،۲ کيلوگرامه، د ډورسي په عضلاتو (Doris Muscles) کې ۷،۳ کيلوگرامه د ترايسپس په عضلاتو (Triceps Muscle) کې ۹،۲ کيلوگرامه، د بايسپس په عضلاتو (Biceps Muscle) کې ۵،۱ کيلوگرامه او د لوور په عضلاتو (Leg Muscles) کې ۱۱،۷ کيلوگرامه زيات وزن پورته کولو پياوړتيا ثبت شوې ده. سربېره پر دې د گډون کوونکو په وزن کې په منځني ډول ۱،۰۴ کيلوگرامه زياتوالی رامنځته شوی. دغه پايلې ښيي چې د پروټين مصرف د سختو تمريناتو سره هم مهاله د عضلاتو د پياوړتيا لپاره اغېزمن دی، همدارنگه د پروټينو زيات مصرف کولای شي د گردو فعاليت ته زيان ورسوي او د گردو ستونزې رامنځته کړي. همدارنگه، د پروټينو زيات استعمال د هضم پر سيستم فشار راولي او د قبض، نس ناستې او په خېټه کې د بادونو سبب کېدای شي. دغه زياتوالی د وينې د فشار لوړولو، د هډوکو کمزوري کېدو او د کلسيمو د کموالي لامل هم گرځي. نو اړينه ده، چې د پروټينو مصرف د بدن اړتيا او فزيکي فعاليت ته په کتو سره په نظر کې ونيول شي ترڅو د بدن لپاره د منفي اغېزو څخه مخنيوی وشي.

کليدي کلمې: پروټين؛ پياوړتيا؛ سخت تمرينات؛ عضلات.

*Email: bahir.hizbullah@hotmail.com

The Impact of Protein on Muscle Growth and Strength During Resistance Training

1- Senior Teaching Assistant Hizbullah Bahir^{*1}, 2- Teaching Assistant Fahim Sarwari²

1- Biology Department, Education Faculty, Wardak Institute of Higher Education, Afghanistan

2- Physical Education Department, Basic Sciences Faculty, Afghanistan National Agricultural sciences & Technology University, Afghanistan

Abstract

Protein is thought to be an essential ingredient for developing and fortifying the body's muscles. Consuming protein during vigorous exercise is very important for muscle growth, strength, and repair. This study aims to clarify how protein affects strength and body weight during vigorous exercise. Using a quasi-experimental approach and a review of prior research, primary data were gathered and examined using the SPSS software in order to accomplish this purpose. Forty members of the Madina Sports Club in Afghanistan's Kandahar Province participated in this study. The participants were split into two groups: one that exercised only and the other that also ate protein while exercising. The exercise norms of both groups were taken before and after four weeks of exercise, and independent samples T-test was used to compare the exercise norms. After four weeks of exercise, significant strength was achieved in various muscle areas. The participants gained 7.5 kg in the chest muscles, 8.2 kg in the shoulder muscles, 7.3 kg in the dorsi muscles, 9.2 kg in the triceps muscles, 5.1 kg in the biceps muscles, and 11.7 kg in the lower leg muscles. In addition, the participants gained an average of 1.04 kg in weight. These results show that protein consumption is effective for muscle strength during intense exercise, but excessive protein consumption can damage kidney function and cause kidney problems. In addition, excessive protein consumption puts pressure on the digestive system and can cause constipation, diarrhea, and flatulence. This increase can also lead to high blood pressure, weak bones, and calcium deficiency. Therefore, it is important to consider protein consumption based on the body's needs and physical activity to avoid negative effects on the body.

Key words: Protein; strength; hard training; muscles.

Email: bahir.hizbullah@hotmail.com

سريزه

په بدني روزنه کې سخت تمرينات (Resistance Training) د عضلاتو په جوړښت، پياوړتيا او د بدن په جوړېدنه کې يو له بنسټيزو تمرينونو څخه گڼل کېږي. ددې تمريناتو په واسطه د عضلاتو ځواک او حجم زياتيږي، د بدن د انرژۍ اړتياوې لوړوي او د عضلاتو د بيا رغونې پروسه چټکوي. د دې ډول تمريناتو اغېز له تغذيې او ځانگړو مغذي موادو پرته ممکن نه دی، چې په دې برخه کې پروټين د يوه بنسټيز عنصر په توگه رول لوبوي. پروټين د عضلاتو جوړښت او بيا رغونې لپاره د امينو اسيدونو بنسټيزه سرچينه ده. کله چې عضلات د سختو تمريناتو په جريان کې تخريبيږي، بدن ته د کافي پروټين رسونه اړينه ده ترڅو د عضلاتو حجرې بيا ورغوي، د عصبي سيستم فعاليت ښه کړي او د تمريناتو له امله د را منځته شوو ننگونو سره مقابله وکړي. په ځانگړې توگه د پروټينو استعمال له تمريناتو وروسته د پروټينو په واسطه د عضلاتو جوړونې (Protein Synthesis Muscle) د پروسې د زياتوالي لپاره حياتي مواد گڼل کېږي. په وروستيو کلونو کې د بدن جوړونې او د عضلاتو د ودې او پياوړتيا لپاره د پروټينو اهميت زيات شوی دی. سخت تمرينات، چې د عضلاتو د پياوړتيا او ودې لپاره تر ټولو اغېزمنه لاره گڼل کېږي، د دې تمريناتو په ترسره کولو سره په بدن کې وده او نمو را منځته کيږي. پروټينونه چې د بدن د حجرو جوړوونکي اصلي اجزا دي، د عضلاتو د ترميم او ودې لپاره خورا مهم دي. د پروټينو اغېزې په ځانگړې توگه د عضلاتو د جوړښت او پراختيا لپاره خورا مهمې دي. د سختو تمريناتو په جريان کې بدن د پروټينو زيات مقدار ته اړتيا لري، ترڅو عضلات ترميم او قوي شي. د دې څېړنې موخه هم په سختو تمريناتو کې د عضلاتو پر وده او پياوړتيا باندې د پروټينو مصرف او اغېزې څېړل دي. دا څېړنه به روښانه کړي، چې څنگه پروټين د سختو تمريناتو په جريان کې عضلاتو ته وده ورکوي او پياوړتيا ور بخښي.

د څېړنې ستونزه

دا چې په دې وروستيو وختونو کې ډېر ځوانان غواړي، چې ځانونه يې پياوړي او د بدن عضلات يې ښکلي ښکاره شي، نو له حيواني او نباتي منابعو څخه ترلاسه شوو پروټينو څخه استفاده کوي، مگر د مصنوعي پروټينو د اغېزو په هکله تر دې مهال په افغانستان کې کومه څېړنه نه ده ترسره شوې، چې هر اړخيز عوارض يې روښانه کړي وي. همدارنگه يو شمېر يې د سختو تمريناتو په ترسره کولو سره، د عضلاتو وده او پياوړتيا يوه مهمه برخه گڼي. دوی فکر کوي، چې په دې پروسه کې د پروټينو مصرف يو مهم عامل دی چې د عضلاتو د بيا رغونې، ودې او پياوړتيا په برخه کې اغېز کوي. د پروټينو د اغېزو پوهه او د هغوی د تاثيراتو په اړه بېلابېلې څېړنې ترسره شوې دي، خو دا په افغانستان غوندې هېواد کې چې وگړي يې مناسب غذايي رژيم نه لري او د دې هېواد اقليم، ځانگړې جغرافيه، کلتوري او اقتصادي شرايط له نورو هېوادونو سره ډېر توپير لري، نو په ځانگړې ډول تر دې عنوان لاندې کومه علمي څېړنه نه ده ترسره شوې، لاهم نه ده روښانه شوې، چې په دې هېواد کې د سختو تمريناتو پرمهال د پروټينو د

استعمال ښېگڼې ډېرې دياو که نیمگړتياوي؟ د همدې ستونزې د حل او عامه پوهاوي په موخه دا څېړنه په لار اچول شوې، ترڅو د سختو تمريناتو او پروتينو د مصرف ترمنځ اړيکه تحليل کړي او معلومه کړي، چې آيا پروتين د عضلاتو پر وده او پياوړتيا باندې څه خاصې اغېزې لري. همدارنگه د څېړنې موخې ته په کتو سره به د ځايي خلکو لپاره د تمرين او تغذيي په اړه عامه پوهاوی رامنځته کړي او د بدن جوړونې په برخه کې به غوره لارښوونې وړاندې کړي.

د څېړنې موخې

۱- د سختو تمريناتو پرمهال د بدن په وزن او پياوړتيا باندې د پروتينو اغېزې څېړل.

۲- په زياته کچه د پروتينو د استعمال نیمگړتياوې روښانه کول.

د څېړنې پوښتنې

۱- د سختو تمريناتو پر مهال د بدن په وزن او پياوړتيا باندې د پروتينو استعمال څه اغېزې لري؟

۲- په زياته پيمانه د پروتينو استعمال کوم زيانونه رامنځته کوي؟

د څېړنې اهميت

د دې څېړنې اهميت په دې کې دی چې په افغانستان او په ځانگړي توگه د کندهار ولايت په شان ځايي ټولنو کې، د ورزش کولو او مناسب تغذيي په اړه د خلکو پوهه محدوده ده. هغوی د سختو تمريناتو او پروتينو د مصرف ترمنځ پر اړيکو پوهېد ته اړتيا لري ترڅو د عضلاتو د ودې او پياوړتيا په اړه ښه پوهه ترلاسه کړي. په افغانستان کې د جسماني فعاليتونو او تغذيي په اړه بېلابېلې ستونزې شته، لکه د تغذيي کمښت او د مناسبو تمريناتو نشتوالی، چې کولی شي د خلکو په روغتيا او فزيکي وضعيت منفي اغېزې ولري. د دې څېړنې په واسطه به په افغانستان کې د سختو تمريناتو پرمهال د پروتينو د استعمال ښېگڼې او نیمگړتياوي روښانه شي. د پروتينو د مصرف او اغېزو په اړه پراخې پوهې ته اړتيا ده، چې د دغې څېړنې له لارې به رامنځته شي. دا څېړنه د ځوانانو، ورزشکارانو او هغو کسانو لپاره چې غواړي خپل بدن جوړ کړي يا د خپل فزيکي وضعيت د ښه کولو لپاره کار وکړي، ارزښتناکه معلومات وړاندې کوي. د دې څېړنې په ترسره کولو سره به په افغانستان کې د پروتينو او سختو تمريناتو پر اغېزو پوهه زياته شي، چې کولی شي په خلکو کې د روغتيايي ژوند د سبکونو پياوړتيا، د ورزشي کلتور پراختيا او د بدن جوړونې په برخه کې ښې پايلې ترلاسه کړي.

د څېړنې تېرو آثارو ته کتنه

په سختو تمريناتو کې د عضلاتو پر وده او پياوړتيا باندې د پروتينود اغېزو په اړه يو شمېر څېړنې ترسره شوې دي، د اکثره څېړنو پايلو روښانه کړې چې پروتينونه د عضلاتو د سمون او ودې لپاره حياتي ماده گڼل کېږي، څرنگه چې پروتين د عضلاتو د ترميم او پراختيا لپاره د زيات اهميت وړ دي، هغه

کسان چې عضلات يې نارمل وده نه کوي د پروټينو د استعمال په واسطه کولای شي عضلاتو ته وده ورکړي (Hulmi et al., 2010).

پروټينونه ډېر ډولونه لري هر ډول پروټين د عضلاتو په وده کې مهمه ونډه لري (Doering et al., 2016). دا چې پروټين داسې مواد په خپل جوړښت کې لري، چې د عضلاتو د رېښو په جوړولو او سمون کې برخه اخلي (Biolo et al., 2011). د پروټينو د مصرف د اندازې په هکله څېړنې ښيي چې د پروټينو مصرف بايد له سختو تمريناتو څخه وروسته په دقيقه توگه تنظيم شي، ځينې څېړنې ښيي، چې د هر کيلوگرام بدن وزن لپاره د ۱.۲ څخه تر ۲.۰ گرامه پروټين بايد مصرف شي، تر څو عضلات په مؤثره توگه وده وکړي، د پروټينو اړتيا بايد د ورزشيزوالي او د عضلاتو پياوړتيا ته په کتو سره تنظيم شي (Dort et al., 2012). د پروټينو ډول او کيفيت هم د عضلاتو د ودې او پياوړتيا په اړه مهمې اغېزې لري، څېړنې ښيي چې حيواني پروټينونه، لکه شيدې، غوښه او هگۍ، د عضلاتو د جوړښت لپاره غوره گڼل کېږي، ځکه چې دا پروټينونه د بدن لخوا په آساني سره جذب او کارول کېږي (Chesley et al., 1992). له بلې خوا نباتي پروټينونه لکه په لوبيا او نخودو کې موجود پروټينونه هم مؤثر دي، خو د جذب کچه يې کمېږي او دا پروټينونه بايد په مناسب ترکيب سره مصرف شي (Tidball, 2005). د تمريناتو پر مهال د پروټينو مصرف په هکله ځينې څېړنې دا هم ښيي چې پروټين نه يوازې له تمريناتو څخه وروسته، بلکې د تمريناتو په اوږدو کې هم بايد مصرف شي (Holbourn et al., 2008). د تمريناتو څخه مخکې د لږ مقدار پروټينو مصرفول هم د عضلاتو د ودې او ترميم لپاره گټور دي، همدارنگه د پروټينو سم مصرف د تمريناتو په ورځو کې د عضلاتو د ترميم او جوړونې لپاره بنسټيز رول لري (Dort et al., 2012). ځينو څېړنو د پروټينونو او کاربوهايډریتونو د گډه مصرف اغېزې هم څېړلې دي. دې څېړنو ښودلې چې د پروټينونو او کاربوهايډریتونو ترکيب د عضلاتو د ترميم او پياوړتيا لپاره ډېر مؤثر دی. د کاربوهايډریتونو موجوديت د پروټينو د جذب سرعت زياتوي، کوم چې د عضلاتو په جوړونه کې د پام وړ مرسته کوي. د ډېرو پروټينو استعمال ممکن ځينې منفي اغېزې ولري، په ځانگړې توگه که چېرې پروټينونه تر ډېرې اندازې او اوږدې مودې پورې وکارول شي (Berardi et al., 2006). په زيات مقدار سره د پروټينو مصرف د گردو پر فعاليت فشار راوړي، ځکه چې پروټين د ميتابوليزم لپاره زيات د نايټروجن فضلات توليدوي، چې د گردو له لارې له بدن څخه وځي. دا ممکن د گردو د ستونزو سبب شي، په ځانگړې توگه که چېرې گردې له مخکې نه کومه ستونزه ولري (Huad et al., 2002). د زياتو پروټينو مصرف ممکن د هضم په سيستم کې ستونزې رامنځته کړي لکه قبض، نس ناستی او په خپته کې بادونه (Linn et al., 2000). زيات پروټين ممکن د وينې فشار او د زړه د ناروغيو خطر زيات کړي، په ځانگړې توگه که چېرې پروټين د ځينو غوړو سره ترکيب شي، دا کولی شي د زړه روغتيا ته زيان ورسوي (Slashcheva et al., 2016). که چېرې پروټين په ډېر مقدار وکارول شي، زيات پروټين ممکن د کلسيم دکموالي سبب شي، ځکه چې زيات پروټين د کلسيم ځينو منابعو ته زيان رسوي او د کلسيم د جذب مخه نيسي، چې د هډوکو دکمزورتيا او د عضلاتو د ښکلا له منځه تلو سبب کېږي (Meng et al., 2009).

که څه هم پروټين د بدن لپاره اړين دي، خو بايد په متوازن ډول وکارول شي او که د اړتيا وړ اندازه څخه زيات شي په بدن باندې منفي اغېزې کوي (Walrand et al., 2008).

د څېړنې ميتودولوژي

دغه څېړنه مخکښو څېړنو ته په کتو او له نيمه تجربوي مېتود څخه په گټې اخيستې سره په کمې او کيفي توگه ترسره شوې، ترڅو هغه موضوعات، چې په هکله يې د څېړنې څخه وړاندې کافي معلومات نه وو، په ښه توگه روښانه شي. د موضوعاتو په راټولونه کې د باوري علمي کتابونو، علمي ژورنالونو او سايتونو څخه استفاده شوې ده. د منځپانگې د کره والي په خاطر، تقريباً د هر پارگراف په پاى کې د اړوندې سرچينې يادونه شوې. دا څېړنه په ۱۴۰۳ کال کې د کندهار ولايت په مدينه ورزشي کلب کې په ۴۰ تنو ترسره شوې، چې د دوى تمريني نورم مخکې او وروسته د څلورو اوونيو له تمرين څخه اخيستل شوى، چې په هره اوونۍ کې گډون کوونکو ۶۰ دقيقې پنځه ډوله تمرينونه په پنځه ډوله مختلفو وسايلو ترسره کول، د لومړي تمريني نورم او دويم تمريني نورم پرتله د (T-independent t-test) په واسطه ترسره شوې ده. په ټوله کې لومړني معلومات د SPSS پروگرام په واسطه تحليل شوي دي.

۱- جدول: د گډون کوونکو عمومي معلومات

نوعيت	منځنى حد	فيصدي	د تغير حد
متاهل	۲۴	۱۳.۷۴٪	-
مجرد	۱۶	۹.۱۶٪	-
سن (عمر)	۲۵.۸	۱۴.۷۷٪	۹.۹±
قد (سانتي متر)	۱.۶۹	۰.۹۷٪	۰.۰۸۲±
وزن (کيلوگرام)	۷۳.۱۰	۴۱.۸۵٪	۱۰.۸±
بي ام اى	۲۹.۹	۱۷.۱۲٪	۲.۸±
د تمرين مخينه (کال)	۴.۲	۲.۴۰٪	۰.۱۰۳±

له پورته (۱- جدول) څخه څرگندېږي، چې ټول گډون کوونکي ۴۰ کسان وو، له دې ډلې ۲۴ تنه يې متاهل او ۱۶ تنه نور يې مجرد وو، همدارنگه منځنى عمر يې ۲۵.۸ کلونه، منځنى قد يې ۱.۶۹ سانتي متره، د بدن منځنى وزن يې ۷۳.۱۰ كيلوگرامه او بي ام اى (BMI) يې ۲۹.۹ دى، په دې توگه څرگندېږي چې د گډون کوونکو وزن نسبتاً زيات يا هم د زياتېدو په حال کې و او د دوى د تمرين مخينه په منځني ډول سره ۴.۲ کلونه وه.

۲- جدول: د تمرين پروتوكول

نمبره	Chest Muscles (د سينې عضلات)	ټيټ	تكرار	وقفه په ثانيه	Shoulder Muscles (د اوږو عضلات)	ټيټ	تكرار	وقفه په ثانيه	Doris Muscles (د ورسې عضلات)	ټيټ	تكرار	وقفه په ثانيه
۱	Bench press Chest	۴	۸-۱۰	۳۰	Lat Pull Dow	۳	۱۰-۱۲	۳۰	Lat Pulling Down	۴	۸-۱۲	۳۰
۲	Bench press Chest Dumbbells	۳	۱۰-۱۲	۳۰	Pull-Ups	۴	۶-۱۰	۳۰	Leverage Iso Row	۳	۱۲-۱۵	۳۰
۳	Upper Chest Bench Press	۳	۱۲-۱۵	۳۳	Dumbbell Rows	۳	۱۰-۱۲	۳۳	Low Row	۳	۱۲-۱۵	۳۳
۴	Upper Chest Bench Press Dumbbells	۴	۱۵-۲۰	۳۳	T-Bar Row	۳	۱۲-۱۵	۳۳	T-Bar Row	۳	۱۲-۱۵	۳۳

۳- جدول: د تمرين پروتوكول

نمبره	Triceps Muscle (درې سريې عضله)	ټيټ	تكرار	وقفه په ثانيه	Biceps Muscle (دوه سريې عضله)	ټيټ	تكرار	وقفه په ثانيه	Leg Muscles (لوور عضلات)	ټيټ	تكرار	وقفه په ثانيه
۱	Barbell Curl Triceps	۴	۸-۱۲	۳۰	Barbell Curl Biceps	۴	۸-۱۲	۳۰	Squats Muscle	۴	۸-۱۲	۳۰
۲	Dumbbell Curl Triceps	۳	۱۰-۱۲	۳۰	Dumbbell Curl Biceps	۴	۱۰-۱۲	۳۰	Leg Press Muscle	۳	۱۰-۱۲	۳۰
۳	Hammer Curl Triceps	۳	۱۲-۱۵	۳۰	Hammer Curl Biceps	۳	۱۲-۱۵	۳۰	Lunges Muscle	۳	۱۲-۱۵	۳۰
۴	Preacher Curl Triceps	۴	۸-۱۰	۳۰	Preacher Curl Biceps	۳	۱۰-۱۲	۳۰	Leg Curls Muscle	۳	۸-۱۰	۳۰

د پروټينو د استعمال اندازه (سکوپ)

په دې څېړنه کې گډونوالو ته د يو ډول پروټينو (Applied Nutrition Original Critical Mass) څلور سکوپه ورکول شوي. هېره دې نه وي چې سکوپ (Scoop) د اندازه کولو يو ځانگړې اندازې / وسيلې يا کاشوغې ته ويل کېږي چې د پروټينو د پوډر اندازې کولو لپاره کارول کېږي. د پروټينو هر سکوپ د ۶۰ گرامه معادل دی، چې څلور سکوپه يې د ۲۴۰ گرامو معادل کېږي.

گډونوالو دوه سکوپه پروټين له تمرين څخه ۳۰ دقيقې مخکې او دوه سکوپه نور له تمرين څخه ۳۰ دقيقې وروسته استفاده کړي. هر سکوپ يې له ۵۰۰ څخه تر ۱۰۰۰ ملي ليتره اوبو کې منحل کړی. دغه تمرينات له ۱۷ څخه تر ۲۸ درجې سانتي گراد تودوخه کې ترسره شوي دي.

د څېړنې موندنې

د معلوماتو تحليل

۴- جدول: معلوماتو ازمويل شوې نارملتي

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
مخکې له تمرين څخه	.۱۸۱	۶	.۲۰۰*	.۹۴۰	۶	.۶۵۷
وروسته له تمرين څخه	.۱۷۵	۶	.۲۰۰*	.۹۴۲	۶	.۶۷۵

په پورته (۴- جدول) کې د موثریت کچه په روښانه توگه معلومېږي چې له ۰,۰۵ څخه زياته ده، په دې معنی چې معلومات نارمل دي او د T ټيسټ لپاره يو شرط هم د معلوماتو نارمل والی دی.

۵- جدول: د T ټيسټ پايلې ښودل شوې دي

	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		T	Df	Sig. (2-tailed)
				Lower	Upper			
مخکې له تمرين څخه - وروسته له تمرين څخه	-۸.۱۶۶۶۷	۲.۱۹۷۸۸	.۸۹۷۲۸	-۱۰.۴۷۳۲۰	-۵.۸۶۰۱۴	-۹.۱۰۲	۵	.۰۰۰

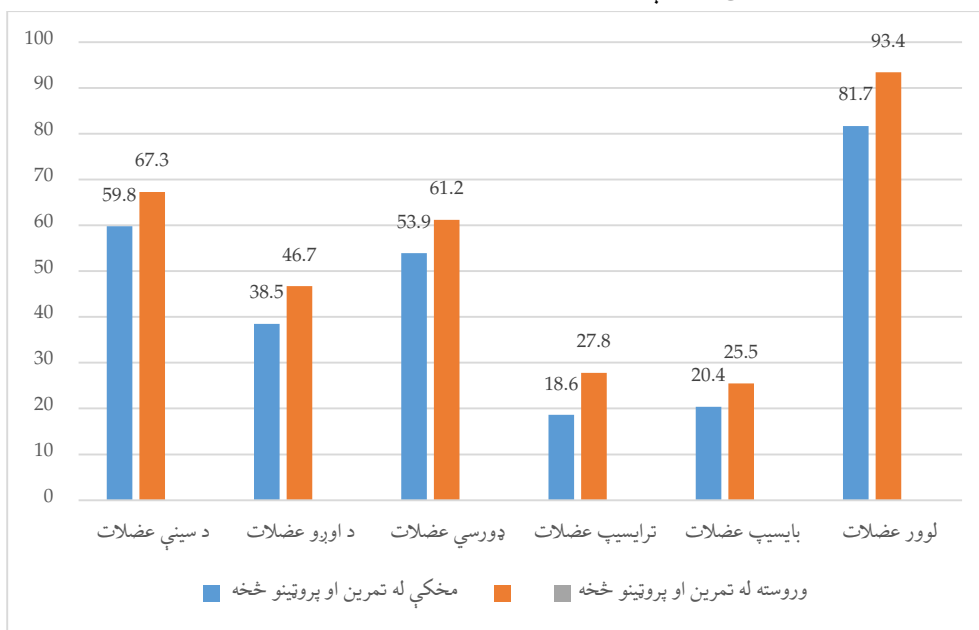
په پورته (۵- جدول) کې د الفا او T له قیمت څخه معلومېږي چې مخکې او وروسته له تمرين څخه توپير موجود دی. د لا وضاحت لپاره په (۶- جدول) کې له تمرين څخه مخکې او وروسته په ځانگړي ډول سلنه او توپيرونه روښانه شوي دي.

٦- جدول: له تمرين څخه مخکې او وروسته تحليل

نوعیت	منځنۍ حد په سلنې سره	مخکې له تمرین څخه منځنۍ حد انحراف	وروسته له تمرین څخه منځنۍ حد انحراف	تغیرات منځنۍ حد انحراف	منځنۍ حد په سلنې سره	Pوالیو			
د سینې عضلات	۲۱,۹۱	۵۹,۸kg	± ۲,۳۴	۶۷,۳ kg	± ۳,۶۰	۵,۷ kg	±۱,۲۸ kg	۲۰,۹۱	۰,۱۰
د اوږو عضلات	۱۴,۱۱	۳۸,۵kg	± ۱,۹۶	۴۶,۷ kg	± ۲,۰۲	۸,۲ kg	±۰,۰۶ kg	۱۴,۵۱	۰,۱۸
ډورسي عضلات	۱۹,۷۵	۵۳,۹kg	± ۳,۰۴	۶۱,۲ kg	± ۳,۰۹	۷,۳ kg	±۰,۰۵ kg	۱۹,۰۱	۰,۰۶
تراپیسپ عضلات	۶,۸۲	۱۸,۶ kg	± ۱,۱۴	۲۷,۸ kg	± ۱,۶۹	۹,۲ kg	±۰,۵۵ kg	۸,۶۴	۰,۰۳
بایسپ عضلات	۷,۴۸	۲۰,۴ kg	± ۱,۸۷	۲۵,۵ kg	± ۱,۹۵	۵,۱ kg	±۰,۲۸ kg	۷,۹۲	۰,۱۲
لوور عضلات	۲۹,۹۴	۸۱,۷ kg	± ۲,۶۸	۹۳,۴ kg	± ۳,۰۱	۱۱,۷ kg	±۰,۳۳ kg	۲۹,۰۲	۰,۱۵

پورته (٦- جدول) کې مخکې او وروسته له تمرين څخه توپير روښانه معلومېږي، چې پروتين او تمرين د عضلاتو په پياوړتيا باندې مثبت اغېز کړی، ځکه مخکې له تمرين او وروسته

له تمرين څخه د سينې عضلات، د اوږو عضلات، ډورسي عضلات، ترايسپس عضلات، بايسپ عضلات او د لوور عضلاتو باندې چې د وزن پورته کولو کومه توانائي له تمرين څخه مخکې موجوده وه، وروسته له تمرين څخه په کې ښکاره زياتوالي راغلي دي. نو څېړنه روښانه کوي، چې مخکې له تمرين او وروسته له تمرين څخه ترلاسه شوي معلومات توپير لري. د لا ښه وضاحت لپاره (۱- گراف) وگورئ، چې په ښکاره توگه د دغه پنځو برخو ترمنځ مخکې او وروسته له تمرين څخه توپير څرگندوي.



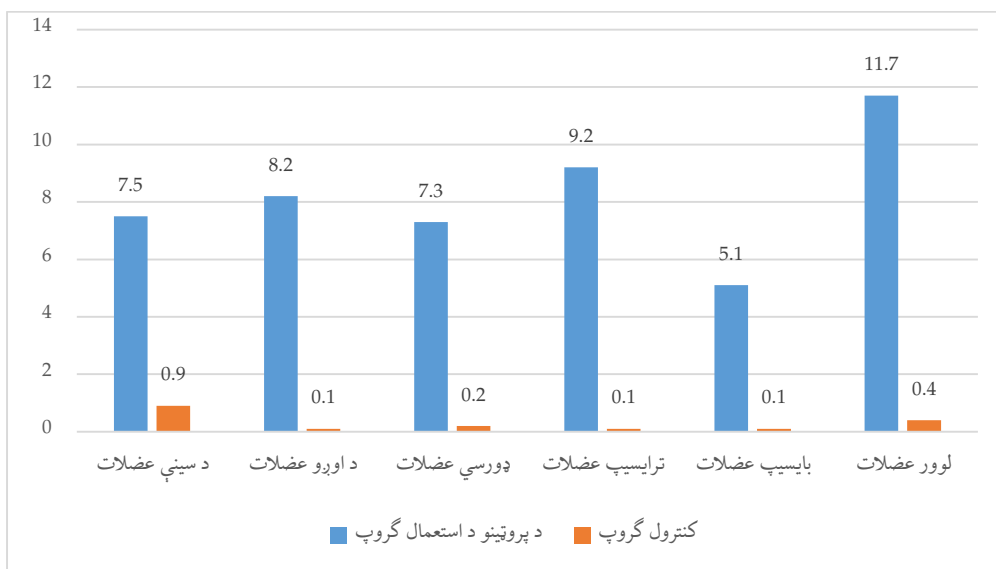
۱- گراف: له تمرين څخه مخکې او وروسته توپير

په (۱- گراف) کې روښانه شوې، چې د څلورو اوونيو پروتينو له استعمال او تمرين وروسته د عضلاتو په مختلفو برخو کې د پام وړ بدلون رامنځته شوی دی. د سينې په عضلاتو کې ۷،۵ کيلوگرامه، د اوږو په عضلاتو کې ۸،۲ کيلوگرامه، د ډورسي په عضلاتو (Doris Muscles) کې ۳،۷ کيلوگرامه د ترايسپس په عضلاتو کې (Triceps Muscle) کې ۹،۲ کيلوگرامه، د بايسپ په عضلاتو کې (Biceps Muscle) کې ۵،۱ کيلوگرامه او د لوور په عضلاتو کې (Leg Muscles) کې ۱۱،۷ کيلوگرامه زيات وزن پورته کول ښودل شوي دي.

۷- جدول: د کنټرول گروپ د T ټيسټ پايلې روښانه شوې دي

نوعيت	منځنۍ حد په سلنې سره	مخکې له تمرين څخه منځنۍ حد انحراف	وروسته له تمرين څخه منځنۍ حد انحراف	تغييرات منځنۍ حد انحراف	منځنۍ حد په سلنې سره	P واليو
د سينې عضلات	۲۱،۹۱	۵۹،۸kg	±۲،۳۴ kg	۵۸،۹ kg	±۲،۳۴ kg	۰،۱۲
د اوږو عضلات	۱۴،۱۱	۳۸،۵kg	±۱،۹۶ kg	۳۸،۶ kg	±۱،۹۶ kg	۰،۱۷
ډورسي عضلات	۱۹،۷۵	۵۳،۹ kg	±۳،۰۴ kg	۵۴،۱ kg	±۳،۰۴ kg	۰،۰۵
ترايسپ عضلات	۶،۸۲	۱۸،۶ kg	±۱،۱۴ kg	۱۸،۷ kg	±۱،۱۴ kg	۰،۰۴
بايسپ عضلات	۷،۴۸	۲۰،۴ kg	±۱،۸۷ kg	۲۰،۳ kg	±۱،۸۷ kg	۰،۱۶
لوور عضلات	۲۹،۹۴	۸۱،۷ kg	±۲،۶۸ kg	۸۱،۳ kg	±۲،۶۸ kg	۰،۱۳

پورته (۷- جدول) کې د T ټيسټ پايلې روښانه کوي چې مخکې او وروسته له تمرين څخه په عضلاتو کې کوم ښکاره د پام وړ بدلون نه دي راغلي.



۲- گراف: د کنترول او پروتينو استعمال گروپ پايلي ښودل شوې دي

مناقشه

د حلمي او ملگرو يوې څېړنې چې په ۲۰۱۰ کال کې د «پروتينو اغېزې د عضلاتو په هايپروتراپي باندې» تر عنوان لاندې ترسره شوې، دا موضوع روښانه کړې، چې د پروتينو اغېزې په سختو تمريناتو کې د عضلاتو پر ودې او پياوړتيا باندې د پام وړ اغېزې لري. په دې څېړنه کې ښودل شوې، چې پروتين د عضلاتو د ترميم، پراختيا او پياوړتيا لپاره خورا مهم دي. البته، د پروتينو اغېزې په سختو تمريناتو کې تر ډېره پورې د تمريناتو نوعيت، شدت او د بدن د ځانگړتياوو (لکه عمر، جنس، او فزيکي حالت) پورې تړلې دي (Hulmi et al., 2010). په دې مناقشه کې، ځينې مهم اړخونه چې د پروتينو پر مصرف او اغېزو باندې مؤثر دي، تحليل کيږي. هولبورن او ملگرو يې په ۲۰۰۸ م کال کې د «پروتينو جوړښت او فعاليت» تر عنوان لاندې څېړنه ترسره کړې، چې پايلو يې وښوده، چې چې پروتينونه د عضلاتو په جوړښت کې کلیدي رول لري. کله چې يو شخص د سختو تمريناتو په جريان کې پر خپلو عضلاتو فشار راوړي، دا عضلات زخمي کيږي او بيا جوړيږي.

پروتين د عضلاتو د ترميم او بيا جوړونې لپاره ضروري مواد دي، ځکه چې پروتينونو کې د امينو اسيدونو شتون عضلاتو ته د بيا جوړونې ځواک ورکوي. د پروتينو مناسب مصرف کولی شي د عضلاتو په پراختيا او پياوړتيا کې مرسته وکړي (Holbourn et al., 2008). په دې څېړنه کې روښانه شوې چې د تمرين پرمهال هغه عضلات چې زخمي شوي دي د دوهم ځل لپاره همدغه عضلات خپل حجم د لومړي ځل په کچه په ډېر حجم سره جوړي يعنې د عضلاتو بيا ترميم د دوهم ځل لپاره د لومړي ځل په نسبت زيات وي. د پروتينو د مصرف اړوند څېړنې ښيي چې د سختو تمريناتو په جريان کې د پروتينو مصرف بايد د هر فرد د بدن وزن، فزيکي وضعيت او د تمريناتو شدت سره سم وي. ځينې څېړنې وړاندیز کوي، چې د هر کيلوگرام بدن وزن لپاره له ۱.۲ څخه تر ۲.۰ گرامه پروتين بايد وکارول شي. که

څه هم، دا مصرف د افرادو د هدف (لکه د عضلاتو پراختيا يا وزن کمولو) او تمريناتو له شدت سره بدلېدلی شي. په هر حال د پروتين زيات مقدار هم ممکن د نورو مغذي موادو د جذب مخه ونيسي، نو بايد په احتياط سره مصرف شي. په دې څېړنه کې دا هم روښانه شوې، چې پروتين بايد په گرمه هوا کې ډېر استعمال نه شي ځکه چې په بدن باندې منفي اغېزې لري. سليشوا په ۲۰۱۶ کال کې «د پروتينو او کاربوهايډريتونو گډ مصرف» تر عنوان لاندې څېړنه کې ښودلې، چې د پروتينو او کاربوهايډريتونو شتون د پروتينو د جذب سرعت زياتوي، کوم چې د عضلاتو د پراختيا لپاره يو مثبت اثر لري. په دې توگه، د پروتينو او کاربوهايډريتونو همزمان مصرف له تمرين څخه وروسته د عضلاتو د بيا رغونې په بهير کې مرسته کوي (Slashcheva et al., 2016). دې ته په پام سره، بايد د پروتينو او کاربوهايډريتونو ترمنځ مناسب توازن پيدا شي. د پروتينو د مصرف وخت هم مهم دی. ځينې څېړنې وړاندیز کوي چې له سختو تمريناتو څخه وروسته د پروتينو مصرف د عضلاتو د ترميم لپاره مؤثر وي. په هر حال، ځينې څېړنې ښيي چې له تمريناتو مخکې لږ مقدار پروتين هم کولی شي د عضلاتو د پراختيا لپاره گټور واقع شي. له همدې امله د پروتين مصرف بايد د تمريناتو د مهال وېش سره سم تنظيم شي. په دې څېړنه کې روښانه شوه چې که يو ورزشکار د بدن جوړونې په موخه تمرين ترسره کوي او غواړي چې بدن يې پياوړی شي نو نيم ساعت مخکې له تمرين څخه او نيم ساعت وروسته له تمرين څخه بايد پروتين استعمال کړي. د پروتينو اغېزې نه يوازې د تمريناتو په ډول او شدت باندې اغېز لري بلکې د هر فرد د بدن ځانگړتياوو لکه عمر، جنس او فزيکي وضعيت باندې هم اغېز لري. ځينې څېړنې ښيي چې ځوانان ممکن د پروتينونو څخه زياته گټه واخلي، په داسې حال کې چې زاړه خلک او ښځې ممکن د پروتينو کم مقدار ته اړتيا ولري. د دې لپاره چې د پروتينو اغېزې په مختلفو ډلو کې د دقيق تحليل شي، د څېړنې نمونې بايد د فزيکي ځانگړتياوو پراساس متنوع وي. په دې څېړنه کې روښانه شوه: هغه کسان چې سخت تمرينات ترسره کوي په ورځنۍ توگه دوه دوه سکوپه پروتين کولی شي استعمال کړي. په ټوله کې، د پروتينو اغېزې په سختو تمريناتو کې د عضلاتو په وده او پياوړتيا باندې د پراخو څېړنو له مخې څرگندې شوې دي. خو بيا هم، د پروتينو مصرف بايد په دقيق ډول د فرد د اړتياوو، هدفونو او تمريناتو سره سم تنظيم شي. دا څېړنه د پروتينو مصرف په اړه نور پوهاوی وړاندې کوي او وړاندیز کوي، چې د پروتينو مصرف بايد د شخص د وزن اړوند وي ترڅو د عضلاتو پراختيا او ترميم لپاره غوره نتايج ترلاسه شي.

پايله

پروتينونه د سختو تمريناتو په ترڅ کې د عضلاتو په وده او پياوړتيا کې مهم رول لري. د څلورو اوونيو تمريناتو پايله ښيي، چې د سينې عضلاتو کې ۷،۵ کيلوگرامه، د اوږو عضلاتو کې ۸،۲ کيلوگرامه، د ډورسي عضلاتو (Doris Muscles) کې ۷،۳ کيلوگرامه د ترايسيسپ عضلاتو (Triceps Muscle) کې ۹،۲ کيلوگرامه، د بايسپ عضلاتو (Biceps Muscle) کې ۵،۱ کيلوگرامه او د لوور عضلاتو (Leg Muscles) کې ۱۱،۷ کيلوگرامه بدلون رامنځته شوی دی. اړوند څېړنې ښيي چې د پروتينو مصرف د عضلاتو د سوځېدو، جوړښت او سمون لپاره

اړين دي. د هر گډون کوونکي په وزن کې په منځني ډول د ۱،۰۴ کيلو زياتوالي راغلی، په حقيقت کې دا د عضلاتو د ودې او پياوړتيا ښکارندويي کوي. څېړنه دا څرگندوي چې په مناسب اندازه د پروټينو مصرف او سخت تمرينات د عضلاتو د پياوړتيا او ودې لپاره اړين دي. په دې توگه د پروټينونو مثبت اغېز د سختو تمريناتو په ترڅ کې د عضلاتو په ځواک او حجم کې د پام وړ زياتوالي راغلی و. مگر که چېرته تر اندازه زيات پروټين مصرف شي بيا منفي اغېزې هم په بدن باندې لرلې شي، دا چې د تمرين پرمهال د عضلاتو اکټين (Actin) او ميوزين (Myosin) تارونو ته صدمه رسېږي، د بيا ترميم لپاره يې پروټين اړين گڼل کېږي، چې د لومړي ځل په نسبت همدغه اکټين (Actin) او ميوزين (Myosin) تارونه ځان پياوړی کوي چې د عضلاتو د ودې سبب کېږي. مگر د پروټينو زيات استعمال کولی شي د گردو فعاليت ته زيان ورسوي او د گردو ستونزې رامنځته کړي، ځکه چې پروټين د نايټروجن فضلات توليدوي چې گردې يې تصفيه کوي. همدارنگه د ډېرو پروټينو مصرف ممکن د هضم ستونزې لکه قبض، نس ناستی او په خټه کې بادونه رامنځته کړي. دغه زياتوالي د وينې د فشار لوړولو، د هډوکو کمزوري کولو او د کلسيم دکموالي سبب هم کېدی شي.

وړاندیزونه

هغه څېړونکي چې غواړي د تمريناتو پر مهال د پروټينو د اغېزو په اړه څېړنه ترسره کړي نو د پروټينو د مختلفو ډولونو استعمال دې وڅېړي. هغه کسان چې تمرينات نه ترسره کوي، په خپل سر دې پروټين نه استعمالوي ځکه چې د يوشمېر روغتيايي ستونزو سبب کېږي.

اخځليکونه

- Berardi, J. M., Price, T. B., Noreen, E. E., & Lemon, P. W. R. (2006). Postexercise muscle glycogen recovery enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(6), 1106–1113. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000222826.49358.f3>
- Biolo, G., Tipton, K. D., Klein, S., Wolfe, R. R., Hawley, J. A., Burke, L. M., Phillips, S. M., Spriet, L. L., Smith, G. I., Patterson, B. W., Mittendorfer, B., Reitelseder, S., Agergaard, J., Doessing, S., Helmark, I. C., Lund, P., Kristensen, B., Frytystyk, J., Flyvbjerg, A., ... Tipton, K. D. (2011). An abundant supply of amino acids enhances the metabolic effect of exercise on muscle protein response to qualitative and quantitative variations in protein intake An abundant supply of amino acids enhances metabolic effect of exercise on muscle protein. *Review Literature And Arts Of The Americas*.
- Chesley, A., MacDougall, J. D., Tarnopolsky, M. A., Atkinson, S. A., & Smith, K. (1992). Changes in human muscle protein synthesis after resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 73(4), 1383–1388. <https://doi.org/10.1152/jappl.1992.73.4.1383>

- Doering, T. M., Reaburn, P. R., Phillips, S. M., & Jenkins, D. G. (2016). Postexercise dietary protein strategies to maximize skeletal muscle repair and remodeling in masters endurance athletes: A review. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 26(2), 168–178. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2015-0102>
- Dort, J., Sirois, A., Leblanc, N., Côté, C. H., & Jacques, H. (2012). Beneficial effects of cod protein on skeletal muscle repair following injury. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 37(3), 489–498. <https://doi.org/10.1139/H2012-021>
- Holbourn, K. P., Acharya, K. R., & Perbal, B. (2008). The CCN family of proteins: structure-function relationships. *Trends in Biochemical Sciences*, 33(10), 461–473. <https://doi.org/10.1016/j.tibs.2008.07.006>
- Huard, J., Li, Y., & Fu, F. H. (2002). Muscle injuries and repair: Current trends in research. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 84(5), 822–832. <https://doi.org/10.2106/00004623-200205000-00022>
- Hulmi, J. J., Lockwood, C. M., & Stout, J. R. (2010). Effect of protein/essential amino acids and resistance training on skeletal muscle hypertrophy: A case for whey protein. *Nutrition and Metabolism*, 7, 28–31. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-7-51>
- Linn, T., Santosa, B., Grönemeyer, D., Aygen, S., Scholz, N., Busch, M., & Bretzel, R. G. (2000). Effect of long-term dietary protein intake on glucose metabolism in humans. *Diabetologia*, 43(10), 1257–1265. <https://doi.org/10.1007/s001250051521>
- Lung, P., & Mol, C. (2003). Copyright (c) 2003 by the American Physiological Society. *American Journal Of Physiology*, c, 1–32.
- Meng, X., Zhu, K., Devine, A., Kerr, D. A., Binns, C. W., & Prince, R. L. (2009). A 5-year cohort study of the effects of high protein intake on lean mass and BMC in elderly postmenopausal women. *Journal of Bone and Mineral Research*, 24(11), 1827–1834. <https://doi.org/10.1359/jbmr.090513>
- Slashcheva, A., Nykyforov, R., Popova, S., & Korenets, Y. (2016). Rationale for the use of proteincarbohydrate mix in the technology of disperse products. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(11), 64–71. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.65789>
- Tidball, J. G. (2005). Inflammatory processes in muscle injury and repair. *American Journal of Physiology - Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 288(2 57-2), 345–353. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00454.2004>
- Walrand, S., Short, K. R., Bigelow, M. L., Sweatt, A. J., Hutson, S. M., & Nair, K. S. (2008). Functional impact of high protein intake on healthy elderly people. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*, 295(4), 1–33. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.90536.2008>

د سيلو قضيو په مرسته د ځينو ساده گروپونو څېړل

۱- پوهنيار سيد مالک حيدري^۱؛ ۲- پوهنمل نويد الله هاشمي^۲

۱- رياضي دپارتمنت، ښوونې او روزنې پوهنځی، وردگ د لوړو زده کړو مؤسسه، افغانستان

۲- الجبر دپارتمنت، د رياضياتو پوهنځی، کابل پوهنتون، افغانستان

لنډيز

دا مقاله د گروپ عمل د مفهوم په بيانولو سره پيل کېږي، چې له سيتونو سره د گروپونو د اړيکو په څرنگوالي کې خورا مهم دی. دغه بنسټيز مفهوم د سيتونو د اوربېټ (Orbits) او سټېبلايزر (Stabilizers) لپاره زيات مهم دی. له دې سره يو ځای د کبلي او اوربېټ - سټېبلايزر مهمې قضېې ثبوت شوې دي، دا قضېې د گروپونو ترمنځ د اړيکو د څېړولو او په سيتونو باندې د هغوی د عمل لپاره زياتې اړينې دي او د گروپونو د جوړښت په اړه د ژورې پوهې زمينه برابروي. ورپسې مقاله د سيلو د دريو قضيو په ثبوتولو سره چې د متناهي گروپونو په برخه کې بنسټيز رول لوبوي غني کوو، دا قضېې د ځانگړيو فرعي گروپونو (p -فرعي گروپونو) شتون په گوته کوي او د هغوی د خاصيتونو په هکله مهم معلومات وړاندې کوي چې د گروپونو د جوړښت په اړه زمونږه پوهه زياتوي. په ورستۍ برخه کې په ساده گروپونو کې د سيلو د قضيو په ځينو کارونو بحث کوو او د گروپ تيوري په برخه کې د هغوی مناسب ارتباط تشرېح کوو، دا کارونې دې ته اشاره کوي چې څه ډول کولای شو له دې قضيو څخه د ساده گروپونو د څرنگوالي په اړه زيات معلومات ترلاسه کړو.

کلیدی کلمې: اوربېټ، د گروپ عمل، ساده گروپ، سټېبلايزر، سيلو p -فرعي گروپ.

*Email: sayedmalik163@gmail.com

The investigate of some simple groups by Sylow's Theorems

1- Senior Teaching Assistant Sayed malik Haidery^{*1}, 2- Senior Teaching Assistant Naveedullah Hashimi²

1- Mathematics Department, Education Faculty, Wardak Institute of Higher Education, Afghanistan

2- Algebra Department, Mathematics Faculty, Kabul University, Afghanistan

ABSTRACT

this paper is beginning with an introduction into the concept of group action, which is fundamental in understanding the behavior of groups in relation to sets. This foundational concept sets the stage for the subsequent discussions on orbits and stabilizers, which are crucial in group theory. along with culminates in the proofs of significant theorems, including Cayley's theorem and the orbit-stabilizer theorem. These theorems are essential for establishing the relationship between groups and their actions on sets, providing a deeper insight into the structure of groups. Then the paper systematically builds up to the three Sylow theorems, which are pivotal results in the theory of finite groups. These theorems assert the existence of certain subgroups (Sylow p -subgroups) and provide information about their properties, thereby enhancing our understanding of group structure. Finally, discusses various applications of the Sylow's theorems in simple groups and illustrating their relevance in the broader context of group theory. These applications demonstrate how the theorems can be utilized to derive further insights into the nature of simple groups.

Keywords: orbit, group action, simple group, stabilizer, Sylow p - subgroup.

*Email: sayedmalik163@gmail.com

مقدمه

د متناهي گروپونو د تيوري يوه مهمه پايله د لاگرانژ (Lagrange) قضيه ده، دا قضيه بيانوي چې د يو متناهي گروپ د هر فرعي گروپ مرتبه د هغه گروپ مرتبه تقسيموي. دا قضيه د متناهي گروپونو په مطالعه کولو کې د زيات اهميت درلودونکې ده او د يو فرعي گروپ د جوړښت اړوند د تجزيې او تحليل بنسټ تشکيلوي (Lee, 2018).

اوس کيدای شي زموږ په ذهن کې دا پوښتنه پيدا شي چې آيا د دې قضیې برعکس سم دی او کنه؟ يعنې که چيرې يو عدد د يو گروپ مرتبه تقسيم کړي نو د دې عدد مرتبه لرونکي فرعي گروپ موجود دی. په ټوليزه توگه دا ځواب منفي دی (Gallian, 2021).

د مثال په توگه په $\{1, 2, 3, 4\}$ سټ باندي د جفتو پرموتيشنونو گروپ A_4 د 12 مرتبې لرونکي دی، خو دلته د شپږمې مرتبې (6 مرتبه) فرعي گروپ موجود نه دی. پورتنی مثال د لاگرانژ د قضیې محدوديت را په گوته کوي او په دې برخه کې د لا دقيقې مطالعې په اړه ټينگار کوي. د سيلو قضیې مونږ ته د لاگرانژ د قضیې د معکوس حالت لپاره يو ډول قسمي ځواب په لاس راکوي. دا قضیې د يوې ځانگړې مرتبې لرونکې گروپ لپاره د ځانگړيو فرعي گروپونو موجوديت رابښي چې د سيلو p -فرعي گروپونو په نوم يادېږي او په همدې ډول د سيلو قضیې د دې فرعي گروپونو د خاصيتونو په هکله ډير اړين معلومات وړاندې کوي چې د متناهي گروپونو د جوړښت لپاره زيات مهم دي (Imtiaz et al., 2024).

په دې مقاله کې د گروپ عمل تعريف شوی چې د مقالې د راتلونکو مباحثو لپاره ډير اړين دی او دا په ډاگه کوي چې څه ډول د G يو گروپ د X په سټ باندي د گروپونو د همومورفيزم (Smith, 2016) په وسيله عمل کوي او په همدې ډول هڅه کوو چې د گروپ د عمل او د اوربټ - سټېبلايزر د قضیې په مرسته د سيلو د قضیو ثبوتونه بيان کړو.

تعريف: که G يو گروپ او X يو اختياري سټ وي. په X سټ باندي د G گروپ عمل (Group action) د $\varphi: G \rightarrow \text{Sym}(X)$ يو همومورفيزم دی، داسې چې $\text{Sym}(X)$ په X باندي د پرموتيشنونو گروپ دی (Gallian, 2021).

نښه اېښودنه: کله چې په X سټ باندي د G گروپ عمل وکړي، موږ يې د $G \curvearrowright X$ په شکل سره ښيو. د گروپ عنصر - په g او په X باندي د تعريف شوي پرموتيشن عنصر - په $\varphi(g)$ سره ښيو. که چېرې $x \in X$ يو اختياري عنصر وي، نو په x باندي د g عمل په gx سره ښيو، په داسې حال کې چې دا نښه اېښودنه د گروپ د ضرب له پاره هم کارول کېږي (Lovett, 2016).

د گروپ عمل، اوربټ (Orbits) او سټېبلايزر (Stabilizers): په دې برخه کې موږ د گروپ د عمل په اړه دوه مهم مفهومونه څېړو، چې يو يې (Orbits) او بل يې سټېبلايزر (Stabilizers) دی. د دې مفهومونو

په کارولو سره د کيلي (Cayley) قضيه او د اوربېټ - سټېبلايزر (orbit-stabilizer) قضيه ثبوتوو. په ټوله کې دا په X سټ باندې د G گروپ عمل دی.

تعريف: د $x \in X$ نقطې اوربېټ د هغو نقطو له سټې څخه عبارت دی چې هغوی ته x د G د عمل په واسطه انتقالېږي يعنې $Orb(x) = \{gx: g \in G\}$. د اوربېټ کارډينالېټي ته د هغه طول يا اوږدوالی وايي.

تعريف: د $x \in X$ نقطې سټېبلايزر په $Stab(x)$ شکل سره ښودل کېږي او د $\{g \in G: gx = x\}$ له سټې څخه عبارت دی (Lee, 2018).

تعريف: له X څخه Y ته انتقال د هغو عناصرو له ست څخه عبارت دی چې د x عنصر- y ته ليردوي او سربېره پردې:

$$Trans(x,y) = \{g \in G: gx = y\} \subseteq G$$

قضيه: د X سټ د هر عنصر سټېبلايزر د G گروپ يو فرعي گروپ دی (Lovett, 2016).

ثبوت: د X سټ يو اختياري عنصر- په پام کې نيسو، څرنگه چې $e \in G$ دی نو $ex = x$ ، بنا پر دې $Stab(x)$ غیر خالي سټ دی. که g او h د $Stab(x)$ دوه عنصرونه وي نو $(gh)x = gx = x$ له دې څخه لاسته راځي چې $Stab(x)$ د ضرب له عمليې سره د تړښت خاصيت لري. سربېره پردې

$x = (g^{-1}g)x = g^{-1}(gx) = g^{-1}x$ له دې څخه دا پایله ترلاسه کېږي، چې د $Stab(x)$ د هر عنصر- معکوس په خپله $Stab(x)$ کې موجود دی. په $Stab(x)$ کې د عینیت عنصر- د اړوند هومومورفېزم په کرنل کې موجود دی او د X د سټ هر عنصر- ثابت ساتي، بنا پر دې $Stab(x) \leq G$.

قضيه: د X سټ اوربېټونه (Orbits) يو پارټېشن جوړوي (Fine et al., 2014).

ثبوت: دا ښکاره ده چې د X هر عنصر- د هغه په خپل اوربېټ کې قرار لري. اوس موږ غواړو ثبوت کړو چې که دوه اوربېټونه يو پر بل واقع شي، دوی يو پر بل منطبق دي.

په پام کې نيسو چې $Orb(y) \cap Orb(z)$ ، نو د ځينې $g, h \in G$ له پاره $x = gy = hz$ لاس ته راځي، نو که چېرې د ځينې $m \in G$ له پاره $w = mz$ وي، نو $w = mh^{-1}gh$ ، بنا پر دې $Orb(z) \subset Orb(y)$. په ورته ډول په لاس راځي چې $Orb(y) \subset Orb(z)$ دی، په پایله کې دوی يو پر بل منطبق دي.

تعريف: يو عمل هغه وخت -

1. باثباته (faithful) بلل کېږي که چېرې د اړوند هومومورفېزم $\varphi: G \rightarrow Sym(X)$ کرنل څرگند (Trivial) وي.

2. انتقالي (Transitive) بلل کېږي که چېرې هلته يوازې يو اوربېټ وي.

3. منظم (Regular) بلل کېږي که چېرې هم باثباته او هم انتقالي وي (Smith, 2016).

پورته تعريف ته په کتو سره، کولی شو د کيلي قضيه او د اوربېټ او سټېبلايزر قضيه ثبوت کړو.

قضيه (Kayley): هر مرتبه n گروپ S_n له ځينو فرعي گروپونو، سره ايزومورف دی (Li & Zhao, 2022).

ثبوت: د کيني خوا د ضرب په مرسته د G د گروپ عمل په خپل ځان باندې په پام کې نيسو. څرنگه چې دا عمل باثباته دی نو G د $Sym(G)$ د يو فرعي گروپ ځای ناستی کېږي او له دې ځايه لرو چې $Sym(G) \cong S_n$ دی او په پايله کې G د S_n له يو فرعي گروپ سره ايزومورف دی.

قضيه (Orbit - Stabilizer): که چېرې يو گروپ G په يو سټ X باندې عمل وکړي، نو په G کې د هر عنصر د اوربېټ طول دهغه د سټېبلايزر له انډکس سره مساوي دی (Feng et al., 2023).

$$|Orb(x)| = [G: Stab(x)]$$

ثبوت: لومړی بايد ثبوت کړو چې د G گروپ د هر دوو عناصرو g او g' له پاره، $gx = g'x$ دی که او يوازې که g او g' د $Stab(x)$ په يو کين کوسټ کې شامل وي او دا سم دي ځکه چې که $gx = g'x$ وي نو $g^{-1}g'x = x$ ثابت ساتي. بيا پر دې $g' \in gStab(x)$ او څنگه چې g' د $Stab(x)$ پورې اړوند کين کوسټ کې شامل دی نو $gStab(x) = g'Stab(x)$. اوس د $\varphi: G / Stab(x) \rightarrow Orb(x)$ مېپنگ د $\varphi(gStab(x)) = gx$ په شکل تعريفوو. دا مېپنگ سورجکتيف دی، ځکه چې د $y \in Orb(x)$ له پاره $y \in gStab(x)$ داسې ټاکلی شو چې $gStab(x) = g'yStab(x)$ په واسطه y ته نقش کېږي. زموږ مخکنۍ پايله دا ثابتوي چې φ انجکتيف دی، بنا پر دې موږ يو بايجکتيف مېپنگ لرو، په پايله کې:

$$|Orb(x)| = |G / Stab(x)| = [G: Stab(x)]$$

د سيلو قضيه (The Sylow's theorems)

تعريف: که G يو مرتبه $p^n m$ متناهي گروپ وي داسې چې $p \nmid m$ د G گروپ د سيلو p -فرعي گروپ مرتبه p^n ده. د لاگرانژ د قضيه په اساس دا ډول فرعي گروپ به د G يو مکزيمل p -فرعي گروپ وي (Srinivasarao, & Revathi 2020).

مثال: که د $\mathbb{Z}_{100}$ جمعي گروپ په پام کې ونيسو، د دې گروپ مرتبه يې $100 = 2^2 * 5^2$ ده، بنا پر دې د سيلو 2 -فرعي گروپ مرتبه 4 ده. په داسې حال کې چې د سيلو 5 -فرعي گروپ مرتبه 25 ده.

اوس د سيلو درې قضيه بيانوو. مخکې له دې چې د سيلو لومړی قضيه بيان کړو، لاندې ليما ثبوتوو:

الف- ليما: که چېرې $p \nmid m$ ، نو $\binom{p^r m}{p^r}$ داسې چې $\binom{n}{k}$ د باينوميل ضريبونه دي (Feng et al., 2023).

ثبوت: که د بينوم ضريبونه ته پراختيا ورکړو، لاندې افاده په لاس راځي:

$$\binom{p^r m}{p^r} = \frac{\prod_{k=0}^{p^r m - 1} (p^r m - k)}{\prod_{k=0}^{p^r - 1} (p^r - k)}$$

اوس بايد ثبوت کړو چې که p په صورت کې $p^n m - k$ حد تقسيم کړي، نو په مخرځ کې هم د $p^n - k$ حد تقسيموي. که $k = p^l q$ شي داسې چې يا $l < r$ او $p \nmid q$ يا $l = r$ وي په پام کې ونيسو نو لرو چې $\frac{p^r m - k}{p^{r-k}} = \frac{p^{r-l} m - q}{p^{r-l} - q}$ ، چې دا په p باندې د وېش وړ نه دی. له دې امله ټول حاصل ضرب په p باندې د وېش وړ نه دی.

د سيلو لومړۍ قضيه: که p يو اوليه عدد او $p \mid |G|$ ، نو د G گروپ يو سيلو p -فرعي گروپ شتون لري (Chan, 2023).

ثبوت: د G د ټولو مرتبو p^n فرعي سېټونو سېټ په Ω سره نښو، دا په حقيقت کې د G د $p^n m$ عناصر له جملې د p^n عناصر د ترکيبونو سټ دی، بنا پر دې $\Omega = \binom{p^r m}{p^r}$. اوس که چېرې G په Ω باندې له چپ لوري عمل وکړي. څرنگه چې Ω د هغې د اوربېټونو په وسيله پارټيشن شوې ده نو لرو چې $p \nmid |\Omega|$. نو لږ تر لږه بايد يو داسې اوربېټ موجود وي چې له p سره اوليه (Coprime) وي. يو سټ $\omega \in \Omega$ په دې ډول ټاکو چې د هغې لپاره $p \nmid |orb(\omega)|$ درست وي.

اوس $H := Stab(\omega)$ په شکل تعريفوو، د H عمل په ω باندې د چپ لوري د ضرب په شکل په نظر کې نيولی شو. څرنگه چې H د ω عناصر پېش او پېش (permute) کوي، نو د تعريف له مخې د دې عمل اوربېټونه د H نښي کوسيتونه دي. له دې امله د هر اوربېټ اوږدوالی له $[G:H]$ څخه عبارت دی. ځکه نو $|H||\omega| = p^n$ ، په دې ترتيب H يو p -گروپ دی. د اوربېټ - سټبلايزر د قضیې پر بنسټ $|orb(\omega)||H| = |G| = p^n m$. په ورته ډول څرنگه چې H يو p -گروپ او $p \nmid |orb(\omega)|$ ، نو لرو چې $|H| = p^n$. دا په دې دلالت کوي چې H د G سيلو p -فرعي گروپ دی.

د سيلو د II او III قضيو د ثبوت لپاره لاندې لېمې ته اړتيا لرو چې په متناهي ستونو باندې د p -گروپونو د عمل اړونده ده.

ب- ليما: که چېرې G يو p -گروپ او X يو متناهي سټ وي، نو $|X^G| \equiv_p |X|$ دی په دې ډول چې X^G د X د هغو نقطو سټ دی چې د G په وسيله ثابتې ساتل شوې (Löb, 2017).

ثبوت: د نمونې په ډول د X سټ د G -اوربېټونو لپاره د $x_1, x_2, \dots, x_i \in X$ يو سټ په نظر کې نيسو، نو لرو چې $|X| = \sum_{i=1}^n |orb(x_i)| = \sum_{i=1}^n [G:stab(x_i)]$. که چېرې x_i ثابت نه نقطه نه

وي نو د ځينو $r > 0$ لپاره $[G: \text{stab}(x_i)] = p^r$. که x_i ثابته نقطه وي نو د هغې اوربېټ $\{x_i\}$ يوازې يو عنصر لري. او له دې ځايه $|\text{orb}(x_i)| = 1$ ، بنا پر دې د موډولو p په حالت کې هره ثابته نقطه له پورتنۍ حاصل جمع سره 1 او هر بل حد له 0 سره مربوطوي، له دې امله غوښتل شوې نتيجه په لاس راځي.

د سيلو دويمه قضيه: د p اوليه عدد له پاره، د G گروپ ټول سيلو p -فرعي گروپونه يو له بل سره مزدوج (Conjugate) دي (Chen, 2023).

ثبوت: فرض کوو چې R او S د G دوه اختياري سيلو p -فرعي گروپونه وي، نو په G/S باندې د R عمل د چپ حاصل ضرب په شکل په نظر کې نيسو. د مخکنۍ ليمې له مخې لرو چې د R تر عمل لاندې د G/S د ثابتو نقطو شمېر د $[G:S](\text{mod } p)$ سره تطابق کوي. فرضوو چې $|G| = p^n m$ وي کوم چې $p \nmid m$. څرنگه چې S يو سيلو p -فرعي گروپ دی نو $[G:S] = m \neq 0 (\text{mod } p)$ ، او له دې ځايه بايد د پورتنۍ عمل لاندې يو شمېر د صفر خلاف ثابتې نقطې موجودې وي. د دې ثابتو نقطو له جملې څخه يوه يې په gS سره ښيو. اوس د هر $r \in R$ لپاره لرو چې $rgS = gS$ ، بنا پر دې له $g^{-1}rgS = S$ څخه په لاس راځي چې $g^{-1}Rg \subset S$. څرنگه چې $g^{-1}Rg$ او S متناهي او يو شان مرتبې لري، نو په پايله کې لاسته راځي چې دواړه فرعي گروپونه يو له بل سره مزدوج دي. لاندې بيانې چې په راتلونکې برخه کې په پراخه کچه استعمالېږي، د سيلو د دوهمې قضیې يوه څرگنده پايله ده.

فرعي قضيه: د G يو سيلو p -فرعي گروپ ايکي يو دی که او يوازې که په G کې نارمل فرعي گروپ وي، په ځانگړې توگه هغه يوازې يو دی که گروپ تبديلي وي (Lee, 2018).

ثبوت: که د سيلو p -فرعي گروپ يوازې يو وي، نو هغه د خپلو ټولو مزدوجو گروپونو سره مساوي دی، نو له دې امله هغه نارمل فرعي گروپ هم دی. اوس که چېرې زيات سيلو p -فرعي گروپونه موجود وي نو بايد هغوی يو له بل سره مزدوج وي، نو يو يې هم تر مزدوجۍ عمل لاندې تړلی نه دی او د نارملوالي خاصيت نقض کوي. څرنگه چې د يو تبديلي گروپ، هر فرعي گروپ نارمل دی، نو بايد د سيلو p -فرعي گروپ يوازې يو وي (Shabeeb, 2016).

قضيه (د سيلو درېيمه قضيه): د G گروپ د سيلو p -فرعي گروپونو شمېر په n_p سره ښو، نو

$$1. \quad n_p \equiv_p 1$$

$$2. \quad \text{که چېرې } |G| = p^n m \text{ داسې چې } p \nmid m, \text{ نو } n_p / m.$$

$$3. \quad \text{که چېرې } P \text{ د } G \text{ يو اختياري سيلو } p\text{-فرعي گروپ وي، نو } n_p = [G:N(P)] \text{ په داسې حال کې}$$

چې $N(P)$ په G کې د p نارملساز (Normalizer) دی (Lee, 2018).

د سيلو د درېيمې قضیې د 1 برخې ثبوت: فرض کوو چې $S = \text{Syl}_p(G)$ د G د ټولو سيلو p -فرعي گروپونو سټ وي، د $S = \text{Syl}_p(G)$ يو فرعي گروپ P په نظر کې نيسو چې په S باندې په مزدوج ډول

عمل کوي، دا چې S متناهي دی نو G محدود شمېر فرعي ستونه لري، له دې امله د (ب-لېمه) صدق کوي او په لاس راځي چې $|S^p| \equiv_p |S|$ ، ځکه چې P تر مزدوجي عمل لاندې تړلی دی (Li, 2022). اوس يوه بله ثابته نقطه Q په نظر کې نيسو، دا چې د هر $p \in P$ لپاره $pQ = Q_p$ ده، پوهېږو چې $P \subset N(Q)$ او سربېره پردې $Q \subset N(Q)$ ، ځکه نو P او Q د $N(Q)$ فرعي گروپونه دي. په ځانگړي ډول د لاگرانژ د قضیې له مخې $p^n / N(Q) \nmid G$ او $p^{n+1} \nmid N(Q)$ ، بنا پردې $p^{n+1} \nmid N(Q)$ له دې امله P او Q د $N(Q)$ سيلو p - فرعي گروپونه دي او د سيلو د دوهمې قضیې پربنسټ په $N(Q)$ کې يو د بل مزدوج دي. له بلې خوا $N(Q) \leq Q$ يوازې هغه وخت سم دی کله چې $P = Q$. له دې ځايه په لاس راځي چې په S کې يوازې يوه نقطه موجوده ده، په پايله کې:

$$n_p = |S| \equiv_p |S^p| = 1$$

د سيلو د درېيمې قضیې د 2 برخې ثبوت: دلته په $S = \text{Sym}_p(G)$ باندې د G د ټول گروپ عمل په نظر کې نيسو، ځکه چې د G سيلو p - فرعي گروپونه يو د بل مزدوج دي. په دې حالت کې يوازې يو داسې اوربېټ موجود دی چې اوږدوالی يې n_p دی. د اوربېټ - سټيلايزر د قضیې څخه په گټه اخيستنې سره لرو چې $n_p / |G| = p^n m$. څرنگه چې $n_p \equiv (mod p)$ دی نو p او n_p بايد يو تربله اوليه وي، ځکه نو $n_p / p^n m$ يوازې هغه وخت درست دی کله چې $n_p / p^n m$.

د سيلو د درېيمې قضیې او 3 برخې ثبوت: يو ځل بيا په $S = \text{Sym}_p(G)$ باندې د G گروپ عمل په نظر کې نيسو، د اوربېټ - سټيلايزر د قضیې څخه لرو چې $n_p = [G : \text{Stab}(P)]$. د مزدوجي عمل لاندې $\text{Stab}(P) = N(P)$ دی، چې مونږ ته غوښتل شوې نتيجه په لاس راکوي. دا برخه د يوې داسې قضیې په بيانولو سره پای ته رسو چې ثبوت يې د سيلو د درېيمې قضیې ثبوت ته ورته دی.

قضيه: د G هر p - فرعي گروپ د G يو شمېر سيلو p - فرعي گروپونه په بر کې لري (Judson & Beezer, 2020).

ثبوت: فرض کوو چې H د G يو سيلو p - فرعي گروپ او H په $\text{Sym}_p(G)$ باندې په مزدوجي ډول عمل وکړي، نو بايد د دې عمل لاندې لږترلږه يوه ثابته نقطه موجوده وي، داسې چې $1 \equiv_p |\text{Sym}_p(G)|$. دا ثابته نقطه په Q سره ښو دا چې H د $N(Q)$ فرعي گروپ دی نو $H \times Q$ د $N(Q)$ فرعي گروپ دی، ځکه نو Q په $N(Q)$ کې نارمل فرعي گروپ دی، $H \times Q$ د G يو p - فرعي گروپ او مرتبه يې $|H \times Q| = \frac{|H||Q|}{|H \cap Q|}$ ده. څرنگه چې Q د G په کوم بل p - فرعي گروپ کې شامل نه دی نو لرو چې $Q = H \times Q$. دا په دې دلالت کوي چې $H \leq Q$.

4. په ساده گروپونو کې د سيلو د قضيو کارونې

د ساده گروپونو مفهوم له نن څخه تقريباً ۱۹۰ کاله مخکې د گالوا (Galois) له خوا مطرح شو چې په گروپ تيوري کې د زيات اهميت لرونکی دی. په گروپ تيوري کې ساده گروپونه، د اعدادو په تيوري کې د اوليه

عددونو او يا په کيميا کې د کيمياوي عناصرو په شان مهم رول لوبوي، چې د يو گروپ د جوړښت د مطالعې په وخت کې دا گروپونه د جوړونکو خښتو (Building blocks) په څېر عمل کوي ځکه چې د هر پېچلي گروپ جوړښت د ساده گروپونو ترکيب او يا د هغوی مستقيم حاصل دی (Gallian, 2021).

په ټوله کې ساده گروپونه د گروپ تيوري اساسي برخه جوړوي چې د نورو گروپونو د جوړښت د تحليل او عمومي فهم لپاره يوه بنسټيزه وسيله ده.

تعريف: د G گروپ ساده (Simple) بلل کېږي، که چېرې هغه يوازې د دوه نارمل فرعي گروپونو، عينيت گروپ $\{1\}$ او خپله G گروپ لرنکی وي (Lovett, 2016).

ج- ليما: هر گروپ چې مرتبه يې اوليه عدد وي دوره يې گروپ دی. (LI & ZHAO, 2022)

ثبوت: د لاگرانژ د قضیې پر بنسټ د هر G گروپ له پاره لرو چې $|G| / |\langle g \rangle|$ اما که چېرې د G گروپ مرتبه اوليه عدد او g يې د عينيت عنصر نه وي، نو دا حالت هغه وخت صدق کوي چې $\langle g \rangle = G$ وي. له دې څخه لاسته راځي چې G دوره يې گروپ دی.

قضيه: که چېرې G يو تبديلي گروپ وي، نو G ساده گروپ دی که او يوازې که $|G|$ اوليه عدد وي (Li & Zhao, 2022).

ثبوت: فرض کوو چې $|G|$ اوليه عدد وي. نو د هر $a \in G \setminus \{e\}$ لپاره لرو چې $1 < |\langle a \rangle| \leq |G|$. څرنگه چې $|G| / |\langle a \rangle|$ او $|G|$ اوليه عدد دی، نو $|\langle a \rangle| = |G| \Rightarrow \langle a \rangle = G$. له دې امله د G هر فرعي گروپ $\{e\}$ نه بلکې G دی، له دې ځايه لرو چې G ساده گروپ دی.

برعکس فرضوو چې G ساده او تبديلي گروپ وي. څرنگه چې د G هر فرعي گروپ نورمال فرعي گروپ او G ساده گروپ دی نو $\{e\}$ او G د G يوازني فرعي گروپونه دي او $|G| > 1$ ، له دې ځايه د هر $x \in G \setminus \{e\}$ لپاره لرو چې $\langle x \rangle = |G|$. فرض کوو چې د x مرتبه نامتناهي وي نو $\langle x^2 \rangle \leq G$ دی، له بلې خوا $x \neq \langle x^2 \rangle \neq \{e\}$ چې يو تضاد ښيي. له دې امله او د متناهي مرتبې لرونکي دي.

فرض کوو چې x د مرکبې مرتبې لرونکی وي، نو د ځينو $p > 1$ لپاره چې n تقسيموي $\langle x^p \rangle$ د G يو مناسب فرعي گروپ دی، بنا پر دې G ساده گروپ نه دی. په پايله کې G د اوليه مرتبې لرونکی دوره يې گروپ دی او په دې سره ثبوت بشپړ شو. اوس په ساده گروپونو کې د سيلو د قضیو په کارونو باندې پيل کوو.

لمړی په دې برخه کې يوه ډېره مهمه قضيه راوړو، دا قضيه بيانوي چې د 26 متناهي ساده گروپونو (Sporadic groups) د سټ (Bates et al., 2007) څخه پرته ټول متناهي ساده گروپونه د اوليه مرتبې لرونکي دوره گروپ، د 5 څخه دکمې درجې جفتو پرموتيشنونو گروپ او د lie type ساده گروپ، (چې تعريف يې له هغه څه څخه خورا پېچلی دی چې دلته ترې یادونه وکړو) سره ايزومورف دي (Carter, 1989).

د دې قضیې ثبوت ډیر ستونزمن دی (زرگونه صفحې په بر کې نیسې) مونږ یې دلته یوه ساده نتیجه اثباتوو چې د سیلو د قضیو توانایي بنسټي او د طبقه بندۍ د قضیې (Classification theorem) په ثبوت کې زیاته مهمه ده (Lovett, 2016).
په پیل کې لاندې لیمه ثبوتو.

د- لیمما. د هر غیر تبدیلی ساده گروپ مرتبه د هر مناسب فرعي گروپ د اندیکس فکتوریل تقسیموي.
ثبوت: که G په G/H باندې د چپ حاصل ضرب په شکل عمل وکړي، په واضح ډول ښکاري چې دا عمل انتقالي دی او د $\phi: G \rightarrow \text{Sym}(G/H)$ همومورفیزم په کارنل کې د G ټول عناصر شامل نه دي. په هر حال، څرنگه چې کارنل باید یو نارمل فرعي گروپ وي نو باید هغه نامناسب فرعي گروپ وي. ځکه نو همومورفیزم انجکتیف دی او د $\text{Sym}(G/H)$ له فرعي گروپ سره ایزومورف دی، په پایله کې

$$|G| |\text{Sym}(G/H)| = [G:H]!$$

قضیه: A_5 تر ټولو کوچینی غیر تبدیلی ساده گروپ دی او د ایزومورفیزم تر عمل لاندې یوازې یو دی (Dummit & Foote, 2024).

ثبوت: ددې قضیې د ثبوت لپاره، لمړی د 60 څخه د کمې مرتبې لرونکي غیر تبدیلی ساده گروپ ټول احتمالات له منځه وړو.

- د (ج-لیمه): د اولیه مرتبې لرونکي گروپونه حذفوي، ځکه چې هغه دوره یې او تبدیلی گروپونه دي.
- د p^m مرتبې لرونکي هر گروپ باید یو سیلو p -فرعي گروپ ولري، ځکه چې $n_p \equiv_p 1$ او n_p/m یوازې هغه وخت درست دي کله چې $n_p = 1$. د سیلو p -فرعي گروپ یوازې والی د سیلو د دوهمې قضیې پربنسټ د گروپ په نورمالوالي باندې دلالت کوي، د $(6, 10, 14, 15, 18, 20, 21, 22, 26, 28, 33, 34, 35, 38, 39, 42, 44, 46, 50, 51, 52, 54, 55, 57, 58)$ مرتبې لرونکي گروپونه حذفوي.

که چیرې p د میرسین (Mersenne) اولیه عدد $q = 2^p - 1$ وي (Goy, 2018)، نو په دې حالت کې داسې ادعا کوو چې د $2^p q$ مرتبې لرونکي گروپ نه ساده او نه هم غیر تبدیلی وي (Gallian, 2021). پوهیږو چې $n_q \equiv_q 1$ او $n_q / 2^p$ دواړو کې $n_q = 1$ ، په دې حالت کې د سیلو q -فرعي گروپ نورمال فرعي گروپ دی یا $n_q = 2^p$. په دوهم قدم کې فرضوو چې $H_1, \dots, H_{2^p}$ د سیلو q -فرعي گروپونه وي، څرنگه چې ټول اولیه مرتبه لرونکي دي نو د هغوی له ډلې د هرو دوو گروپونو تقاطع څرگند (trivial) گروپ دی، له دې امله د عینیت عنصر-خلاف ټولو مرتبه q عناصرو شمیر له $2^p(q-1)$ څخه عبارت دی. د G گروپ په سیلو 2 -فرعي گروپونه کې باید په کامل ډول پاتې 2^p عناصر شامل وي په دې معنی چې دا گروپ ایکی یو او نارمل فرعي گروپ دی، په دې حالت کې مرتبه 12 او 56 گروپونه حذفوي.

- پوهيږو چې $45 = 5 * 3^2$ ، نو $n_5 / 9$ او $n_5 \equiv 1$ يوازې هغه وخت سم دي، کله چې $n_5 = 1$. په ورته ډول $40 = 5 * 2^3$ ، نو له $n_5 / 8$ او $n_5 \equiv 1$ په لاس راځي چې $n_5 = 1$. بڼاپردې د يادو مرتبو لرونکي گروپونه د نارمل فرعي گروپونو لرونکي دي او هغه حذفوي.
 - که چېرې G ساده او غير تبديلي گروپ وي، نو بايد د هغې مرتبه د سيلو د هر عدد n_p فکتوريل تقسيم کړي. که P د G گروپ سيلو p - فرعي گروپ وي نو د سيلو د III قضیې له مخې $[G: N(P)]! = n_p$. په ياد بايد ولرو چې $P \neq G$ دی ځکه چې هغه p - گروپ دی او د مناسب مرکز لرونکی دی. څرنگه چې P څرگند فرعي گروپ نه دی، نو هغه په G کې نارمل کيدای نه شي. په ځانگړي توگه $N(P)$ د G مناسب (proper) فرعي گروپ دی، نو د (د- لېمه) پر بنسټ $|G| / [G: N(P)]! = n_p$. په دې حالت کې د 24، 36، او 48 مرتبه لرونکي گروپونه دا شرط نه شي پوره کولی نو له دې امله حذفېږي.
 - که $|G| = 30$ وي، نو لرو چې $n_3 = 1$ يا $n_5 = 1$ يا 6 دی. که چېرې G ساده گروپ وي نو هغه 10 مرتبه 3 فرعي گروپونه او 6 مرتبه 5 فرعي گروپونه لري. په هر حال دا چې دا ټول اوليه مرتبه لرونکي دوره يي گروپونه دي، نو د G هر مناسب عنصر - بايد د دې گروپونه له ډلې څخه په يوه کې شامل وي. په دې ترتيب بايد چې $44 = 6(5 - 1) + 10(3 - 1)$ وي کوم چې دا تضاد بڼي، په پايله کې G ساده گروپ نه دی.
- اوس غواړو ثبوت کړو چې A_5 ساده گروپ دی او وروسته بڼيو چې هر مرتبه 60 ساده گروپ له هغې سره ايزومورف دی. پوهيږو چې د A_5 مزدوج کلاسونه 1، 12، 15، او 20 اندازې لرونکي دي، يو مناسب نارمل فرعي گروپ بايد د عينيت عنصر - او لږترلږه د يو بل مزدوج کلاس لرونکی وي داسې چې د هغه مرتبه حداقل د 1 يا د پاسنيو عددونو له ډلې د ځينو د حاصل جمع څخه شروع شوې وي. په هر حال، يوازنی داسې حاصل جمع چې 60 تقسيم کړي د پاسنيو عددونو له حاصل جمع څخه عبارت ده، له دې امله د هغو دريو گروپونو مرتبه چې A_5 په ساده گروپ تبديليوي عبارت ده له: د 1 (عينيت)، 60 (ټول گروپ) او هغه عدد چې A_5 په ساده گروپ تبديليوي.
- که چېرې يو 60 مرتبه لرونکی ساده گروپ د 5 انډېکس لرونکی فرعي گروپ H ولري نو د H گروپ 5 مجزا کوسټونه په نظر کې نيولی شو. اوس که G په هغو باندې د چپ حاصل ضرب په توگه په انتقالي ډول عمل وکړي نو وينو چې دلته د $S_5: G \rightarrow S_5$ يو مناسب همومورفيزم موجود دی. ښکاره ده چې $S_5 \neq \phi(G)$ دی، ځکه چې S_5 ساده نه دی. او که $|\phi(G)| < 60$ وي نو د همومورفيزم کارنل به يو مناسب فرعي گروپ وي چې د G ساده والی نقض کوي، بڼاپردې $|\phi(G)| = 60$. اوس د اشارې (علامې) له همومورفيزم $sgn|_{\phi(G)}: \phi(G) \rightarrow S_5$ څخه گټه اخلو، څرنگه چې $\phi(G)$ ساده او همومورفيزم انجکټيف نه دی نو هغه څرگند او

$\phi(G) \subset A_5$ دی. له دې ځايه پوهیږو چې $\phi(G) = A_5$ دی ځکه چې دواړه د 60 مرتبې لرونکي دي. اوس ښیو چې هر 60 مرتبې لرونکی ساده گروپ د 5 انلیکس لرونکی فرعي گروپ لري، د n_2 لپاره د 1، 3، 5، او 15 څلور احتمالات موجود دي، د ساده والي څخه واضح ده چې $n_2 \neq 1$ ، او همدا ډول لرو چې $n_2 \neq 3$ ځکه چې $3! \nmid 60$. پوهیږو چې $n_5 \neq 6$ ، ځکه نو د سیلو د درېیمې قضیې له مخې یوازې بل احتمال باید $n_5 = 1$ وي چې د G گروپ ساده والی نقص کوي. په ورته ډول $n_3 = 10$ ، ځکه چې بیا هم د ساده والي پرنسپت $n_3 \neq 1$ ، دی ځکه چې $4! \nmid 60$. له دې امله د G گروپ 20 عناصر د 3 مرتبې 24 او عناصر ېې د 5 مرتبې لرونکي دي. د G د دوه مجزا سیلو 2- فرعي گروپونو ترمنځ تقاطع حد اکثر 2 عناصر کيږي (عناصر لرونکي ده) په دې معنی چې که $n_2 = 15$ شي نو گروپ باید لږترلږه 75 عناصر ولري کوم چې نه یې لري. ځکه نو $n_2 = 5$ د په دې دلالت کوي چې د سیلو 2- فرعي گروپ نارملساز باید د 5 انلیکس لرونکي وي. په پایله کې د مخکنی بحث پرنسپت G له A_5 سره ایزومورف دی.

پایله

دا مقاله په گروپ تیوري کې د گروپ عمل او اوربېټ - سټېبلايزر قضیې د مهمو مفاهیمو څخه په ګټه اخیستې سره د سیلو د قضیو په ثبوتولو سره پیل کېږي چې د گروپ تیوري د کلاسیکو پایلو په اړه یو نوی (مېرن) لیدلوری وړاندې کوي.

د سیلو قضیې د گروپ تیوري په چوکاټ کې د گروپونو د جوړښت په اړه یوه جامع سپړنه (تحلیل) وړاندې کوي او دا قضیې بیانوي چې د هر متناهي گروپ لپاره د ځانګړې مرتبې لرونکي فرعي گروپونه شتون لري او د سیلو p - فرعي گروپونو په توګه پېژندل کېږي کوم چې د گروپ د مرتبې د اولیه فکتورونو سره مطابقت لري. دا په حقیقت کې د لاګرانژ د قضیې ښکاره پراختیا ده چې یوازې د داسې فرعي گروپونو شتون ښیي چې د هغوی مرتبه د اصل گروپ مرتبه تقسیموي.

د سیلو د دوهمې قضیې څخه داسې نتیجه په لاس راځي چې د یو گروپ هر دوه سیلو p - فرعي گروپونه یوله بل سره مزدوج دي، په دې معنی چې هغوی د جوړښت له مخې یو له بل سره مشابه دي او دا خاصیت د گروپ د داخلي تناظري جوړښت په پوهیدنه کې خورا ګټور دی. په ورته توګه د سیلو دریمه قضیه په یو گروپ کې د سیلو p - فرعي گروپونو د شمېرولو لار رابښي چې له 1 موډولو p سره مطابقت لري او دا شمېرنه د یو گروپ او د هغې د فرعي گروپونو د جوړښت په تجزیه او تحلیل کې مرسته کوي.

په همدې ډول دا مقاله د سیلو د قضیو بېلابېل د استعمال ځایونه په ګوته کوي چې په ځانګړې توګه د گروپونو له طبقه بندۍ او د هغوی په خاصیتونو باندې د پوهېدلو څخه یادونه

کولای شو. د نمونې په توگه د A_4 گروپ مثال بيانوي چې د گروپ د مرتبې ټول قاسمونه د هغې د اړوند فرعي گروپونو سره مطابقت نه لري، کوم چې په گروپ تيوري کې د سيلو د قضيو پر اهميت دلالت کوي.

اخځليکونه

- Bates, C., Bundy, D., Hart, S., & Rowley, P. (2007). Commuting Involution Graphs for Sporadic Simple Groups. *Journal of Algebra*, 316(2), 849-868.
- Carter, R. W. (1989). *Simple Groups of Lie Type* (Vol. 22). John Wiley & Sons.
- Chen, H. (2023). On the Proof of Sylow's Theorems in Group Theory. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 47, 63-66.
- Dummit, D., & Foote, R. (2024). *abstract algebra* (3rd ed.). USA: john Wiley & Sons, Inc.
- Feng, Y., Song, Z., & Xu, B. (2023). Cauchy Theorem, Sylow Theorems, and Orbit-Stabilizer Theorem in Group Theory. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 47, 58-62.
- Fine, B., Gaglione, A., & Rosenberger, G. (2014). *Introduction to Abstract Algebra*. Baltimore, Maryland: Johns Hopkins University Press.
- Gallian, J. (2021). *Contemporary abstract algebra* (10TH ed.). Oxon: CRC Press.
- Goy, T. (2018). on New Identities for Mersenne Numbers. *Appl. Math. E-Notes*, 18(1), 100-105.
- Imtiaz, A., Alolaiyan, H., Shuaib, U., Razaq, A., & Liu, J. B. (2024). Applications of Conjunctive Complex Fuzzy Subgroups to Sylow Theory. *AIMS Mathematics*, 9(1), 38-54
- Judson, T., & Beezer, R. (2020). *Abstract Algebra Theory and Applications*. Stephen F. Austin State University.
- Lee, G. (2018). *Abstract Algebra An Introductory Course*. Cham, Switzerland: Springer.
- Li, D. (2022, May). Three Sylow Theorems and Their Proofs. In *2nd International Conference on Applied Mathematics, Modelling, and Intelligent Computing (CAMMIC 2022)* (Vol. 12259, pp. 457-465). SPIE.
- Li, L., & Zhao, K. (2022). *Introduction to Abstract Algebra*. France: Science Press.
- Löh, C. (2017). *Geometric Group Theory An Introduction*. Regensburg, Germany: Springer.
- Lovett, S. (2016). *abstrac algebra structures and aplications*. Illinois, USA: CRC Press.
- Shabeeb, A. L. M. A. (2016). Sylow Theorems and its Applications in Mathematics-Algebra. *Journal of Missan Researches*, 12(24).
- Smith, J. (2016). *Introduction to abstract algebra* (2nd ed.). Iowa: CRC Press.
- Srinivasarao, T., & Revathi, M. K. (2020) Sylow Prime Group. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 9(04).

د درېيم ډول (s, m) - محدبو تابع گانو لپاره ځينې انتيگرالي نامساوي گاني او په عددي انتيگرالونو کې د هغو کارونه

۱- پوهنواله زرغونه سپېڅلې^۱ - ۲- پوهنواله منيژه سرهنگ^۱
 ۱- ددعمومي رياضياتو څانگه، رياضياتو پوهنځی، کابل پوهنتون، افغانستان

لنډيز

د دې څېړنې په پيل کې لومړی په دوهمه مانا د (s, m) - محدبو تابع گانو درېيم ډول پېژندنه بيا د هولډر او د مثلي نامساوي گانو په کارولو سره، د محدبو تابع گانو د ياد ډول لپاره يو شمېر نورې نامساويگانې په لاس راوړو. دا نوې رامنځته شوې نامساوي گانې بيا عددي انتيگرالونه د ځينو ميتودونو د خطاگانو د سرحدنو په پيداکولو کې کاروو. لاس ته راغلې پايلې د عددي انتيگرالونو د ځينو ميتودونو د دقت د لوړوالي او د انتيگرال اصلي قيمتونو ته د نږدې توب په ښه والي کې مرسته کوي او په راتلونکي کې په دې برخه کې د لا نورو ښو څېړنو لپاره زمينه برابروي. سربېره پردې به لاس ته راغلې پايلې د عددي انتيگرال ميتودونو د تيوريکي پراختيا او د هغوی د تطبيقي چوکاټ په پراختيا کې له هغو څېړونکو سره چې د عددي انتيگرالونو او انتيگرالي نامساوي گانو په برخه کې کار کوي، مرسته وکړي.

کلیدي کلمې: انتيگرالي نامساوي گانې، عددي انتيگرال، محدبه تابع، د (s, m) - محدبه تابع، هولډر نامساوي

*Email: spesalyzar@gmail.com

Some integral inequalities for (s,m) -convex functions in the third sense and their applications in numerical integrals

1-Associate Professor Zarghoona Spasely^{*1}, 2- Associate Professor Manizha Sarhang¹
 1-General Mathematics Department, Faculty of Mathematics, Kabul University, Kabul
 Afghanistan

Abstract

In this study, we introduce the concept of (s, m) -convex functions in the third sense. By employing Hölder's inequality and the triangle inequality, we derive several integral inequalities related to these functions. These newly established integral inequalities are then explored for their practical applications in numerical analysis, particularly in providing error bounds for some numerical integration methods. The results contribute to improving the accuracy and reliability of numerical integration, offering valuable insights for further research in this area. The findings are expected to be useful for mathematicians and researchers working on numerical methods and integral inequalities, enhancing the theoretical framework and practical implementations of numerical integration techniques.

Keywords: Integral inequalities, numerical integrations, convex function, (s,m) – convex function, Hölder's inequality

*Email: spesalyzar@gmail.com

سريزه

د تابع گانو د ښې مطالعې لپاره هغوی په مختلفو ټولگيو وېشل کېږي او هر ټولگي يې د ځانگړو خواصو له مخې جوړېږي، د متمادي تابع گانو ټولگي چې د متماديت د ځانگړنې په اساس تعريفېږي، د تابع گانو يو له مهمو ټولگيو څخه شمېرل کېږي. نوموړی ټولگي نور ډېر فرعي ټولگي لري چې د دې فرعي ټولگيو له ډلې يې يو هم د متمادي محدبوتابع گانو ټولگي دی. د $I \subseteq \mathbb{R}$ په يوه انټروال باندې محدبې تابع گانې په لاندې ډول تعريفېږي:

قبلوو چې $f: I \rightarrow \mathbb{R}$ څخه يوه تابع ده که چېرې د هر $x, y \in I$ او $\alpha \in [0, 1]$ لپاره لاندې نامساوي

$$f(\alpha x + (1-\alpha)y) \leq \alpha f(x) + (1-\alpha)f(y). \quad (1.1)$$

ريښتيا شي نو f يوه محدبه تابع گڼل کېږي. که چېرته په (1.1) نامساوي کې د $\leq$ پر ځای $<$ وي نو f يوه دقيقه محدبه تابع او که د (1.1) نامساوي عکس ريښتيا شي نو f د I په انټروال باندې مقعره تابع گڼل کېږي. همدارنګه که د (1.1) نامساوي عکس ريښتيا او د $\geq$ پر ځای $>$ وي نو f يوه دقيقه مقعره تابع بلل کېږي.

اورليکز (Orlicz) په (Orlicz, 1961) او (Breckner) په (Breckner, 1978) مقالو کې په ترتيب سره د S - محدبو تابع گانو لومړی او دوهم ډول داسې تعريف کړی دی:

که $s \in (0, 1]$ او $f: I = [0, \infty) \rightarrow \mathbb{R}$ يوه تابع وي او دهر $x, y \in I$ او $\alpha, \lambda \geq 0$ لپاره داسې چې

$$\alpha^s + \lambda^s = 1 \quad \text{وي لاندې نامساوي}$$

$$f(\alpha x + \lambda y) \leq \alpha^s f(x) + \lambda^s f(y). \quad (1.2)$$

ريښتيا شي نو f لومړی ډول S - محدبه تابع بلل کېږي. همدارنګه که د f لپاره لاندې نامساوي

$$f(\alpha x + (1-\alpha)y) \leq \alpha^s f(x) + (1-\alpha)^s f(y). \quad (1.3)$$

ريښتيا شي نو f دوهم ډول S - محدبه تابع بلل کېږي که په (1.2) او (1.3) نامساوي گانو کې $s=1$ وي نو لومړی او دوهم ډول S - محدبيت، نورمال محدبيت راښيي.

کمالی او نورو په (Kemali et al., 2021) کې د S - محدبو تابع گانو درېيم ډول داسې تعريف کړی: که $s \in (0, 1]$ او $f: I \rightarrow \mathbb{R}$ يوه تابع وي او دهر $x, y \in I$ او $\alpha, \lambda \geq 0$ لپاره داسې چې

$$\alpha^s + \lambda^s = 1 \quad \text{اولاندې نامساوي}$$

$$f(\alpha x + \lambda y) \leq \alpha^{\frac{1}{s}} f(x) + \lambda^{\frac{1}{s}} f(y). \quad (1.4)$$

ريښتيا شي نو f يوه درېيم ډول S - محدبه تابع بلل کېږي. که په (1.4) نامساوي کې $s=1$ وي نو درېيم ډول S - محدبيت نورمال محدبيت راښيي.

میھسان (Miheasan) په (Miheasan, 1993) مقاله کې د لومړي ډول (s, m) - محدبو تابع گانو مفهوم په لاندې ډول بيان کړی. که $s, m \in [0, 1]$ او $f: I = [0, b] \rightarrow \mathbb{R}$ يوه تابع وي او دهر $x, y \in I$ او $\alpha \in [0, 1]$ لپاره لاندې نامساوي

$$f(\alpha x + m(1-\alpha)y) \leq \alpha^s f(x) + m(1-\alpha^s) f(y). \quad (1.5)$$

ريښتيا شي نو f يوه لومړۍ ډول (s, m) - محدبه تابع بلل کېږي.

په همدې ډول پورتنی تعريف ته په کتو سره افتخاري په (Eftekhari, 2014) کې د دوهم ډول (s, m) - محدبو تابع گانو مفهوم داسې بيان کړی: که $s, m \in [0, 1]$ او $f: I = [0, b] \rightarrow R$ يوه تابع وي او دهر $x, y \in I$ او $\alpha \in [0, 1]$ لپاره لاندې نامساوي

$$f(\alpha x + m(1-\alpha)y) \leq \alpha^s f(x) + m(1-\alpha^s) f(y). \quad (1.6)$$

ريښتيا شي نو f يوه دوهم ډول (s, m) - محدبه تابع بلل کېږي. همدارنگه که په (1.5) او (1.6) نامساوي گانو کې $s = m = 1$ وي نو لومړي او دوهم ډول (s, m) - محدبیت نورمال محدبیت راشي.

د محدبو تابع گانو د يادولو ټولو ډولونو لپاره ځينې انټيگرالي نامساوي: گانې د لاندې نامساوي

$$f\left(\frac{a+b}{2}\right) \leq \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx \leq \frac{f(a)+f(b)}{2} \quad (1.7)$$

په پام کې نيولوسره چې د هارميت - هادمارد د نامساوي په نوم ياديږي لاس ته راغلي دي. د لازياتو معلوماتو لپاره لوستونکی (Dragomir & Agarwal, 1998; Hudzik & Maligranda, 1994; Kirmaci, 2004; Pearce & Pečarić, 2000) اخليکونه کولی شي.

د دې مقالې اصلي موخه داده چې د درېيم ډول (s, m) - محدبو تابع گانو مفهوم بيان او د دې ډول تابع گانو لپاره د هولډر او مثلثي نامساواتونو په مرسته ځينې نامساوي گانې تشکيل او د هغو کارونه وڅېړي. د مقالې پاته برخه لومړني مفاهيم، اصلي پايلې، کارونه او پايله جوړوي.

لومړني مفاهيم

په دې برخه کې د هولډر نامساوي او همدارنگه د دريم ډول S - محدبو تابع گانو لپاره په (Zeynep, 2021) مقاله کې ځينې لاس ته راغلي نتايج بيان شوي دي.

2.1 قضيه (هولډر انټيگرالي نامساوي) (Mitrinovic et al., 2013)

قبولو چې $p > 1$ او $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1$ دی. که چېرې د f او g تابع گانې د $[a, b]$ په انټروال باندې تعريف شوې وي او $|f|^p$ او $|g|^q$ تابع گانې په ياد انټروال باندې د انټيگرال وړ وي نو

$$\int_a^b |f(x)g(x)| dx \leq \left(\int_a^b |f(x)|^p dx \right)^{\frac{1}{p}} \left(\int_a^b |g(x)|^q dx \right)^{\frac{1}{q}}. \quad (2.1)$$

پورتنی نامساوي په يوه مساوات بدليږي که چېرې او يوازی تقريباً هرځای $A|f(x)|^p = B|g(x)|^q$ وي داسې چې A او B دوه ثابت شوي دي.

2.2 ليمه (Zeynep, 2021): قبلو و چې $f: I \subseteq \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ د I° په انټروال باندې يوه مشتق منونکې تابع ده. که چېرې $a, b \in I$ داسې چې $a < b$ او f' د $[a, b]$ په انټروال باندې د انتيگرال وړ وي نو لاندې مساواتونه

$$\begin{aligned} \frac{f(a)+f(b)}{2} - \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx &= \frac{1}{2s(b-a)} \int_0^1 \left(a+b-2 \left(t^{\frac{1}{s}}b + (1-t)^{\frac{1}{s}}a \right) \right) \\ &\quad \left(t^{\frac{1}{s}-1}b - (1-t)^{\frac{1}{s}-1}a \right) f' \left(t^{\frac{1}{s}}b + (1-t)^{\frac{1}{s}}a \right) dt \end{aligned} \quad (2.2)$$

او

$$\begin{aligned} f\left(\frac{a+b}{2}\right) - \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx &= \frac{1}{s(b-a)} \int_0^1 \left(\frac{t^{\frac{1}{s}}(a+b)}{2} + \left((1-t)^{\frac{1}{s}} - 1 \right) a \right) \left(\frac{t^{\frac{1}{s}-1}(a+b)}{2} - \right. \\ &\quad \left. (1-t)^{\frac{1}{s}-1}a \right) f' \left(\frac{t^{\frac{1}{s}}(a+b)}{2} + (1-t)^{\frac{1}{s}}a \right) dt + \frac{1}{s(b-a)} \int_0^1 \left(t^{\frac{1}{s}}b + \frac{(1-t)^{\frac{1}{s}}(a+b)}{2} \right) \left(t^{\frac{1}{s}-1}b - \right. \\ &\quad \left. \frac{(1-t)^{\frac{1}{s}-1}(a+b)}{2} \right) f' \left(t^{\frac{1}{s}}b + \frac{(1-t)^{\frac{1}{s}}(a+b)}{2} \right) dt. \end{aligned} \quad (2.3)$$

ريښتيا دي.

د پورتنۍ ليمې په مرسته ليکوال بهکې لاندې نامساوي گانې په لاس راوړې دي.

2.3 قضيه (Zeynep, 2021): قبلو و چې $f: I \subseteq \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ د I° په انټروال باندې يوه مشتق منونکې تابع او $a, b \in I$ داسې چې $a < b$ ده که چېرې $|f'|$ د $[a, b]$ په انټروال باندې د انتيگرال وړ او درېيم ډول s - محدبه تابع وي نو لاندې نامساوي گانې

$$\left| \frac{f(a)+f(b)}{2} - \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx \right| \leq \frac{3s(|a|+|b|)^2(|f'(a)|+|f'(b)|)}{2(s^2+1)(b-a)} \quad (2.4)$$

$$\left| f\left(\frac{a+b}{2}\right) - \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx \right| \leq \frac{s}{(s^2+1)(b-a)} \left[\frac{\left(\frac{3|a|+|b|}{2}\right)^2 |f'(a)| + \frac{5a^2+6|ab|+5b^2}{2} \left|f'\left(\frac{a+b}{2}\right)\right|}{\left(\frac{3|a|+|b|}{2}\right)^2 |f'(a)|} + \right] \quad (2.5)$$

ريښتيا دي.

2.4 قضيه (Zeynep, 2021): قبلو و چې $f: I \subseteq \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ د I° په انټروال باندې يوه مشتق منونکې تابع او $a, b \in I$ داسې چې $a < b$ ده که چېرې د هر $p > 1$ لپاره $|f'|^p$ تابع د $[a, b]$ په انټروال باندې د انتيگرال وړ او درېيم ډول s - محدبه تابع وي نو لاندې نامساوي گانې

$$\left| \frac{f(a)+f(b)}{2} - \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx \right| \leq \frac{3 \left(\frac{s^2}{s^2+1} \right)^{\frac{1}{p}} (|a|+|b|)^2 (|f'(a)|^p + |f'(b)|^p)^{\frac{1}{p}}}{2s(b-a)} \quad (2.6)$$

$$\left| f\left(\frac{a+b}{2}\right) - \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx \right| \leq \frac{s}{(s^2+1)(b-a)} \left[\frac{\left(2|a| + \left|\frac{a+b}{2}\right|\right) \left(|a| + \left|\frac{a+b}{2}\right|\right) \left(\left|f'\left(\frac{a+b}{2}\right)\right|^p + |f'(a)|^p\right)}{\left(2|b| + \left|\frac{a+b}{2}\right|\right) \left(|b| + \left|\frac{a+b}{2}\right|\right) \left(\left|f'\left(\frac{a+b}{2}\right)\right|^p + |f'(b)|^p\right)} \right]^{\frac{1}{p}} \quad (2.7)$$

ريښتيا دي.

اصلي پايلې

په دې برخه کې لومړی د درېيم ډول (s, m) - محدبو تابع گانو مفهوم بيان شوی ورپسې د مثلي او هولدر نامساوي گانو په مرسته د درېيم ډول (s, m) - محدبو تابع گانو لپاره ځينې انتيگرافي نامساوي گانې په لاس راوړل شوې دي.

3.1. تعريف: قبلو چې $s, m \in (0, 1]$ او $f: I = [0, \infty) \rightarrow \mathbb{R}$ يوه تابع ده که د هر $x, y \in I$ او $\alpha, \lambda \geq 0$ لپاره داسې چې $\alpha^s + \lambda^s = 1$ وي لاندې نامساوي

$$f\left(\alpha x + \frac{\lambda}{m} y\right) \leq \alpha^{\frac{1}{s}} f(x) + \frac{1}{m} \lambda^{\frac{1}{s}} f(y). \quad (3.1)$$

ريښتيا شي، نو f د I په انټروال باندې يوه درېيم ډول (s, m) - محدبه تابع بلل کېږي. که په نامساوي کې $s = 1$ وي نو درېيم ډول (s, m) - محدبیت نورمال محدبیت راشي.

3.2. مثال: که $s, m \in (0, 1]$ او د $f(x) = -x^{\frac{1}{s}}$ تابع د $[0, \infty)$ په انټروال باندې په پام کې ونيسو نو د هر $x, y \in [0, \infty)$ او $\alpha, \lambda \geq 0$ لپاره داسې چې $\alpha^s + \lambda^s = 1$ وي ليکلی شو چې:

$$\left(\alpha x + \frac{1}{m} \lambda y\right)^{\frac{1}{s}} \geq \alpha^{\frac{1}{s}} x^{\frac{1}{s}} + \frac{1}{m} \lambda^{\frac{1}{s}} y^{\frac{1}{s}}.$$

که د پورتنۍ نامساوات دواړه خواوې په منفي يو کې ضرب کړو نو

$$-\left(\alpha x + \frac{1}{m} \lambda y\right)^{\frac{1}{s}} \leq -\alpha^{\frac{1}{s}} x^{\frac{1}{s}} - \frac{1}{m} \lambda^{\frac{1}{s}} y^{\frac{1}{s}}$$

دا راشي چې

$$f\left(\alpha x + \frac{\lambda}{m} y\right) \leq \alpha^{\frac{1}{s}} f(x) + \frac{1}{m} \lambda^{\frac{1}{s}} f(y).$$

په نتيجه کې ويلاى شو چې د $f(x) = -x^{\frac{1}{s}}$ تابع د $[0, \infty)$ په انټروال باندې يوه درېيم ډول (s, m) - محدبه تابع ده.

3.3. قضيه: قبلو چې $f: I \subseteq \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ د I° په انټروال باندې يوه مشتق منونکې تابع او $a, b \in I$ داسې چې $a < b$ ده که چېرې $|f'|$ د $[a, b]$ په انټروال باندې د انتيگرال وړ او درېيم ډول (s, m) - محدبه تابع وي نو لاندې نامساوي

$$\left| \frac{f(a)+f(b)}{2} - \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx \right| \leq \frac{3s(|a|+|b|)^2}{2(s^2+1)(b-a)} \left[|f'(b)| + m^{\frac{1}{s}-1} |f'(a)| \right] \quad (3.2)$$

ريښتيا ده.

ثبوت: د 2.2 ليمې د 2.2 عينيت نه په گټه اخستې او د مثلي نامساوي په مرسته ليکلی شو چې

$$\left| \frac{f(a)+f(b)}{2} - \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx \right|$$

$$= \left| \frac{1}{2s(a-b)} \int_0^1 \left(a+b-2 \left(t^{\frac{1}{s}}b+(1-t)^{\frac{1}{s}}a \right) \right) \left(t^{\frac{1}{s}-1}b-(1-t)^{\frac{1}{s}-1}a \right) f' \left(t^{\frac{1}{s}}b+(1-t)^{\frac{1}{s}}a \right) dt \right|$$

$$\geq \frac{1}{2s(b-a)} \int_0^1 \left| \left(a+b-2 \left(t^{\frac{1}{s}}b+(1-t)^{\frac{1}{s}}a \right) \right) \left(t^{\frac{1}{s}-1}b-(1-t)^{\frac{1}{s}-1}a \right) \right| \left| f' \left(t^{\frac{1}{s}}b+(1-t)^{\frac{1}{s}}a \right) \right| dt.$$

همدارنگه د $|f'|$ د دريم ډول (s,m) - محدبیت نه په کار اخيستنې ليکلی شو، چې

$$\left| f' \left(t^{\frac{1}{s}}b+(1-t)^{\frac{1}{s}}a \right) \right| \leq t^{\frac{1}{s^2}} |f'(b)| + m^{\frac{1}{s}-1} (1-t)^{\frac{1}{s^2}} |f'(a)|$$

په نتيجه کې ليکلی شو چې

$$\left| \frac{f(a)+f(b)}{2} - \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx \right|$$

$$\geq \frac{1}{2s(b-a)} \int_0^1 \left| \left(a+b-2 \left(t^{\frac{1}{s}}b+(1-t)^{\frac{1}{s}}a \right) \right) \right| \left| \left(t^{\frac{1}{s}-1}b-(1-t)^{\frac{1}{s}-1}a \right) \right| \left[t^{\frac{1}{s^2}} |f'(b)| + m^{\frac{1}{s}-1} (1-t)^{\frac{1}{s^2}} |f'(a)| \right] dt$$

$$\leq \frac{3(|a|+|b|)^2}{2s(b-a)} \left[|f'(b)| \int_0^1 t^{\frac{1}{s^2}} dt + m^{\frac{1}{s}-1} |f'(a)| \int_0^1 (1-t)^{\frac{1}{s^2}} dt \right]$$

$$= \frac{3s(|a|+|b|)^2}{2(s^2+1)(b-a)} \left[|f'(b)| + m^{\frac{1}{s}-1} |f'(a)| \right].$$

3.4. قضيه: قبلو چې $f: I \subseteq \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ د I° په انټروال باندې يوه مشتق منونکې تابع او $a, b \in I$ داسې چې $a < b$ ده

که چېرې $|f'|$ د $[a,b]$ په انټروال باندې د انټيگرال وړ او دريم ډول (s,m) - محدبه تابع وي نو لاندې

نامساوي

$$\left| f\left(\frac{a+b}{2}\right) - \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx \right| \leq \frac{s}{(1+s^2)(b-a)} \left[\left(\frac{3|a|+|b|}{2} \right)^2 \left(\left| f'\left(\frac{a+b}{2}\right) \right| + m^{\frac{1}{s}-1} |f'(a)| \right) \right. \\ \left. + \left(\frac{|a|+3|b|}{2} \right)^2 \left(m^{\frac{1}{s}-1} \left| f'\left(\frac{a+b}{2}\right) \right| + |f'(b)| \right) \right] \quad (3.3)$$

ريښتيا ده.

ثبوت: د 2.2 ليمې د 2.3 عينيت نه په گټه اخيستنې او د مثلثي نامساوي په مرسته ليکلی شو چې

$$\left| f\left(\frac{a+b}{2}\right) - \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx \right|$$

$$\leq \frac{1}{s(b-a)} \int_0^1 \left| \left(\frac{t^{\frac{1}{s}}(a+b)}{2} + \left((1-t)^{\frac{1}{s}} - 1 \right) a \right) \left(\frac{t^{\frac{1}{s}-1}(a+b)}{2} - (1-t)^{\frac{1}{s}-1} a \right) \right| \left| f' \left(\frac{t^{\frac{1}{s}}(a+b)}{2} + (1-t)^{\frac{1}{s}} a \right) \right| dt + \frac{1}{s(b-a)}$$

$$\int_0^1 \left| \left(t^{\frac{1}{s}}b + \frac{(1-t)^{\frac{1}{s}}(a+b)}{2} \right) \left(t^{\frac{1}{s}-1}b - \frac{(1-t)^{\frac{1}{s}-1}(a+b)}{2} \right) \right| \left| f' \left(t^{\frac{1}{s}}b + \frac{(1-t)^{\frac{1}{s}}(a+b)}{2} \right) \right| dt$$

همدارنگه د $|f'|$ د دريم ډول (s,m) - محدبیت نه په کار اخيستنې ليکلی شو چې

$$\left| f\left(\frac{a+b}{2}\right) - \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx \right|$$

$$\geq \frac{1}{s(b-a)} \int_0^1 \left(\frac{|a|+|b|}{2} + |a| \right)^2 \left[\left| f'\left(\frac{a+b}{2}\right) \right| \int_0^1 t^{\frac{1}{s^2}} dt + m^{\frac{1}{s}-1} |f'(a)| \int_0^1 (1-t)^{\frac{1}{s^2}} dt \right]$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{1}{s(b-a)} \int_0^1 \left(\frac{|a|+|b|}{2} + |b| \right)^2 \left[|f'(b)| \int_0^1 t^{\frac{1}{s^2}} dt + m^{\frac{1}{s^2}} \left| f' \left(\frac{a+b}{2} \right) \right| \int_0^1 (1-t)^{\frac{1}{s^2}} dt \right] \\
 & = \frac{s \left(\frac{3|a|+|b|}{2} \right)^2}{(1+s^2)(b-a)} \left[\left| f' \left(\frac{a+b}{2} \right) \right| + m^{\frac{1}{s^2}} |f'(a)| \right] + \frac{s \left(\frac{|a|+3|b|}{2} \right)^2}{(1+s^2)(b-a)} \left[m^{\frac{1}{s^2}} \left| f' \left(\frac{a+b}{2} \right) \right| + |f'(b)| \right] \\
 & = \frac{s}{(1+s^2)(b-a)} \left[\left(\frac{3|a|+|b|}{2} \right)^2 \left(\left| f' \left(\frac{a+b}{2} \right) \right| + m^{\frac{1}{s^2}} |f'(a)| \right) + \left(\frac{|a|+3|b|}{2} \right)^2 \left(m^{\frac{1}{s^2}} \left| f' \left(\frac{a+b}{2} \right) \right| + |f'(b)| \right) \right].
 \end{aligned}$$

3.5. قضيه: قبلوو چې $f: I \subseteq \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ د I° په انټروال باندې يوه مشتق منونکې تابع او $a, b \in I$ داسې چې $a < b$ ده که چېرې د هر $p > 1$ لپاره $|f'|^p$ تابع د $[a, b]$ په انټروال باندې د انټيگرال وړ او دريم ډول (s, m) - محدبه تابع وي نو لاندې نامساوي:

$$\left| \frac{f(a)+f(b)}{2} - \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx \right| \leq \frac{3 \left(\frac{s^2}{s^2+1} \right)^{\frac{1}{p}} (|a|+|b|)^2}{2s(b-a)} \left[m^{\frac{1}{s^2}} |f'(a)|^p + |f'(b)|^p \right]^{\frac{1}{p}} \quad (3.4)$$

ريښتيا ده.

ثبوت: د 2.2 ليمې د 2.2 عينيت نه په گټه اخيستنې او د مثلثي نامساوي په مرسته ليکلی شو چې

$$\begin{aligned}
 & \left| \frac{f(a)+f(b)}{2} - \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx \right| \\
 & \geq \frac{1}{2s(b-a)} \int_0^1 \left| \left(a+b-2 \left(t^{\frac{1}{s}} b + (1-t)^{\frac{1}{s}} a \right) \right) \left(t^{\frac{1}{s^2}} b - (1-t)^{\frac{1}{s^2}} a \right) \right| \left| f' \left(t^{\frac{1}{s}} b + (1-t)^{\frac{1}{s}} a \right) \right| dt.
 \end{aligned}$$

همدارنگه دهولېر نامساوي او د $|f'|^p$ د دريم ډول (s, m) - محدبيت نه په کار اخيستنې ليکلی شو چې

$$\begin{aligned}
 & \left| \frac{f(a)+f(b)}{2} - \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx \right| \geq \frac{1}{2s(b-a)} \left(\int_0^1 \left| a+b-2 \left(t^{\frac{1}{s}} b + (1-t)^{\frac{1}{s}} a \right) \right| \left| t^{\frac{1}{s^2}} b - (1-t)^{\frac{1}{s^2}} a \right|^{\frac{p}{p-1}} dt \right)^{\frac{p-1}{p}} \\
 & \times \left(\int_0^1 \left| f' \left(t^{\frac{1}{s}} b + (1-t)^{\frac{1}{s}} a \right) \right|^p dt \right)^{\frac{1}{p}} \geq \frac{1}{2s(b-a)} \left(\int_0^1 (|a|+|b|+2|b|+2|a|)^{\frac{p}{p-1}} (|a|+|b|)^{\frac{p}{p-1}} dt \right)^{\frac{p-1}{p}} \\
 & \times \left(|f'(b)|^p \int_0^1 t^{\frac{1}{s^2}} dt + m^{\frac{1}{s^2}} |f'(a)|^p \right)^{\frac{1}{p}} = \frac{3 \left(\frac{s^2}{s^2+1} \right)^{\frac{1}{p}} (|a|+|b|)^2}{2s(b-a)} \left[m^{\frac{1}{s^2}} |f'(a)|^p + |f'(b)|^p \right]^{\frac{1}{p}}.
 \end{aligned}$$

3.6. قضيه: قبلوو چې $f: I \subseteq \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ د I° په انټروال باندې يوه مشتق منونکې تابع او $a, b \in I$ داسې چې $a < b$ ده که چېرې د هر $p > 1$ لپاره $|f'|^p$ تابع د $[a, b]$ په انټروال باندې د انټيگرال وړ او دريم ډول (s, m) - محدبه تابع وي نو لاندې نامساوي

$$\begin{aligned}
 & \left| f \left(\frac{a+b}{2} \right) - \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx \right| \leq \frac{s}{(s^2+1)(b-a)} \\
 & \left[\left(\left| \frac{a+b}{2} \right| + 2|a| \right) \left(\left| \frac{a+b}{2} \right| + |a| \right) \left(\left| f' \left(\frac{a+b}{2} \right) \right|^p + m^{\frac{1}{s^2}} |f'(a)|^p \right) \right. \\
 & \left. + \left(\left| \frac{a+b}{2} \right| + 2|b| \right) \left(\left| \frac{a+b}{2} \right| + |b| \right) \left(|f'(b)|^p + m^{\frac{1}{s^2}} \left| f' \left(\frac{a+b}{2} \right) \right|^p \right) \right]. \quad (3.5)
 \end{aligned}$$

ريښتيا ده.

ثبوت: د 2.2 ليمې د 2.3 عينيت نه په گټه اخيستنې او د مثلثي نامساوي په مرسته ليکلی شو چې

$$\begin{aligned} & \left| f\left(\frac{a+b}{2}\right) - \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx \right| \\ & \leq \frac{1}{s(b-a)} \int_0^1 \left| \left(\frac{\frac{1}{ts}(a+b)}{2} + \left((1-t)^{\frac{1}{s}} - 1 \right) a \right) \left(\frac{\frac{1}{ts-1}(a+b)}{2} - (1-t)^{\frac{1}{s-1}} a \right) \right| \left| f' \left(\frac{\frac{1}{ts}(a+b)}{2} + (1-t)^{\frac{1}{s}} a \right) \right| dt + \frac{1}{s(b-a)} \\ & \int_0^1 \left| \left(\frac{\frac{1}{ts}b + \frac{(1-t)^{\frac{1}{s}}(a+b)}{2} \right) \left(\frac{\frac{1}{ts-1}b - \frac{(1-t)^{\frac{1}{s-1}}(a+b)}{2} \right) \right| \left| f' \left(\frac{\frac{1}{ts}b + \frac{(1-t)^{\frac{1}{s}}(a+b)}{2} \right) \right| dt \end{aligned}$$

- محدبیت نه په کار اخيستنې ليکلی شو چې (s, m) د دريم ډول $|f'|^p$ همدا رنگه دهولېر نامساوي او د

$$\begin{aligned} & \left| f\left(\frac{a+b}{2}\right) - \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx \right| \\ & \geq \frac{1}{s(b-a)} \left(\int_0^1 \left(\left| \frac{\frac{1}{ts}(a+b)}{2} + \left((1-t)^{\frac{1}{s}} \right) a \right| \left| \frac{\frac{1}{ts-1}(a+b)}{2} - (1-t)^{\frac{1}{s-1}} a \right| \right)^{\frac{p}{p-1}} dt \right)^{\frac{p-1}{p}} \\ & \times \left(\int_0^1 \left| f' \left(\frac{\frac{1}{ts}(a+b)}{2} + (1-t)^{\frac{1}{s}} a \right) \right|^p dt \right)^{\frac{1}{p}} \\ & + \frac{1}{s(b-a)} \left(\int_0^1 \left(\left| \frac{\frac{1}{ts}b + \frac{(1-t)^{\frac{1}{s}}(a+b)}{2} \right| \left| \frac{\frac{1}{ts-1}b - \frac{(1-t)^{\frac{1}{s-1}}(a+b)}{2} \right| \right)^{\frac{p}{p-1}} dt \right)^{\frac{p-1}{p}} \\ & \times \left(\int_0^1 \left| f' \left(\frac{\frac{1}{ts}b + \frac{(1-t)^{\frac{1}{s}}(a+b)}{2} \right) \right|^p dt \right)^{\frac{1}{p}} \\ & \geq \frac{1}{s(b-a)} \left(\int_0^1 \left(\left(\left| \frac{a+b}{2} \right| + 2|a| \right) \left(\left| \frac{a+b}{2} \right| + |a| \right) \right)^{\frac{p}{p-1}} dt \right)^{\frac{p-1}{p}} \\ & \times \left(\left| f' \left(\frac{a+b}{2} \right) \right|^p \int_0^1 \frac{1}{ts^2} dt + m^{\frac{1}{s-1}} |f'(a)|^p \int_0^1 (1-t)^{\frac{1}{s^2}} dt \right)^{\frac{1}{p}} \\ & + \frac{1}{s(b-a)} \left(\int_0^1 \left(\left(\left| \frac{a+b}{2} \right| + 2|b| \right) \left(\left| \frac{a+b}{2} \right| + |b| \right) \right)^{\frac{p}{p-1}} dt \right)^{\frac{p-1}{p}} \\ & \times \left(|f'(b)|^p \int_0^1 \frac{1}{ts^2} dt + m^{\frac{1}{s-1}} \left| f' \left(\frac{a+b}{2} \right) \right|^p \int_0^1 (1-t)^{\frac{1}{s^2}} dt \right)^{\frac{1}{p}} = \frac{s}{(s^2+1)(b-a)} \\ & \left[\left(\left| \frac{a+b}{2} \right| + 2|a| \right) \left(\left| \frac{a+b}{2} \right| + |a| \right) \left(\left| f' \left(\frac{a+b}{2} \right) \right|^p + m^{\frac{1}{s-1}} |f'(a)|^p \right) \right. \\ & \left. + \left(\left| \frac{a+b}{2} \right| + 2|b| \right) \left(\left| \frac{a+b}{2} \right| + |b| \right) \left(|f'(b)|^p + m^{\frac{1}{s-1}} \left| f' \left(\frac{a+b}{2} \right) \right|^p \right) \right]. \end{aligned}$$

کارونه: په دې برخه کې د لاس ته راغليو پايلو کارونه د عددي انټيگرالونو د تخمين د خطا د سرحدونو په پيدا کولو کې څېړل شوي ده.

په (Davis & Rabinowitz, 2007) کي د $[a, b]$ انټروال د P د يو انقسام لپاره داسې چې $P: a = x_0 < x_1 < \dots < x_{n-1} < x_n = b$ وي د ذوزنقه اي او منځني نقطې فورمولونه (trapezoidal and midpoint formulas) په لاندې ډول ورکړل شوي دي

$$T(f, P) = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{f(x_i) + f(x_{i+1})}{2} (x_{i+1} - x_i),$$

$$M(f, P) = \sum_{i=0}^{n-1} f\left(\frac{x_i + x_{i+1}}{2}\right) (x_{i+1} - x_i).$$

اوس که چېرې د $f: [a, b] \rightarrow \mathbb{R}$ تابع د (a, b) په انټروال باندې دوهمه مرتبه مشتق منونکي او $\max_{x \in (a, b)} |f'(x)| < \infty$ وي نو

$$\int_a^b f(x) dx = T(f, P) + E_T(f, P),$$

$$\int_a^b f(x) dx = M(f, P) + E_M(f, P).$$

دسې چې د $\int_a^b f(x) dx$ انټيگرال د $E_T(f, P)$ او $E_M(f, P)$ تخميني خطاگانې لاندې نامساواتونه رېښتيا کوي:

$$|E_T(f, P)| \leq \frac{M}{12} \sum_{i=0}^{n-1} (x_{i+1} - x_i)^3, \quad |E_M(f, P)| \leq \frac{M}{24} \sum_{i=0}^{n-1} (x_{i+1} - x_i)^3. \quad (4.1)$$

ښکاره ده چې که د f تابع دوهمه مرتبه مشتق منونکې نه وي او يا د (a, b) په انټروال باندې محدوده نه وي نو د $\int_a^b f(x) dx$ انټيگرال د تخمين د خطا د سرحد د پيدا کولو لپاره له (4.1) نامساوي گانو نه گټه نه شي اخيستل کيدی. دلته د يادو خطا گانو لپاره نوي سرحدونه يوازي د f د تابع د لومړي مرتبه مشتق له جنسه لاس ته راغلي.

4.1. بيانیه: قبولو چې $f: I \subseteq \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ د I° په انټروال باندې يوه مشتق منونکې تابع او $a, b \in I$ داسې چې $a < b$ ده که چېرې $|f'|$ د $[a, b]$ په انټروال باندې د انټيگرال وړ او دريم ډول (s, m) - محدبه تابع وي نو د $[a, b]$ انټروال د هر انقسام P لپاره لاندې نامساوي

$$|E_T(f, P)| \leq \frac{3s}{2(s^2+1)} \sum_{i=0}^{n-1} (|x_i| + |x_{i+1}|)^2 \left[|f'(x_{i+1})| + m^{\frac{1}{s}-1} |f'(x_i)| \right].$$

رېښتيا ده.

ثبوت: د P انقسام د $[x_i, x_{i+1}]$, $i=0, 1, \dots, n-1$ په انټروال باندې د 3.3 قضیې په کاروونې سره ليکلی شو چې:

$$\left| \frac{f(x_i) + f(x_{i+1})}{2} (x_{i+1} - x_i) - \int_{x_i}^{x_{i+1}} f(x) dx \right| \leq \frac{3s(|x_i| + |x_{i+1}|)^2}{2(s^2+1)} \left[|f'(x_{i+1})| + m^{\frac{1}{s}-1} |f'(x_i)| \right].$$

همدارنگه د i انډيکس د قيمتونو په پام کي نيولو سره کولی شو چې وليکو:

$$\left| \sum_{i=0}^{n-1} \frac{f(x_i) + f(x_{i+1})}{2} (x_{i+1} - x_i) - \sum_{i=0}^{n-1} \int_{x_i}^{x_{i+1}} f(x) dx \right| \leq \frac{3s}{2(s^2+1)} \sum_{i=0}^{n-1} (|x_i| + |x_{i+1}|)^2 \left[|f'(x_{i+1})| + m^{\frac{1}{s}-1} |f'(x_i)| \right].$$

دار رابښي چې:

$$\left| T(f,P) - \int_a^b f(x) dx \right| \leq \frac{3s}{2(s^2+1)} \sum_{i=0}^{n-1} (|x_i| + |x_{i+1}|)^2 \left[|f'(x_{i+1})| + m^{\frac{1}{s}-1} |f'(x_i)| \right].$$

په نتيجه کي ليکلی شو چې:

$$|E_T(f,P)| \leq \frac{3s}{2(s^2+1)} \sum_{i=0}^{n-1} (|x_i| + |x_{i+1}|)^2 \left[|f'(x_{i+1})| + m^{\frac{1}{s}-1} |f'(x_i)| \right].$$

4.2. بيانیه: قبلوو چې $f: I \subseteq \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ د I° په انټروال باندې يوه مشتق منونکې تابع او $a, b \in I$ داسي چې $a < b$ ده که چيري د هر $p > 1$ لپاره $|f'|^p$ تابع د $[a, b]$ په انټروال باندې د انټيگرال وړ او دريم ډول (s, m) - محدبه تابع وي نو د $[a, b]$ انټروال د هر انقسام P لپاره لاندې نامساوي

$$|E_T(f,P)| \leq \frac{3\left(\frac{s^2}{s^2+1}\right)^{\frac{1}{p}}}{2s} \sum_{i=0}^{n-1} (|x_i| + |x_{i+1}|)^2 \left[m^{\frac{1}{s}-1} |f'(x_i)|^p + |f'(x_{i+1})|^p \right]^{\frac{1}{p}}.$$

ثبوت: د دې بيانې ثبوت د 4.1 بيانې ثبوت ته ورته دی يوازي د 3.3 قضیې په ځای د 3.5 قضیې نه گټه اخلو.

4.3. بيانیه: قبلوو چې $f: I \subseteq \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ د I° په انټروال باندې يوه مشتق منونکې تابع او $a, b \in I$ داسي چې $a < b$ ده که چيرې $|f'|$ د $[a, b]$ په انټروال باندې د انټيگرال وړ او دريم ډول (s, m) - محدبه تابع وي نو د $[a, b]$ انټروال د هر انقسام P لپاره لاندې نامساوي

$$|E_M(f,P)| \leq \frac{s}{(1+s^2)(b-a)} \left[\left(\frac{3|a|+|b|}{2} \right)^2 \left(\left| f' \left(\frac{a+b}{2} \right) \right| + m^{\frac{1}{s}-1} |f'(a)| \right) + \left(\frac{|a|+3|b|}{2} \right)^2 \left(m^{\frac{1}{s}-1} \left| f' \left(\frac{a+b}{2} \right) \right| + |f'(b)| \right) \right]$$

ريښتيا ده.

ثبوت: د P انقسام د $[x_i, x_{i+1}]$, $i=0, 1, \dots, n-1$ په انټروال باندې د 3.4 قضیې په کارونې سره ليکلی شو چې:

$$\left| f \left(\frac{x_i + x_{i+1}}{2} \right) (x_{i+1} - x_i) - \int_{x_i}^{x_{i+1}} f(x) dx \right| \leq \frac{s}{(1+s^2)} \left[\left(\frac{3|x_i|+|x_{i+1}|}{2} \right)^2 \left(\left| f' \left(\frac{x_i + x_{i+1}}{2} \right) \right| + m^{\frac{1}{s}-1} |f'(x_i)| \right) + \left(\frac{|x_i|+3|x_{i+1}|}{2} \right)^2 \left(m^{\frac{1}{s}-1} \left| f' \left(\frac{x_i + x_{i+1}}{2} \right) \right| + |f'(x_{i+1})| \right) \right].$$

همدارنگه د i انډيکس د قيمتونو په پام کې نيولو سره کولی شو چې وليکو

$$\left| \sum_{i=0}^{n-1} f \left(\frac{x_i + x_{i+1}}{2} \right) (x_{i+1} - x_i) - \sum_{i=0}^{n-1} \int_{x_i}^{x_{i+1}} f(x) dx \right|$$

$$\leq \frac{s}{(1+s^2)} \left[\sum_{i=0}^{n-1} \left(\frac{3|x_i|+|x_{i+1}|}{2} \right)^2 \left(\left| f' \left(\frac{x_i+x_{i+1}}{2} \right) \right| + m^{\frac{1}{s}-1} |f'(x_i)| \right) \right. \\ \left. + \sum_{i=0}^{n-1} \left(\frac{|x_i|+3|x_{i+1}|}{2} \right)^2 \left(m^{\frac{1}{s}-1} \left| f' \left(\frac{x_i+x_{i+1}}{2} \right) \right| + |f'(x_{i+1})| \right) \right].$$

دار رابښي چې

$$\left| M(f,P) - \int_a^b f(x) dx \right| \leq \frac{s}{(1+s^2)} \left[\sum_{i=0}^{n-1} \left(\frac{3|x_i|+|x_{i+1}|}{2} \right)^2 \left(\left| f' \left(\frac{x_i+x_{i+1}}{2} \right) \right| + m^{\frac{1}{s}-1} |f'(x_i)| \right) \right. \\ \left. + \sum_{i=0}^{n-1} \left(\frac{|x_i|+3|x_{i+1}|}{2} \right)^2 \left(m^{\frac{1}{s}-1} \left| f' \left(\frac{x_i+x_{i+1}}{2} \right) \right| + |f'(x_{i+1})| \right) \right].$$

په نتيجه کې ليکلی شو چې:

$$|E_M(f,P)| \leq \frac{s}{(1+s^2)} \left[\sum_{i=0}^{n-1} \left(\frac{3|x_i|+|x_{i+1}|}{2} \right)^2 \left(\left| f' \left(\frac{x_i+x_{i+1}}{2} \right) \right| + m^{\frac{1}{s}-1} |f'(x_i)| \right) \right. \\ \left. + \sum_{i=0}^{n-1} \left(\frac{|x_i|+3|x_{i+1}|}{2} \right)^2 \left(m^{\frac{1}{s}-1} \left| f' \left(\frac{x_i+x_{i+1}}{2} \right) \right| + |f'(x_{i+1})| \right) \right].$$

4.4. بيانیه: قبلوو چې $f: I \subseteq \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ د I° په انټروال باندې يوه مشتق منونکې تابع او $a, b \in I$ داسې چې $a < b$ ده که چېرې د هر $p > 1$ لپاره $|f'|^p$ تابع د $[a, b]$ په انټروال باندې د انټيگرال وړ او دريم ډول (s, m) - محدبه تابع وي نو د $[a, b]$ انټروال د هر انقسام P لپاره لاندې نامساوي

$$|E_T(f,P)| \leq \frac{s}{(s^2+1)}$$

$$\left[\sum_{i=0}^{n-1} \left(\left| \frac{x_i+x_{i+1}}{2} \right| + 2|x_i| \right) \left(\left| \frac{x_i+x_{i+1}}{2} \right| + |x_i| \right) \left(\left| f' \left(\frac{x_i+x_{i+1}}{2} \right) \right|^p + m^{\frac{1}{s}-1} |f'(x_i)|^p \right) \right. \\ \left. + \sum_{i=0}^{n-1} \left(\left| \frac{x_i+x_{i+1}}{2} \right| + 2|x_{i+1}| \right) \left(\left| \frac{x_i+x_{i+1}}{2} \right| + |x_{i+1}| \right) \left(|f'(x_{i+1})|^p + m^{\frac{1}{s}-1} \left| f' \left(\frac{x_i+x_{i+1}}{2} \right) \right|^p \right) \right]$$

ثبوت: د دې بيانې ثبوت د 4.3 بيانې ثبوت ته ورته دی يوازې د 3.4 قضیې په ځای د 3.6 قضیې نه گټه اخلو.

بحث او مناقشه

که چېرې په 3.2، 3.3، 3.4، او 3.5 قضایاوو کې $m = 1$ وضع شي نو په ترتيب سره 2.4، 2.5، 2.6 او 2.7 نامساوي گانې په لاس راځي.

$$\left| \frac{f(a)+f(b)}{2} - \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx \right| \leq \frac{3s(|a|+|b|)^2 (|f'(a)|+|f'(b)|)}{2(s^2+1)(b-a)} \quad (2.4)$$

$$\left| f\left(\frac{a+b}{2}\right) - \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx \right| \leq \frac{s}{(s^2+1)(b-a)} \left[\left(\frac{3|a|+|b|}{2}\right)^2 |f'(a)| + \frac{5a^2+6|ab|+5b^2}{2} \left|f'\left(\frac{a+b}{2}\right)\right| + \left(\frac{3|a|+|b|}{2}\right)^2 |f'(b)| \right] \quad (2.5)$$

$$\left| \frac{f(a)+f(b)}{2} - \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx \right| \leq \frac{3\left(\frac{s^2}{s^2+1}\right)^{\frac{1}{p}} (|a|+|b|)^2 (|f'(a)|^p + |f'(b)|^p)^{\frac{1}{p}}}{2s(b-a)} \quad (2.6)$$

$$\left| f\left(\frac{a+b}{2}\right) - \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx \right| \leq \frac{s}{(s^2+1)(b-a)} \left[\left(2|a| + \left|\frac{a+b}{2}\right|\right) \left(|a| + \left|\frac{a+b}{2}\right|\right) \left(|f'\left(\frac{a+b}{2}\right)|^p + |f'(a)|^p\right)^{\frac{1}{p}} + \left(2|b| + \left|\frac{a+b}{2}\right|\right) \left(|b| + \left|\frac{a+b}{2}\right|\right) \left(|f'\left(\frac{a+b}{2}\right)|^p + |f'(b)|^p\right)^{\frac{1}{p}} \right] \quad (2.7)$$

پايله

په دې مقاله کې درېيم ډول (s,m) - محدبې تابع گانې تعريف شوې دي. د هولډر او مثلثي نامساوي گانو په مرسته د ياد تابع گانو لپاره ځينې انتيگرافي نامساوي گانې لاس ته راغلې دي. که د درېيم ډول (s,m) - محدبو تابع گانو لپاره په لاس ته راغليو نامساوي گانو کې $m = 1$ وضع شي نو په کې د درېيم ډول S - محدبو تابع گانو لپاره ځينې لاس ته راغلي نتايج په لاس راځي. سربيره پردې د درېيم ډول (S,m) - محدبو تابع گانو لپاره د لاس ته راغليو نامساوي گانو کارونه د عددي انتيگرالونو د خطا د تخمين د سرحدونو په پيداکولو کې خپرل شوې ده. د تابع گانو نوی تعريف شوی ټولگی کيدای شي نور هم تعميم شي او د کړنلارې په بدلون سره د درېيم ډول (s,m) - محدبو تابع گانو لپاره نوې انتيگرافي نامساوي گانې تشکيليدای شي. سربيره پردې ددې کار له کړنلارې او پايلو نه په گټه اخيستنې سره د درېيم ډول (s,m) - محدبو تابع گانو لپاره چې مشتق نه منونکي وي ځينې انتيگرافي نامساوي گانې او د هغوی کارونه وڅېړل شي.

اخځليکونه

- Breckner, W. W. (1978). Stetigkeitsaussagen für eine Klasse verallgemeinerter konvexer Funktionen in topologischen linearen Räumen. Publ. Inst. Math. (Beograd)(NS), 23(37), 13-20.
- Davis, P. J., & Rabinowitz, P. (2007). Methods of numerical integration. Courier Corporation.
- Dragomir, S. S., & Agarwal, R. (1998). Two inequalities for differentiable mappings and applications to special means of real numbers and to trapezoidal formula. Applied mathematics letters, 11(5), 91-95.
- Eftekhari, N. (2014). Some remarks on (s, m) -convexity in the second sense. J. Math. Inequal, 8(3), 489-495.
- Hudzik, H., & Maligranda, L. (1994). Some remarks on s -convex functions. Aequationes mathematicae, 48(1), 100-111.

- Kemali, S., Sezer, S., Tinaztepe, G., & Adilov, G. (2021). s -Convex functions in the third sense. *The Korean Journal of Mathematics*, 29(3), 593-602.
- Kirmaci, U. S. (2004). Inequalities for differentiable mappings and applications to special means of real numbers and to midpoint formula. *Applied mathematics and computation*, 147(1), 137-146.
- Mihesan, V. G. (1993). A generalization of the convexity. In *Seminar on Functional Equations, Approx. and Convex*, Cluj-Napoca, Romania.
- Mitrinovic, D. S., Pecaric, J., & Fink, A. M. (2013). *Classical and new inequalities in analysis* (Vol. 61). Springer Science & Business Media.
- Orlicz, W. (1961). A note on modular spaces I. *Bull. Acad. Polon. Sci. Sér. Sci. Math. Astronom. Phys*, 9, 157-162.
- Pearce, C. E., & Pečarić, J. (2000). Inequalities for differentiable mappings with application to special means and quadrature formulae. *Applied Mathematics Letters*, 13(2), 51-55.
- Zeynep, E. K. E. N. (2021). Hermite-Hadamard Type Inequalities Related to s Convex Functions in the Third Sense. *Turkish Journal of Mathematics and Computer Science*, 13(2), 318-330.

پيشرفت های پسین در کاربرد فوتوکاتاليسټ ها برای برطرف کردن آلاينده های دارویی آب

۱- پوهنيار احمدسمير کريمی حقمل^۱، ۲- پوهنمل حزب الله بهير^۲
 ۱- دپارتمنت کيميا، پوهنځی تعليم و تربيه، پوهنتون هلمند، -افغانستان
 ۲- دپارتمنت بيولوژي، پوهنځی تعليم و تربيه، مؤسسه تحصيلات عالي وردگ، افغانستان

چکیده

صنعت داروسازی نقش مهمی در توسعه داروها برای بهبود سلامت و کیفیت زندگی انسان‌ها و حیوانات ایفا کرده است. اما این صنعت به عنوان یکی از منابع آلاینده‌های که به صورت عمده یا تصادفی وارد منابع آبی جهان می‌شوند و سمیت ایجاد می‌کنند، شناخته می‌شود. این آلاینده‌ها، حتی در غلظت‌های پایین، تهدیدی برای سلامت انسان، موجودات آبی و محیط زیست محسوب می‌شوند و به دلیل غیرقابل تجزیه بودن، با روش‌های تصفیه معمول قابل حذف کامل نیستند. در این راستا، تکنیک‌های فوتوکاتالیتسی با استفاده از مواد نیمه‌رسانا (اصلاح شده یا نشده) توجه بسیاری را به عنوان یک راهکار امیدوارکننده برای تجزیه کامل آنتی‌بیوتیک‌ها و تولید محصولات غیرسمی به خود جلب کرده‌اند. این مقاله مروری پیشرفت‌های اخیر در حذف آلاینده‌های نو ظهور از جمله استامینوفن، آموکسی سیلین، سولفامتوکسازول، نورفلوکساسین، ایبوپروفن، سیپروفلوکساسین، تراسایکلین، دیکلوفناک و آنتولول را از آب بررسی می‌کند. تأکید ویژه‌ای بر فوتوکاتالیت‌های اکسید فلزی و مبتنی بر کربن با تغییراتی نظیر دوپینگ با فلزات و غیرفلزات، بارگذاری فلزات، تشکیل کامپوزیت‌ها، تثبیت و روش‌های هترو ساختار/هترو جانشین شده است. در پایان، چشم‌اندازهای آینده در استفاده از فوتوکاتالیت‌های ناهمگن مبتنی بر نانو مواد برای حذف آلاینده‌های دارویی از آب مطرح می‌شود.

کلمه‌های کلیدی: آلودگی‌های دارویی، تصفیه آب، سمیت داروها، فوتوکاتالیت، نیمه هادی.

*Email: ask97_haqmal@yahoo.com

Recent Advances in The Application of Photocatalysts for Removal of Pharmaceutical Contaminates of Wastewater

1- Senior Teaching Assistant Ahmad Samir Karimi Haqmal ^{*1}, 2- Senior Teaching Assistant

Hizbullah Bahir¹

1- Chemistry Department, Education Faculty, Helmand University, Afghanistan

2- Education Faculty, Wardak Institute of Higher Education, Afghanistan

Abstract

The pharmaceutical industry plays a significant role in developing medications to improve human and animal health and quality of life. However, it is also recognized as a source of pollutants intentionally or accidentally released into global water resources, contributing to toxicity. These pollutants, even at low concentrations, threaten human health, aquatic organisms, and the environment. Due to their non-biodegradable nature, they cannot be fully eliminated using conventional treatment methods. In this context, photocatalytic techniques utilizing semiconductor materials (modified or unmodified) have garnered considerable attention as a promising solution for completely degrading antibiotics and producing non-toxic byproducts. This review examines recent advancements in the removal of emerging contaminants, including acetaminophen, amoxicillin, sulfamethoxazole, norfloxacin, ibuprofen, ciprofloxacin, tetracycline, diclofenac, and atenolol from water. Special emphasis is placed on metal oxide and carbon-based photocatalysts, focusing on modifications such as metal and non-metal doping, metal loading, composite formation, stabilization, and heterostructure/heterojunction methods. Finally, future perspectives on the application of nanomaterial-based heterogeneous photocatalysts for the removal of pharmaceutical pollutants from water are discussed.

Keywords: Pharmaceutical pollutants, Photocatalyst, Semiconductor, pharmaceutical toxicity, water treatment\

*Email: ask97_haqmal@yahoo.com

مقدمه

آب نقشی اساسی در حفظ زندگی سالم و ارزشمند موجودات زنده و اکوسیستم‌ها ایفا می‌کند. از این رو، خلوص آب برای بقای انسان‌ها، گیاهان، حیوانات و سایر گونه‌های زنده در جهان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. طبق گزارشی که توسط یونسکو در کنفرانس آب سازمان ملل متحد در سال ۲۰۲۳ ارائه شد، ۲۶ درصد از جمعیت جهان به آب آشامیدنی سالم دسترسی ندارند (Srivastava, 2024).

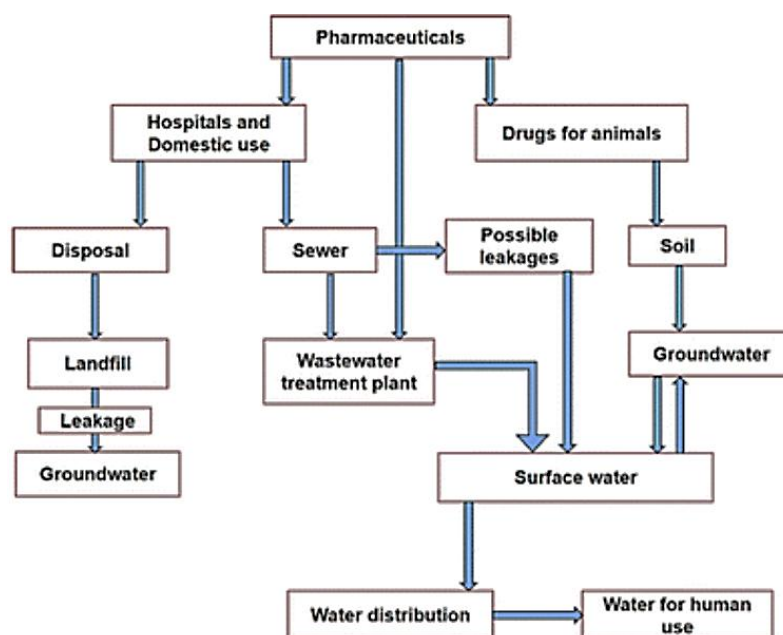
این مشکل با حضور آلاینده‌های مختلف در منابع آبی تشدید می‌شود و به کاهش منابع آب شیرین و در نتیجه بحران جهانی آب منجر می‌گردد (Bashir et al., 2020). این بحران تأثیرات منفی قابل توجهی بر سلامت انسان، دیگر موجودات زنده و توسعه پایدار اجتماعی دارد. برآوردها نشان می‌دهد که حدود ۸۰ درصد از فاضلاب‌های جهان بدون هیچ‌گونه تصفیه اولیه به محیط زیست تخلیه می‌شوند که خطرات جدی برای سلامت انسان، اکوسیستم و محیط زیست به همراه دارد (Srivastava, 2024).

در این میان، پساب‌های صنعتی حاوی رنگ‌ها، فلزات سنگین و آفت‌کش‌ها نقش عمده‌ای در آلودگی آب ایفا می‌کنند (Bashir et al., 2020; Singh, Saidulu, Gupta, & Kubsad, 2022; Soorya et al., 2025).

علاوه بر این، کاربرد گسترده داروها در زندگی روزمره برای درمان بیماری‌های پیچیده یکی از عوامل اصلی آلودگی‌های نوظهور است که می‌تواند تأثیرات منفی بالقوه‌ای بر انسان و محیط آبی داشته باشد (Hejna, Kapuścińska, & Aksmann, 2022; Parida, Srivastava, Chowdhury, & Gupta, 2023; Samal, Mahapatra, & Ali, 2022).

حضور این آلاینده‌های دارویی ممکن است منجر به سرطان، خونریزی‌های شدید، آسیب به اندام‌ها، نقص‌های مادرزادی، اختلالات تولیدمثلی، اختلالات غدد درون‌ریز و اثرات سمی خفیف تا شدید در انسان شود. همچنین، این اثرات سمی تهدیدی برای پستانداران، سایر موجودات و اکوسیستم محسوب می‌شوند. شکل ۱ تأثیر داروها بر کاهش کیفیت آب را نشان می‌دهد (Samal et al., 2022).

حضور آلاینده‌های دارویی در آب از طریق دفع نادرست، آبیاری محصولات کشاورزی و مصرف توسط انسان، حیوانات و کشاورزی، تأثیرات جدی بر اکوسیستم دارد. بر اساس گزارش سازمان ملل متحد درباره گسترش جهانی آب (۲۰۲۰)، تغییرات در چرخه آب خطرات جدی برای تولید انرژی، امنیت غذایی، سلامت انسان، توسعه اقتصادی و کاهش فقر به همراه دارد و دستیابی به اهداف توسعه پایدار را به شدت تهدید می‌کند. از این رو، توسعه روش‌های پیشرفته، سازگار با محیط زیست، کم‌هزینه و کارآمد برای بازیافت و استفاده مجدد از آب‌های مصرفی، امری ضروری است (Datta & Roy, 2023).



شکل ۱: مسیرهای ورود آلاینده‌های دارویی (PCs) به محیط زیست بسیار متنوع بوده و عمدتاً ناشی از دفع نادرست، فعالیت‌های کشاورزی و استفاده گسترده از داروها در طبابت انسانی و حیوانی است.

تجمع داروهای آنتی‌بیوتیک در آب می‌تواند منجر به شکل‌گیری باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک و گسترش ژن‌های مقاومت آنتی‌بیوتیکی در انسان‌ها و سایر موجودات زنده شود (Duarte, Rodrigues, & Afonso, Nogueira, & Coutinho, 2022).

بر اساس گزارش اخیر، تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری به‌عنوان منابع اصلی گسترش مقاومت آنتی‌بیوتیکی در محیط زیست شناخته می‌شوند (Srivastava, 2024). با توجه به تأثیرات فزاینده این مقاومت آنتی‌بیوتیکی بر جمعیت جهانی، حذف این مولکول‌های زیست‌فعال از محیط زیست برای کاهش رشد میکروارگانیسم‌های مقاوم ضروری است. علاوه بر این، باقی‌مانده‌های آنتی‌بیوتیک که توسط گیاهان جذب می‌شوند می‌توانند فرآیندهای فیزیولوژیکی را مختل کرده و اثرات اکوتوکسیکولوژیکی بالقوه‌ای به همراه داشته باشند (Polianciuc, Gurzău, Kiss, Ștefan, & Loghin, 2020).

این آلاینده‌ها به دلیل تشکیل آلاینده‌های ثانویه، هزینه‌های بالا و زمان عملیاتی طولانی، به طور کامل از ماتریس‌های مختلف آبی توسط فرآیندهای شیمیایی، فیزیکی، انعقاد، اسمز معکوس و چندین روش دیگر قابل حذف نیستند (Vinayagam et al., 2022). از این رو، توسعه فناوری‌های کم‌هزینه، سازگار با محیط زیست، اقتصادی و مؤثر برای حذف این آلاینده‌های نوظهور، با توجه به تأثیرات فزاینده مقاومت آنتی‌بیوتیکی در محیط‌های آبی، به شدت ضروری است (Srivastava, 2024).

تحولات در چرخه طبیعی آب می‌تواند تأثیرات منفی قابل‌توجهی بر تولید انرژی، محصولات کشاورزی، سلامت انسان و توسعه اقتصادی داشته باشد و به اهداف توسعه پایدار که در گزارش جهانی

گسترش آب سازمان ملل (۲۰۲۰) شناسایی شده‌اند، آسیب وارد کند. در نتیجه، پژوهش درباره روش‌های مدرن، پایدار از نظر زیست‌محیطی، مقرون‌به‌صرفه و کارآمد برای بازیافت و استفاده مجدد از پساب‌ها به امری ضروری تبدیل شده است (Datta & Roy, 2023).

تکنولوژی‌های متعددی برای تصفیه پساب مورد استفاده قرار می‌گیرند که شامل الکترودیالیز (Zazouli & Kalankesh, 2017)، فیلتراسیون غشایی (Zularisam, Ismail, & Salim, 2006)، رسوب‌گذاری (Ren et al., 2021)، جذب (Yagub, Sen, Afroze, & Ang, 2014)، کاهش الکتروشیمیایی (Mousset & Doudrick, 2020) و دی‌آیونایزیشن الکتریکی (Arar, Yüksel, Kabay, & Yüksel, 2014) می‌باشند. این فرآیندها معمولاً به مصرف مقادیر زیادی انرژی نیاز دارند و پیچیدگی آن‌ها به دلیل انتقال آلاینده‌ها بین فازهای مختلف و تولید زباله‌ها و محصولات جانبی گوناگون در طی تصفیه پساب افزایش می‌یابد.

طراحی سطح و رابط نقش بسیار مهمی در عملکرد فوتوکاتالیست‌ها از طریق افزایش کارایی کاتالیست‌ها ایفا می‌کند. به همین دلیل، فوتوکاتالیز ناهمگن به‌عنوان یکی از رویکردهای جذاب، کم‌هزینه، کارآمد و برجسته در تخریب آلاینده‌های دارویی مورد توجه زیادی قرار گرفته است (Krishnan et al., 2024; Parida, Srivastava, Chowdhury, et al., 2023).

در این زمینه، تحقیقات زیادی عمدتاً بر روی TiO_2 و تا حدودی بر سایر مواد نیمه‌رسانا و اکسیدهای فلزی واسطه به‌عنوان فوتوکاتالیست‌ها برای تخریب آلاینده‌های دارویی در آب متمرکز شده‌اند (Sendão, da Silva, & da Silva, 2022).

انتخاب اکسیدهای فلزی نیمه‌رسانا به‌عنوان فوتوکاتالیست‌ها به دلیل دسترسی به یک منبع انرژی تجدیدپذیر (انرژی خورشیدی) و تولید محصولات تخریب غیرسمی (مواد شیمیایی و گازها) است. این فوتوکاتالیست‌ها معمولاً از طریق روش‌های سل-ژل، هیدروترمال، سولوترمال، حرارت‌دهی میکروویو، شیمی تر، رسوب فیزیکی بخار و رسوب شیمیایی بخار تهیه می‌شوند (Velempini, Prabakaran, & Pillay, 2021).

بااین‌حال، پتانسیل TiO_2 و سایر اکسیدهای فلزی نیمه‌رسانا به‌طور کامل قابل بهره‌برداری نیست، زیرا سرعت بالای بازترکیب جفت‌های الکترون-حفره و فعالیت فوتوکاتالیستی محدود آنها تحت نور مرئی، عملکرد آن‌ها را محدود کرده است (Srivastava, 2024).

فناوری کاتالیز نوری با برخورداری از شرایط عملیاتی ملایم، فرآیند ساده و ماهیت زیست‌محیطی، توانایی تجزیه آلاینده‌های دارویی موجود در پساب به آب، دی‌اکسید کربن یا سایر مولکول‌های کوچک و همچنین کاهش یا اکسیداسیون آلاینده‌های غیرآلی به مواد بی‌ضرر را دارد. بااین‌حال، این فرآیند با چالش خودتخریبی کاتالیزورها به دلیل پایداری پایین کاتالیزگرهای غیرفعال روبرو است. تحقیقات گسترده‌ای در زمینه بهبود عملکرد کاتالیز نوری و بازیابی کارایی این فرآیند از طریق اصلاح ساختارهای هتروجانکشن

(Heterojunction)، دوپینگ (Doping) و ایجاد نقص‌های ساختاری در سطح کاتالیزگر انجام شده است. این اقدامات به‌ویژه بر کاهش اکسیداتیو کاتالیزگرهای غیرفعال برای بازسازی و بازیافت عملکرد کاتالیز نوری متمرکز بوده‌اند (Ren et al., 2021).

از راهکارهای کارا و کم هزینه، در برطرف سازی این مشکل، بکارگیری از پدیده‌ی کاتالیز می‌باشد و کاتالیز به بررسی‌ای اطلاق می‌شود که شامل تهیه، دستکاری و مکانیسم ماده‌ای است که می‌تواند با مشارکت یک ماده به نام کتلیست، سرعت تعامل شیمیایی را افزایش دهد یا تسریع کند، در حالی که در پایان تعامل دگرگونی نمی‌کند. تعامل با حضور کاتالیزگر سریع‌تر انجام می‌شود، زیرا به انرژی فعال‌سازی کمتری نسبت به یک تعامل معمولی نیاز دارد. انرژی فعال‌سازی (Ea) به انرژی آستانه‌ای اطلاق می‌شود که باید برای وقوع یک تعامل بر آن غلبه کرد، همان‌طور که در شکل ۲ الف (Karimi Haqmal, 2025) نشان داده شده است. به‌جای مسیر معمولی تعامل، حضور کاتالیزگر مسیر جایگزینی با انرژی فعال‌سازی پایین‌تر ایجاد می‌کند که منجر به افزایش سرعت تعامل می‌شود. با این حال، نتیجه نهایی و ترمودینامیک کلی تعامل تغییر نمی‌کند. به‌طور کلی، تعامل‌های کاتالیزگری محدود به تعامل‌های خودبه‌خود است که در آن انرژی آزاد گیبس بیشتر از صفر است. با این وجود، فوتوکاتالیزگرها قادرند وقوع هر دو نوع تعامل‌های خودبه‌خود و غیرخودبه‌خود را تسهیل کنند. این امر به توانایی جذب نور ماده بستگی دارد و می‌تواند انرژی نور را جذب کرده و آن را به انرژی شیمیایی تبدیل کند (Ohtani, 2010).

یکی از روش‌های جذاب و مؤثر برای تجزیه آلاینده‌های آلی، استفاده از فوتوکاتالیزها است. این روش به دلیل فعالیت تجزیه‌ای کارآمد و امیدوارکننده فوتوکاتالیزها در حذف آلاینده‌ها، بهینه‌سازی فرآیند را با توانایی ایجاد تعامل‌های خودبه‌خود و غیرخودبه‌خود فراهم می‌آورد. فوتوکاتالیز برای اولین بار در سال ۱۹۷۲ توسط فوجیشیما و هوندا در پژوهش‌های خود در زمینه فتولیز الکتروشیمیایی آب در الکتروکاتالیز نیمه‌هادی معرفی شد (Fujishima & Honda, 1972).

این فرآیند به‌عنوان یکی از توالی‌های زمانی فرآیندهای پیشرفته اکسیداسیون (AOPs) شناخته می‌شود که معایب فرآیندهای سنتی مانند هزینه بالا، معدنی‌سازی ناقص و نیاز به مقادیر زیاد رادیکال‌های هایدروکسیل را بهبود می‌بخشد. فرآیند فوتوکاتالیز به انرژی نوری برای فعال‌سازی فوتوکاتالیز نیاز دارد و ویژگی جذاب آن این است که تعاملات می‌توانند توسط منابع نوری یا فوتونی کنترل شوند (Sinar, 2020).

میتود پژوهش

در نگارش این مرور از روش پژوهش در بانک‌های اطلاعاتی آنلاین استفاده شده است و از مقالات جدید منتشرشده در ژورنال‌های معتبر بین‌المللی در حوزه‌ی کیمیا اطلاعات این مقاله جمع‌آوری گردیده است.

مقاله های مرور شده در این پژوهش به بررسی پیشرفت های اخیر در زمینه ی تصفیه ی پساب ها از وجود آلاینده های دارویی با بهره گیری از روش های گوناگون، به ویژه کاتالیزورهای نوری، می پردازند.

اهداف پژوهش

هدف از این مرور، پاسخ به این سوالات است که چگونه می توان پساب های آلوده را تصفیه کرد، با ارائه بررسی جامعی از انواع آلاینده های دارویی موجود در محیط، منابع انتشار آن ها، اثرات آن ها بر سلامت انسان و مکانیسم های دقیق حذف این آلاینده ها با استفاده از کاتالیست های نوری. در این راستا، مطالعه و کاربرد کاتالیست های نوری به عنوان یک فناوری نوین، کارآمد و مقرون به صرفه در تصفیه آلاینده های دارویی آب، نقش حیاتی دارد و می تواند به طور چشمگیری در بهبود کیفیت منابع آبی و کاهش آلاینده ها موثر باشد.

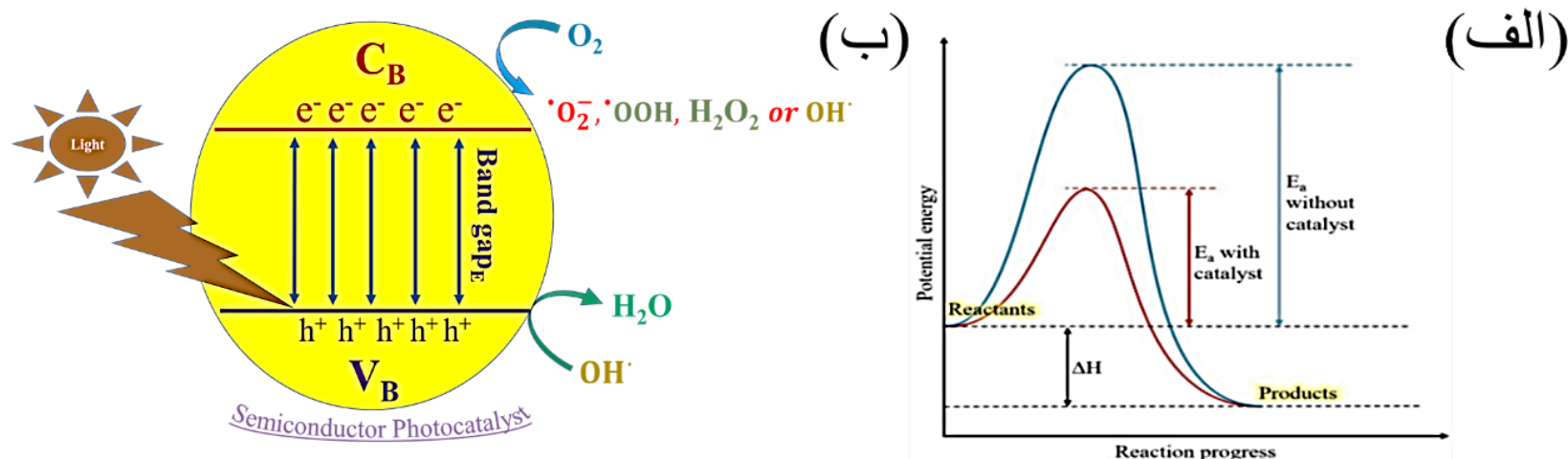
اهمیت پژوهش

با توجه به روند فزاینده گرمایش جهانی و کاهش میزان بارندگی و ذخایر برفی، نیاز به استفاده مجدد از آب های مصرف شده در مناطق شهری و صنعتی به طور چشمگیری افزایش یافته است. بازگشت این آب ها به چرخه مصرف، مستلزم استفاده از فرآیندهای مؤثر بازیابی و تصفیه است. در این زمینه، کاتالیست های نوری به عنوان یک فناوری نوین، کارآمد و مقرون به صرفه با مزایای قابل توجهی همچون سازگاری با محیط زیست، نقش اساسی در حذف آلاینده های دارویی از منابع آبی ایفا می کنند. بهره برداری از این فناوری می تواند گامی مؤثر در جهت تحقق اهداف توسعه پایدار و مدیریت بهینه منابع آبی باشد.

فوتوکاتالیست کارآمد و نقش آن ها در حذف آلاینده های دارویی

مکانیسم اصلی تجزیه آلاینده های آلی توسط مواد نیمه هادی، تابش آن ها با انرژی نور به صورت فوتون ($h\nu$) است که باید به اندازه کافی بزرگ تر از انرژی شکاف باند کاتالیست فوتو باشد شکل (۲ الف)، (Karimi Haqmal Ahmad Samir, 2025).

به این ترتیب، حفره ها ($h\nu B^+$) و الکترون ها (ecb^-) به ترتیب در نوار ارزشی (VB) و نوار رسانش (CB) تولید می شوند. حفره های جدا شده با یون های هیدروکسیل (OH^-) یا مولکول های آب (H_2O) واکنش داده و رادیکال های هیدروکسیل ($^{\bullet}OH$) تولید می کنند. علاوه بر این، الکترون های جدا شده با O_2 حل شده در آب واکنش می دهند و رادیکال های سوپراکسید ($^{\bullet}O_2^-$) تولید می کنند که با واکنش های بیشتر، $^{\bullet}OH$ تولید می کنند (Parida, Srivastava, Gupta, & Rawat, 2023; Ren et al., 2021). در ادامه، گونه های فعال تولید شده به این روش با آلاینده های دارویی در سطح کاتالیست نیمه هادی واکنش داده و H_2O ، CO_2 و دیگر محصولات جانبی تولید می کنند.

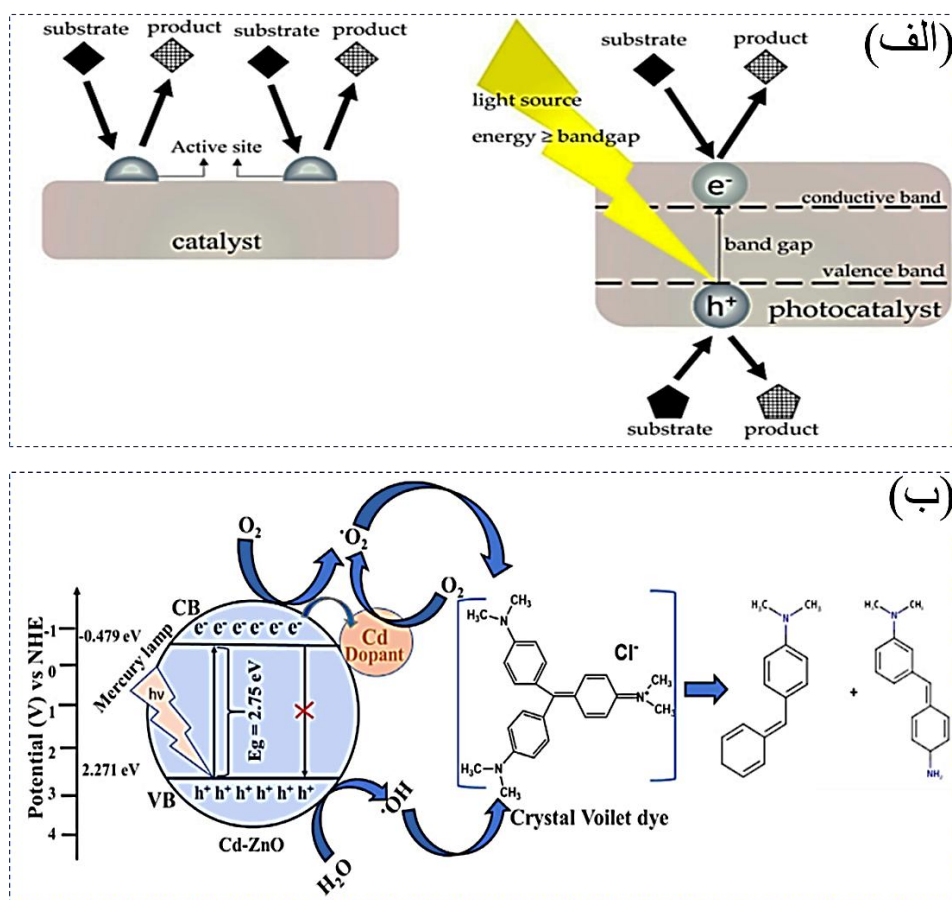


شکل ۲: الف) گراف مسیر یک تعامل کیمیاوی را در نبود و بودن کنتلیست نشان می دهد که بکارگیری کنتلیست مسیر نو را همراه با کاهش انرژی فعالسازی نشان معرفی کرده است (Sinar Mashuri et al., 2020؛ ب) نمایش میکانیزم پایه یک عملیه فوتوکنتلیستی.

همان طور که در شکل ۲-ب نشان داده شده است، عملکرد فوتوکاتالیست ها (نیمه رساناها) به توانایی آن ها در تولید جفت های الکترون (e^-) و خالیگاه (h^+) وابسته است که برای آغاز واکنش های شیمیایی ضروری هستند. در این فرآیند، یک الکترون از نوار ظرفیت (Valence Band, VB) با جذب انرژی نور به نوار رسانش (Conduction Band, CB) برانگیخته می شود، به شرطی که انرژی جذب شده برابر یا بیشتر از شکاف نوری (Band Gap, BG) نیمه رسانا باشد، که این شکاف، اختلاف انرژی بین VB و CB را نشان می دهد. با این حال، این الکترون ها و خالیگاه های برانگیخته تمایل دارند که با یکدیگر بازترکیب شوند، که منجر به تولید فونون ها یا گرما شده و تعداد الکترون ها و خالیگاه های موجود برای انجام واکنش کاهش می یابد. از نظری واکنش زمانی آغاز می شود که فوتون های کافی ($h\nu$) از منبع نور به الکترون های موجود در VB برخورد کنند. در این حالت، الکترون برانگیخته شده به CB منتقل شده و یک خالیگاه (h^+) در VB باقی می ماند. این جفت های الکترون و خالیگاه سپس به سطح فوتوکاتالیست مهاجرت می کنند (Srivastava, 2024).

در سطح فوتوکاتالیست، خالیگاه (h^+) با رادیکال‌های هایدروکسیل ($OH^\bullet$) واکنش داده و مولکول‌های آب را اکسید می‌کند که این فرآیند زنجیره واکنش‌های اکسیداسیون را برای تجزیه آلاینده‌های آلی آغاز می‌کند. در همین حال، الکترون (e^-) در CB به پذیرنده‌های الکترون مانند اکسجن (O_2) منتقل می‌شود و منجر به تشکیل واسطه‌هایی مانند ($O_2^{\bullet-}$)، ($OOH^\bullet$)، H_2O_2 یا $OH^\bullet$ می‌شود (Krishnan et al., 2024).

این واسطه‌ها به کاهش فلزات به حالت‌های والانس پایین‌تر کمک کرده و در سطح فوتوکاتالیست رسوب می‌کنند (T Mohammed et al., 2022). در نهایت، فرآیندهای اکسیداسیون و کاهش، محصولات تجزیه‌ای از آلاینده‌های آلی تولید می‌کنند که سازگاری بیشتری با محیط‌زیست دارند. این ویژگی، فوتوکاتالیست‌ها را به عنوان ابزاری مؤثر برای حذف آلاینده‌های آلی از منابع آبی معرفی می‌کند. تبدیل انرژی خورشیدی از راه فوتوکاتالیز مبتنی بر نیمه‌رساناها در دهه گذشته نگاه زیادی را به خود جلب کرده است، به دلیل کاربردهای متنوع آن در تولید هایدروجن فوتوکاتالیستی و برطرف کردن آلودگی‌های محیط زیستی، در فرآیند فوتوکاتالیز، فوتوکاتالیست نیمه‌رسانا نور را جذب کرده و حامل‌های چارچ تولید می‌کند که به سطح منتقل شده و میان سازه‌های تعاملی مطلوب مانند شکل ۲ ب یا محصولات کیمیایی تولید می‌کنند. برای گسترش فوتوکاتالیستی‌هایی با بازده بالای تبدیل انرژی خورشیدی، تلاش‌های بسیاری بر گسترش جذب نوری آن‌ها به ناحیه نور دیدپذیر متمرکز شده است، در حالی که بازآمیزی الکترون-خالیگاه مهار می‌شود، زیرا نور دیدپذیر بخش بزرگی از طیف خورشیدی را تشکیل می‌دهد و تنها چارچهای جدا شده سطحی در تعامل فوتوکاتالیستی شرکت می‌کنند (Wu et al., 2018). به طور نظری، فوتوکاتالیز به نور نیاز دارد تا فوتوکاتالیست را فعال کند و تعامل را آغاز نماید. طبق گفته اوتانی (Ohtani, 2010)، تفاوت بین تعامل فوتوکاتالیستی و تعامل کاتالیستی به سطح‌های کریستالی ترجیحی فوتوکاتالیست بستگی دارد همان‌طور که در شکل ۲ الف، نشان داده شده است، محصولات یک تعامل کاتالیستی و فوتوکاتالیستی باهم فرق دارند (Sinar Mashuri et al., 2020)؛ زیرا در فرآیند فوتوکاتالیستی، از تعامل الکترون‌های نوار رسانایی محصولات متفاوت نسبت به تعامل خالیگاه‌ها در نوار ولانسی تولید می‌شوند. بنابراین، شدت نور تابیده شده بر کینتیک تعامل اثر خواهد گذاشت تا جفت‌های الکترون-خالیگاه تولید شود که باعث وقوع تعامل می‌شود، در حالی که تعامل کاتالیستی به سایت‌های فعال برای وقوع تعامل وابسته است (Ibrahim et al., 2020; Sinar Mashuri et al., 2020). در کاتالیز، چگالی سایت‌های فعال هم‌زمان با کینتیک تعامل مورد توجه قرار می‌گیرد.



شکل ۳- الف: نمایش یک تعامل با یک نوع محصول در موجودیت کتلیست و نبود نور (سمت چپ) و عین تعامل با دو نوع محصول در موجودیت کتلیست و نور (Sinar Mashuri et al., 2020)؛ و شکل ۳- ب: مکانیزم تخریب فوتوکاتالیستی رنگ کریستال ویولت با استفاده از نانوذرات Cd-ZnO در توان ۶ وات (Sanakousar et al., 2021)

تا کنون، با پیدایش کاستی‌ها در نیمه‌رساناها معمولاً باعث گسترش پاسخ نوری به قلمرو دیدپذیر شده و فعالیت فوتوکتلیستی را افزایش داده است که به طور گسترده‌ای مورد بررسی قرار گرفته است (Hu, Lin, Zhang, Yang, & Yang, 2017).

سیستم مدل شکاف نواری حالت کاستی برای ستودن اثرگذاری کاستی‌ها در نیمه‌رساناها ایجاد شده است. با این وجود، حالت‌های میانی ناشی از کاستی‌ها می‌توانند منجر به باریک‌تر شدن شکاف نواری (BG) شوند، و از راه مهار جداسازی چارج‌ها، فعالیت فوتوکتلیستی را محدود کنند. علاوه بر این، سطح به دلیل پیوستگی نزدیک با فرآیندهای بازآمیزی الکترون- خالیگاه، نقش مهمی در تعامل فوتوکتلیستی ایفا می‌کند و نارسایی‌های سطحی در نیمه‌رساناها دارای کاستی عمومی‌تر و تا آنکه در برخی زمینه‌ها خودبه‌خودی هستند. با این حال، زیرساختار سطح در نیمه‌رساناها معیوب به ندرت به‌طور دقیق

گزارش شده است و در نتیجه اثرگذاری نارسایی‌ها بر فعالیت فوتوکاتالیستی با نور دیدپذیر هنوز به‌طور عمده ناشناخته است (Wu et al., 2018).

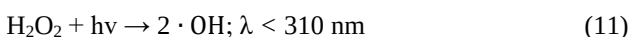
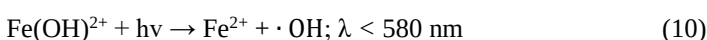
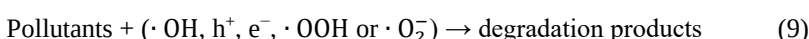
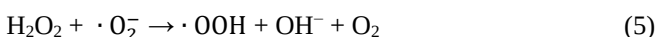
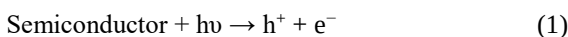
در حال حاضر، پربررسی‌ترین فوتوکاتالیست‌ها شامل تیتانیوم دای اکساید (TiO_2) (Truong et al., 2020) و اکساید روی (ZnO) (Shaban, Abdallah, & Khalek, 2016) هستند. با این حال، این مواد با مشکل بازآمیزی الکترون‌ها (e^-) و خالیگاه‌ها (h^+) مواجه هستند که به‌عنوان بزرگترین نقطه ضعف این مواد شناخته می‌شود. بهبود کارایی و پایداری فوتوکاتالیست‌ها به هدف اصلی پژوهشگران تبدیل شده است.

با این حال، این فرآیندهای متداول ناکارآمد هستند زیرا مقدار زیادی انرژی مصرف می‌کنند و به تشکیل لجن و تولید آلودگی‌های ثانویه منجر می‌شوند. فرآیندهای اکسیدیشن پیشرفته (Advanced Oxidation Processes AOPs) پتانسیل کارایی برای تجزیه چنین آلودگی‌های مضر و زهری از راه تولید عوامل اکسایدکننده قوی، مانند رادیکال‌های هایدروکسیل ($\text{OH}^\cdot$)، دارند که ثابت شده‌اند در معدنی‌سازی کامل آلودگی‌های عضوی زهری به اندازه کافی کارآمد هستند. با این حال، بسیاری از AOP ها به مواد شیمیایی اضافی به عنوان اکسیدانت و انرژی‌های اضافی نیاز دارند که این امر فشار انرژی را افزایش می‌دهد. در عصر کنونی، فوتوکاتالیست‌های نیمه‌هادی با انرژی خورشیدی غیرمتعارف به عنوان نیروی محرکه، یکی از این فرآیندهای AOP است که در تصفیه پساب گسترش یافته است و عمدتاً به دلیل پتانسیل آن در برطرف کردن آلودگی‌های گوناگون از آب، با بهبود معایب تعیین شده توسط سایر (AOPs) نظیر هزینه بالا، تجزیه ناقص و بسیاری دیگر می‌باشند (Ali, Kalash, Ahmed, & Albayati, 2022). فوتوکاتالیست‌ها برای پالایش آب‌های آلوده حاوی رنگ‌ها، داروها و سایر مواد مضر از راه تجزیه ترکیبات پیچیده در پساب به مواد کمتر مضر مانند آب، کاربن دای اکساید یا دیگر مالیکول‌های کوچک زیر تابش خورشیدی معرفی شدند.

علاوه بر این، در شکل ۲-ب، دیاگرام شماتیک فرسایش degradation یک آلاینده عضوی زیر تابش نور خورشید از راه نانوذرات اکساید روی آمیخته شده با کادمیوم بر نانولوله‌های کاربنی چنددیواره (MWCNTs/Cd-ZnO NPs Multi-Walled Carbon Nanotubes/Cadmium-doped Zinc Oxide Nanoparticles) نشان داده شده است (Sanakousar et al., 2021). این فوتو الکترون‌های جدا شده ممکن است با اکسجن حل شده در آب تعامل دهند و بطور نمونه، رادیکال‌های سوپر اکساید ($\text{O}_2^\cdot$) را آزاد کنند که در تعامل‌های بعدی به رادیکال‌های هایدروکسیل، $[\text{OH}^\cdot]$ ، تبدیل می‌شوند.

این آلاینده‌های موجود در آب، نخست در لایه بیرونی فوتوکاتالیست جذب می‌شوند که موجب افزایش گردش چارج و بهبود بیشتر قابلیت اکسیدیشن و کاهندگی آن می‌گردد. این پدیده منجر به یک رشته تعامل‌های شیمیایی در پیوند با ناپایدارهای فعال ناشی از فوتوکاتالیست می‌شود که محصولات پایانی تخریب

را تولید می‌کند (Pouran, Bayrami, Aziz, Daud, & Shafeeyan, 2016). تعامل‌های اکسیدیشن-کاهش به شرح زیر است: (معادلات (۱)–(۱۱))



یک فرایند کاتالیز نوری همسان همچنین می‌تواند در تعامل معروف به تعامل فوتو-فنتون رخ دهد. این فرایند تولید رادیکال‌های اضافی $\cdot OH$ از مواد تعاملی فنتون (Fe^{2+} و H_2O_2) زیر تابش $UV-Vis$ ($\lambda < 280 \text{ nm}$) (۶۰۰ نانومتر) از راه دو تعامل اضافی است: (i) کاهش نوری آیون‌های Fe^{3+} به Fe^{2+} که در معادله (۱۰) نشان داده شده است و (ii) تجزیه نوری پراکسیدها توسط طول موج‌های کوتاه‌تر که در معادله (۱۱) بیان شده است (Pouran et al., 2016).

برای کاتالیزگرهای نوری منفرد، نرخ بالای بازآزمیزی الکترون/خالیه‌گاه به‌طور قابل توجهی عملکرد کاتالیز نوری را محدود می‌کند. مطالعات در زمینه بهبود فعالیت کاتالیز نوری با جلوگیری از بازآزمیزی آن‌ها، نگاه روزافزونی از سوی پژوهشگران را به خود جلب کرده است. استراتژی‌های گوناگونی برای رفع معایب فوق گسترش یافته است. دپینگ فلزی و کنترل مورفولوژی می‌تواند تا حدودی از بازآزمیزی جلوگیری کند و آمیختگی عناصر اکسیتونیک پلاسمایی و اثرات تبدیل بالا در مواد برای کاتالیز نوری، به‌طور قابل توجهی جذب و استفاده از نور را گسترش می‌دهد، که به‌طور کل پیامدهای مهمی برای گسترش کاتالیزگرهای جدید و کارآمد با خواص جذب گسترده‌ی طیفی فراهم می‌آورد. علاوه بر این رویکردها، برخی دیگر از روش‌ها در نیمه‌هادی‌های دو فازی مورد بررسی و گزارش قرار گرفته است، مانند تشکیل هتروجانکشن‌ها بین نیمه‌هادی‌ها و ساخت مدارهای خارجی با استفاده از اثرات کاتالیز نوری که هر دو می‌توانند به‌طور کارآی عملکرد کاتالیز نوری را بهبود بخشند (Atabaev & Molkenova, 2019).

در این مرور، ما به پیشرفت‌های پسین در تصفیه پساب با استفاده از تکنیک فوتوکاتالیست پرداخته و بر برنامه ریزی و گسترش این مواد تأکید خواهیم کرد. با درک پیشرفت‌های پژوهشی کنونی، امیدواریم که بتوانیم به بررسی تغییرات پسین در گسترش فوتوکاتالیست‌ها و مکانیزم‌های تعاملی آن‌ها در برطرف کردن کار

آلودگي‌ها از آب پېردازیم و همچنین ایده‌ها و چشم‌اندازهای جدیدی را در جهت گسترش آینده فوتوکتلیست‌های با ساختار پیچیده و سیستم‌های ترکیبی آن‌ها در تصفیه پساب ارائه دهیم.

برطرف کردن داروها (Removal of Pharmaceuticals)

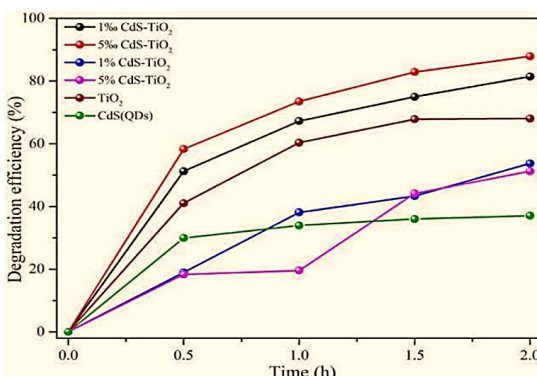
در سال‌های پشین، مصرف داروها و محصولات مراقبت شخصی (Personal Care Products PPCPs) در سراسر جهان افزایش یافته است. محصولات جانبی تولید این کالاها به منابع آبی رها می‌شوند که باعث کاهش کیفیت آب می‌گردند. مصرف یا بکارگیری خانگی از چنین آب‌هایی اثرگذاری نامطلوبی بر سلامت انسان و محیط زیست ایجاد می‌کند. فرایندهای گوناگون تصفیه آب مانند جذب، انعقاد، لخته‌سازی، جداسازی هوا و اسمز معکوس، ناکارآمدی خود را نشان داده‌اند؛ چرا که این فرایندها زمان‌بر و عمدتاً فرایندهای شیمیایی پرهزینه محسوب می‌شوند. ازاین‌رو، فوتوکاتالیز به‌عنوان یکی از جذاب‌ترین فناوری‌ها برای تصفیه آب‌های آلوده مطرح است، زیرا بسیار مقرون‌به‌صرفه بوده و می‌تواند به‌طور کارآیی آلاینده‌های موجود در آب را به مواد کمتر مضر تجزیه کند (Ren et al., 2021).

آنتی‌بیوتیک‌ها (Antibiotics)

در میان آلاینده‌های دارویی، آنتی‌بیوتیک‌ها، که عمدتاً شامل داروهای باکتری‌کش و باکتریواستاتیک هستند، به‌طور گسترده‌ای در سراسر جهان برای درمان بیماری‌های گوناگون استفاده می‌شوند. مصرف فزاینده این دسته از داروها باعث آلودگی منابع آبی شده است، زیرا اکثر آنتی‌بیوتیک‌ها تنها به‌طور جزئی توسط موجودات هدف جذب می‌شوند. بنابراین، ترکیبات باقی‌مانده از راه ادرار و مدفوع دفع شده و به منابع آبی می‌رسند و باعث آلودگی آب می‌شوند. فرایندهای سنتی تصفیه آب کمک چندانی به برطرف کردن یا تجزیه آلاینده‌های آنتی‌بیوتیکی از آب نمی‌کنند. فوتوکاتالیز پتانسیل تجزیه این ترکیبات به مواد کمتر زهری را دارد و آب را برای بکارگیری عمومی ایمن می‌سازد (Ren et al., 2021).

عملکردهای فوتوکتلیستی فوتوکتلیست CdS/TiO_2 تهیه شده با مقادیر گوناگون CdS زیر نور خورشید در شکل ۵ نشان داده شده است (Shaban et al., 2020). تتراسایکلین (TC) یکی از دو آنتی‌بیوتیک پرکاربرد در سراسر جهان است که بر طیف گسترده‌ای از عفونت‌های باکتریایی اثرگذاری دارد و معمولاً در خاک، آب‌های زیرزمینی و آب آشامیدنی یافت می‌شود (Z. Li, Zhu, Wu, Wang, & Qiang, 2016). یک فوتوکتلیست Z-scheme با ساختار $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2$ برای تخریب TC برنامه ریزی شد که عملکردی به‌مراتب بهتر از نانوکتلیست‌های مجزا داشت و بالاترین ثابت سرعت آن 0.34 بر دقیقه بود. در اینجا، معرفی نانوذرات نقره (Ag) موجب افزایش آزادسازی $\text{O}_2^{\cdot -}$ و $\text{OH}^{\cdot -}$ زیر تابش خورشیدی شد که بازده فوتوکتلیستی را به‌طور قابل‌توجهی بهبود بخشید. یک فوتوکتلیست MCM-41 دوپ شده با تیتانیوم، تقریباً تخریب کامل فوتوکسیدیشن اکسیتتراسایکلین

(OTC) را در مدت ۱۵۰ دقیقه نشان داد که این امر به دلیل پتانسیل جذب بالای MCM-41 بوده و منجر به نرخ برطرف کردن به مراتب بالاتر OTC نسبت به سایر فوتوکاتالیست‌ها شد. بایرکا و همکاران یک نوع جدید فوتوکاتالیست بر پایه نانوالیاف هیبریدی PLA/TiO₂ ساخته شده روی پایه‌های فایبرگلاس برای تجزیه کارآنتی‌بیوتیک آمپی‌سیلین (AMP) تهیه کردند. با این حال، نرخ فوتوتخریب به غشای فوتوکاتالیستی استفاده‌شده بستگی داشت که بهترین عملکرد آن توسط غشای پارچه‌ای با بافت ساده

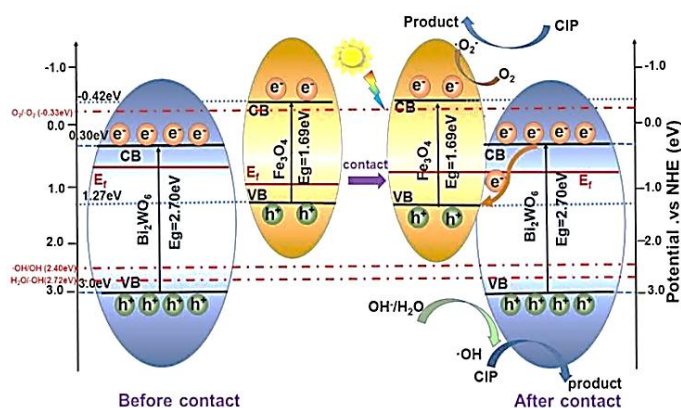


فایبرگلاس به دست آمد و باعث برطرف کردن ۱۰۰% AMP در مدت ۳۰ دقیقه شد. وانگ و همکاران یک نانوساختار CdS-TiO₂ را از راه یک فرایند نوین گسترش دادند که فعالیت فوتوکاتالیستی فوق‌العاده‌ای برای تجزیه پنی‌سیلین جی (PG) زیر تابش خورشیدی نشان داد، همان‌طور که در شکل ۵ آمده است

(Ren et al., 2021; Shaban et al., 2020).

شکل- ۴: نمودار شماتیک عملکردهای فوتوکاتالیستی فوتوکاتالیست CdS/TiO₂ تهیه شده با مقادیر گوناگون CdS زیر تابش نور خورشید (Shaban et al., 2020).

ساختار نانو هتروژن فوتوکاتالیست، که به‌طور قابل‌توجهی در کاهش نرخ بازآمیزی الکترون-خالیگاه موفق بود، نقش مهمی در بهبود عملکرد ایفا کرد. گسترش فوتوکاتالیست GO@Fe₃O₄/ZnO/SnO₂ برای تجزیه فوتوکاتالیستی آزیتروماپسین در محلول آبی صورت گرفت که بازده تعامل وابسته به pH را نشان داد. همچنین روشن شد که بازده فوتوکاتالیستی پس از چندین چرخه نیز پایدار باقی ماند (Sayadi, Sobhani, & Shekari, 2019). یک هتروژن Z مستقیم به‌صورت فوتوکاتالیست Fe₃O₄/Bi₂WO₆ به منظور برطرف کردن سیپروفلوکساسین (CIP) از پساب مورد بررسی قرار گرفت (به شکل ۶ مراجعه کنید). نتایج نشان داد



که برطرف کردن کامل سیپروفلوکساسین در مدت زمان کوتاهی اتفاق افتاد، که این امر به اثر چشمگیر رادیکال سوپراکساید (•O₂⁻) و رادیکال هایدروکسیل (OH•) نسبت داده می‌شود (Zhu et al., 2021).

شکل- ۵: مکانیسم فوتوکاتالیستی هتروژن Z-scheme Fe₃O₄/Bi₂WO₆ برای تجزیه سیپروفلوکساسین در آب (Zhu et al., 2021).

کومار و همکاران (Kaur, Umar, & Kansal, 2016) یک فوتوکتلیست هایدروجن هیبریدی $Ag_2S/Bi_2S_3/g-C_3N_4$ برنامه ریزی کردند که مشاهده شد ۹۷,۴٪ از سولفامتوکسازول را طی ۹۰ دقیقه در حضور نور دیدپذیر تجزیه می‌کند. این کتلیست همچنین پایدار بوده و قابلیت بکارگیری مجدد به‌طور کارا برای چندین چرخه را داشت.

داروهای ضدالتهاب (Anti-Inflammatories)

داروهای ضدالتهاب دارای ضریب تقسیم اکتانول-آب بالایی هستند که به آنها قابلیت بالایی برای پخش غیرفعال از راه غشاهای بیولوژیکی می‌دهد و باعث می‌شود در خاک و محیط‌های آبی به راحتی باقی بمانند. حضور چنین آلاینده‌های منجر به آلودگی منابع آب می‌شود. دیکلوفناک، ایبوپروفن و ناپروکسن از جمله آلاینده‌های پایدار اصلی در آب‌ها به شمار می‌روند (Ren et al., 2021).

بدن انسان این داروها را دفع کرده و زندگی حیوانات آبی را به خطر می‌اندازد. وانگ و همکاران (J. Wang et al., 2017) یک فوتوکتلیست جدید هایدروجن ($g-C_3N_4/Bi_2WO_6$ UTCB) گسترش دادند که به طور موفقیت آمیزی ایبوپروفن (IBF) را از پساب برطرف کردن کرد. گسترش هایدروجن‌ها بسیار نازک با انتقال موثر چارچ الکتریکی در سطح پایانه هتروجن، عامل اصلی عملکرد فوتوکتلیستی کارآمد در نور خورشید بود. گسترش فوتوکتلیست $ZnO/Ag_2CO_3/Ag_2O$ منجر به مینی‌رالیزاسیون کامل محلول دیکلوفناک (DCF) شد که عملکرد فوتوکتلیستی ده برابر بیشتر از ZnO داشت. ساختار نانویی هتروجن این فوتوکتلیست باعث جذب نور عالی آن شد، برخلاف Ag_2CO_3 و Ag_2O که ویژگی‌های ضعیفی در جذب نور دارند (Ren et al., 2021). بقایای ناپروکسن (NPX)، عضوی از خانواده داروهای ضدالتهابی غیراستروئیدی (NSAID)، اغلب در آب‌ها یافت می‌شوند و زندگی بسیاری از موجودات را زیر اثرگذاری خود قرار می‌دهند. ری و همکاران (Ray, Dhakal, & Lee, 2018) فوتوکتلیست $AgBr-\alpha-NiMoO_4$ را گسترش دادند که توانست NPX را دور و بر دو برابر کارآمدتر از $AgBr$ به تنهایی تجزیه کند. علاوه بر این، فوتوکتلیست پایداری شیمیایی مناسبی از خود نشان داد.

تنظیم‌کننده‌های لیپید

تنظیم‌کننده‌های لیپید یا داروهای ضدهایپرلیپیدمیک به طور رایج برای کاهش سطح لیپیدها، مانند کلسترول در خون، استفاده می‌شوند. آلودگی منابع آب با چنین ترکیبات پیچیده‌ای ممکن است بر موجودات زنده آبی اثرگذاری منفی داشته باشد. بررسی‌ها نشان داد که داروی کاهنده لیپید، بزافیرات (BZA)، به طور کارآ توسط فوتوکتلیست PVA/TiO_2 در pH بهینه ۶,۹ برطرف می‌شود. یکی از رایج‌ترین داروهای ضد دیابت، متفورمین، زیر تابش UV به طور کامل در عرض ۶۰ دقیقه تجزیه شد. این عملکرد با ادغام انواع گوناگون اسکویینجرها (Scavengers) کاهش یافت (Ren et al., 2021).

جدول- ۱: تحقيقات درباره فوتوکاتاليز؛ شرايط پارامتری و نتايج گزارش شده از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۸ (Sinar Mashuri et al., 2020).

Photocat alyst	Type of Light Used	Source of Pollution	Condition Set				Degrad ation	Ref.
			Cataly st Loadi ng	Initial Concentration	Reaction Time	pH		
BiVO ₄ /CHCOO (BiO)	Visible light using 300 W Xenon lamp	Sulfamethoxazole	1 g/L	10 mg/L	5 h	6	85%	(Zhang et al., 2013)
		Bisphenol A	1 g/L	10 mg/L	5 h	6	99%	
		4-aminoantipyrine	1 g/L	10 mg/L	5 h	6	46%	
		Ibuprofen	1 g/L	10 mg/L	5 h	6	65%	
CuO/Zn O	500 W visible lamp	Methylene blue	1 g/L	10 mg/L	25 min	-	96.57%	(Bharathi et al., 2019)
BiVO ₄ /carbon	350 W Xenon lamp with 400 nm cut off filter	Methylene blue	1 g/L	0.0001 mol/L	180 min	-	95%	(X. Wang, Zhou, Zhao, Chen, & Yu, 2018)
		Rhodamine B	1 g/L	1×10^{-5} mol	180 min	-	80%	
		Phenol	1 g/L	5 mg/L	5 h	-	50.13%	
CdS- reduced graphene oxide	300 W Xenon lamp with UV cut off filter	Rhodamine B	0.4 g/L	20 mg/L	60 min	-	97.20%	(Wei, Ou, Guan, Peng, & Zheng, 2019)
		Acid chrome blue K	0.4 g/L	20 mg/L	60 min	-	65.70%	
BiVO ₄ /Bi ₄ V ₂ O ₁₀	300 W Xenon lamp with 400	Rhodamine B	1 gr/L	20 mg/L	15 min	-	100%	(H. Li, Chen, Zhou, Gao, & Tian, 2019)
		Methylene blue	250 gr/L	20 mg/L	60 min	-	75%	

	nm cut off filter	Phenol	1 gr/L	30 mg/L	60 min	-	95%	
H ₃ PW ₁₂ O ₄₀ /Ag ₃ P O ₄	300 W Xe lamp $\lambda > 420$ nm	4-Fluorophenol	3 gr/L	10 mg/L	720 s	7	100%	(K. Li, Zhong, Luo, & Deng, 2020)
		Methyl orange	3 gr/L	10 mg/L	720 s	7	100%	
ZnS:Mn/MWCNT	Low-pressure mercury lamp	AR18 dye	0.1 g/L	20 mg/L	180 min	-	70%	(Sharifi et al., 2019)
CdS/TiO ₂	300 W xenon lamp with 420 nm cut off filter	Hexavalent chromium	2 g/L	10 mg/L	5 h	3.5	100%	(Deng et al., 2019)
		Phenol	1 g/L	10 mg/L	3 h	-	78%	
		Rhodamine B	1 g/L	10 mg/L	60 min	-	83%	
Zr/TiO ₂	300 W Xenon lamp with 320 nm cut off filter	Chloridazon	0.1 g/L	0.005 mM	4 h	5	100%	(Mbiri, Taffa, Gatebe, & Wark, 2019)
		Phenol	0.1 g/L	0.001 mM	4 h	5.5	90%	
		4-chlorophenol	0.1 g/L	0.001 mM	4 h	5.5	95%	
RP-MoS ₂ /rGO	300 W Xenon lamp 420 nm cut off filter	Rhodamine B	0.4 g/L	20 mg/L	30 min	-	99.30%	(Bai et al., 2018)
		Hexavalent chromium	0.4 g/L	40 mg/L	30 min	-	98%	

نتایج پایانی

این مرور به پیشرفت‌های اخیر در کاربرد فتوکاتالیست‌ها برای حذف آلاینده‌های دارویی از فاضلاب می‌پردازد. یافته‌های کلیدی به عملکرد اکسیدهای فلزی، مواد کاربنی، کامپوزیت‌ها و فتوکاتالیست‌های هایبریدی با اصلاحاتی نظیر دوپینگ، تشکیل هتروجانکشن و تثبیت اشاره دارد که کارایی بالایی در تجزیه آلاینده‌هایی مانند آنتی بیوتیک‌ها، دواهای ضدالتهاب و تنظیم کننده‌های لیپید نشان داده‌اند. علیرغم پیشرفت‌های قابل توجه، چالش‌هایی مانند آلودگی ثانویه ناشی از محصولات جانبی، نشت دویانت‌ها، تولید بیش از حد CO_2 و محدودیت در مقیاس‌پذیری یافته‌های آزمایشگاهی همچنان حل نشده باقی مانده است. پرداختن به این مسائل و همچنین توسعه فتوکاتالیست‌های مقرون به صرفه و مقاوم که قادر به استفاده از انرژی خورشیدی تجدیدپذیر باشند، برای کاربردهای صنعتی ضروری است. در سخن پایانی، نویسنده گان از تلاش‌های مشترک و حمایت‌های پوهنتون وردگ بخاطر نشر و چاپ این مقاله قدردانی می‌کند.

منابع:

- Ali, N. S., Kalash, K. R., Ahmed, A. N., & Albayati, T. M. (2022). Performance of a solar photocatalysis reactor as pretreatment for wastewater via UV, UV/TiO₂, and UV/H₂O₂ to control membrane fouling. *Scientific Reports*, 12(1), 16782 .
- Arar, Ö., Yüksel, Ü., Kabay, N., & Yüksel, M. (2014). Various applications of electrodeionization (EDI) method for water treatment—A short review. *Desalination*, 342, 16-22 .
- Atabaev, T. S., & Molkenova, A. (2019). Upconversion optical nanomaterials applied for photocatalysis and photovoltaics: recent advances and perspectives. *Frontiers of Materials Science*, 13(4), 335-341 .
- Bai, X., Du, Y., Hu, X., He, Y., He, C., Liu, E., & Fan, J. (2018). Synergy removal of Cr (VI) and organic pollutants over RP-MoS₂/rGO photocatalyst. *Applied Catalysis B: Environmental*, 239, 204-213 .
- Bashir, I., Lone, F. A., Bhat, R. A., Mir, S. A., Dar, Z. A., & Dar, S. A. (2020). Concerns and threats of contamination on aquatic ecosystems. *Bioremediation and biotechnology: sustainable approaches to pollution degradation*, 1-26 .
- Bharathi, P., Harish, S., Archana, J., Navaneethan, M., Ponnusamy, S., Muthamizhchelvan, C., . . . Hayakawa, Y. (2019). Enhanced charge transfer and separation of hierarchical CuO/ZnO composites: The synergistic effect of photocatalysis for the mineralization of organic pollutant in water. *Applied Surface Science*, 484, 884-891 .
- Datta, P., & Roy, S. (2023). Recent Development of Photocatalytic Application Towards Wastewater Treatment. *Catalysis Research*, 3(3), 1-23 .
- Deng, Y., Xiao, Y., Zhou, Y., Zeng, T., Xing, M., & Zhang, J. (2019). A structural engineering-inspired CdS based composite for photocatalytic remediation of organic pollutant and hexavalent chromium. *Catalysis Today*, 335, 101-109 .

- Duarte, A. C., Rodrigues, S., Afonso, A., Nogueira, A., & Coutinho, P. (2022). Antibiotic resistance in the drinking water: old and new strategies to remove antibiotics, resistant bacteria, and resistance genes. *Pharmaceuticals*, 15(4), 393 .
- Fujishima, A., & Honda, K. (1972). Electrochemical photolysis of water at a semiconductor electrode. *nature*, 238(5358), 37-38 .
- Hejna, M., Kapuścińska, D., & Aksmann, A. (2022). Pharmaceuticals in the aquatic environment: A review on eco-toxicology and the remediation potential of algae. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13), 7717 .
- Hu, W., Lin, L., Zhang, R., Yang, C., & Yang, J. (2017). Highly efficient photocatalytic water splitting over edge-modified phosphorene nanoribbons. *Journal of the American Chemical Society*, 139(43), 15429-15436 .
- Ibrahim, M. L., Khalil, N. N. A. N. A., Islam, A., Rashid, U., Ibrahim, S. F., Mashuri, S. I. S., & Taufiq-Yap, Y. H. (2020). Preparation of Na₂O supported CNTs nanocatalyst for efficient biodiesel production from waste-oil. *Energy Conversion and Management*, 205, 112445 .
- Karimi Haqmal Ahmad Samir, B. H. (2025). Recent Advances in The Application of Photocatalysts for Removal of Pharmaceutical Contaminates of Wastewater. *Wardak University* .
- Kaur, A., Umar, A., & Kansal, S. K. (2016). Heterogeneous photocatalytic studies of analgesic and non-steroidal anti-inflammatory drugs. *Applied Catalysis A: General*, 510, 134-155 .
- Krishnan, A., Swarnalal, A., Das, D., Krishnan, M., Saji, V. S., & Shibli, S. (2024). A review on transition metal oxides based photocatalysts for degradation of synthetic organic pollutants. *Journal of Environmental Sciences*, 139, 389-417 .
- Li, H., Chen, Y., Zhou, W., Gao, H., & Tian, G. (2019). Tuning in BiVO₄/Bi₄V₂O₁₀ porous heterophase nanospheres for synergistic photocatalytic degradation of organic pollutants. *Applied Surface Science*, 470, 631-638 .
- Li, K., Zhong, Y., Luo, S., & Deng, W. (2020). Fabrication of powder and modular H₃PW₁₂O₄₀/Ag₃PO₄ composites: Novel visible-light photocatalysts for ultra-fast degradation of organic pollutants in water. *Applied Catalysis B: Environmental*, 278, 119313 .
- Li, Z., Zhu, L., Wu, W., Wang, S., & Qiang, L. (2016). Highly efficient photocatalysis toward tetracycline under simulated solar-light by Ag⁺-CDs-Bi₂WO₆: Synergistic effects of silver ions and carbon dots. *Applied Catalysis B: Environmental*, 192, 277-285 .
- Mbiri, A., Taffa, D. H., Gatebe, E., & Wark, M. (2019). Zirconium doped mesoporous TiO₂ multilayer thin films: Influence of the zirconium content on the photodegradation of organic pollutants. *Catalysis Today*, 328, 71-78 .
- Mousset, E., & Doudrick, K. (2020). A review of electrochemical reduction processes to treat oxidized contaminants in water. *Current Opinion in Electrochemistry*, 22, 221-227 .
- Ohtani, B. (۲۰۱۰). Photocatalysis A to Z—What we know and what we do not know in a scientific sense. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, 11(4), 157-178 .

- Parida, V. K., Srivastava, S. K., Chowdhury, S., & Gupta, A. K. (2023). Facile synthesis of 2D/0D Bi₂O₃/MnO₂ Z-scheme heterojunction for enhanced visible light-assisted photocatalytic degradation of acetaminophen. *Chemical Engineering Journal*, 472, 144969 .
- Parida, V. K., Srivastava, S. K., Gupta, A. K., & Rawat, A. (2023). A review on nanomaterial-based heterogeneous photocatalysts for removal of contaminants from water. *Materials Express*, 13(1), 1-38 .
- Polianciuc, S., Gurzău, A., Kiss, B., Ștefan, M., & Loghin, F. (2020). Antibiotics in the environment: causes and consequences .*Med Pharm Rep* 93: 231–240. In.
- Pouran, S. R., Bayrami, A., Aziz, A. A., Daud, W. M. A. W., & Shafeeyan, M. S. (2016). Ultrasound and UV assisted Fenton treatment of recalcitrant wastewaters using transition metal-substituted-magnetite nanoparticles. *Journal of Molecular Liquids*, 222, 1076-1084 .
- Ray, S. K., Dhakal, D., & Lee, S. W. (2018). Rapid degradation of naproxen by AgBr- α -NiMoO₄ composite photocatalyst in visible light: mechanism and pathways. *Chemical Engineering Journal*, 347, 836-848 .
- Ren, G., Han, H., Wang, Y., Liu, S., Zhao, J., Meng, X., & Li, Z. (2021). Recent advances of photocatalytic application in water treatment: A review. *Nanomaterials*, 11(7), 1804 .
- Samal, K., Mahapatra, S., & Ali, M. H. (2022). Pharmaceutical wastewater as Emerging Contaminants (EC): Treatment technologies, impact on environment and human health. *Energy Nexus*, 6, 100076 .
- Sanakousar, M., CC, V., Jiménez-Pérez, V. M., Jayanna, B., Shridhar, A., & Prakash, K. (2021). Efficient photocatalytic degradation of crystal violet dye and electrochemical performance of modified MWCNTs/Cd-ZnO nanoparticles with quantum chemical calculations. *Journal of hazardous materials advances*, 2, 100004 .
- Sayadi, M. H., Sobhani, S., & Shekari, H. (2019). Photocatalytic degradation of azithromycin using GO@ Fe₃O₄/ZnO/SnO₂ nanocomposites. *Journal of cleaner production*, 232, 127-136 .
- Sendão, R. M., da Silva, J. C. E., & da Silva, L. P. (2022). Photocatalytic removal of pharmaceutical water pollutants by TiO₂-Carbon dots nanocomposites: a review. *Chemosphere*, 301, 134731 .
- Shaban, M., Abdallah, S., & Khalek, A. A. (2016). Characterization and photocatalytic properties of cotton fibers modified with ZnO nanoparticles using sol-gel spin coating technique. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(3), 277-283 .
- Shaban, M., Hamd, A., Amin, R. R., Abukhadra, M. R., Khalek, A. A., Khan, A. A. P., & Asiri, A. M. (2020). Preparation and characterization of MCM-48/nickel oxide composite as an efficient and reusable catalyst for the assessment of photocatalytic activity. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 32670-32682 .
- Sharifi, A., Montazerghaem, L., Naeimi, A., Abhari, A. R., Vafaei, M., Ali, G. A., & Sadegh, H. (2019). Investigation of photocatalytic behavior of modified ZnS: Mn/MWCNTs nanocomposite for organic pollutants effective photodegradation. *Journal of environmental management*, 247, 624-632 .

- Sinar Mashuri, S. I., Ibrahim, M. L., Kasim, M. F., Mastuli, M. S., Rashid, U., Abdullah, A. H., . . . Mansir, N. (2020). Photocatalysis for organic wastewater treatment: From the basis to current challenges for society. *Catalysts*, 10(11), 1260 .
- Singh, A., Saidulu, D., Gupta, A. K., & Kubsad, V. (2022). Occurrence and fate of antidepressants in the aquatic environment: Insights into toxicological effects on the aquatic life, analytical methods, and removal techniques. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10(6), 109012 .
- Soorya, K. K., Singh, A., Srivastava, S. K., Bhattacharya, A., Bhatnagar, A., & Gupta, A. K. (۲۰۲۰) . Fabrication of 2D/2D Bi₂MoO₆/Sx@ g-C₃N (4-y) type-II heterojunction photocatalyst for enhanced visible-light-mediated degradation of tetracycline in wastewater. *Dalton Transactions* .
- Srivastava, S. K. (2024). Recent Advances on Removal of Pharmaceuticals Pollutants in Wastewater using Metal Oxides and Carbonaceous Materials as Photocatalysts: A Review. *RSC Applied Interfaces* .
- T Mohammed, H., Kadhim Alasedi, K., Ruyid, R., Abed Hussein, S., Latif Jarallah, A., MA Dahesh, S., . . . Kareem Obaid Aldulaimi, A. (2022). ZnO/Co₃O₄ nanocomposites: novel preparation, characterization, and their performance toward removal of antibiotics from wastewater. *Journal of Nanostructures*, 12(3), 503-509 .
- Truong, N. T., Thi, H. P. N., Ninh, H. D., Phung, X. T., Van Tran, C., Nguyen, T. T., . . . Rene, E. R. (2020). Facile fabrication of graphene@ Fe-Ti binary oxide nanocomposite from ilmenite ore: An effective photocatalyst for dye degradation under visible light irradiation. *Journal of Water Process Engineering* . ۱۰۱۴۷۴ , ۲۷ ,
- Velempini, T., Prabakaran, E., & Pillay, K. (2021). Recent developments in the use of metal oxides for photocatalytic degradation of pharmaceutical pollutants in water—a review. *Materials Today Chemistry*, 19, 100380 .
- Vinayagam, V., Murugan ,S., Kumaresan, R., Narayanan, M., Sillanpää, M., Dai Viet, N. V., . . . Gadiya, S. (2022). Sustainable adsorbents for the removal of pharmaceuticals from wastewater: A review. *Chemosphere*, 300, 134597 .
- Wang, J., Tang, L., Zeng, G., Deng, Y., Liu, Y., Wang, L., . . . Zhang, C. (2017). Atomic scale g-C₃N₄/Bi₂WO₆ 2D/2D heterojunction with enhanced photocatalytic degradation of ibuprofen under visible light irradiation. *Applied Catalysis B: Environmental*, 209, 285-294 .
- Wang, X., Zhou, J., Zhao, S., Chen, X & ., Yu, Y. (2018). Synergistic effect of adsorption and visible-light photocatalysis for organic pollutant removal over BiVO₄/carbon sphere nanocomposites. *Applied Surface Science*, 453, 394-404 .
- Wei, X.-N., Ou, C.-L., Guan, X.-X., Peng, Z.-K., & Zheng, X.-C. (2019). Facile assembly of CdS-reduced graphene oxide heterojunction with enhanced elimination performance for organic pollutants in wastewater. *Applied Surface Science*, 469, 666-673 .
- Wu, S., Sun, W., Sun, J., Hood, Z. D., Yang, S.-Z., Sun, L . . . ,Chisholm, M. F. (2018). Surface reorganization leads to enhanced photocatalytic activity in defective BiOCl. *Chemistry of Materials*, 30(15), 5128-5136 .

- Yagub, M. T., Sen, T. K., Afroze, S., & Ang, H. M. (2014). Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: a review. *Advances in colloid and interface science*, 209, 172-184 .
- Zazouli, M. A., & Kalankesh, L. R. (2017). Removal of precursors and disinfection by-products (DBPs) by membrane filtration from water; a review. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 15, 1-10 .
- Zhang, Y., Li, G., Yang, X., Yang, H., Lu, Z., & Chen, R. (2013). Monoclinic BiVO₄ micro-/nanostructures: Microwave and ultrasonic wave combined synthesis and their visible-light photocatalytic activities. *Journal of alloys and compounds*, 551, 544-550 .
- Zhu, B., Song, D., Jia, T., Sun, W., Wang, D., Wang, L., . . . Tao, H. (2021). Effective visible light-driven photocatalytic degradation of ciprofloxacin over flower-like Fe₃O₄/Bi₂WO₆ composites. *ACS omega*, 6 . ۱۶۵۶-۱۶۴۷ , (۲)
- Zularisam, A., Ismail, A., & Salim, R. (2006). Behaviours of natural organic matter in membrane filtration for surface water treatment—a review. *Desalination*, 194(1-3), 211-231 .

درون یایی مقید با استفاده از سپالین مکعبی هیرمیت

۱- پوهنمل محمد خالد ستوری^{*}

۱- دیپارتمنت ریاضیات تطبیقی، پوهنځی ریاضیات پوهنتون کابل، افغانستان

چکیده

در این مقاله نوع خاصی از مسأله درون یایی حافظ شکل را بررسی می‌کنیم، که در آن دیتا به کمک دو منحنی درجه دوم، به عنوان سرحد بالا و پایین، محدود شده‌اند. هدف ارایه یک درون یاب است که در ضمن هموار بودن در محدوده سرحد بالا و پایین تحمیل شده به وسیله یک مسأله عرض اندام نماید، به عبارت دقیق‌تر، گراف هندسی درون یاب به صورت کامل بین دو پارابولا از پیش معلوم قرار بگیرد. برای حل این مسأله از سپالین مکعبی هیرمیت استفاده می‌کنیم، این فامیل از سپالین‌ها شرط همواری درجه اول را دارند و مجهز به پارامترهای کمکی هستند که می‌توان از آن‌ها برای اعمال محدودیت‌های دیگر کمک گرفت. با اعمال محدودیت‌ها و حل یک مسأله برنامه ریزی خطی به گراف جواب می‌رسیم. برای رسیدن به جواب‌های C^2 می‌توانیم از تخنیک‌های مینیمم سازی انرژی استفاده کنیم.

واژه‌های کلیدی: حفظ شکل، درون یاب، درون یایی مقید، سپالین مکعبی، سپالین مکعبی هیرمیت.

*Email: khstorai@gmail.com

Conditional Interpolation using cubic hermit spline: A Review

1- Senior Teaching Assistant Mohammad Khalid storai*

1- Department of Applied Mathematics, Mathematics Faculty, Kabul University,
Afghanistan.

Abstract

In this paper, we examine a particular type of shape-preserving interpolation problem, in which data is constrained by two quadratic curves, as the upper and lower boundaries. The aim is to present an interpolator that, while being flat in the upper and lower boundaries imposed by a width problem, in other words, the geometric graph of the interpolator is perfectly located between two pre-determined parabolas. To solve this problem, we use the Hermit cube spline, this family of splines has the condition of first degree smoothness and is equipped with auxiliary parameters that can be used to apply other constraints. By applying constraints and solving a linear programming problem, we arrive at the answer graph. We can use energy minimization techniques to get the answers in C^2 .

Keywords: Preserve the shape, Interpolation, Restricted interpolation, Cubic spline, Hermit cubic spline.

*Email: khstorai@gmail.com

مقدمه

فرض کنیم دیتای حاصل از یک واقعه طبیعی، آزمایش یا نمونه گیری را در اختیار داشته باشیم، ما روی حالت یک بعدی متمرکز می شویم و فرض می کنیم دیتا به صورت $\{(x_i, y_i)\}_{i=1}^n$ هستند. حال تصور کنیم پدیده بررسی شده چنان است که از قبل می دانیم دیتا (y_i) ها در محدوده خاصی قرار می گیرند، مثلاً حد بالا و پایین عدد مشخصی دارند. اگر چنان چه در صدد ارایه تقریب زننده یا درونیاب برای این دیتا باشیم واضح است انتظار داشته باشیم که تابع تقریب زننده یا درونیاب نیز این خاصیت محدود بودن را حفظ کند. چنین مسأله‌ای در حیطه درونیابی یا تقریب حافظ شکل تحلیل و بررسی می شود. از مهم ترین ویژگی ها یا مشخصات (پنهان) دیگری که عموماً در مقالات به آن ها پرداخته شده، می توان به محدب بودن، مونوتون بودن و مثبت بودن اشاره کرد. در این زمینه (Kvasov, 2000) و (Goodman, 2002) و منابع آن ها منبع خوبی برای بررسی پیشینه این روش ها محسوب می شوند.

به طور کلی حفظ شکل به معنی حفظ ویژگی هندسی (غالباً پنهان در) نقاط دیتا است و درونیابی حافظ شکل یعنی ساختن یک منحنی (سطح) که هم نقاط دیتا را درونیابی کند و هم برخی ویژگی های گرافیکی مانند مونوتون، تحدب و یا نامنفی بودن را که در ذات دیتا نهفته است، حفظ کند (Kvasov, 2000)، (Goodman, 2002)، (Mason, 2008)، (Sarfranz, 2012).

مسأله تقریب حافظ شکل و به طور خاص درونیابی حافظ شکل از دهه 80 مورد توجه متخصصین گرافیک کمپیوتری و آنالیز عددی قرار گرفته و یکی از تکنیک های اساسی طراحی منحنی و سطوح در طراحی به وسیله کمپیوتر و طراحی صنعتی به وسیله کمپیوتر است. حفظ شکل نه فقط در بسیاری از شاخه های انجینیری مانند طراحی کشتی، طراحی بدنه ماشین، صنایع هوایی، صنایع با سازوکار دقیق مفید است، بلکه نقش مهمی نیز در هواشناسی، انیمیشن و گیم های کمپیوتری ایفا می کند. تا اکنون چندین زمینه تحقیقاتی در ساحة آنالیز دیتای پیشرفته (Costantini, 2007)، پردازش تصویر (Sim, 2008)، تصویرسازی (Sarfranz, 2005)، تکنیک نهان نگاری دیجیتلی (Shao, 2006) از مودل سازی حافظ شکل استفاده کرده اند. برای حل مسأله درونیابی حافظ شکل از سپلاین ها به طور وسیع استفاده می شود. دلیل این امر را می توان در این دانست که یک سپلاین (به عنوان نمونه: سپلاین مکعبی) در ضمن داشتن ساختار ساده و قابل کنترل این توانایی را دارد که اغلب خصوصیات محلی یک تابع محدب یا مونوتون را به خوبی انعکاس دهد. تا اکنون خانواده های متنوعی از سپلاین ها برای مسایل مختلف از رده درونیابی حافظ شکل استفاده شده اند. مسأله که در این نوشته به آن می پردازیم رده خاصی از درونیابی حافظ شکل است که عنوان "درونیابی مقید" را برای این مسأله در نظر گرفته ایم. فرض کنیم دیتا در اختیار داریم که به لحاظ فیزیکی، به صورت پیش فرض بین دو منحنی قرار گرفته اند، یعنی دو تابع داریم که برای دیتا نقش حد بالا و پایین را ایفا می کنند. حال به تعقیب تقریب زننده ای در قالب یک درونیاب هستیم که علاوه بر شرایط درونیابی،

همواری مناسبی نیز داشته باشد. در حقیقت هر چقدر درون یاب هموارتر باشد می توان امیدوار بود که خطای حاصل از درون یابی کاهش یابد. برای این منظور می توان از سپلاین مکعبی هیرمیت استفاده کرد، در این سپلاین پارامترهای آزاد وجود دارند که معرف مشتق اول تابع سپلاین در نقاط گره بوده و با قرار دادن شرایطی روی این پارامترها می توان به شکل مطلوب مورد نظر رسید (Shao, 2006)، (Burmeister, 1985). حالت خاصی از این مسأله آسیم و همکاران در (Asim, 2003) بررسی کرده اند. در آن تحقیق، تنها یک حد پایین خطی را در نظر گرفته اند که ما در این نوشته سعی کرده ایم هم حد بالا و هم حد پایین تا درجه دو را بررسی کنیم. مباحث مطرح شده در این مقاله به این صورت است که:

در بخش دوم و در ابتدا به بیان مسأله مورد بحث می پردازیم، سپس در بخش سوم از سپلاین مکعبی هیرمیت برای بدست آوردن درون یاب مقید استفاده می کنیم. در بخش چهارم سعی بر این است که درجه هموار سپلاین (بست آمده در بخش سوم) را بالاتر ببریم و با استفاده از شرایط پیوستگی مشتق دوم و اضافه کردن این قیدهای اضافی به مسأله به یک سپلاین مکعبی هیرمیت مقید C^2 برسیم. در بخش پنجم با استفاده از تخنیک مینیم کردن انرژی منحنی از میان جواب های مختلف به تعقیب جواب هموارتری هستیم که علاوه بر برقرار بودن شرایط قبل خطای کمتری نیز داشته باشد. در نهایت بخش ششم به مثال ها و مقایسه جواب های C^1 و C^2 اختصاص یافته است.

طرح موضوع

مسأله اصلی بدین صورت قابل بیان است:

مسأله ۱: چگونه می توان دیتای را که بین دو منحنی محصور شده اند با یک پولینوم هموار درون یابی کرد؟ به بیان ریاضی و به طور معادل:

برای دیتای $\{(x_i, y_i)\}_{i=1}^n$ و منحنی های $f_1(x)$ و $f_2(x)$ درونیاب $g(x)$ را چنان ارایه دهید که گراف $g(x)$ بین گراف های $f_1(x)$ و $f_2(x)$ قرار بگیرد.

برای پاسخ دادن به این سؤال می توانیم از تخنیک های حافظ شکل استفاده کنیم، شرایط مقید بودن بین دو منحنی به صورت یک تخنیک حافظ شکل به خودی خود در دسترس نیست، اما برای این منظور می توان از شرایط مثبت بودن کمک گرفت. در مورد پولینوم درون یاب، سپلاین های مکعبی یکی از بهترین گزینه ها برای درون یابی هستند. بنا براین در این جا هدف پیدا کردن تابع سپلاین مکعبی $S(x)$ است که $f_1(x) \leq S(x) \leq f_2(x)$ ، یعنی سپلاین مکعبی $S(x)$ بین دو منحنی $f_1(x)$ و $f_2(x)$ قرار گیرد. (در این مقاله فرض بر این است که توابع $f_1(x)$ و $f_2(x)$ از درجه دو و به صورت $f_1(x) = a_1x^2 + b_1x + c_1$ و $f_2(x) = a_2x^2 + b_2x + c_2$ باشد.) مسأله مقید را به صورت دو مسأله حفظ مثبت بودن بیان می کنیم و

با استفاده از این شرایط سپلین مقید مورد نظر را به دست می آوریم. برای این منظور دو تابع را به صورت زیر معرفی می کنیم:

$$\bar{S}_1(x) := S(x) - f_1(x) \quad , \quad \bar{S}_2(x) := f_2(x) - S(x)$$

و به تعقیب شرایطی هستیم که این دو تابع هم زمان نامنفی باقی بمانند. در حقیقت با نامنفی بودن این دو تابع به همان شرایط مقید بودن تابع $S(x)$ می رسیم (Wolberg,2002)، (Asim,2003).
سپلین مکعبی هیرمیت C^1

فرض کنیم نقاط داده شده $\{(x_i, y_i)\}_{i=1}^n$ و توابع $f_1(x)$ و $f_2(x)$ را در اختیار داریم طور که

$$f_1(x_i) \leq y_i \leq f_2(x_i) \quad , \quad i=1,2,\dots,n$$

هدف پیدا کردن تابع درونیاب هموار $S(x)$ در انتروال $[x_1, x_n]$ به نحوی است که
برای تعریف سپلین مکعبی هیرمیت از سمبول های زیر $f_1(x) \leq S(x) \leq f_2(x)$

$$h_i = x_{i+1} - x_i \quad , \quad \delta_i = \frac{y_{i+1} - y_i}{h_i} \quad , \quad t = \frac{x - x_i}{h_i} \quad , \quad i=1,2,\dots,n-1$$

استفاده می کنیم.

در انتروال $[x_i, x_{i+1}]$ سپلین مکعبی هیرمیت S را به صورت زیر تعریف می کنیم:

$$S_i(x) = y_i + m_i h_i t + (3\delta_i - 2m_i - m_{i+1}) h_i t^2 + (m_i + m_{i+1} - 2\delta_i) h_i t^3 \quad (1)$$

که در آن $m_i = S'(x_i)$ میل های مجهول هستند که به وسیله شرایطی که روی تابع اعمال می کنیم محاسبه می شوند. در حقیقت این m_i ها پارامترهای برای کنترل شکل هستند. در لیمه-۱ شرایط لازم و کافی برای این که پولینوم درجه سه روی یک انتروال هموار مثبت باقی بماند ارایه شده است.

لیمه ۱: تابع $S_i(x)$ روی انتروال $[x_i, x_{i+1}]$ مثبت است اگر $(m_i, m_{i+1}) \in R_1$ که در آن

$$R_1 = \left\{ (x, y) \left| x \geq \frac{-3y_i}{h_i} \quad , \quad y \leq \frac{3y_{i+1}}{h_i} \right. \right\}$$

با تطبیق این شرایط روی دو تابع $\bar{S}_1(x) = S(x) - f_1(x)$ و $\bar{S}_2(x) = f_2(x) - S(x)$ روی هر انتروال فرعی

به شرایطی برای m_i ها می رسیم که با انتخاب m_i های که در این شرایط صدق کنند، تابع سپلین مکعبی هیرمیت $S(x)$ همواره بین دو منحنی $f_1(x)$ و $f_2(x)$ قرار می گیرد. این شرایط در قضیه-۲ آورده شده است:

قضیه-۲: شرط کافی برای این که سپلین مکعبی هیرمیت $S(x)$ بین دو تابع $f_1(x)$ و $f_2(x)$

مقید باشد یعنی $f_1(x) \leq S(x) \leq f_2(x)$ ، این است که مجموعه مقادیر m_i برای $i=1,2,\dots,n$ در سیستم نامساوات زیر صدق کنند:

$$m_1 \geq \frac{3(a_1x_1^2 + b_1x_1 + c_1 - y_1)}{h_1} + 2a_1x_1 + b_1 \quad (2)$$

$$m_1 \leq \frac{3(a_2x_1^2 + b_2x_1 + c_2 - y_2)}{h_1} + 2a_2x_1 + b_2$$

$$m_i L \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{3(a_2x_i^2 + b_2x_i + c_2 - y_i)}{h_i} + 2a_2x_i + b_2, \\ \frac{-3(a_1x_{i-1}^2 + b_1x_{i-1} + c_1 - y_i)}{h_{i-1}} - 4a_1x_{i-1} - 2b_1 - 2a_1h_{i-1} \end{array} \right\}$$

$$m_i^3 \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{3(a_1x_i^2 + b_1x_i + c_1 - y_i)}{h_i} + 2a_1x_i + b_1, \\ \frac{-3(a_2x_{i-1}^2 + b_2x_{i-1} + c_2 - y_i)}{h_{i-1}} - 4a_2x_{i-1} - 2b_2 - a_2h_{i-1} \end{array} \right\}$$

$$m_n^3 \frac{-3(a_2x_{n-1}^2 + b_2x_{n-1} + c_2 - y_n)}{h_{n-1}} - 4a_2x_{n-1} - 2b_2 - a_2h_{n-1}$$

$$m_n L \frac{-3(a_1x_{n-1}^2 + b_1x_{n-1} + c_2 - y_n)}{h_{n-1}} - 4a_1x_{n-1} - 2b_2 - a_1h_{n-1}$$

اثبات: کافی است با استفاده از لیمه (۱) شرایط نامنفی بودن توابع $\bar{S}_1(x) = S(x) - f_1(x)$ و $\bar{S}_2(x) = f_2(x) - S(x)$ را روی هر انتروال به صورت جداگانه تطبیق کنیم.

اگر m_i ها در نامساوات که در قضیه (۲) تعریف شده اند صدق کنند، آن وقت سپلین مکعبی هیرمیت مورد نظر مقید خواهد شد.

سپلین مکعبی هیرمیت C^2

در بخش قبل با استفاده از قضیه (۲) شرایطی برای مجموعه $\{m_i\}_{i=1}^n$ به دست آوردیم که تحت این شرایط سپلین مکعبی هیرمیت حاصل C^1 خواهد بود. در این بخش قصد داریم همواری تابع سپلین مکعبی هیرمیت را تا C^2 افزایش دهیم. برای این منظور با استفاده از شرط متمادیت مشتق دوم روی تابع $S(x)$ ، شرایط تکمیلی (۳) را برای $i = 1, 2, \dots, n-2$ ، به سیستم نامساوات قبلی اضافه خواهیم کرد:

$$\frac{1}{h_i} m_i + \left(\frac{2}{h_i} + \frac{2}{h_{i+1}} \right) m_{i+1} + \frac{1}{h_{i+1}} m_{i+2} = \frac{3}{h_i} \delta_i + \frac{3}{h_{i+1}} \delta_{i+1} \quad (3)$$

معادله (۳) همراه سیستم نامساوات (۲) یک تعداد قیود برای متغیرهای m_i ارایه می دهند که به وسیله برنامه ریزی قابل حل هستند. در حقیقت با اضافه کردن قیود معادله (۳) ناحیه فضای حل های مثبت m_i ها

محدودتر و جواب‌های به دست آمده از ناحیه، پیوستگی سپلاین مکعبی هیرمیت مقید را تا مرتبه C^2 افزایش می دهد (Sarfraz, 2005)، (Costantini, 2007).

جواب ها به اساس مینیمم کردن انرژی منحنی:

جواب‌های که تا اکنون در دو بخش قبل پیدا کردیم دارای پیوستگی C^1 و C^2 بودند حال به تعقیب سپلاین مکعبی هیرمیت مقید هستیم که علاوه بر پیوستگی C^2 ، دارای انحنا و خمیدگی کم‌تری باشد. در حقیقت از میان جواب‌های موجود، به تعقیب جواب بهینه‌ای هستیم که دارای همواری بیش‌تری نسبت به جواب‌های قبل باشد. برای رسیدن به این هدف از روش مینیمم کردن انرژی منحنی استفاده می‌کنیم. از این روش قبلاً برای به دست آوردن سپلاین درونیاب استفاده شده است. فورمول انرژی منحنی بدین صورت است:

$$E = \int_{x_1}^{x_2} \frac{S''^2(x)}{(1 + [S'(x)]^2)^{\frac{5}{2}}} dx \quad (4)$$

برای بدست آوردن جواب بهینه باید فورمول (۴) را مشروط بر قیود (۲) و (۳) مینیمم کنیم. اما از آن جا که محاسبه این فورمول در بیش‌تر موارد، کار آسان نیست از یک فورمول انرژی ساده‌تر که مبتنی بر عدم پیوستگی مشتق دوم است استفاده می‌کنیم. در (۱۲) این فورمول به صورت (۵) معرفی شده است:

$$E_D = \sum_{k=2}^{n-1} (S''(x_k^-) - S''(x_k^+))^2 \quad (5)$$

به جای استفاده از فورمول (۵) می‌توان عبارت ساده‌تری که بر اساس قیمت مطلق ناپیوستگی‌های مشتق دوم است به کار برد.

$$\tilde{E}_D = \sum_{k=2}^{n-1} |S''(x_k^-) - S''(x_k^+)| \quad (6)$$

حال متحول‌های کمکی s_k را به گونه‌ای معرفی می‌کنیم که قیمت مطلق ناپیوستگی‌های مشتق دوم روی هر انتروال کم‌تر از مقدار متحول کمکی روی همان انتروال شود، یعنی داریم:

$$\begin{aligned} S''(x_k^-) - S''(x_k^+) &\leq s_k \\ -[S''(x_k^-) - S''(x_k^+)] &\leq s_k \end{aligned} \quad (7)$$

بنا بر این فورمول $\tilde{E}_D$ را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\tilde{E}_D = \sum_{k=2}^{n-1} s_k \quad (8)$$

اکنون برای بدست آوردن جواب بهینه ابتدا تابع هدف $\tilde{E}_D$ ، که در فورمول (۸) معرفی شده است، را مشروط بر قیود زیر مینیمم کنیم:

قیدهای قیمت مطلق در معادله (۶)

قیدهای مقید بودن در معادله (۲)

در این جا با یک مسأله برنامه ریزی خطی مواجه هستیم و جواب که از این مسأله به دست می‌آید به صورت زیر است:

$$F^* = (m_0, m_1, m_2, \dots, m_n, s_1, s_2, \dots, s_{n-1})^t$$

با جای گذاری این جواب در تابع هدف $\bar{E}_D$ در فورمول (۸) مقدار تابع هدف در نقطه بهینه به دست می‌آید. اگر این مقدار بسیار کوچک باشد آن وقت می‌توان امیدوار بود، که جواب با پیوستگی C^2 برای مسأله مینیم کردن انرژی داشته باشیم و در این حالت با انتخاب تابع هدف فورمول (۴) یک مسأله برنامه-ریزی غیرخطی را مشروط بر قیود زیر را حل می‌کنیم:

قیدهای مقید بودن در معادله (۲)

قیدهای پیوستگی مشتق دوم در معادله (۳)

برای حل این مسأله برنامه‌ریزی خطیاز جواب F^* که از حل برنامه‌ریزی خطی در مرحله قبل به دست آمد به عنوان حدس اولیه استفاده می‌کنیم (Sim,2008)، (Sarfraz,2005).

مثال

مثال این بخش با استفاده از نرم افزار متلب Mat lab اجرا شده اند. لازم به ذکر است برای محاسبه خطای هر مثال ابتدا بیشترین اختلاف تابع اصلی و تابع درونیاب از نظر قیمت مطلق روی هر انتروال فرعی با استفاده از گسسته سازی مطلوب و نورم بینهایت وکتوری محاسبه شده و سپس بیشترین مقدار به دست آمده از میان مقادیر خطای انتروال‌های فرعی را به عنوان خطای روش در نظر گرفته شده است. برای گذارش خطا تعداد نقاط هر انتروال فرعی را $n=100$ اختیار کرده ایم.

جدول ۱: دیتای مربوط مثال اول.

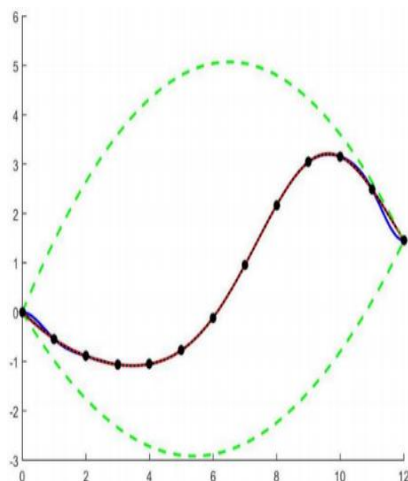
f_i	x_i	f_i	x_i
0.9504	۷	.	.
2.1658	۸	-0.5459	۱
3.0402	۹	-0.8884	۲
3.1516	۱۰	-1.0625	۳
2.4908	۱۱	-1.0528	۴
1.4597	۱۲	-0.7757	۵
-0.1133			۶

فرض کنیم دیتای موجود در جدول ۱ را در اختیار داریم. این دیتا از طریق افراز یک نواخت تابع

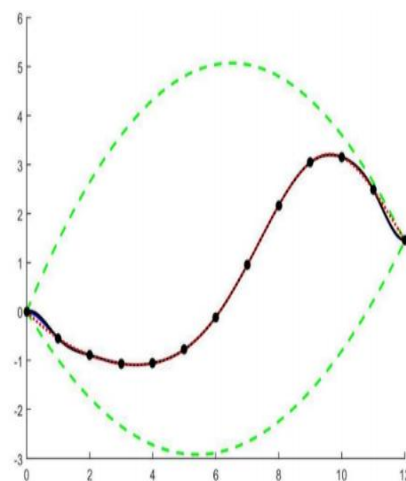
$$f(x) = \frac{x^{\frac{-(x-4)^2}{10}}}{10e^{(3-x)}} - \frac{3xe^{\frac{-2(x-4)}{10}}}{10}$$

در انتروال $[0,12]$ به دست آمده اند. در این مثال قصد داریم دیتای جدول ۱- را طوری درونیابی کنیم که درونیاب حاصل به تابع $f_1(x) = 0.1x^2 - 1.08x$ به عنوان سرحد پایین و تابع $f_2(x) = -0.12x^2 - 1.56x$ به عنوان سرحد بالا محدود باشد. جواب C^1 برای این مثال در شکل ۱- آمده است. خطایی که از این روش به دست آمده برابر ۰.۱۷۳۳ است. همچنین جواب C^2 را که از روش مینیمم کردن انرژی به دست می آید می توان در شکل ۲- مشاهده کرد. خطای به دست آمده از این روش نیز برابر با ۰.۰۱۲۰ است. آن چه که از مقایسه خطای این دو روش بر می آید این است که روش مینیمم کردن انرژی ضمن افزایش درجه همواری، خطای کمتری نیز نسبت به روش دیگر دارد بنا بر این می تواند انتخاب مناسب تری برای به دست آوردن سپالین مکعبی هیرمیت مقید باشد. لازم به ذکر است که در هر دو شکل تابع اصلی با نقاط متوالی تابع درونیاب با خط متمادی، توابع سرحد پایین و بالا با خط شکسته و نقاط دیتا با نقاط سیاه نمایان هستند.

برای مقایسه جواب های به دست آمده دیتا را با استفاده از نرم افزار متلب Matlab و با تنظیم پیش فرض سپالین حل کرده ایم، جدول ۲- خطاها را به تفکیک روش و انتروال های فرعی ارایه می دهد. مشاهده می شود که روش C^2 نسبت به روش سپالین معمولی دارای خطای کمتری است. البته طبق این جدول روش سپالین معمولی با روش C^1 رقابت می کند، با این حال بر اساس مشاهدات تجربی روی دیتای متنوع مشاهده می شود که برای مثال های که سرحد بالا و پایین انتخاب شده به دیتا نزدیک تر باشند، روش های پیشنهادی ارجعیت چشم گیری نسبت به سپالین متلب دارند (۸).



شکل ۲: سپالین مکعبی هیرمیت مقید C^2 برای مثال



شکل ۱: سپالین مکعبی هیرمیت مقید C^1 برای مثال

جدول-۲: مقایسه خطاهای مربوط به مثال اول

$[X_i, X_{i+1}]$	روش C^1	روش C^2	روش سپلین متلب
[۰,۱]	۰,۱۵۸۴	۰,۰۱۲۰	۰,۱۱۱۲
[۱,۲]	۰,۰۴۲۵	۰,۰۰۳۳	۰,۰۲۹۹
[۲,۳]	۰,۰۱۱۲	۰,۰۰۰۷	۰,۰۰۷۸
[۳,۴]	۰,۰۰۳۳	۰,۰۰۰۵	۰,۰۰۲۴
[۴,۵]	۰,۰۰۰۸	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰۵
[۵,۶]	۰,۰۰۰۳	۰,۰۰۰۵	۰,۰۰۰۳
[۶,۷]	۰,۰۰۱۴	۰,۰۰۱۲	۰,۰۰۱۴
[۷,۸]	۰,۰۰۰۲	۰,۰۰۰۷	۰,۰۰۰۳
[۸,۹]	۰,۰۰۲۷	۰,۰۰۱۰	۰,۰۰۳۰
[۹,۱۰]	۰,۰۱۴۲	۰,۰۰۱۸	۰,۰۱۵۳
[۱۰,۱۱]	۰,۰۴۵۶	۰,۰۰۱۰	۰,۰۴۹۷
[۱۱,۱۲]	۰,۱۷۳۳	۰,۰۰۰۹	۰,۱۸۸۴

نتیجه گیری

از درونیابی مقید با استفاده از سپلین مکعبی هیرمیت نتایج زیر به دست می آید. استفاده از روش های مینیم سازی انرژی در بهبود خطای سپلین مقید درونیاب تأثیر فراوانی دارد. روش سپلین مقید با بهره بردن از تخنیک های مینیم سازی انرژی ابزاری مفید برای درونیابی دیتای مقید ارایه می دهد که نسبت به سپلین معمولی (پیش فرض متلب) خطاهای کمتری دارد.

پیشنهادهای

در اینجا چند پیشنهاد در مورد موضوع درونیابی مقید ارائه می دهیم که می توانید از آنها برای توسعه بیشتر تحقیقات یا مقالات خود استفاده کنید:

۱- توسعه روش های جدید درونیابی مقید

پیشنهاد: طراحی و توسعه روش های جدید درونیابی مقید که تطبیقات بیشتری نسبت به روش های موجود دارند. این روش ها می توانند بر اساس الگوریتم های هوشمند مانند شبکه های عصبی، الگوریتم های جنیتیک، یا الگوریتم های مبتنی بر بهینه سازی ترکیبی باشند.

۲- کاربرد درونیابی مقید در تحلیل دیتای غیرخطی

پیشنهاد: بررسی و توسعه تخنیک های درونیابی مقید برای تحلیل دیتای غیرخطی که در ساحات مانند دینامیک سیالات، تحلیل بازارهای مالی، یا مؤدل سازی سیستم های زیستی تطبیق دارند.

۳- بهینه سازی درونیابی مقید برای دیتای پراکنده

پیشنهاد: مطالعه و توسعه روش‌های درونیابی مقید که قادر به مدیریت دیتای پراکنده (Sparse Data) با کارایی بالا باشند. این موضوع به ویژه در مسایل مربوط به پردازش تصاویر طبی یا دیتای سنجش از دور اهمیت دارد.

۳- مقایسه عملکرد روش‌های درونیابی مقید در محیط‌های مختلف
پیشنهاد: ارزیابی و مقایسه عملکرد روش‌های مختلف درونیابی مقید در محیط‌های متنوع مانند فضاها با ابعادی بالا، فضاها محدود این مقایسه می‌تواند به شناسایی نقاط قوت و ضعف هر روش کمک کند.

۴- استفاده از درونیابی مقید در مسائل کنترل بهینه
پیشنهاد: بررسی تطبیق درونیابی مقید در مسایل کنترل بهینه، به ویژه در سیستم‌های پویا که نیاز به رعایت قیود سخت دارند. این موضوع می‌تواند در صنایع موتورسازی و رباتیک بسیار مورد توجه قرار گیرد.
۵- درونیابی مقید و یادگیری عمیق

پیشنهاد: ترکیب درونیابی مقید با تخنیک‌های یادگیری عمیق برای بهبود دقت و تطبیقات در مسایلی مانند بازسازی تصاویر، مؤدل‌سازی سطوح پیچیده، و تحلیل دیتای سه بعدی.

۶- درونیابی مقید در پردازش سیگنال و مخابرات
پیشنهاد: توسعه روش‌های درونیابی مقید برای کاربرد در ساحه پردازش سیگنال و مخابرات، مانند بهبود دقت در تشخیص الگوها، بازیابی سیگنال‌ها و بهینه‌سازی شبکه‌های مخابراتی.

منابع

- Asim M. R., Brodlie K. W., "Curve drawing subject to positivity and more general constraints", Computers Graphics, 27 (4) (2003) 469-485.
- Burmeister W., Hess W., Schmidt J. W., "Convex spline interpolants with minimal curvature", Computing, 35 (2) (1985) 219-229.
- Costantini P., Francesca P., "Shape preserving histogram approximation", Advances in Computational Mathematics, 26 (2007) 205-230.
- Goodman T. N. T., "Shape preserving interpolation by curves, in: J. Leversity, I. Anderson, J. Mason (Eds.), Algorithms for Approximation IV", University of Huddersfield, UK (2002) 24-35.
- Han X., "Convexity-preserving piecewise rational quartic interpolation", SIAM Journal on Numerical Analysis, 46 (2) (2008) 920-929.
- Kvasov B., Kvasoc B., "Methods of shape-preserving spline approximation", Singapore: World Scientific (2000).
- Sarfraz M., Hussain M. Z., Chaudhry F. S., "Shape preserving data visualization with cubic splines", Proceedings of the 8th Joint Conference on Information Sciences, 1-3 (2005) 1661-1664.

- Sarfraz M., Hussain M. Z., Hussain M., "Shape-preserving curve interpolation", International Journal of Computer Mathematics, 89 (1) (2012) 35-53.
- Schmidt J. W., Hess W., "Positivity of cubic polynomials on intervals and positive spline interpolation", BIT Numerical Mathematics, 28 (2) (1998) 340-352.
- Shao C. Y., Wang H. L., Niu X. M., Wang X. T., "A shape-preserving method for watermarking 2D vector maps based on statistic detection", IEICE Transaction on Information and Systems, E89D (3) (2006) 1290-1293.
- Sim K. S., Wee M. Y., Lim W. K., "Image Signal-to-Noise Ratio Estimation Using ShapePreserving Piecewise Cubic Hermite Autoregressive Moving Average Model", Microscopy Research and Technique, 71 (10) (2008) 710-720.
- Wolberg G., Alfay I., "An energy-minimization framework for monotonic cubic spline interpolation", Journal of Computational and Applied Mathematics, 143 (2) (2002) 145-188.

مروری بر مسایل مصوّنیت بیولوژیکی در بیوتکنالوژی

۱- پوهنیار گل خانگه لمر^{*}

۱- دیپارتمنت بوتاني، پوهنځی بیولوژی، پوهنتون کابل، افغانستان

چکیده

مصوّنیت بیولوژیکی در بیوتکنالوژی عبارت از اصول، اقدامات و مقرراتی اند که برای کاهش خطرات مرتبط با استفاده از عوامل بیولوژیکی و محصولات بیوتکنالوژیکی به کار گرفته می‌شوند، که در زمینه‌های تحقیقاتی اهمیت زیادی دارد و هدف از آن به‌کارگیری روش‌های مدیریتی، فنی و نظارتی است تا از انتشار ناخواسته مایکروارگانیزم‌های تغییرشده و اثرات نامطلوب احتمالی بر سلامت انسان، حیوانات و محیط زیست جلوگیری شود. بنا بر این ایجاد روش‌های مصوّنیت، دسته‌بندی سطوح مصوّنیت بیولوژیکی، راهنمایی برای ایجاد محیط‌های مصوّن در تأسیسات تحقیقاتی، مقررات بین‌المللی مانند پروتکل کارتاجینا و اقدامات احتیاطی در توسعه بیوتکنالوژی که استانداردهای لازم را برای کاهش خطرات ارائه می‌کنند، حتمی می‌باشند. تحقیقات در مورد اصول لابراتواری و گزارش کیتمه مشاوره آر دی ان ای موسسه ملی سلامت آمریکا نشان داده است که با توجه به پیشرفت‌های روزافزون در بیوتکنالوژی از توجه به مصوّنیت بیولوژیکی برای جلوگیری از پیامدهای ناخواسته، توسعه پایدار بیوتکنالوژی و حفظ سلامت عمومی اطمینان حاصل گردد.

کلمات کلیدی: مصوّنیت بیولوژیکی، شرایط مصوّن، ارگانیزم‌های تغییر یافته جنتیکی، پروتکل کارتاجینا، روش‌های مصوّنیت

*Email: gulsangalemar@gmail.com

A review of Biosafety Issues in Biotechnology

1- Senior Teaching Assistant Gul-sanga lemar^{*1}

1- Botani Department, Biology Faculty, Kabul University, Afghanistan

Abstract

Biosafety in biotechnology refers to the principles, measures, and regulations implemented to mitigate risks associated with the use of biological agents and biotechnological products, which hold significant importance in research fields. The objective is to apply managerial, technical, and regulatory approaches to prevent the unintended release of modified microorganisms and potential adverse effects on human health, animals, and the environment. Therefore, the establishment of biosafety procedures, classification of biosafety levels, guidelines for creating secure research environments, the international regulations such as the Cartagena Protocol, and precautionary measures in biotechnological development that provide necessary standards to reduce risks are essential. Research on laboratory principles and reports from the Recombinant DNA Advisory Committee of the U.S. National Institutes of Health have demonstrated that, given the rapid advancements in biotechnology, ensuring biosafety is crucial for preventing unintended consequences, plus fostering the sustainable development of biotechnology, and safeguarding public health.

Keywords: Biosafety, genetically modified organisms, Cartagena protocol, Safety methods, Safe conditions.

*Email: gulsangalemar@gmail.com

مقدمه

بیوتکنالوژی به عنوان یکی از شاخه‌های جدید علمی، نقش مهمی در بهبود زندگی بشر از طریق توسعه داروها، بهبود محصولات زراعتی و درمان بیماری‌ها ایفا می‌کند. با این حال، استفاده از ارگانیسم‌های زنده تکنالوژی‌های انجیری جنتیک می‌تواند خطرات بالقوه‌ای برای سلامت انسان، محیط زیست و تنوع حیات ایجاد کند. به همین دلیل، مفهوم مصونیت بیولوژیکی مطرح شده است که شامل مجموعه‌ای از اصول، استانداردها و اقدامات پیشگیرانه برای کاهش و کنترل این خطرات است (Al-eitan & Alnemri, 2022). مصونیت بیولوژیکی برای جلوگیری از انتشار ناخواسته میکروارگانیسم‌های اصلاح‌شده جنتیکی، کنترل عوامل بیماری‌زا و رعایت استانداردهای مصونیت در لابراتوارها و مراکز تحقیقاتی تمرکز دارد. برای این منظور، سطوح مصونیت بیولوژیکی تعیین شده‌اند که بر اساس میزان خطر عوامل بیولوژیکی از سطح ۱ (کم خطر) تا سطح ۴ (بسیار خطرناک) طبقه‌بندی می‌شوند (Goel & Parashar, 2013).

علاوه بر این، قوانین و مقررات بین‌المللی مانند پروتکل کارتاژینا در مورد ایمنی زیستی و دستورالعمل‌های سازمان بهداشت جهانی بر اهمیت مدیریت خطر و کنترل استفاده از موجودات زنده تغییر یافته جنتیکی تأکید دارند (K. Gupta & Karihaloo, 2014). همچنان ذخیره اطلاعات (دیتابیس) که دربرگیرنده دسترسی به روش‌های مصون و بررسی خطرات ناشی از مواد جنتیکی تغییر شده‌اند تحقیقات بیوتکنالوژیکی را تسهیل بخشیده است (Mathur, 2018).

اهمیت و ضرورت تحقیق: تحقیقات نشان داده است که میان سالهای ۱۹۵۰ و ۱۹۷۶ از اثر عدم مراعات نمودن اصول مصونیت بیولوژیکی و عدم تعلیمات مسلکی به کارکنان لابراتوارها، امراض مهلک و کشنده از لابراتوارها و تاسیسات تحقیقاتی انتشار نموده است که سبب از بین رفتن هزاران تن شده است (M. Salerno, Reynolds Gaudioso, 2015). در حال حاضر، در افغانستان اطلاعات دقیقی درباره وضعیت تولید، واردات، یا مصرف موجودات تغییر یافته جنتیکی و اصول بین‌المللی مصونیت بیولوژیکی در دسترس نیست. جهت پیشگیری از وقوع چنین حوادث مرگبار باید تلاش‌های لازم برای اطمینان از مصونیت بیولوژیکی برای محققین، کارکنان لابراتوار و همچنین محیط زیست سالم، صورت گیرد. مصونیت بیولوژیکی نباید مانعی برای پیشرفت علمی (محصولات بیوتکنالوژی) باشد، بلکه باید به عنوان چارچوبی برای استفاده مصون، مسئولانه و پایدار از بیوتکنالوژی در نظر گرفته شود. با یک رویکرد متعادل که هم نوآوری را تشویق کند و هم مصونیت را تضمین نماید، می‌توان از مزایای بیوتکنالوژی بهره‌مند شد و خطرات احتمالی آن را به حداقل رساند (Dickmann *et al.*, 2014).

اهداف تحقیق: رعایت اصول، ایجاد استانداردهای مصونی و اجرای مقررات بین المللی برای تضمین آینده سالم و پایدار، که یک امر ضروری است. مهار نمودن خطرات و جلوگیری از سوء استفاده ها و تهدیدات بیوتروریزم و دست رسی به ذخیره اطلاعات مصونیت بیولوژیکی.

سوالات تحقیق: چرا به مصونیت بیولوژیکی نیاز داریم؟ مصونیت بیولوژیکی و وضعیت ارگانیزم های تغییر یافته جنتیکی در افغانستان چگونه است؟

پیشینه تحقیق: به اساس تحقیقات میان سال های ۱۹۵۰ و ۱۹۷۶ از اثر عدم مراعات نمودن اصول مصونیت بیولوژیکی امراض مهلک و کشنده از لابراتوارها و تاسیسات تحقیقاتی انتشار نموده است. سروی که از جمله ۵۰۰۰ لابراتوارها انجام شده، انتشار ۳۹۲۱ امراض را نشان داده است. که بیشترین آن امراض بروسلوز، تب محرکه، توپرکلوز و زردی بوده است (M. Salerno, Reynolds Gaudio, 2015).

۱. آغاز مصونیت بیولوژیکی (قبل از ۱۹۵۰):

قبل از جنگ جهانی دوم، مفهوم مصونیت بیولوژیکی به صورت رسمی وجود نداشت، اما برخی کشورها تحقیقاتی در زمینه عوامل بیولوژیکی انجام می دادند. در سال های ۱۹۴۰، با پیشرفت های علمی در زمینه میکروبیولوژی و ویروس شناسی، خطرات ناشی از کار با عوامل بیماری زا شناخته شد (Resnik, 2024).

۲. آغاز مقررات رسمی (۱۹۵۰-۱۹۷۰):

پس از جنگ جهانی دوم و با آغاز جنگ سرد، برخی کشورها مانند آمریکا، شوروی و بریتانیا تحقیقاتی را در زمینه جنگ بیولوژیکی انجام دادند. در دهه ۱۹۵۰ ایالات متحده اولین استانداردهای مصونیت بیولوژیکی را برای جلوگیری از انتشار عوامل بیماری زا از لابراتوارها تدوین کرد. در دهه ۱۹۶۰ موارد متعددی از انتشار تصادفی بیماری های مانند بروسلوز و تولارمی از لابراتوارها گزارش شد، که ضرورت بهبود سطوح مصونیت بیولوژیکی را آشکار ساخت (Yount, 2008).

۳. پیشرفت های کلیدی در مصونیت بیولوژیکی (۱۹۷۰-۱۹۹۰):

در سال ۱۹۷۴، اولین راهنمای مصونیت بیولوژیکی در لابراتوارها توسط سازمان صحت جهانی منتشر شد. در ۱۹۷۵، کنفرانس اسیلومار در آمریکا برگزار شد که در آن دانشمندان مقرراتی را برای ایمنی در تحقیقات دی ان ای نو ترکیب تصویب کردند. در ۱۹۷۹، حادثه نشت سیاه زخم در اسوردلوفسک شوروی نشان داد که عدم رعایت اصول مصونیت بیولوژیکی می تواند فاجعه آفرین باشد (Resnik, 2024).

۴. مصونیت بیولوژیکی در بیوتکنالوژی نوین (۱۹۹۰ تا امروز):

در دهه ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰، با پیشرفت انجیری جنتیک، تولید واکسن ها، و اصلاح جنتیکی موجودات زنده، نیاز به مقررات سخت گیرانه تر در مصونیت بیولوژیکی افزایش یافت. در سال ۲۰۰۱، حملات بیوتروریستی با سیاه زخم در آمریکا اهمیت امنیت زیستی را نیز مطرح کرد. امروزه سازمان صحت جهانی، مرکز کنترل

بیماری‌ها، و سازمان بین‌المللی استانداردسازی مقررات سخت‌گیرانه‌ای برای کار با عوامل بیولوژیکی تنظیم کرده‌اند (K. Gupta & Karihaloo, 2014).

دراغانستان کاربرد محصولات انجیری شده در مراحل اولیه یا ابتدایی آن قرار دارد. کاربرد چنین محصولات مشکلات و کمبودی‌های چون نبود چوکات قانونی جهت واردات و صادرات موجودات تغییر یافته جنتیکی، کمبود ظرفیت تخنیکی و آگاهی عمومی را دارد (Dickmann *et al.*, 2014).

مصنویت بیولوژیکی در بیوتکنالوژی از اواسط قرن بیستم توسعه یافت و با پیشرفت‌های علمی و وقوع حوادث بیولوژیکی، مقررات آن سخت‌گیرانه‌تر شد. امروزه این اصول نقش کلیدی در تحقیقات طبی، تولید واکسن‌ها، و انجیری جنتیک ایفا می‌کنند تا از انتشار عوامل خطرناک جلوگیری شود.

روش کار: در این مطالعه علاوه بر تحقیق در مورد اصول لابراتواری که عبارتند از اصول کنترلی، تکنالوژی و اقداماتی است که برای جلوگیری از مواجه شدن تصادفی با بیماری‌ها و عوامل زهری یا انتشار تصادفی آن‌ها به کار می‌رود، کتاب‌ها، مجلات معتبر و گزارش کمیته مشورتی مؤسسه ملی صحت آمریکا دی ان ای نو ترکیب تحلیل و تجزیه شده است. تا باشد که جلوگیری از انتشار مواد جنتیکی تغییر شده، ایجاد طرز العمل‌های مصئون، شناسایی و مدیریت خطرات و همچنین اجرای قوانین و دستورالعمل‌ها جهت مصئونیت بیولوژیکی به گونه مؤثر صورت گیرد.

چرا به مصئونیت بیولوژیکی نیاز داریم؟

مصئونیت بیولوژیکی یکی از جنبه‌های حیاتی در علوم حیاتی و بیوتکنالوژی است که به منظور حفاظت از سلامت انسان، محیط زیست و اکوسیستم‌های طبیعی در برابر خطرات ناشی از عوامل بیولوژیکی و ارگانیسم‌های تغییر یافته جنتیکی به کار گرفته می‌شود. دلایل اصلی نیاز به مصئونیت بیولوژیکی عبارتند از:

۱. محافظت از سلامت انسان و جامعه: بسیاری از تحقیقات بیوتکنالوژیکی شامل کار با میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا، ویروس‌ها و باکتری‌های انجیری شده است. بدون رعایت اصول مصئونیت، احتمال انتشار بیماری‌های عفونی و همه‌گیری‌های خطرناک افزایش می‌یابد (Bhat, T.A., 2023).

۲. حفاظت از محیط زیست و تنوع حیات: انتشار کنترل نشده ارگانیسم‌های تغییر یافته جنتیکی ممکن است باعث تغییرات نامطلوب در اکوسیستم‌ها، آسیب به انواع طبیعی و اختلال در تعادل زیست محیطی شود. برای مثال، برخی از محصولات اصلاح شده جنتیکی می‌توانند انواع بومی را تهدید کنند یا باعث کاهش تنوع جنتیکی شوند و یا هم سبب انکشاف نباتات هرزه و همچنان ایجاد مقاومت در حشره‌ها در برابر مواد حشره کش گردد (Sreekrishna, 2008).

۳. جلوگیری از سوءاستفاده و تهدیدات بیوتروریزم: در صورت عدم رعایت استانداردهای مصئونیت بیولوژیکی، ممکن است عوامل بیولوژیکی خطرناک توسط افراد یا گروه‌های غیرقانونی مورد سوءاستفاده

قرار گیرند. بیوتروریزم و انتشار عمدی عوامل بیماری‌زا می‌تواند تهدیدی جدی برای امنیت جهانی باشد (Bhat, T.A., 2023).

۴. ایجاد استانداردهای مصون در لابراتوارها و مراکز تحقیقاتی: اجرای سطوح مصونیت بیولوژیکی در لابراتوارها تضمین می‌کند که محققین و کارکنان تحقیقاتی در محیط مصون فعالیت کنند و از خطرات احتمالی ناشی از کار با میکروارگانیسم‌های خطرناک محافظت شوند (Vettori & Fladung, 2011).

۵. تضمین توسعه پایدار بیوتکنالوژی: پیشرفت‌های علمی در زمینه بیوتکنالوژی باید به گونه‌ای مدیریت شوند که بدون ایجاد خطرات غیر قابل کنترل از مزایای آن بهره‌مند شد. مصونیت بیولوژیکی به تنظیم استفاده از بیوتکنالوژی و توسعه پایدار آن کمک می‌کند (Goel & Parashar, 2013).

مصونیت بیولوژیکی و مهار نمودن خطرات

مهار نمودن در مصونیت بیولوژیکی، هدف از ایجاد شرایطی است که از نفوذ و گسترش مواد بیولوژیکی خطرناک یا بیماری‌زا جلوگیری شود. برخی روش‌های رایج در این زمینه عبارتند از:

۱. محدودسازی دسترسی: با استفاده از موانع فیزیکی، مانند نصب فیلترها یا تصفیه هوا، استفاده از چراغ‌های تعقیم کننده و تصفیه مواد ضایعه، افراد و حیوانات از محیط‌های خاص که ممکن است حاوی مواد خطرناک باشد، جدا می‌شوند (Ichinose *et al.*, 2015).

۲. کنترل بیماری‌ها: در لابراتوارها یا محیط‌های تحقیقاتی، اقدامات پیشگیرانه برای کنترل و کاهش خطر انتقال بیماری‌ها انجام می‌شود (Wijffels, 2015). درعنوان بعدی توضیح گردیده است.

۳. آموزش و آگاهی‌رسانی: افراد و کارکنان باید در زمینه شناسایی و مدیریت خطرات زیستی آموزش ببینند (Saeed & Mohammed, 2023).

۴. استفاده از تجهیزات حفاظتی: برای جلوگیری از تماس مستقیم با مواد بیولوژیکی خطرناک از تجهیزات مصون مانند دستکش، ماسک، و لباس‌های حفاظتی استفاده می‌شود (Zaki, 2010). این اقدامات معمولاً در راستای کاهش خطرات صحت، حفظ سلامت عمومی، و جلوگیری از آلودگی محیط زیست اعمال می‌شوند (K. Gupta & Karihaloo, 2014).

راهنمودهای مصونیت بیولوژیکی و سطوح مصون:

در لابراتوارها و همه تأسیسات تحقیقاتی خوردن، ذخیره مواد خوراکی، سگرت کشیدن ممنوع می‌باشد. پوشیدن کلاه و لباس لابراتواری حتمی بوده که در هنگام خارج شدن از لابراتوار باید کشیده شود. سطوح کاری باید بعد از هر بار استفاده یا ختم روز کاری با الکل و صابون ضد عفونی گردد. برعلاوه مواد ضایعه باید از طریق اوتوکلاو یا هم سوختاندن تعقیم گردد. با ارگانیسم‌های تغییر شده یا سایر عوامل بیولوژیکی خطرناک تماس صورت نگیرد و در صورت نیاز تماس باید دستکش استفاده گردد. دروازه‌های لابراتوار باید

۱ بسته نگهداری شود و علائم آگاهی دهی خطر مواد بیولوژیکی خطرناک (بایوهزرد) باید دایم جا برجا باشد (Araya-Quesada et al., 2010).

در مصونیت بیولوژیکی در بیوتکنالوژی و تأسیسات تحقیقاتی، برای مهار خطرات بیولوژیکی و حفاظت از سلامت عمومی، چهار سطح استاندارد برای مدیریت و مهار خطرات وجود دارد. این سطوح به ترتیب از پایین ترین سطح ایمنی به بالاترین سطح تقسیم می شوند و برای تعیین میزان خطر و اقدامات حفاظتی در محیط های مختلف مانند لابراتوارها، بیمارستان ها و سایر محیط های تحقیقاتی استفاده می شوند:

1. سطح یک:

ویژگی ها: خطرات بیولوژیکی کم، عوامل بیماری زای معمولی که به طور معمول برای انسان ها خطرناک نیستند. مانند برخی از باکتری ها و قارچ و ویروس های که به طور معمول به انسان ها آسیب نمی زنند. اقدامات مصونیت: در این سطح، حداقل تدابیر حفاظت ضروری است. معمولاً به تجهیزات حفاظتی خاصی نیاز نیست و شرایط استاندارد لابراتوار برای حفاظت از کارکنان کافی است، (Goel & Parashar, 2013).



شکل ۱- وسایل و موانع که در سطح اول مصونیت بیولوژیکی نیاز اند (Goel & Parashar, 2013).

2. سطح دو:

ویژگی ها: عوامل بیماری زای قابل انتقال از طریق تماس با پوست یا مخاط، که ممکن است باعث بیماری های ملاتم یا متوسط شوند مانند باکتری های بیماری زای اشرشیاکولای و ویروس های مانند ایدز که به طور مستقیم از فرد به فرد منتقل نمی شوند.

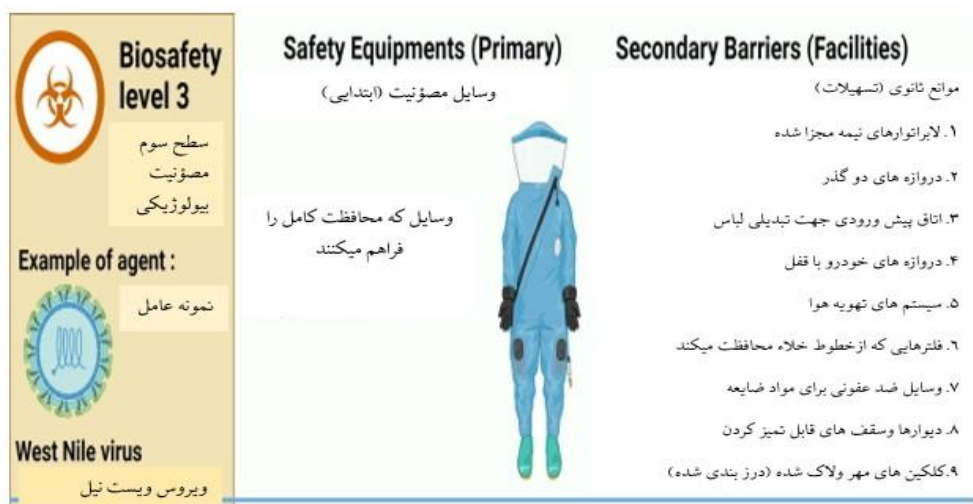
اقدامات مصونیت: این سطح به تجهیزات حفاظتی بیشتری نیاز دارد، از جمله دستکش ها، ماسک ها، و لابراتوارهایی با شرایط حفاظت ویژه. همچنین برای آلودگی های احتمالی، اقدامات پیشگیرانه لازم است (شکل ۲) (Al-eitan & Alnemri, 2022).



شکل - ۲: وسایل و موانع که در سطح دوم مصونیت بیولوژیکی نیاز اند (Al-eitan & Alnemri, 2022).

3. سطح سه:

ویژگی ها: عوامل بیماری زای خطرناک که ممکن است موجب بیماری های شدید و مرگبار شوند و از طریق هوا نیز می توانند منتقل شوند. مانند ویروس سل، آنفلوآنزای پرخطر، و ویروس های کرونا (Zaki, 2010). اقدامات مصونیت: در این سطح، لابراتوار باید تهویه خاصی داشته باشد و کارکنان باید از لباس های محافظتی کامل استفاده کنند. اقدامات برای جلوگیری از انتشار آلودگی به خارج از محیط لابراتوار بسیار دقیق باشد (شکل ۳). (V. Gupta et al., 2017).



شکل - ۳: وسایل و موانع که در سطح سوم مصونیت بیولوژیکی نیاز اند (V. Gupta et al., 2017; Zaki, 2010).

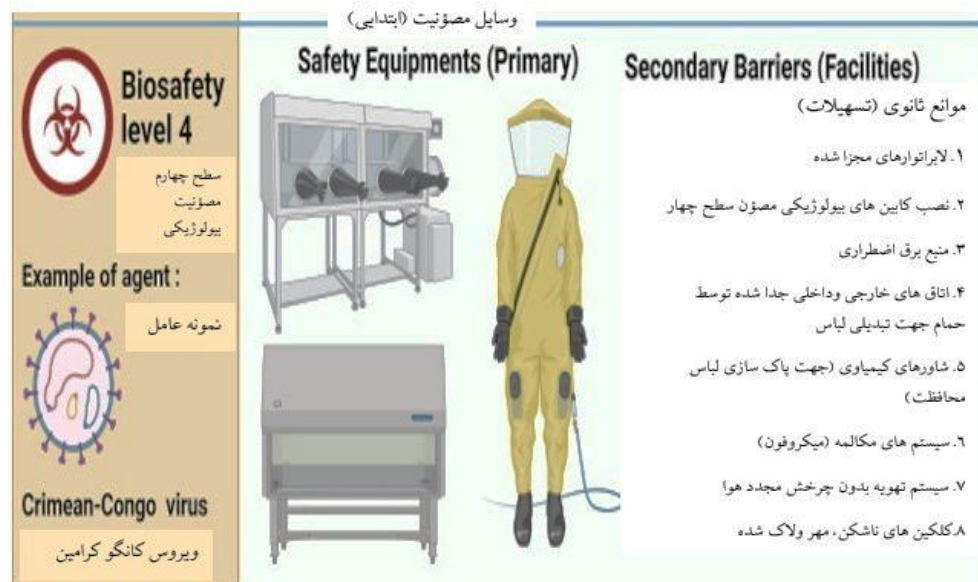
4. سطح چهار:

ویژگی‌ها: عوامل بیماری‌زای بسیار خطرناک و کشنده که هیچ درمانی برای آنها وجود ندارد و می‌تواند از طریق هوا یا تماس مستقیم منتقل شوند.

مانند ویروس‌هایی ابولا، ماربورگ، و ویروس‌های مشابه که خطرات بسیار جدی برای انسان دارند (Al-eitan & Alnemri, 2022).

اقدامات مصونیت: این بالاترین سطح مصونیت است و شامل لابراتوار با بیشترین حفاظت، از جمله فضاها کاملاً جدا شده و فشار منفی. کارکنان باید از لباس‌های محافظتی فشار مثبت استفاده کنند و محیط لابراتوار باید کاملاً مجزا باشد (شکل 4- (Goel & Parashar, 2013).

این سطوح مصونیت به سازمان‌ها و محققین کمک می‌کنند تا با توجه به نوع و خطرات بیولوژیکی موجود، تدابیر مناسب را در راستای حفاظت از خود، محیط زیست و جوامع عمومی اتخاذ کنند (M. Salerno, Reynolds Gaudio, 2015).



شکل ۴: وسایل و موانع که در سطح چهارم مصونیت بیولوژیکی نیاز اند (Al-eitan & Alnemri, 2022; M. Salerno, Reynolds Gaudio, 2015)

مصونیت بیولوژیکی و محصولات تغییر یافته جنتیکی

موجودات تغییر یافته جنتیکی می‌توانند نقش مهمی در افزایش تولید غذا، بهبود کیفیت محصولات و کاهش نیاز به سموم کیمیاوی ایفا کنند، اما نگرانی‌های در مورد تأثیرات زیست‌محیطی و سلامتی آنها نیز وجود دارد که نیاز به تحقیقات بیشتری دارد (Vettori & Fladung, 2011).

مزایای موجودات تغییر یافته جنتیکی^۱

۱. افزایش تولید محصولات زراعتی: گیاهان تغییر یافته جنتیکی در برابر آفات و بیماری‌ها مقاوم هستند، که باعث کاهش خسارات و افزایش بهره‌وری زراعت می‌شود (Mathur, 2018).
۲. مقاومت در برابر شرایط نامساعد محیطی: برخی موجودات تغییر یافته جنتیکی به خشکسالی و شوری خاک مقاوم شده‌اند که امکان کشت در زمین‌های نامساعد را فراهم می‌کند مانند گندم، ذرت و پنبه مقاوم (Kaur, 2020).
۳. بهبود ارزش تغذیه‌ای: برخی از موجودات تغییر یافته جنتیکی مانند "برنج طلایی" با ویتامین A غنی شده‌اند که می‌تواند سوء تغذیه را کاهش دهد (K. Gupta & Karihaloo, 2014).
۴. کاهش مصرف سموم کیمیاوی: محصولاتی مانند ذرت و پنبه تغییر یافته دارای جن‌هایی هستند که آن‌ها را در برابر آفات مقاوم می‌کند، در نتیجه نیاز به آفت‌کش‌های کیمیاوی کاهش می‌یابد (Sreekrishna, 2008).
۵. افزایش ماندگاری محصولات غذایی: برخی از موجودات تغییر یافته جنتیکی برای ماندگاری بیشتر و کاهش ضایعات غذایی طراحی شده‌اند. میوه‌ها و سبزیجات تغییر شده می‌توانند مدت طولانی‌تری تازه بمانند که باعث کاهش ضایعات غذایی می‌شود (Koch et al., 2015).

معایب موجودات تغییر یافته جنتیکی

۱. نگرانی‌های سلامتی: احتمال بروز آلرژی و اثرات ناشناخته بر سلامت انسان از جمله نگرانی‌های مربوط به مصرف موجودات تغییر یافته جنتیکی است (M. Salerno, Reynolds Gaudio, 2015).
 ۲. تأثیر بر تنوع حیاتی: انتشار جن‌های تغییر یافته از طریق گرده‌افشانی ممکن است به انواع طبیعی آسیب برساند و باعث کاهش تنوع حیاتی شود.
 ۳. مقاومت آفات و علف‌های هرز: در برخی موارد، آفات و علف‌های هرز به تدریج در برابر گیاهان تراریخته مقاوم شده و به کارگیری روش‌های جدیدتری برای کنترل آن‌ها ضرورت می‌شود (Wijffels, 2015).
 ۴. مشکلات اقتصادی برای دهاقین: شرکت‌های بزرگ بیوتکنالوژی مانند مونسانتو که بذرهایی تراریخته را تولید می‌کنند، مالکیت این بذرها را در اختیار دارند و کشاورزان را مجبور به خرید سالانه بذرهایی جدید می‌کنند که هزینه‌های آن‌ها را افزایش می‌دهد (Khan, 2015).
 ۵. آلودگی جنتیکی: گرده گیاهان تغییر یافته جنتیکی ممکن است به محصولات غیرتغییریافته جنتیکی منتقل شده و منجر به تغییرات ناخواسته در انواع طبیعی شود (Kaur, 2020).
- لازم است که تحقیقات بیشتری در مورد تأثیرات دراز مدت آن‌ها بر سلامت و محیط‌زیست انجام شود تا از پیامدهای منفی جلوگیری شود. کشورهای که از نظر محصولات بیوتکنالوژیکی پیشرفت‌های نداشته‌اند

¹Genetically Modified Organisms (GMOs)

و از استفاده محصولات تغییر شده جنتیکی نگرانی های دارند میتوانند به سازمان های بین المللی، پروتکل ها و ذخایر اطلاعات مربوطه مراجعه نموده و اصول، قوانین و مقررات لازم را اتخاذ نمایند. در رابطه به مسائل مصونیت بیولوژیکی و حفاظت از سلامت عمومی سازمان ها، ذخایر اطلاعات و پروتکل های به سطح بین المللی وجود دارند که از اهمیت ویژه برخوردار اند که در ذیل توضیح شده است.

فعالیت های درازمدت مرکز بین المللی انجیری جنتیک و بیوتکنالوژی در مصونیت بیولوژیکی

مرکز بین المللی انجیری جنتیک و بیوتکنالوژی یا آی سی جی ای بی یک سازمان بین المللی است که در زمینه تحقیقات بیوتکنالوژی و انجیری جنتیک فعالیت می کند و در بسیاری از کشورهای در حال توسعه شعبه دارد (Araya-Quesada et al., 2010). این مرکز به ویژه در زمینه تحقیقاتی که به مسائل مصونیت بیولوژیکی و حفاظت از سلامت عمومی مربوط می شود، فعال است. فعالیت های درازمدت آی سی جی ای بی در زمینه مصونیت بیولوژیکی شامل چندین محور کلیدی است که به ارتقاء مصونیت در برابر عوامل بیولوژیکی و کنترل خطرات آنها کمک می کند (Saeed & Mohammed, 2023). این فعالیت ها عبارت اند از:

1. تحقیقات در زمینه بیماری های عفونی و پیشگیری از آنها: آی سی جی ای بی بر روی شناسایی و تحقیق در مورد عوامل بیماری زای جدید و ظهور بیماری های نوپدید متمرکز است. این تحقیقات به شناسایی روش های کنترل و درمان این بیماری ها، از جمله واکسن ها و درمان های نوین، کمک می کند. پروژه های مختلفی برای درک و مقابله با ویروس ها، باکتری ها و سایر عوامل بیماری زا که می توانند تهدیداتی برای سلامت جهانی ایجاد کنند، انجام می شود (Araya-Quesada et al., 2010).

۲. ایجاد و تقویت زیرساخت های مصونیت بیولوژیکی در کشورهای در حال توسعه: آی سی جی ای بی تلاش دارد تا امکانات و لابراتوارهای مصونیت حیاتی در کشورهای در حال توسعه را تقویت کند. این شامل آموزش، تقویت زیرساخت های لابراتوارها و ترویج استانداردهای جهانی حفاظت حیاتی است. برنامه های آموزشی برای محققان و کارشناسان در این کشورها برگزار می شود تا توانمندی های محلی در زمینه مصونیت بیولوژیکی و مدیریت خطر تقویت شود (Saeed & Mohammed, 2023).

۳. انجیری جنتیک و اصلاحات بیولوژیکی برای مصونیت بیشتر: آی سی جی ای بی در زمینه انجیری جنتیک تحقیقاتی انجام داده و می دهد که می تواند به بهبود مصونیت بیولوژیکی کمک کند. برای مثال، انجیری میکروارگانیسم ها یا گیاهان به گونه ای که در برابر بیماری ها مقاوم تر باشند یا از خطرات انتقال جن ها جلوگیری شود. استفاده از ابزارهای بیوتکنالوژی برای کاهش خطرات ناشی از انتشار عوامل بیماری زا و تقویت سیستم های دفاعی در برابر این عوامل یکی از اولویت های این مرکز است (Sadeghi et al., 2014).

۴. مطالعه و استفاده از واکسن‌های نوین و درمان‌های جنتیکی: ای سی جی ای بی بر روی توسعه واکسن‌های نوین و درمان‌های جنتیکی برای مقابله با بیماری‌های بیولوژیکی خطرناک تحقیق می‌کند. این واکسن‌ها می‌توانند در جلوگیری از شیوع بیماری‌های خاص مانند ایدز، هپاتیت، مالاریا، و آنفلوانزا مؤثر باشند. همچنین این مرکز بر توسعه درمان‌های هدفمند برای بیماری‌های جنتیکی یا نقص‌های مصونیت بیولوژیکی متمرکز است (Goel & Parashar, 2013).

۵. آموزش و تبادل دانش در زمینه مصونیت بیولوژیکی: ای سی جی ای بی با برگزاری دوره‌های آموزشی و کارگاه‌های تخصصی، به محققان و متخصصان مصونیت حیات در سراسر جهان کمک می‌کند تا دانش خود را به‌روز کنند و بهترین شیوه‌های مصونیت را در محیط‌های لابراتواری و تحقیقاتی به کار گیرند. همکاری با سازمان‌های بین‌المللی برای ایجاد استانداردها و پروتکل‌های مصونیت حیاتی، یکی دیگر از اقدامات درازمدت ای سی جی ای بی است (V. Gupta et al., 2017).

۶. تحقیقات در زمینه بیوتکنالوژی نوین در مصونیت بیولوژیکی: ای سی جی ای بی در حال توسعه تکنالوژی‌هایی مانند کریسپر و تغییرات جنی برای استفاده در مصونیت حیاتی است تا بتواند پیشرفت‌های قابل توجهی در پیشگیری از بیماری‌ها، درمان‌های نوین، و حفاظت از محیط زیست به دست آورد. فعالیت‌های درازمدت ای سی جی ای بی در زمینه مصونیت بیولوژیکی به حفظ و ارتقاء سلامت جهانی و مقابله با تهدیدات بیولوژیکی کمک شایانی می‌کند و نقش کلیدی در تحقیقات بیوتکنولوژی و مدیریت خطرهای بیولوژیکی دارد (Sadeghi et al., 2014).

نقش سازمان همکاری و توسعه اقتصادی در مصونیت بیولوژیکی

سازمان همکاری و توسعه اقتصادی یا او ای سی دی یک نهاد بین‌المللی است که استانداردها و راهنمایی‌هایی برای مصونیت حیاتی و مدیریت خطرات بیولوژیکی در کشورهای عضو و دیگر کشورها فراهم می‌کند. این سازمان به عنوان یک سازمان جهانی، در زمینه‌های مختلف علمی و فنی، از جمله زراعتی، محیط زیست، صحت، و تکنالوژی، نقش مهمی ایفا می‌کند. در حوزه مصونیت حیاتی، فعالیت‌های او ای سی دی به تنظیم و تدوین اصول و دستورالعمل‌های برای مصونیت در برابر عوامل بیماری‌زا، محصولات بیوتکنالوژیک، و انجیری جنتیک معطوف است (Saeed & Mohammed, 2023).

اهداف اصلی سازمان همکاری و توسعه اقتصادی در زمینه مصونیت بیولوژیکی

۱. توسعه استانداردها و اصول مصونیت بیولوژیکی: راهنماها و اصول استاندارد برای ارزیابی خطرات بیولوژیکی، مدیریت مصونیت زیستی، و بهبود تکنالوژی‌های مرتبط با مصونیت زیستی در کشورهای عضو

۱ کریسپر یک فناوری تغییر نمودن جن است که به دانشمندان امکان می‌دهد دی ان ای را با دقت بالا برش، حذف، تغییر یا جایگزین کنند

و کښورهای غیرعضو تدوین می‌کند. این استانداردها به کښورها کمک می‌کند تا برنامه‌های مصونیت زیستی خود را با دقت و هماهنگی بیشتری پیاده‌سازی کنند (Wijffels, 2015).

۲. پشتیبانی از تحقیقات و نوآوری در بیوتکنالوژی: او ای سی دی نقش مهمی در پیشبرد تحقیقات بیوتکنالوژیک ایفا می‌کند و از نوآوری‌های علمی در زمینه‌های مختلف از جمله محصولات اصلاح شده جنتیکی، واکسن‌ها، و درمان‌های جدید پشتیبانی می‌کند. این تحقیقات همچنین باید با رعایت استانداردهای مصونیت زیستی انجام شود (P. Kearns et al., 2011).

۳. همکاری بین‌المللی: یکی از اولویت‌های او ای سی دی در حوزه مصونیت حیاتی، تسهیل همکاری‌های بین‌المللی است. این سازمان به کښورها کمک می‌کند تا اطلاعات، معلومات، و بهترین شیوه‌ها در زمینه مصونیت بیولوژیکی را به اشتراک بگذارند. به عنوان مثال، از طریق همکاری‌های بین‌المللی، او ای سی دی به کښورها کمک می‌کند تا خطرات ناشی از انتقال مواد بیولوژیکی و عوامل بیماری‌زا را کاهش دهند (Kearns et al., 2021).

۴. توسعه پروتکل‌های ارزیابی خطر: او ای سی دی روش‌ها و دستورالعمل‌های برای ارزیابی خطرات مرتبط با محصولات بیوتکنالوژیک، عوامل بیماری‌زا، و تکنالوژی‌های نوظهور تهیه کرده است. این پروتکل‌ها به ارزیابی دقیق خطرات و طراحی تدابیر محافظتی مؤثر کمک می‌کنند (Saeed & Mohammed, 2023).

۵. آموزش و ظرفیت‌سازی: او ای سی دی دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی برای متخصصان و مقامات دولتی در زمینه مصونیت حیاتی برگزار می‌کند تا از جدیدترین شیوه‌های مدیریت خطر و مصون در استفاده از بیوتکنالوژی مطلع شوند (Gardossi et al., 2023).

فعالیت‌های عمده سازمان همکاری و توسعه اقتصادی در زمینه مصونیت بیولوژیکی:

۱. کارگروه‌ها و کمیته‌های مصونیت بیولوژیکی: او ای سی دی دارای کمیته‌ها و کارگروه‌های است که به طور خاص بر مسائل مصونیت بیولوژیکی تمرکز دارند. این کارگروه‌ها به تدوین استانداردهای جهانی و به‌روزرسانی نامه‌ها و پروتکل‌ها می‌پردازند (Wijffels, 2015).

۲. نظارت بر محصولات جنتیکی و بیوتکنالوژی: او ای سی دی نظارت بر خطرات و چالش‌های مصونی محصولات جنتیکی (مانند اصلاحات جنتیکی در گیاهان و حیوانات) را انجام می‌دهد. این نظارت شامل ارزیابی خطرات زیست‌محیطی و صحت عامه ناشی از این محصولات است (Saeed & Mohammed, 2023).

۳. مدیریت خطر و امنیت حیاتی در لابراتوارها: یکی از زمینه‌های فعالیت‌های او ای سی دی، ایجاد و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های برای مدیریت خطر در لابراتوارها و مراکز تحقیقاتی است تا از انتشار غیرمجاز مواد بیولوژیکی جلوگیری شود (Kearns et al., 2021).

نمونه‌های دستورالعمل‌های مصونیت بیولوژیکی سازمان همکاری و توسعه اقتصادی

۱. دستورالعمل‌های ارزیابی خطر برای محصولات اصلاح شده جنتیکی: این دستورالعمل‌ها برای کمک به دولت‌ها در ارزیابی مصونی موجودات تغییر یافته جنتیکی طراحی شده‌اند.
۲. راهنمایی برای آزمایش‌های مصونی بیوتکنالوژی در محیط‌های تحقیقاتی: این راهنماها برای اطمینان از این که تحقیقات و آزمایش‌ها در محیط‌های تحقیقاتی با رعایت اصول مصونی انجام شوند، ایجاد شده‌اند (Gardossi et al., 2023).

اهمیت نقش سازمان همکاری و توسعه اقتصادی در مصونیت بیولوژیکی

۱. ایجاد هماهنگی جهانی سازمان همکاری و توسعه اقتصادی: می‌تواند به کشورها در هم‌راستا کردن قوانین و مقررات مصونیت حیاتی خود با استانداردهای بین‌المللی کمک کند.
۲. حفظ سلامت عمومی و محیط زیست: دستورالعمل‌های مصونیت حیاتی او ای سی دی می‌تواند به کاهش خطرات زیست‌محیطی و صحت ناشی از محصولات بیوتکنالوژیک و تحقیقاتی کمک کنند (Wijffels, 2015).
۳. تقویت ظرفیت‌های تحقیقاتی در کشورهای در حال توسعه: این سازمان به ویژه به کشورهایی که ظرفیت تحقیقاتی و تکنالوژی‌های محدودتری دارند، کمک می‌کند تا بر اساس اصول مصونی جهانی عمل کنند (Saeed & Mohammed, 2023).

در کل، او ای سی دی نقش کلیدی در حمایت از مدیریت مصونیت بیولوژیکی در سطح جهانی و ارتقاء استانداردهای مصونی در زمینه‌های بیوتکنالوژی، انجینیری جنتیک، و سایر علوم حیاتی ایفا می‌کند.

ذخیره اطلاعات مصونیت بیولوژیکی در بیوتکنالوژی

ذخیره اطلاعات (دیتابیس‌های) مصونیت بیولوژیکی ابزارهای آنلاین و دیجیتالی هستند که برای ذخیره‌سازی، سازماندهی و دسترسی به اطلاعات مرتبط با مصونیت بیولوژیکی و مهار خطرات بیولوژیکی طراحی شده‌اند. این دیتابیس‌ها به محققان، متخصصان صحت عمومی، و مقامات نظارتی کمک می‌کنند تا اطلاعات دقیقی را در مورد عوامل بیماری‌زا، پروتکل‌های مصونیت، و استانداردهای بین‌المللی مصونیت حیاتی داشته باشند (Araya-Quesada et al., 2010). برخی از دیتابیس‌های مهم مصونیت حیاتی عبارتند از:

۱. مرکز تبادل اطلاعات مصونیت حیاتی یا بی سی اچ^۱: بی سی اچ یک پایگاه معلوماتی جهانی است که توسط کنوانسیون امنیت زیستی کارتاژینا اداره می‌شود. این پایگاه اطلاعاتی درباره سیاست‌ها، قوانین و پروتکل‌های مصونیت حیاتی یا بیولوژیکی کشورهای مختلف را ارائه می‌دهد. این پایگاه شامل اطلاعات

¹Biosafety Clearing-House (BCH)
 XCartagena Protocol on Biosafety

مربوط به آزمایش‌های انتقال جن‌ها، ارزیابی خطرات بیولوژیکی و دیگر اطلاعات مرتبط با مصونیت بیولوژیکی در سطح جهانی است. کاربرد آن تسهیل همکاری‌های بین‌المللی در زمینه مصونیت بیولوژیکی و به اشتراک‌گذاری اطلاعات مهم طراحی شده است (K. Gupta & Karihaloo, 2014).

۲. اوراق معلومات مصونیت عوامل بیماری‌زا یا بی‌اس دی اس^۱: این دیتابیس اطلاعات مربوط به مصونیت و خطرات عوامل بیماری‌زای مختلف را شامل می‌شود. که^۲ شامل معلومات مصونیت مربوط به بیماری‌زاهای انسانی، حیوانی و گیاهی، همچنین اطلاعات در مورد نحوه نگهداری، استفاده و انتقال عوامل بیماری‌زا است. این معلومات معمولاً توسط سازمان‌های صحت و امنیت حیاتی برای ارزیابی و کنترل خطرات بیولوژیکی در محیط‌های تحقیقاتی و لابراتوارها استفاده می‌شوند (M. Salerno, Reynolds, Gaudioso, 2015).

۳. معلومات مصونیت بیولوژیکی انستیتوت ملی صحت یا ان آی اچ^۳

یک دیتابیس مصونیت بیولوژیکی است که اطلاعات دقیق و به‌روز در مورد مصونیت حیاتی در لابراتوارها و محیط‌های تحقیقاتی ایالات متحده را ارائه می‌دهد. که شامل دستورالعمل‌ها و راهنمایی‌های برای مصونیت زیستی در تحقیقات علمی، به‌ویژه در مورد استفاده از ارگانیزم‌های تغییر یافته جنتیکی و عوامل بیماری‌زا است. این پایگاه به محققان و مراکز تحقیقاتی کمک می‌کند تا به‌طور مؤثر و مطابق با استانداردهای مصونی، فعالیت‌های تحقیقاتی خود را انجام دهند (Resnik, 2024).

۴. دیتابیس مصونیت بیولوژیکی سازمان صحتی جهان^۴

این پایگاه معلومات اطلاعاتی از سازمان جهانی صحت است که شامل اطلاعات مربوط به مصونیت حیاتی در سطح جهانی می‌شود که شامل اطلاعات مربوط به استانداردهای مصونیت زیستی در مقابله با بیماری‌ها، واکسن‌ها، و خطرات بیولوژیکی و همچنین دستورالعمل‌های مربوط به مدیریت مصونیت در لابراتوارها و محیط‌های تحقیقاتی می‌باشد. این دیتابیس برای اطمینان از رعایت استانداردهای جهانی حفاظت زیستی و بهبود ظرفیت‌های تحقیقاتی و طبی در کشورهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد (Goel & Parashar, 2013).

۵. شبکه مصونیت بیولوژیکی اروپایی یا ای بی ان^۵

این پایگاه اطلاعاتی به محققین و متخصصان مصونیت زیستی در اروپا خدمات می‌دهد که شامل اطلاعات و منابع مختلف درباره مصونیت زیستی، ارزیابی خطر و استانداردهای حفاظت در برابر عوامل بیولوژیکی

¹Pathogen Safety Data Sheets (PSDS)

²Pathogen

³National Institutes of Health (NIH)

⁴World Health Organization Biosafety Database

⁵European Biosafety Network (EBN)

مياښد. اين ديتابيس به ايجاد يک شبکه ارتباطی بين کشورها و موسسات مختلف برای ارتقاء مصونيت زیستی و بهبود همکاری های تحقیقاتی کمک می کند (Kittelsen, 2009).

۶. منابع معلوماتی مصونیت بیولوژیکی یا بی آی آر^۱

یک دیتابیس عمومی است که اطلاعات مصونیت زیستی در زمینه های مختلف، از جمله لابراتوارها و محیط های تحقیقاتی، فراهم می کند. که شامل مقالات، راهنماها، دستورالعمل ها، و گزارش های مصونیت حیاتی است. این پایگاه به محققان و مدیران مصونیت کمک می کند تا اطلاعات مرتبط با پروتکل های حفاظت و قوانین موجود را به راحتی دسترسی داشته باشند (Regional, 2012).

۷. دیتابیس کمیته مشورتی دی ان ای نو ترکیب یا ار ای سی^۲

این دیتابیس شامل اطلاعات مربوط به فعالیت های تحقیقاتی که از تکنیک های انجیری جنتیک و دی ان ای نو ترکیب استفاده می کنند است. که شامل رهنمودهای مصون برای محققان و ارزیابی خطرات ناشی از فعالیت های جنتیکی و بیولوژیکی است. به محققان کمک می کند تا اطمینان حاصل کنند که تحقیقات خود را در زمینه انجیری جنتیک با رعایت اصول مصونیت و مطابق با استانداردهای بین المللی انجام می دهند (Resnik, 2024).

۳

۸. دیتابیس اسناد های بوتانیکی

این دیتابیس درمورد اینکه انواع زراعتی احتمال دارد تا با انواع وحشی خویش، نباتات هرز و سایر انواع معمولی تلاقی شوند، معلومات ارایه می کند. این اسناد که در اروپا برای شکر، چغندر و جواری به میان آمده بر اساس آن عده از نقشه ها و معلومات ترتیب شده که از جانب دانشمندان نباتات محلی با استفاده از تحقیقات نباتات محلی به خصوص پرورش دهندگان نسل ها به میان آمده است (Maredia, 2011). این دیتابیس ها نقش حیاتی در ارتقاء سطح مصونیت زیستی جهانی و تسهیل همکاری های بین المللی دارند. آن ها به شفافیت، دسترسی به اطلاعات بروز و استاندارد سازی اقدامات مصونیت کمک می کنند.

پروتکل کار تاجینا

پروتکل کار تاجینا درباره مصونیت بیولوژیکی، یکی از توافق نامه های بین المللی تحت کنوانسیون تنوع حیاتی است که در سال ۲۰۰۰ به تصویب رسید و در سال ۲۰۰۳ اجرایی شد. هدف این پروتکل حفاظت از تنوع حیاتی در برابر خطرات احتمالی ناشی از موجودات زنده اصلاح شده جنتیکی^۵، که همان موجودات تغییر یافته جنتیکی هستند، می باشد (Resnik, 2024).

^۱Biosafety Information Resource (BIR)

^۲Recombinant DNA Advisory Committee (RAC)

^۳Botanical file database

^۴Convention on Biological Diversity (CBD)

^۵Living Modified Organisms (LMOs)

۱. نحوه تطبیق پروتکل کارتاجینا: برای اجرای این پروتکل، کشورهای عضو موظف به رعایت موارد زیر هستند:

الف. ایجاد قوانین و مقررات ملی: کشورها باید چارچوب‌های قانونی و مقرراتی برای نظارت بر تولید، صادرات، واردات و استفاده از موجودات تغییر یافته جنتیکی تنظیم کنند. برخی کشورها بخصوص کشورهای اسلامی ممنوعیت یا محدودیت‌های برای ورود موجودات تغییر یافته جنتیکی دارند، در حالی که برخی دیگر مانند اروپا قوانین سخت‌گیرانه‌ای برای ارزیابی خطر دارند (Tripathi, 2002).

ب. ارزیابی خطر و مدیریت مصونیت بیولوژیکی: قبل از ورود یا تولید موجودات تغییر یافته جنتیکی، یک ارزیابی علمی خطرات باید انجام شود تا اثرات احتمالی آن بر محیط‌زیست و سلامت انسان بررسی شود. همچنان جهت احتیاط دولت‌ها می‌توانند در صورت وجود خطرات جدی یا ناشناخته، ورود یا استفاده از ارگانیسم‌های تغییر شده را محدود یا ممنوع کنند (Wijffels, 2015).

ج. مکانیسم اطلاع‌رسانی و تبادل اطلاعات: مرکز تبادل اطلاعات مصونیت بیولوژیکی به‌عنوان یک پایگاه داده‌های جهانی برای انتشار اطلاعات در مورد ارگانیسم‌های تغییر شده و تصمیمات کشورهای مختلف در مورد این محصولات ایجاد شده است. کشورها باید قبل از صدور یک محصول تغییر یافته جنتیکی به کشور دیگر، اطلاع‌رسانی اولیه یعنی توافق آگاهانه پیشرفته را انجام دهند (K. Gupta & Karihaloo, 2014).

د. مسئولیت و جبران خسارت: اگر استفاده از محصول تغییر یافته جنتیکی موجب آسیب به محیط‌زیست یا تنوع زیستی شود، مسئولیت جبران خسارت بر عهده تولیدکننده یا صادرکننده محصول تغییر یافته جنتیکی خواهد بود (Resnik, 2024).

۲. تأثیرات پروتکل کارتاجینا

الف. تأثیرات مثبت: تأثیرات مثبت آن عبارت از حفاظت از محیط‌زیست و تنوع حیات، کنترل و نظارت دقیق بر موجودات تغییر یافته جنتیکی، افزایش شفافیت و حق انتخاب مصرف‌کنندگان، طوریکه کشورها می‌توانند برچسب‌گذاری موجودات تغییر یافته جنتیکی را الزامی کنند تا مصرف‌کنندگان آگاهانه تصمیم بگیرند و تقویت همکاری بین‌المللی می‌باشد که کشورها با تبادل اطلاعات در مورد مصونیت بیولوژیکی، از تجربیات یکدیگر بهره‌مند می‌شوند (K. Gupta & Karihaloo, 2014; Resnik, 2024).

ب. چالش‌ها و محدودیت‌ها: یکی از چالش‌های عمده این پروتکل عدم پذیرش جهانی است. برخی کشورها مانند آمریکا و کانادا پروتکل را امضا نکرده‌اند، درحالی‌که کشورهای اروپایی و در حال توسعه قوانین سخت‌گیرانه‌تری دارند. علاوه بر آن مشکلات اجرایی در کشورهای در حال توسعه بوده که بسیاری از

این کشورها به دلیل کمبود زیرساخت‌های علمی و قانونی، قادر به اجرای مؤثر پروتکل نیستند. اختلافات اقتصادی و تجاری را نیز به همراه دارد، برخی کشورهای تولیدکننده محصولات تغییرشده مانند آمریکا، فشارهایی برای کاهش محدودیت‌های واردات به کشورهای دیگر وارد می‌کنند (Tripathi, 2002; Wijffels, 2015).

درکل، پروتکل کارتاچینا به عنوان یک ابزار قانونی برای مدیریت مصونیت بیولوژیکی و کنترل موجودات تغییر یافته جنتیکی، نقش مهمی در محافظت از محیط‌زیست و سلامت انسان ایفا می‌کند. با این حال، برای اجرای مؤثر آن، همکاری بین‌المللی، ایجاد زیرساخت‌های علمی و تنظیم مقررات ملی دقیق ضروری است (Resnik, 2024).

در مورد افغانستان، اطلاعات دقیقی درباره وضعیت عضویت یا اجرای پروتکل کارتاچینا در دسترس نیست. با این حال، کشورهای عضو این پروتکل موظف به ایجاد چارچوب‌های قانونی و مقرراتی برای نظارت بر تولید، واردات، صادرات و استفاده از موجودات زنده تغییر شکل یافته جنتیکی هستند. که شامل ارزیابی خطر، مدیریت مصونیت حیاتی و اطلاع‌رسانی به عموم مردم می‌شود (Dickmann et al., 2014; K. Gupta & Karihaloo, 2014).

دستاوردهای مصونیت بیولوژیکی در بیوتکنالوژی

مصونیت بیولوژیکی در بیوتکنالوژی باعث پیشرفت‌های چشمگیری در زمینه‌های طبابت، زراعت، محیط زیست و صنایع زیستی شده است. این دستاوردها به کنترل خطرات بیولوژیکی، بهبود مصونیت و توسعه پایدار بیوتکنالوژی کمک کرده‌اند. مهم‌ترین دستاوردهای مصونیت بیولوژیکی عبارت‌اند از:

۱. پیشرفت در طبابت و سلامت عمومی: استانداردهای مصونیت بیولوژیکی به تولید واکسن‌های مصنوعی مانند واکسن‌های آر ان ای (مثل واکسن کرونا) کمک کرده‌اند (De Jong et al., 2019). اصول مصونیت بیولوژیکی در مراکز تحقیقاتی و بیمارستان‌ها از شیوع بیماری‌های خطرناکی مانند ابولا، سارس و کووید-۱۹ جلوگیری کرده است (Resnik, 2024). علاوه بر آن با ارتقای مصونی در لابراتوارهای تحقیقاتی، لابراتوارهای دارای سطح مصونی بالا (سطح ۳ و سطح ۴) که امکان تحقیق روی ویروس‌های کشنده را بدون خطر انتشار آنها فراهم کرده است، ایجاد نموده است (Deniz et al., 2017).

۲. بهبود زراعت و مصونیت غذایی: رعایت استانداردهای مصونیت بیولوژیکی از انتشار ناخواسته گیاهان تغییر یافته جنتیکی به محیط زیست جلوگیری کرده و نگرانی‌های زیست‌محیطی را کاهش داده است (Vettori & Fladung, 2011). بیوتکنالوژی مصون منجر به تولید گیاهانی شده است که در برابر آفات و بیماری‌ها مقاوم بوده و نیاز به سموم کیمیاوی را کاهش می‌دهند (Tripathi, 2002). همچنان مصونیت بیولوژیکی در صنایع غذایی سبب مدیریت مصون سموم و میکروب‌های مضر در مواد غذایی شده که به

کاهش آلودگی‌های میکروبی و افزایش کیفیت محصولات زراعتی کمک کرده است (Bawa & Anilakumar, 2013).

۳. حفاظت از محیط زیست و تنوع حیاتی: استانداردهای مصونی حیاتی مانع از رهاسازی کنترل‌نشده میکروارگانیسم‌های انجیری شده به اکوسیستم‌ها شده‌اند (Goel & Parashar, 2013). بدین گونه، کنترل انتشار ارگانیسم‌های تغییر یافته جنتیکی مانع از آسیب به انواع بومی و تغییرات نامطلوب در اکوسیستم‌ها گردیده است (Vettori & Fladung, 2011).

۴. افزایش مصونیت حیاتی و مقابله با بیوتروریزم: با ایجاد قوانین و مقررات بین‌المللی برای کنترل عوامل بیولوژیکی پیمان‌های مانند پروتکل کارتاژینا در مورد مصونیت حیاتی و مقررات سازمان جهانی صحت به کنترل و استفاده مصون از محصولات بیوتکنالوژیکی کمک کرده‌اند (Al-eitan & Alnemri, 2022). اجرای مقررات مصونیت بیولوژیکی در لابراتوارها و مؤسسات تحقیقاتی سبب جلوگیری از سوءاستفاده از عوامل بیولوژیکی در بیوتروریزم شده است که از دسترسی غیرمجاز به میکروارگانیسم‌های خطرناک جلوگیری می‌کند (Resnik, 2024).

۵. بهبود کیفیت و مصونیت در صنایع بیولوژیکی: توسعه روش‌های مصون برای تولید داروهای بیولوژیکی: رعایت استانداردهای مصونیت بیولوژیکی در تولید داروهای بیولوژیکی، مانند انسولین انجیری شده، مصونیت مصرف‌کنندگان را تضمین کرده است. بر علاوه کنترل بیوتکنالوژی در صنایع از انتشار میکروارگانیسم‌های انجیری شده جلوگیری کرده و خطرات کیمیاوی و بیولوژیکی را کاهش داده است (Goel & Parashar, 2013).

نتیجه

مصونیت بیولوژیکی در بیوتکنالوژی یک امر حیاتی است که نیازمند قوانین دقیق، ساختمان‌های مصون، و آموزش‌های گسترده است. با رعایت این اصول، می‌توان از فواید بیوتکنالوژی به شکل پایدار و بدون ایجاد تهدید برای سلامت انسان و محیط زیست بهره‌مند شد. سروی که از جمله ۵۰۰۰ لابراتوارها انجام شده، انتشار ۳۹۲۱ امراض را نشان داده است. که بیشترین آن امراض بروسلوز، تب محرقه، توبرکلوز و زردی بوده است که از اثر عدم مراعات نمودن اصول مصونیت بیولوژیکی و عدم تعلیمات مسلکی به کارکنان لابراتوارها صورت گرفته است. پروتکل کارتاژینا در مصونیت بیولوژیکی یک توافق‌نامه بین‌المللی است که به منظور تضمین مصونیت در استفاده از موجودات زنده تغییر شکل یافته جنتیکی تدوین شده است. مراعات نمودن اصول مصونیت بیولوژیکی و ایجاد سطوح مصون درتاسیسات تحقیقاتی میتواند از خطرات و تهدیدات حیاتی بکاهد. برای مهار خطرات بیولوژیکی و حفاظت از سلامت عمومی، علاوه بر چهار سطح استاندارد، سازمان‌های چون مرکز بین‌المللی انجیری جنتیک و بیوتکنالوژی، سازمان همکاری و توسعه اقتصادی در مصونیت بیولوژیکی، ذخایر اطلاعات مصونیت بیولوژیکی نیز دارای اهمیت اند.

در حال حاضر، اطلاعات دقیقی درباره وضعیت تولید، واردات، یا مصرف موجودات تغییر یافته جنتیکی در افغانستان در دسترس نیست. نبود امکانات پیشرفته برای ارزیابی کیفیت و مصونیت موجودات تغییر یافته جنتیکی، یکی از موانع اساسی در استفاده از این تکنالوژی در افغانستان است. با این حال، با توجه به اهمیت مصونیت حیاتی و سلامت عمومی، بسیاری از کشورها مقرراتی برای کنترل و نظارت بر موجودات تغییر یافته جنتیکی وضع کرده‌اند. در افغانستان مانند بسیاری از کشورهای دیگر، ممکن است نگرانی‌های در مورد مصونیت و سلامت موجودات تغییر یافته جنتیکی وجود داشته باشد. به عنوان مثال، در برخی کشورها، به دلیل ابهامات در مورد سلامت این محصولات، واردات آن‌ها محدود یا ممنوع شده است. برخی مطالعات نشان داده‌اند که مصرف موجودات تغییر یافته جنتیکی ممکن است خطراتی مانند آلرژی، مقاومت به آنتی‌بیوتیک‌ها و مشکلات متابولیکی ایجاد کند، اما این ادعاها هنوز به طور کامل تأیید یا رد نشده‌اند. بسیاری از تحقیقات درباره تأثیرات درازمدت بیوتکنالوژی بر سلامت و محیط زیست هنوز کامل نشده‌اند و نیاز به تحقیقات بیشتری دارد. در کل، با توجه به گسترش بیوتکنالوژی و افزایش استفاده از موجودات زنده تغییر یافته جنتیکی، رعایت اصول مصونیت بیولوژیکی ضروری است. این اصول نه تنها از سلامت عمومی و محیط زیست محافظت می‌کنند، بلکه به کاهش خطرات بیولوژیکی، پیشگیری از تهدیدات حیاتی و اطمینان از استفاده مسئولانه از بیوتکنالوژی کمک می‌کنند.

پیشنهادهات

برای دستیابی به یک رویکرد پایدار و مصون در بیوتکنالوژی، باید اقدامات زیر انجام شود:

۱. توسعه تحقیقات علمی مستقل و شفاف برای ارزیابی تأثیرات کوتاه‌مدت و درازمدت بیوتکنالوژی بر محیط زیست و سلامت انسان.
۲. مدیریت صحیح پسماندهای بیولوژیکی و اتخاذ تدابیر مصون در لابراتوارها برای جلوگیری از حوادث زیستی.
۳. انتظار می‌رود که افغانستان نیز اقداماتی در جهت تدوین و اجرای مقررات مرتبط با مصونیت بیولوژیکی به سطح بین‌المللی انجام دهند. با این حال، برای اطلاعات دقیق‌تر، توصیه می‌شود به منابع رسمی دولتی یا سازمان‌های بین‌المللی مرتبط مراجعه شود.
۴. بدون تحقیقات علمی کافی، مشخص نیست که موجودات تغییر یافته جنتیکی چه تأثیری بر اکوسیستم و سلامت انسان در افغانستان خواهند داشت بنا بر این توسعه و استفاده مسئولانه از محصولات تغییر شده در افغانستان، لازم است دولت مقررات ملی و بین‌المللی را تدوین و یک چارچوب قانونی و نظارتی دقیق ایجاد کند، آگاهی عمومی را افزایش دهد و تحقیقات علمی بیشتری در این زمینه انجام شود چونکه بسیاری از دهاقین و مصرف‌کنندگان افغان اطلاعات کافی درباره موجودات تغییر یافته جنتیکی، فواید و خطرات احتمالی آن‌ها ندارند، که باعث ایجاد نگرانی‌ها در جامعه می‌شود.

۵. دستورالعمل‌های سازمان جهانی صحت، کنوانسیون تنوع زیستی، و پروتکل کارتاجینا درباره مصونیت بیولوژیکی رعایت گردد و تجهیز لابراتوارهای مصون یا دسته‌بندی لابراتوارها بر اساس سطح مصونیت بیولوژیکی (از سطح ۱ الی سطح ۴) انجام گردد.
۶. بانک‌های اطلاعاتی برای ردیابی و کنترل محصولات بیوتکنالوژیکی ایجاد گردیده و همکاری‌های بین‌المللی برای کنترل عوامل بیولوژیکی خطرناک تقویت گردد. همچنان کنترل ورود و خروج موجودات تغییر یافته جنتیکی در مرزهای کشورها صورت گیرد.

منابع

- Al-eitan, L., & Alnemri, M. (2022). Biosafety and biosecurity in the era of biotechnology : The Middle East region. *Journal of Biosafety and Biosecurity*, 4(2), 130–145. <https://doi.org/10.1016/j.jobb.2022.11.002>
- Araya-Quesada, M., Degrassi, G., Ripandelli, D., & Craig, W. (2010). Key elements in a strategic approach to capacity building in the biosafety of genetically modified organisms. *Environmental Biosafety Research*, 9(1), 59–65. <https://doi.org/10.1051/eb/2010003>
- Bawa, A. S., & Anilakumar, K. R. (2013). Genetically modified foods: Safety, risks and public concerns - A review. *Journal of Food Science and Technology*, 50(6), 1035–1046. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0899-1>
- De Jong, W. H., Carraway, J. W., & Geertsma, R. E. (2019). In vivo and in vitro testing for the biological safety evaluation of biomaterials and medical devices. In *Biocompatibility and Performance of Medical Devices* (Second Edition). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102643-4.00007-0>
- Deniz, I., García-Vaquero, M., & Imamoglu, E. (2017). Trends in red biotechnology: Microalgae for pharmaceutical applications. In *Microalgae-Based Biofuels and Bioproducts: From Feedstock Cultivation to End-Products* (pp. 429–460). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101023-5.00018-2>
- Dickmann, P., Emami, S., Santhakumar, A., Mildenerberger, C., & Lightfoot, N. (2014). *Safe and Secure Biomaterials A Risk-Based Alternative Approach* (Issue 12). www.ijasrm.com
- Gardossi, L., Philp, J., Fava, F., Winickoff, D., D'Aprile, L., Dell'Anno, B., Marvik, O. J., & Lenzi, A. (2023). Bioeconomy national strategies in the G20 and OECD countries: Sharing experiences and comparing existing policies. *EFB Bioeconomy Journal*, 3(December 2022), 100053. <https://doi.org/10.1016/j.bioeco.2023.100053>
- Goel, D., & Parashar, S. (2013). *IPR, Biosafety and Bioethics*.
- Gupta, K., & Karihaloo, J. . (2014). *Biosafety Regulations for GM Crops in Asia-Pacific | APAARI Community*. <https://www.apaari.org/web/biosafety-regulations-gm-crops-apr/>
- Gupta, V., Sengupta, M., Prakash, J., & Charan, B. (2017). *Basic and Applied Aspects of Biotechnology*.
- Ichinose, Y., Inoue, S., Shimada, M., Miring, G., Muriithi, B., Makumi, A., Wandera, E., Bundi, M., Narita, C., Ashur, S., Galata, A., Odoyo, E., Huqa, S., & Shah, M. (2015). *Operations at Biosafety Level III : The P3 Laboratory*. July 2019.
- Kaur, J. (2020). Genetically modified organisms and biosafety issues. *Indian Journal of Advanced Research in Society*, 1(1), 103–110.

- Kearns, P., Fukase, Y., & Dagallier, B. (2011). The Biotechnology and Biosafety Activities at the OECD. *Challenges for Agricultural Research*, 19, 281–287. <https://doi.org/10.1787/9789264090101-23-en>
- Kearns, P. W. E., Kleter, G. A., Bergmans, H. E. N., & Kuiper, H. A. (2021). Biotechnology and Biosafety Policy at OECD: Future Trends. *Trends in Biotechnology*, 39(10), 965–969. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2021.03.001>
- Khan, F. A. (2015). Biotechnology fundamentals, second edition. In *Biotechnology Fundamentals, Second Edition*. <https://doi.org/10.1201/b19517>
- Kittelsen, S. (2009). Conceptualizing biorisk: Dread risk and the threat of bioterrorism in Europe. *Security Dialogue*, 40(1), 51–71. <https://doi.org/10.1177/0967010608100847>
- Koch, M. S., Ward, J. M., Levine, S. L., Baum, J. A., Vicini, J. L., & Hammond, B. G. (2015). The food and environmental safety of Bt crops. *Frontiers in Plant Science*, 6(APR), 1–22. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00283>
- M. Salerno, Reynolds Gaudioso, J. (2015). *BI Risk Laboratory Management Biosafety AND Biosecurity*.
- Mathur, R. (2018). Genetic Engineering and Biosafety in the use of Genetically Modified Foods. *International Journal of Advanced Scientific Research and Management, Special Issue I, I*, 76–82. www.ijasrm.com
- Regional. (2012). Final Report of the AD HOC Technical Expert Group on Risk Assessment and Risk Management Under the Cartagena Protocol on Biosafety. In *UNEP* (Vol. 2, Issue 10). <https://doi.org/10.1080/14888386.2007.9712830>
- Resnik, D. B. (2024). Biosafety, biosecurity, and bioethics. *Monash Bioethics Review*, 42(1), 115–145. <https://doi.org/10.1007/s40592-024-00204-3>
- Sadeghi, H., Mossafa, N., Akhondi, R., & Danaeeseft, A. (2014). Right on Biosafety (Biosafety). *Advances in Environmental Biology*, 8(17), 1407–1410.
- Saeed, B. M., & Mohammed, K. K. (2023). International Efforts to Protect Biosafety. *Kurdish Studies*, 4883, 1240–1262.
- Sreekrishna, V. (2008). *Bioethics and Biosafety in Biotechnology*.
- Tripathi, K. K. (2002). Genetically modified organisms: Concerns and biosafety issues. *National Medical Journal of India*, 15(4), 187–191.
- Vettori, C., & Fladung, M. (2011). Biosafety of Forest Transgenic Trees. In *BMC Proceedings* (Vol. 5, Issue S7). <https://doi.org/10.1186/1753-6561-5-s7-p185>
- Wijffels, R. H. (2015). Biosafety and the Environmental Uses of Micro-Organisms. In *Biosafety and the Environmental Uses of Micro-Organisms*. http://www.oecd-ilibrary.org/environment/biosafety-and-the-environmental-uses-of-micro-organisms_9789264213562-en
- Yount, L. (2008). *Biotechnology and genetic engineering third edition Library in a book*.
- Zaki, A. N. (2010). Biosafety and biosecurity measures: Management of biosafety level 3 facilities. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 36(1), S70–S74. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2010.06.026>

د کښمالي يا ريحان گل روزنه او ارزښت

۱- پوهنوال مسعود سعيد^۱

۱- هارټيکلچر څانگه، کرنې پوهنځی، کابل پوهنتون، افغانستان

لنډيز

د کښمالي عام نوم "Basil" او علمي نوم يې *Ocimum basilicum* دی. د لاميناښې (Lamiaceae) په کورنۍ پورې تړاو لري. د افغانستان اقليم د کښمالي گل لپاره مساعد دی. افغانستان د دې گل د کښت لپاره مناسب اقليم لري، ځکه چې د دې گل لپاره معتدل او نیمه وچ اقليم ته اړتیا ده، چې افغانستان يې لري. په ځانگړې توگه، د افغانستان ځینې برخې لکه هرات، بلخ او زابل د کښمالي گل د کښت لپاره مناسبې سیمې گڼل کېږي. دغه سیمې د ښې اوبو او حرارت مناسب شرایط لري چې کښمالي گل په ښه توگه په کې وده کولی شي. کښمالي يا گل ريحان د هندوستان اصلي بومي نبات دی. یو کلن، بوی لرونکی او سخته واښهزه تنه لري. څوکلنې ورايتيگانې هم لري. قد يې د ۳۰-۶۰ سانتي مترو پورې اوږدوالی لري. ښې تيزې اوږدې پانې اوکوچني گلان لري. د تود اقليم خوښونکی دی، د ودې لپاره يې ښه مناسبه خاوره سلتي لوم يا نیمه ريگي ده. په پسرلي کې کرل کېږي. ډېرو اوبو او کيمياوي سرو ته اړتیا لري. پانې يې ښه بوی لري او له پانې څخه يې د عطرو او درملو په جوړولو او له تخم څخه يې په طبابت کې گټه اخيستل کېږي. همدارنگه زینتي ارزښت هم لري. پانې يې د عطرو جوړولو لپاره هغه وخت راټولېږي چې پخې يا ژړې شوي وي. پانې يې په بېلابېلو طريقو سره پروسس کېږي او گټه ترېنه اخيستل کېږي.

کلیدي کلمې: ريحان گل، کرنيزې کرنې، روزنه او ارزښت

*Email: m_sayeed70@yahoo.com

Cultivation and Value of Basil (Kishmali) Flower

1- Associate Professor Masoud Saied^{*1}

1- Horticulture Department, Agriculture Faculty, Kabul University, Afghanistan

Abstract

The common name of "Basil" is Kashmali, and its scientific name is *Ocimum basilicum*. It belongs to the family *Lamiaceae*. Afghanistan's climate is suitable for the cultivation of the *Kishmali* flower. The country has a favorable climate for this flower because it requires a moderate and semi-arid climate, which Afghanistan possesses. Specifically, certain regions of Afghanistan, such as Herat, Balkh, and Zabul, are considered ideal areas for cultivating the *Kishmali* flower. These areas provide the right conditions of water and temperature for the flower to thrive. Kashmali, or Gul Rehan, is a native plant of India. It is an annual, aromatic herb with a sturdy, woody stem, although some perennial varieties also exist. The plant grows to a height of 30–60 cm, with sharp green, elongated leaves and small flowers. Basil thrives in warm climates, and the ideal soil for its growth is silty loam or semi-sandy soil. It is typically cultivated in the spring season and requires ample water and chemical fertilizers for optimal growth. The leaves of basil have a pleasant fragrance and are used in the production of perfumes and medicines, while its seeds are utilized in traditional medicine. Additionally, the plant has ornamental value. The leaves are harvested for perfume production when they are fully mature or yellowed. They are processed in various ways for utilization.

Key words; Basil plant, culture practices, training and importance.

*Email: m_sayeed70@yahoo.com

سريزه

ريحان گل (Basil) يو معطر نبات دی چې د خوشبويي او روغتيايي گټو لپاره مشهور دی. دغه نبات د نعنا (Mint) په کورنۍ پورې اړه لري او زياتره په خوراكي توکو او طب کې کارول کېږي. کشمالي يا گل ریحان (*Ocimum basilicum*) د هند هېواد اصلي بومي نبات دی او د لومړي ځل لپاره هند کې پيدا شوی. له نن څخه ۵۰۰۰ کاله مخکې په هند کې کرل شوی او بيا د هند او آسيا له نورو گرمو سيمو څخه د نړۍ نورو سيمو ته لېږدول شوی دی. په لومړي ځل په ايتاليا، ويتنام او پخواني يونان کې په خوراکونو کې د مسالې په توگه کارول کېدو (خليفي، احمد، ۱۳۸۵).

له ميلاد څخه نږدې ۳۰۰۰ کاله مخکې په هندوستان کې ځينو پوهانو د دې نبات زينتي او طبي ارزښت خلکو ته ورپېژاندلی و. هغوی دا څرگنده کړې ده چې کشمالي د خوږ بوی لرونکی زينتي نبات دی او ډيرې طبي گټې هم لري. خو په اوسني وخت کې دا څرگنده شوې ده چې کشمالي يوازې زينتي نبات نه دی بلکې له دې څخه په صنعت کې هم کار اخيستل کېږي، لکه د عطرو او يوناني درملو په جوړولو کې د دغه بوټي استعمال ډېر ارزښت لري (کريمي، هادي، ۱۳۷۵).

لکه څرنگه چې مخکې وويل شول، کشمالي د طبي او زينتي ارزښت سره سره يوڅه صنعتي ارزښت هم لري. د بيلگې په توگه د کشمالي څخه عطر جوړېږي او د غذايي موادو د ذائقې يا خوند د ښه کولو په موخه هم ترېنه گټه اخيستل کېږي. بل د پام وړ ارزښت يې دا دی چې که چېرته مونږ د ریحان گل په يوه خونه کې کېږدو، نو له هغه ځايه مچان او نور حشرات کډه کوي. د خپلو تکو شتو پاڼو د درلودلو له امله زيات زينتي ارزښت لري، چې ډېر خلک يې د خپلو کورونو او حجرو په باغچو او گلدانونو کې روزنه او پالنه کوي. هندوان د نورو گلانو په پرتله له کشمالي سره زياته مينه لري، نو له همدې کبله هغوی دا گل په خپلو کورونو کې ډېر ساتي. (Dole. M. John; Harold F. Wilkins. 2004).

ريحان گل د گرمو او لمړينو اقليمونو لپاره مناسب دی. د دې نبات لپاره مناسبه تودوخه د سانتي گراد له ۲۵ څخه تر ۳۰ درجو پورې ده او د يخنۍ سره حساس دی. دغه نبات په ښه توگه په معتدلو او نيمه وچه سيمو کې وده کوي. ریحان گل زياتره د تخم له لارې کرل کېږي. دا نبات نرمې، حاصل خيزې او ښې هوادارې خاورې ته اړتيا لري. د دې نبات لپاره مناسب ځمکه هغه ده چې pH يې له ۶ څخه تر ۷ وي. ریحان گل ته د لمر زياتوالی او مناسب اوبه ورکول اړين دي. د اوبو ورکول بايد معتدل وي، ځکه چې زياتې اوبه د رېښې د خرابۍ سبب کېدای شي. همدارنگه، د دې نبات د ساتنې لپاره د فنجي ناروغيو او حشراتو کنټرول ته اړتيا ده. ریحان گل عموماً د تخم له لارې تکثير کېږي. د قلمي کولو له لارې هم دغه نبات تکثير کېدای شي. قلمه بايد په اوبو يا نرمه خاوره کې کېښودل شي ترڅو رېښې وکړي. ریحان گل د خوراكي توکو لکه پيزا، سوپ او سلادونو لپاره خوشبويي زياتوي. دا نبات د چاپيريال لپاره هم گټور دی، ځکه چې دا د هوا د

ککړتيا کمولو او د ځنگلي ژوند لپاره مناسب ځايونه جوړوي. په ټوليز ډول، ريحان گل يو ارزښتمن نبات دی چې د کرنې، روزنې او مختلفو گټو له اړخه مهم دی.



انځور ۱: د کشمالي څانگه له گل سره



انځور ۲: د کشمالي بوټي او گل



انځور ۳: د کشمالي بوټي

د کشمالي طبي ارزښت په لنډه توگه په لاندې ډول دی:

- د قولنجو او اسهال ناروغۍ په مخنيوي کې مرسته کوي.
- د کشمالي استعمال په غذا کې د اشتها د زیاتوالي سبب ګرځي.
- د جذام د ناروغۍ په مخنيوي کې مرسته کوي.
- د دې نبات استعمال د هغو ښځو لپاره توصیه کېږي، چې د خپلو ماشومانو لپاره کافي اندازه شیدي نه لري.
- بوی یې سفر پر مهال د سردرد له منځه وړي.
- له ۳۰ گرامه څخه لږه عصاره یې، چې په بورې سره خوړه شوې وي د سینې د درد، توخي اومسمومیت لپاره ښه علاج دی.
- د هند په پخواني طب کې د توکماریا (Tukmaria) سوبجا (Subja) او فالودا (Falloda) په نوم د شربتونو یادونه شوې ده چې دوی به دغه شربتونه د ډول ډول ناروغیو د کنټرول لپاره استعمالول، هندوانو به یاد شربتونه د ريحان گل او د هغو له ځینو نورو ورايتيو څخه جوړول.

د ريحان گل اهمیت او ارزښت

الف. اقتصادي اهمیت: پر طبي ارزښت سربېره ريحان گل صنعتي ارزښت هم لري، له ريحان گل څخه د عطرو په جوړولو کې گټه اخیستل کېږي او همدارنگه په پخلنځیو کې د غذایي موادو د ذایقي د زیاتوالي په موخه ترېنه گټه اخیستل کېږي. یو بل ښه ارزښت یې دا دی چې ريحان گل ته مچان او ځینې نور حشرات نه نږدې کېږي، له همدې امله خلک ريحان گل په خپلو خونو کې هم ساتي. (Hittu ST, Shittu SA, Olatunji AA, Oyeyemi WA, 2019).

ب. د ريحان گل زینتي اهمیت: ريحان گل د خپلو تکو شونپانو له امله زینتي ارزښت هم لري چې ډېری خلک یې په خپلو کورونو، دېرو او گلدانونو کې ساتنه او روزنه کوي. هندوان د نورو گلانو په پرتله له دې

گل سره ډېره مينه لري، له همدې امله دوی په لوږه کچه په خپلو کورونو کې د ريحان گل ساتي. (Huang CY, Liu JY. 2017)

نباتي ځانگړتياوې

د کښمالي عام نوم "Basil" او علمي نوم يې *Ocimum basilicum* دی او د *lamiaceae* په کورنۍ پورې تړاو لري. بيو کلن، بوی لرونکی او سخته وښېزه تنه لري. ځينې ورايتي گانې يې څوکلنې هم دي لکه (Holy Thai basil). همدارنگه نوموړی نبات د خواږه ريحان (Sweet basil) او تولسي (Tulsi) په نومونو هم يادېږي. قد يې له ۳۰ څخه تر ۶۰ سانتي مترو پورې لوړوالی لري. دغه بوټی منشعبه سخت وښيزه تنه لري (Monga S, Dhanwal P, Kumar R, Kumar A, Chhokar V. 2017). پانې يې تيز شين رنگ لري، چې د يو بل په مقابل کې قرار لري، د پانې څنډې يې د غاښونو قطار ته ورته والی لري او تېرې څوکې لري. پانې يې له ۳ څخه تر ۵ سانتي مترو پورې اوږدوالی او له ۱ څخه تر ۳ سانتي متره پورې پلنوالی لري. گلان يې ډېر کوچني اوسپين رنگ لري چې د غونچې په شکل د ساقې په وروستۍ برخه کې راټول شوي دي. لومړني گلونه يې د قوس په مياشت کې رښکاره کېږي او په حوت مياشت کې تخمونه له لاسه ورکوي. تخمونه يې تور يا تيز قهويي رنگ لري، چې د تخم د ۱۰۰۰ دانو وزن يې له ۰.۱۲۵، ۰.۵ گرامه پورې رسېږي. رېښه يې مستقيمه يا مخروطي شکل لري چې له ۱۰ څخه تر ۱۶ سانتي مترو پورې اوږدوالی لري. په ځينو شرايطو کې يې ريښې ممکن له دې څخه نورې هم اوږدې شي (John and Harold F. Dole, M. Wilkins. 2004).



انځور ۴: د کښمالي د بوټي بېلگه

د ريحان گل ورايتي گانې

ريحان گل د نورو گلانو په شان ډول ډول ورايتي گانې لري، چې ټولې يې طبي او زيتي ارزښت لري او شمېر يې دولسو ته رسېږي، چې هغه عبارت دي له: دارچيني ريحان (Cinnamon basil)، تياره بنفش

(Dark opal)، مقدس ريحان (Holy basil)، ليمويي ريحان (Lemon basil)، د مايکل جادويي ريحان (Magical micheal basil)، نوفان (Nufan)، جينوويس (Genovese)، د روبين سره ريحان (Red rubin basil)، د سيام ملکې ريحان (Siam queen basil)، ورم لرونکي کروي ريحان (Spicy globe basil)، د دني خور ريحان (Sweet dani basil) او د رافل بنفش ريحان (Purple ruffles basil) (قهساره، مسعود قاسمي و محسن کافي، ۱۳۸۴).

چې په دې ورايتيو کې د ليمويي ريحان (Lemon basil) او مقدس ريحان (Holy basil) ډېر مشهور دي. د ليمويي ريحان (Lemon basil) څخه په هندوستان کې په چايو کې گټه اخيستل کېږي، چې ډېر ښه ليمويي خوند لري. د مقدس ريحان (Holy basil) نوعه بيا ډېر زيات زینتي ارزښت او ښکلی بوی لري چې له همدې امله يې نړيوال شهرت گټلی دی (خليفی، احمد، ۱۳۸۵).

اقلیم

تودوخه: کشمالي/ريحان د تودو سيمو د گلانو په ډله کې شمېرل کېږي او د سړو په مقابل کې ډېر حساسيت لري، خو په پرلپسې يخنۍ کې وده نه شي کولی. کشمالي د ښې ودې لپاره تودې هوا، کافي اندازه رڼا او اوبو ته اړتيا لري. کشمالي تر ۵۰ درجې تودوخې پورې ښه وده کولی شي. د تخم د ټوکېدو لپاره له ۱۸-۲۰ درجه سانتی گراډه پورې تودوخې ته اړتيا لري، د سانتي گراد له ۱۵ درجو په تيته تودوخه کې تبخ نه شي وهلی. (Mohr, FBM, Lerman C., Gazim ZC, Goncalves JE, Alberton O, 2017).

خاوره: که چېرته د کشمالي د ودې لپاره نور ټول شرايط برابر وي نو په هغه صورت کې په هر ډول خاوره کې ښه وده کوي يعنې د خاورو په بېلابېلو ډولو کې وده کولی شي، مگر د ودې لپاره يې ښه خاوره د عضوي موادو لرونکې سيلتي لوم خاوره ده. د خاورې څخه بايد اوبه ايستل شوې وي، د اوبه خور ښه منظم سيستم بايد ولري او په کافي اندازه رڼا ورته ورسېږي. دا ځکه چې په سيوري کې ډېری گلان ښه وده نه کوي. ځمکه بايد ښه قلبه شوې وي، هرزه گياوې او لوټې بايد ونه لرې. د پورته خواصو لرونکې خاوره د کشمالي د روزلو لپاره خورا مناسبه ده (خليفی، احمد، ۱۳۸۵).

کرنيز عمليات

۱- د ريحان گل لپاره د ځمکې تيارول: له کرلو څخه مخکې بايد په ځمکه کې حيواني سره چې ښه خوسا شوې وي، واچول شي او بيا وروسته ښه ژوره قلبه کړی شي، ترڅو دغه سره د نوموړې خاورې سره ښه گډه شي، که په پټي کې غټې او وړې لوټې موجودې وي هغه بايد میده او هرزه گياوې ترېنه لرې کړی شي، بيا ځمکه په داسې توگه هواره شي، چې لوړې او ژورې ونه لري. په يو هکتار ځمکه کې بايد له ۴۰ څخه تر ۷۰ کيلوگرامه پوټاشيم لرونکې (K2O) سره او له ۶۰ څخه تر ۸۰ کيلوگرامه نايټروجن لرونکې سره (Urea) واچول شي. تر څو نوموړې ځمکه د عضوي او کيمياوي سرې له پلوه ښه غني شي. د ژمي په پای (دحوت

مياشت پای) کې بايد نوموړې ځمکه د کرلو لپاره آماده شي او د راتلونکي پسرلي په لومړۍ مياشت (حمل) کې بايد وکرل شي (قهساره، مسعود قاسمی و محسن کافی، ۱۳۸۴).

۲- کرل: د کشمالي کرنه عموماً د تخم په واسطه په پسرلي کې صورت نیسي چې دا کرنه په دوه طریقو سره سرته رسیږي:

الف- د تخم په واسطه په مستقیمه توگه د پټي کرنه: په مستقیمه کرنه کې تخمونه په اصلي ځمکه کې د قطارونو په شکل کرل کېږي چې له کرلو څخه وروسته په منظمه توگه خړوبولو ته اړتیا لري.

ب- غیرمستقیم کرنه: په غیر مستقیمه کرنه کې لومړی تخم د بوزغلي په شکل په یو ځانگړې تیاره شوې ځمکه یا په شنه خونه کې په یو متر مربع ځمکه کې له ۱۰-۲۰ گرامه تخمونه کرل کېږي، د ټاکل شوې مودې لپاره هلته روزل کېږي، د یوهکتار ځمکې د کرلو لپاره له ۳۵۰-۴۵۰ متره مربع آزاده یا د پلاستیک لاندې (شنه خونه) کې کرل کېږي، له ۵ تر ۶ اوونیو پورې د منظم اوبه خور، سرې ورکولو او للون وروسته هغه مهال چې د بزغلیو د نیالگیو اندازه له ۶-۱۰ سانتي مترو پورې ورسېږي، اصلي بستر ته انتقالېږي او د قطارونو په شکل کرل کېږي. د هرو دوو قطارونو ترمنځ واټن له ۴۰-۵۰ سانتي متره او د هرو دوو نیالگیو ترمنځ واټن د ۳۰×۳۰ سانتي متره په اندازه په پام کې نیول کېږي. په همدې ترتیب د یوهکتار ځمکې د کرلو لپاره له ۱۴۰-۲۰۰ زرو پورې نیالگیو ته اړتیا ده (Dole.M. John. Harold F. Wilkins. 2004).

د ریحان گل په ټولیزه توگه د دریو سوداگریزو موخو لپاره کرل کېږي:

الف. د طبي موادو د لاسته راوړلو لپاره او

ب. د تخمونو د تولید لپاره

ج: د عطرو د تولید لپاره

خو یادو دواړو صورتونو کې د کرلو واټن او د روزنې تخنیکونه سره توپیر کوي (خلیفی، احمد، ۱۳۸۵).
۳. خړوبول: د ریحان گل د نورو گلانو په پرتله زیاتو اوبو ته اړتیا لري او په منظمه توگه باید اوبه کړل شي. دا د گل او تخم نیولو په وخت کې زیاتو اوبو ته اړتیا لري. د ښې ودې لپاره باید له ۳-۴ ورځو په دوران کې یو ځل اوبه کړل شي یعنې په یوه اوونۍ کې دوه ځلې اوبه کولو ته اړتیا لري. اوبه کول یې په دواړو طریقو یعنې سطحې (شیندلو) او سېلابي توگه سرته رسیږي (کریمي، هادي، ۱۳۹۵).

۴- سره ورکول: ریحان گل د نورو گلانو په پرتله زیاتو کیمیاوي او حیواني سرو ته اړتیا لري په ځانگړې توگه هغو کیمیاوي سرو ته چې په خپل ترکیب کې سلفر او پتاشیم (لکه کلسیم سلفیت او پوتاشیم سلفیت) ولري، کلسیم سلفیت، پوتاشیم سلفیت او توره سره (دای امونیم سلفیت) باید د کرلو څخه د مخه په کړونده کې واچول شي. د ځمکې حاصل خېزي او اړتیا په نظر کې نیولو سره سپینه سره (یوریا) باید د فعالې ودې په پړاو کې په دوو پړاونو یعنې د گل کولو څخه مخکې او د گل کولو په دوران کې ورکړل شي (کریمي، هادي، ۱۳۹۵).

۵- حاصل راټولول: مخکې وويل شول، چې کشمالي د دريو موخو لپاره روزل کېږي: تخم، درمل او عطر. د کشمالي د پانو څخه د درملو او عطرونو په جوړولو کې گټه اخيستل کېږي. نو له همدې امله يې پانې په لويه اندازه استعمالېږي. څومره چې د کشمالي پانې پخيري (زېږيري) په همغه اندازه يې بوی هم ډېرېږي. د کرنې موخه ته په کتو سره د کشمالي پانې په بېلابېلو ډولونو راټولېږي. د بيلگې په توگه د عطر وړولو لپاره يې پخې پانې راټولېږي او مخکې له دې چې وچې شي، په تازه توگه د پروسس لپاره د عطر وېستلو دستگاه ته وروړل کېږي. دغه راز د درملو جوړولو لپاره يې هم د درملو ډول ته په کتو سره په دواړو ډولونو (شنو او وچو پانو) په توگه راټولېږي. خو د تخم د استعمال لپاره نبات ته اجازه ورکول کېږي چې تخم يې په بشپړ ډول پوخ او ورسېږي، بيا راټولېږي او د پروسس دستگاه ته وړل کېږي او د استعمال لپاره آماده کېږي (خليفی، احمد، ۱۳۸۵).

پايله

د ريحان يا کشمالي گل چې عام نوم يې باسيل (Basil) او علمي نوم يې (*Ocimum bacilicium*) دی او د لمبشيا (Lamiacea) په کورنۍ پورې تړاو لري، يو کلن صنعتي، زینتي او دارويي نبات دی. کشمالي يو لرغونی او په زړه پورې بوټی دی. د بېلابېلو موخو لکه؛ په طبابت، صنعت او زینتي برخو کې ورڅخه گټه اخيستل کېږي. له دې سره سره نوموړی نبات سيمی ته ښکلی بوی او ښکلا هم ورکوي، چې له امله يې مينه وال هم ډېر دي. د ريحان گل ډيرې ورايتي گانې لري چې په دې کې دوه ډېرې مشهور دي، چې د مقدس ريحان (Holy basil) او ليموي ريحان (Lemon basil) په نومونو باندې يادېږي. د کشمالي يا ريحان گل د گرم اقليم خوشبونکی بوټی دی او په گرمو سيمو کې ښه وده کوي. ريحان گل په گرمو او لمړينو اقليمونو کې ښه وده کوي. دا نبات د ساتنې گراد له ۲۵-۳۰ درجې تودوخې او معتدله رطوبت ته اړتيا لري. د ريحان گل د نورو گلانو په پرتله ډېرو کيمياوي سرو او اوبو ته اړتيا لري. کلسيم سلفيت، پوتاشيم سلفيت او دای امونيم سلفيت بايد د کرلو څخه مخکې په کرونده کې واچول شي او سپينه سره (يوريا) بايد د فعالې ودې په دوران کې په دوو پړاونو يعنې د گل کولو څخه مخکې او وروسته کروندې ته واچول شي. د کښت لپاره نرمه او حاصلخېزه خاوره اړينه ده. د دې نبات لپاره د pH کچه له ۶-۷ مناسبه ده. د اوبو ورکولو په وخت کې بايد په متوازنه توگه اوبه ورکولو ته پاملرنه وشي، ځکه چې زياتې اوبه د رېښې د خرابۍ سبب گرځي. په اوونۍ کې دوه ځلې اوبخورته اړتيا لري. د ريحان گل په څو طريقو سره کرل کېږي لکه په کرونده کې په مستقيم توگه په قطارونو کې د تخم د شيندلو او د بوزغلي د روزلو لپاره په شنه خونه کې کرل او روزل کېږي. دا نبات ته د لمر زياتوالی، مناسب اوبه ورکول او د ناروغيو لکه فنجي او حشراتو کنټرول اړين دی. د دې نبات د گټې لپاره بايد د څارنې په وخت کې د سمې ساتنې او پاملرنې اصولو ته وده ورکړل شي. ژرې پخې او تازه پانې يې راټولېږي او د بېلابېلو موخو د استعمال لپاره پروسس کېږي او استعمالېږي. لکه څنگه چې مخکې وويل شول نوموړی نبات ډېر ارزښت لري او د گران هېواد افغانستان ځينې سيمې (ختيځې،

لویدیځې او جنوبي سیمې) د دې گل د روزنې او تولید لپاره مناسبې دي، بزگرانو ته دا نبات باید ورپیژندل شي او په سوداگریزه توګه ورته د روزلو لپاره زمینه برابره کړل شي.

اخځلیکونه:

- خلفی، احمد، (۱۳۸۵)، گلکاری و پرورش گیاهان زینتی، دانشگاه تهران، ص ص - ۹-۱۱.
- قهساره، مسعود قاسمی و محسن کافی، (۱۳۸۴)، گلکاری علمی و عملی، انتشارات گلبن اصفهان- ایران، ص ص - ۱۸۳-۱۷۷.
- کریمی، هادی، (۱۳۹۵)، گیاهان زراعتی، انتشارات دانشگاه تهران، ص ص - ۲۷۱- ۲۷۳.
- نوري، عبدالرحيم، (۱۳۸۵)، کونه مجله-۲۶ گڼه، د کرنې اومالداری وزارت، ص ص - ۴۸-۴۶.
- Shittu ST, Shittu SA, Olatunji AA, Oyeyemi WA. , 2019.Ocimum gratissimum leaf extract may precipitate infertility in male diabetic Wistar rats. JBRA Assisted Reproduction; 23(1): 34-
- Huang CY, Liu JY. 2017. Attenuation of oxidative stress induced cell apoptosis in Schwann RSC96 cells by Ocimum gratissimum aqueous extract. International Journal of Medical Sciences; 14(8): 764-771.
- Anonymous. 1994. The national gardening association dictionary of horticulture. Viking publishers, p- 469.
- Dole. M .John. Harold F. Wilkins.(2004ss). Floriculture principle and Species. Second Ed, Pearson prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 074448, pp.552-557.
- Saby, G.L.,(1976). National Floriculture. Columbus Ohio. pp .60- 71.
- Mohr, FBM, Lerman C., Gazim ZC, Goncalves JE, Alberton O. , 2017. Antifungal activity, yield and composition of Ocimum gratissimum essential oil. Genetics and Molecular Research; 16(1):111.
- Monga S, Dhanwal P, Kumar R, Kumar A, Chhokar V. 2017. Pharmacological and physico-chemical properties of Tulsi (Ocimum gratissimum L.): An updated review. Pharmaceutical Innovation; 6(4, Part C): 181.

پیشرفت‌های پسین در کاربرد فوتوکتلیست برای برطرف کردن آلودگی مواد عضوی آب

۱- پوهنیار احمدسمیر کریمی حقمل^{*}

۱- دیپارتمنت کیمیا، پوهنځی تعلیم و تربیه، پوهنتون هلمند، افغانستان

چکیده

با افزایش جمعیت و رشد سریع صنایع در سراسر جهان، تصفیه آب آلوده به انواع ناخالصی‌ها به یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های کنونی تبدیل شده است. آلاینده‌های عضوی مانند رنگ‌ها، آنتی‌بیوتیک‌ها، مسکن‌ها، علف‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها و محرک‌ها به منابع اصلی آلودگی آب تبدیل شده‌اند. چندین روش تصفیه نظیر جذب، انعقاد، فیلتراسیون و اکسیداسیون برای مقابله با این مشکلات معرفی و به صورت آزمایشی به‌کار گرفته شده است. امروزه، یک تکنیک پیشرفته با تجزیه فوتوکیماوی توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است، که به‌عنوان یک فرآیند معدنی‌سازی کارآمد، پتانسیل زیادی برای حذف مواد خارجی موجود در پساب دارد. فوتوکاتالیز به‌عنوان یک فناوری اکسیداسیون کارآمد و پایدار برای کاربرد در تصفیه پساب، نویدبخش بوده، که آن را به جایگاه برجسته‌ای در میان روش‌های پایدار تصفیه پساب رسانده است. با این حال، تنها تعداد کمی از فوتوکیماوی‌های گزارش شده قادر به تجزیه کامل آلاینده‌های عضوی بوده‌اند. در دهه گذشته، روش‌های مختلفی برای آماده‌سازی فوتوکیماوی نظیر دوپینگ، دستکاری مورفولوژی، بارگذاری فلزی و جفت‌شدن هتروجنکشن مطالعه و آزموده شده‌اند. این مرور، جدیدترین پیشرفت‌ها در کاربردهای تصفیه پساب به‌وسیله فوتوکاتالیز را ارائه می‌دهد. تمرکز ما بر روی راهبردهای برای بهبود عملکرد است. چالش‌ها و چشم‌اندازها در این حوزه امیدوارکننده نیز مورد بررسی قرار گرفته‌اند. امیدواریم این مرور به محققان در طراحی فوتوکیماوی‌های کم‌هزینه و با کارایی بالا برای تصفیه آب کمک کند.

واژه‌های کلیدی: آلاینده‌های عضوی، پساب‌ها، فوتوکتلیست، نیمه‌هادی

*Email: ask97_haqmal@yahoo.com

Recent Advances in The Application of Photocatalysts for Removal of Organic Contaminates of Water

1- Senior Teaching Assistant Karimi Haqmal Ahmad Samim^{*1}

1- Chemistry Department, Education Faculty, Helmand University, Afghanistan

Abstract

With the increasing population and rapid industrial growth worldwide, the purification of water contaminated with various organic impurities has become one of the greatest contemporary challenges. Organic pollutants such as dyes, antibiotics, analgesics, herbicides, pesticides, and stimulants have become major water pollution sources. Several treatment methods have been introduced and experimentally implemented to address these issues, including adsorption, coagulation, filtration, and oxidation. Nowadays, an advanced technique involving photocatalytic degradation has attracted the attention of many researchers, as it offers significant potential for efficiently mineralizing and removing foreign substances present in wastewater. Photocatalysis, recognized as an effective and sustainable oxidation technology for wastewater treatment, has gained prominence among sustainable water treatment methods due to its appealing and promising mechanism, which facilitates both spontaneous and non-spontaneous reactions by utilizing light energy to initiate the reaction. However, only a few reported photocatalysts have been able to degrade organic pollutants completely. Over the past decade, various methods for preparing photocatalysts, such as doping, morphological manipulation, metal loading, and coupling heterojunctions, have been studied and tested. This review presents the latest advancements in the applications of photocatalytic wastewater treatment. Our focus is on strategies to enhance performance. Challenges and prospects in this promising field have also been examined. We hope this review will assist researchers in designing low-cost and highly efficient photocatalysts for water treatment.

Keywords: Organic pollutant, Photocatalyst, Semiconductor, Wastewater

*Email: ask97_haqmal@yahoo.com

مقدمه

در چند دهه‌ی گذشته، به دلیل رشد جمعیت و صنعتی‌سازی برق آسا، آلودگی‌های گسترده‌ای شامل آلاینده‌های عضوی، فلزات سنگین، ترکیبات غیرعضوی و بسیاری از ترکیبات پیچیده‌ی دیگر در منابع آب روی زمینی، زیرزمینی، پساب‌ها و آب‌های نوشیدنی شناسایی شده‌اند. برپایه‌ی گزارش گسترش آب جهانی سازمان ملل متحد (۲۰۲۰)، تغییرات در چرخه آب همچنین خطراتی برای تولید انرژی، امنیت غذایی، سلامت انسان، گسترش اقتصادی و کاهش فقر به همراه دارد و به شدت دستیابی به اهداف گسترش پایدار را به خطر می‌اندازد. بنابراین، گسترش روش‌های پیشرفته، سازگار با محیط زیست، کم‌هزینه و با کارایی بالا برای بکارگیری دوباره‌ی آب‌های مصرفی ضروری است.

این آلودگی همچنین باعث افزایش هزینه‌های تصفیه آب به دلیل ذات مقاوم برخی آلودگی‌ها، از جمله رنگ‌ها، داروها، سورفکتانت‌ها، محصولات مراقبت شخصی و بسیاری دیگر می‌شود. رنگ‌های عضوی و میانسازهای (Intermediates) آنها ترکیبات سرطان‌زا، جهش‌زا یا ناهنجارزا را از راه تعامل‌های اکسیدیشن و هایدرولیز گوناگون به منابع آبی آزاد می‌کنند که به حیات آبریزستان آسیب می‌زند (Sinar Mashuri et al., 2020).

پساب‌های حاوی اجزای مقاوم معمولاً دارای نیاز کیمیاوی اکسیژن (Chemical Oxygen Demand) COD، بالا، رنگ شدید، محتوای مواد جامد معلق کل (Total Dissolved Solid TDS)، pH نامنظم و قابلیت تجزیه‌پذیری پایین هستند. اخیراً عملکرد یک راکتور فوتوکاتالیستی خورشیدی به عنوان یک پیش‌تیمار برای پساب به منظور کنترل گرفتگی غشا مشاهده شده است (N. S. Ali, Kalash, Ahmed, & Albayati, 2022). دگرگونی در چرخه طبیعی آب ممکن است تولید انرژی و محصولات زراعتی، سلامت انسان و گسترش اقتصادی را مختل کند، که می‌تواند به طور قابل توجهی به اهداف گسترش پایدار ما که توسط گزارش گسترش آب جهانی سازمان ملل (۲۰۲۰) شناسایی شده، آسیب برساند. به همین دلیل، تحقیق در مورد روش‌های مدرن، پایدار از نظر محیط زیست، مقرون به صرفه و کارآمد برای بکارگیری پساب‌ها ضروری شده است (Datta & Roy, 2023). تکنولوژی‌های گوناگونی در تصفیه پساب مورد استفاده قرار می‌گیرند که عمدتاً شامل الکترودیالیز (Zazouli & Kalankesh, 2017)، فیلترنمودن غشایی (Zularisam, Ismail, & Salim, 2006)، رسوب‌گذاری (Ren et al., 2021)، جذب (Yagub, Sen, Afroze, & Ang, 2014)، کاهش الکتروکیمیاوی (Mousset & Doudrick, 2020) و دی‌آیونایزیشن الکتریکی (Arar, Yüksel, Kabay, & Yüksel, 2014) می‌باشند. این فرایندها معمولاً مقادیر زیادی انرژی مصرف می‌کنند و ممکن است با انتقال آلاینده‌ها بین مایعات گوناگون و همچنین زباله‌ها و محصولات جانبی گوناگونی که برای تصفیه پساب تولید می‌شوند، پیچیده‌تر شوند.

امروزه دور ویر ۳۰۰ تا ۴۰۰ میلیون تن آلاینده‌های عضوی تصفیه نشده به‌طور سالانه تولید می‌شوند، که منجر به مشکلات آلودگی آب، به‌ویژه در مناطق صنعتی می‌گردد. برای مقابله با این چالش، اکثر کشورها مقررات سخت‌گیرانه‌ای را جهت کنترل آلودگی محیط زیست معرفی کرده‌اند. علاوه بر این، این مسئله نگرش دانشمندان را به خود جلب کرده است تا به‌طور فشرده بهترین فناوری‌ها را در این زمینه مورد بررسی قرار دهند (Sinar Mashuri et al., 2020).

از دیدگاه اقتصادی و گسترش اجتماعی، یافتن شرایط تعامل ملایم‌تر و کاتالیزگرهای کارا برای برطرف کردن انواع آلاینده‌ها از پساب بسیار مهم است. از سال ۱۹۷۲، کاتالیز نوری ناهمگن به‌سرعت مورد بررسی و در زمینه‌های گوناگونی مانند تجزیه آب، تصفیه آب/هوا، کاهش CO_2 و تثبیت N_2 به کار رفته است (Fujishima & Honda, 1972). کاتالیز نوری با شرایط ملایم، فرایند ساده و فناوری سبز، می‌تواند آلاینده‌های عضوی موجود در پساب را به آب، کاربن دای اکساید یا سایر مالیکول‌های کوچک تجزیه کرده و آلاینده‌های غیرعضوی را به مواد بی‌ضرر کاهش یا اکساید کند. با این حال، کاتالیزگر به دلیل عدم پایداری کاتالیزگرهای غیرفعال، به خودکُشنندگی در کاتالیز نوری مستعد است. تحقیقاتی فراوانی در زمینه ساختارهای هتروجانکشن (Heterojunction)، دوپینگ (Doping)، پیدایش نارسایی در سطح برای بهبود عملکرد کاتالیز نوری و بازسازی عملکرد کارای کاتالیز نوری با استفاده از کاهش اکسیداتیو کاتالیزگرهای غیرفعال به‌منظور بازیافت انجام شده است (Ren et al., 2021).

از راه کارهای کارا و کم‌هزینه، در برطرف سازی این مشکل، به‌کارگیری از پدیده‌ی کاتالایز می‌باشد و کاتالایز به بررسی‌ای اطلاق می‌شود که شامل تهیه، دستکاری و مکانیسم ماده‌ای است که می‌تواند با مشارکت یک ماده به نام کتلیست، سرعت تعامل کیمیاوی را افزایش دهد، بدون آنکه در پایان تعامل تغییر شکل دهد و یا مصرف شود. تعامل با وجود کتلیست سریع‌تر رخ می‌دهد زیرا به انرژی فعال‌سازی کمتری نسبت به یک تعامل معمولی نیاز دارد. انرژی فعال‌سازی/Activation Energy E_a ، انرژی آستانه‌ای است که باید برای وقوع یک تعامل، بایستی بر آن غلبه شود، همانطور که در شکل ۱-الف (Sinar Mashuri et al., 2020)، نشان داده شده است. به جای مسیر معمول تعامل، حضور کتلیست یک مسیر جایگزین با انرژی فعال‌سازی پایین‌تر ایجاد می‌کند و در نتیجه سرعت تعامل افزایش می‌یابد. با این حال، نتیجه و ترمودینامیک کلی تعامل یکسان باقی می‌ماند. به‌طور کلی، تعامل کتلیستی محدود به تعامل‌های خودبه‌خودی است که در آن انرژی آزاد گیبس بیشتر از صفر است. با این حال، فوتوکتلیست امکان وقوع هر دو نوع تعامل‌های خودبه‌خودی و غیرخودبه‌خودی را فراهم می‌کند که به توانایی جذب نور ماده بستگی دارد و می‌تواند منبع انرژی را تأمین کرده و آن را به انرژی کیمیاوی تبدیل کند (Ohtani, 2010).

امروزه، فوتوکاتالیز پتانسیل بالایی در بهبود شیوه‌های زیست‌محیطی و فناوری‌های سبز نشان می‌دهد. این امر موجب شده است که پژوهشگران به دنبال ارتقاء این فناوری با بررسی بهترین نوع فوتوکتلیست و

راکتورها باشند. در حال حاضر، این فناوری در بسیاری از کاربردها مانند فناوری پوشش (B. Wu et al., 2017)، آلودگی محیط زیست (Bharatvaj, Preethi, & Kanmani, 2018) و تصفیه آلودگی هوا (Mera, 2018)، آلودگی محیط زیست (Martínez-de la Cruz, Pérez-Tijerina, Meléndrez, & Valdés, 2018) مورد استفاده قرار گرفته است. یکی از راهکارهای جذاب برای تجزیه آلاینده‌های عضوی، استفاده از فوتوکاتالیست‌ها است. این به دلیل فعالیت تجزیه‌ای امیدوارکننده، کارا و کارآمد آن‌ها در از بین بردن آلاینده‌هاست که با توانایی رخدادهای خودبه‌خودی و غیرخودبه‌خودی، فرآیند را بهینه می‌سازد. فوتوکاتالیز برای اولین بار در سال ۱۹۷۲ توسط فوجیشیما و هوندا در پژوهش آن‌ها درباره فتولیز الکتروکیمیای آب در الکتروکاتالیست نیمه‌هادی معرفی شد (Fujishima & Honda, 1972). این فرآیند به‌عنوان توالی زمانی فرآیندهای پیشرفته اکسیدیشن (Advanced Oxidation Processes AOPs) تعریف می‌شود که معایبی مانند هزینه بالا، معدنی‌سازی ناقص و نیاز به مقدار زیاد رادیکال‌های هایدروکسیل را بهبود می‌بخشد. فرآیند فوتوکاتالیز به انرژی نوری برای فعال‌سازی فوتوکاتالیست نیاز دارد و از این جهت جالب است که تعامل می‌تواند توسط منابع نوری یا فوتونی کنترل شود (Sinar Mashuri et al., 2020).

میتود تحقیق

در نگارش این مرور، از روش پژوهش ژورنالی بهره گرفته شده است که بر پایه‌ی مقالات تازه منتشرشده در ژورنال‌های معتبر بین‌المللی در حوزه‌ی کیمیا است. این مقالات به پیشرفت‌های جدید در زمینه‌ی تولید انرژی سبز، مقرون‌به‌صرفه، بی‌ضرر و مبتنی بر منابع قابل‌دسترس پرداخته‌اند.

اهداف تحقیق

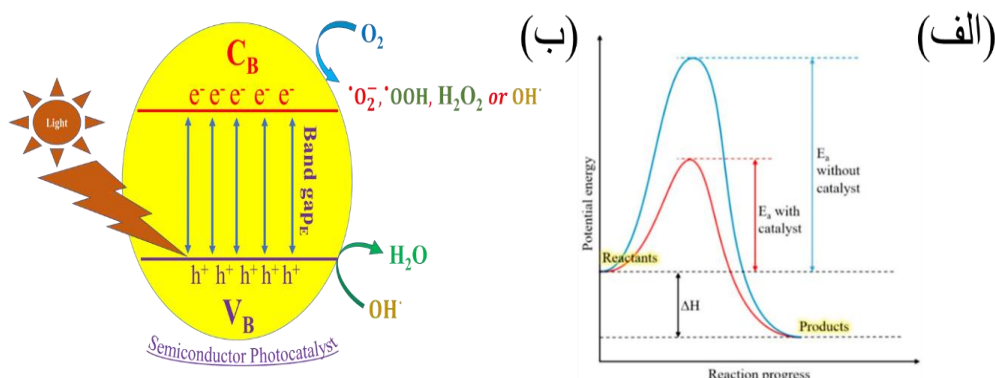
هدف اصلی این نگارش مروری، بررسی و پاسخ به این پرسش است که چگونه می‌توان از کیمیای نوری برای تصفیه آلاینده‌های عضوی آب استفاده کرد. در این بررسی، تلاش شده است راهبردهای معرفی شوند که از نظر عملی، کاربردی‌تر و از لحاظ اقتصادی مقرون‌به‌صرفه‌تر باشند. همچنین، این راهکارها باید سازگاری بالایی با محیط زیست داشته و دوستدار طبیعت باشند. از سوی دیگر، کارایی پایدار و بلندمدت این کیمیای‌ها نیز به‌عنوان یکی از معیارهای اساسی مدنظر قرار گرفته است، به‌طوری‌که بتوان آن‌ها را در جهت دستیابی به اهداف مطلوب در حوزه‌ی تصفیه آلاینده‌های عضوی آب به‌کار گرفت.

اهمیت تحقیق

با توجه به روند فزاینده‌ی گرمایش زمین و کاهش میزان بارندگی و برف، نیاز مبرمی به به‌کارگیری دوباره از آب‌های مصرف‌شده در مناطق شهری و صنعتی وجود دارد. این آب‌ها باید به چرخه‌ی مصرف بازگردانده شوند که این امر مستلزم بازیابی و تصفیه‌ی مؤثر آن‌ها است. در این راستا، مطالعه و استفاده از کیمیای نوری به‌عنوان یک فناوری نوین، کارآمد و مقرون‌به‌صرفه، به‌منظور تصفیه‌ی آلاینده‌های عضوی آب، نقشی حیاتی ایفا می‌کند و می‌تواند به تحقق اهداف پایدار در مدیریت منابع آب کمک کند.

میکانیزم کارکرد یک فوتوکاتلیست

هدف اصلی مکانیزم فوتوکاتلیستی، برانگیخته کردن یا تسریع تعامل‌های اکسیدیشن-کاهش (ریدوکس) هنگام تابش منبع نوری بر روی نیمه‌هادی است. در طول فرآیند فوتوکاتلیست، هنگامی که یک نیمه‌هادی توسط فوتون‌ها با انرژی معادل (یا بالاتر از) انرژی شکاف نواری (Band Gap BG) برانگیخته می‌شود.



شکل ۱-الف: گراف مسیر یک تعامل کیمیاوی را در نبود و بودن کاتلیست نشان می‌دهد که بکارگیری کاتلیست مسیر نو را همراه با کاهش انرژی فعالسازی نشان معرفی کرده است (Sinar Mashuri et al., 2020). (ب) نمایش میکانیزم پایه یک عملیه فوتوکاتلیستی.

همان‌طور که در شکل (1-ب) نشان داده شده است، فعالیت فوتوکاتلیست (یعنی نیمه‌رسانا) به توانایی ایجاد جفت‌های الکترون (e^-) و خالیگاه (h^+) برای تولید رادیکال‌های آزاد بستگی دارد که برای آغاز تعامل ضروری هستند.

الکترونی از نوار ولانسی (ظرفیت) (Valance Band VB) با جذب انرژی نور به نوار جریانی (رسانایی) (Conduction Band CB) برانگیخته می‌شود، به‌طوری‌که انرژی جذب شده برابر یا بیشتر از شکاف نواری (BG) باشد، که تفاوت انرژی بین VB و CB در نیمه‌رسانا است. با این حال، این الکترون‌ها و خالیگاه‌های برانگیخته تمایل دارند که با یکدیگر ترکیب شوند که این امر منجر به تولید فوتون‌ها یا گرما می‌شود و در نتیجه تعداد الکترون‌ها و خالیگاه‌ها کاهش می‌یابد. به‌طور نظری، تعامل زمانی آغاز می‌شود که فوتون‌های کافی ($h\nu$) از منبع نور به الکترون‌های موجود در VB، برخورد کنند. الکترون (e^-) برانگیخته شده به CB، منتقل می‌شود و خالیگاه (h^+) در VB باقی می‌ماند.

هر دو الکترون و خالیگاه به سطح فوتوکاتلیست مهاجرت می‌کنند. به‌طور همزمان در سطح، خالیگاه (h^+) رادیکال‌های هایدروکساید ($\cdot OH$) را اکساید کرده و به مالیکول آب تبدیل می‌کند که زنجیره تعامل را برای اکسیدیشن آلانده‌های عضوی آغاز می‌کند.

در حالی که در CB الکترون (e^-) به پذیرنده الکترون، مانند اکسیژن (O_2)، اهدا می‌شود که منجر به تشکیل میانسازهای ($\cdot O_2$, $\cdot OOH$, H_2O_2 or $\cdot OH$) می‌شود (H. Li et al., 2023; Ren et al., 2021). اینگونه

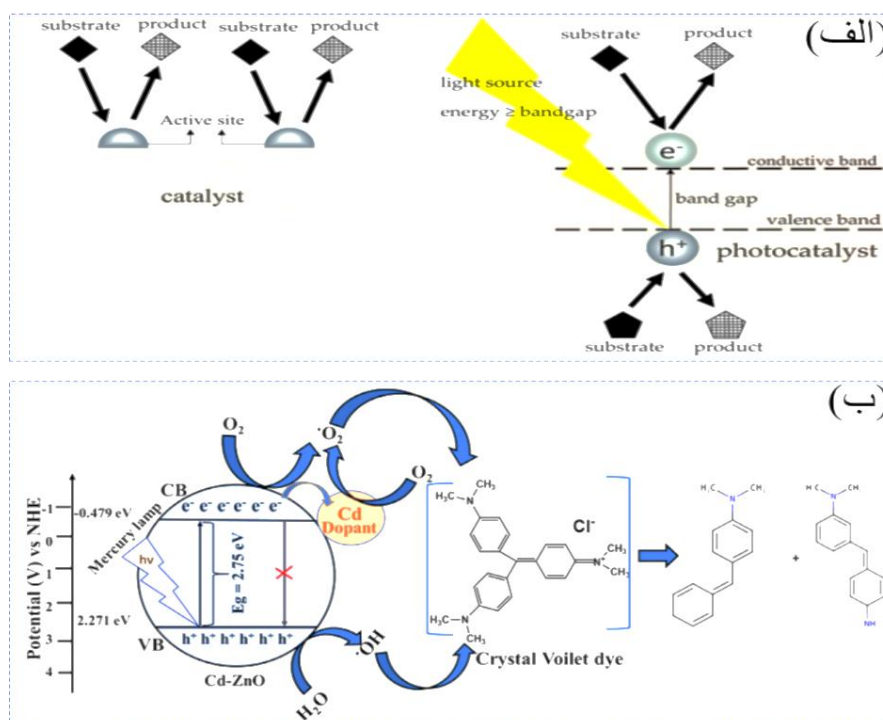
فلزات با عملیه کاهش روبرو شده، که به حالت ولانس پایین تر خود کاهش یافته و بر روی سطح فوتوکتلیست رسوب می کند (Mahlambi, Ngila, & Mamba, 2015). هر دو فرآیند اکسیدیشن و کاهش محصولی تجزیه شده از آلاینده های عضوی تولید می کنند که از نظر زیست محیطی مناسب تر است.

تبدیل انرژی خورشیدی از راه فوتوکاتالیز مبتنی بر نیمه رساناها در دهه گذشته نگاه زیادی را به خود جلب کرده است، به دلیل کاربردهای متنوع آن در تولید هایدروجن فوتوکتلیستی و برطرف کردن آلودگی های محیط زیستی، در فرآیند فوتوکاتالیز، فوتوکتلیست نیمه رسانا نور را جذب کرده و حامل های چارج تولید می کند که به سطح منتقل شده و میان سازهای تعاملی مطلوب مانند شکل (۱-ب) یا محصولات کیمیائی تولید می کنند.

برای گسترش فوتوکتلیست های با بازده بالای تبدیل انرژی خورشیدی، تلاش های بسیاری بر گسترش جذب نوری آن ها به ناحیه نور دیدپذیر متمرکز شده است، در حالی که بازآمیزی الکترون-خالیهگاه مهار می شود، زیرا نور دیدپذیر بخش بزرگی از طیف خورشیدی را تشکیل می دهد و تنها چارچهای جدا شده سطحی در تعامل فوتوکتلیستی شرکت می کنند (S. Wu et al., 2018).

به طور نظری، فوتوکاتالیز به نور نیاز دارد تا فوتوکتلیست را فعال کند و تعامل را آغاز نماید. طبق گفته اوتانی (Ohtani, 2010)، تفاوت بین تعامل فوتوکتلیستی و تعامل کتلیستی به سطح های کریستالی ترجیحی فوتوکتلیست بستگی دارد همان طور که در شکل (2-الف)، نشان داده شده است، محصولات یک تعامل کتلیستی و فوتوکتلیستی باهم فرق داند (Sinar Mashuri et al., 2020)؛ زیرا در فرآیند فوتوکتلیستی، از تعامل الکترونهای نوار رسانایی محصولات متفاوت نسبت به تعامل خالیگاه ها در نوار ولانسی تولید می - شوند.

بنابراین، شدت نور تابیده شده بر کنیتیک تعامل اثر خواهد گذاشت تا جفت های الکترون-خالیهگاه تولید شود که باعث وقوع تعامل می شود، در حالی که تعامل کتلیستی به سایت های فعال برای وقوع تعامل وابسته است (Ibrahim et al., 2020; Sinar Mashuri et al., 2020). در کاتالیز، چگالی سایت های فعال هم زمان با کنیتیک تعامل مورد توجه قرار می گیرد.



شکل (۲-الف): نمایش یک تعامل با یک نوع محصول در موجودیت کتلیست و نبود نور (سمت چپ) و عین تعامل با دو نوع محصول در موجودیت کتلیست و نور (Sinar Mashuri et al., 2020). شکل (۲-ب) مکانیزم تخریب فوتوکیمیای رنگ کریستال ویولت با استفاده از نانوذرات Cd-ZnO در توان ۶ وات (Sanakousar et al., 2021).

تا کنون، با پیدایش کاستی‌ها در نیمه‌رساناها معمولاً باعث گسترش پاسخ نوری به قلمرو دیدپذیر شده و فعالیت فوتوکتلیستی را افزایش داده است که به طور گسترده‌ای مورد بررسی قرار گرفته است (Hu, Lin, Zhang, Yang, & Yang, 2017). سیستم مدل شکاف نواری حالت کاستی برای ستودن اثرگذاری کاستی‌ها در نیمه‌رساناها ایجاد شده است. با این وجود، حالت‌های میانی ناشی از کاستی‌ها می‌توانند منجر به باریک‌تر شدن شکاف نواری (BG) شوند و از راه مهار جداسازی چارج‌ها، فعالیت فوتوکتلیستی را محدود کنند.

علاوه بر این، سطح به دلیل پیوستگی نزدیک با فرآیندهای بازآمیزی الکترون-خالیه‌گاه، نقش مهمی در تعامل فوتوکتلیستی ایفا می‌کند و نارسایی‌های سطحی در نیمه‌رساناها دارای کاستی عمومی‌تر و تا آنکه در برخی زمینه‌ها خودبه‌خودی هستند. با این حال، ریزساختار سطح در نیمه‌رساناهای معیوب به ندرت به طور دقیق گزارش شده است و در نتیجه اثرگذاری نارسایی‌ها بر فعالیت فوتوکتلیستی با نور دیدپذیر هنوز به طور عمده ناشناخته است (S. Wu et al., 2018).

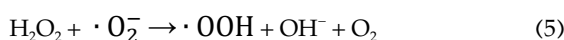
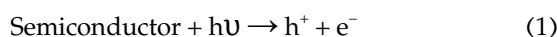
در حال حاضر، پربررسی‌ترین فوتوکتلیست‌ها شامل تیتانیوم دای‌اکساید (TiO₂) (Truong et al., 2020) و اکساید روی (ZnO) (Shaban, Abdallah, & Khalek, 2016) هستند. با این حال، این مواد با

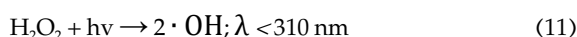
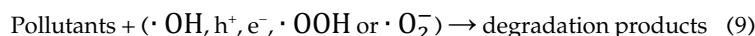
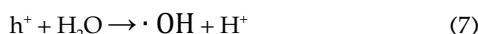
مشکل بازآمیزی الکترون ها (e^-) و خالیگاه ها (h^+) مواجه هستند که به عنوان بزرگترین نقطه ضعف این مواد شناخته می شود. بهبود کارایی و پایداری فوتوکاتالیست ها به هدف اصلی پژوهشگران تبدیل شده است.

با این حال، این فرآیندهای متداول ناکارآمد هستند زیرا مقدار زیادی انرژی مصرف می کنند و به تشکیل لجن و تولید آلودگی های ثانویه منجر می شوند. فرآیندهای اکسیدیشن پیشرفته (Advanced Oxidation Processes AOPs) پتانسیل کارایی برای تجزیه چنین آلودگی های مضر و زهری از راه تولید عوامل اکسایدکننده قوی، مانند رادیکال های هایدروکسیل ($OH^\bullet$)، دارند که ثابت شده اند در معدنی سازی کامل آلودگی های عضوی زهری به اندازه کافی کارآمد هستند. با این حال، بسیاری از AOP ها به مواد کیمیاوی اضافی به عنوان اکسیدانت و انرژی های اضافی نیاز دارند که این امر فشار انرژی را افزایش می دهد. در عصر کنونی، فوتوکاتالیست های نیمه هادی با انرژی خورشیدی غیرمتعارف به عنوان نیروی محرکه، یکی از این فرآیندهای AOP است که در تصفیه پساب گسترش یافته است و عمدتاً به دلیل پتانسیل آن در برطرف کردن آلودگی های گوناگون از آب، با بهبود معایب تعیین شده توسط سایر (AOPs) نظیر هزینه بالا، تجزیه ناقص و بسیاری دیگر می باشند (N. S. Ali et al., 2022). فوتوکاتالیست ها برای پالایش آب های آلوده حاوی رنگ ها، داروها و سایر مواد مضر از راه تجزیه ترکیبات پیچیده در پساب به مواد کمتر مضر مانند آب، کاربن دای اکساید یا دیگر مالیکول های کوچک زیر تابش خورشیدی معرفی شدند.

علاوه بر این، در شکل ۲-ب، دیاگرام شماتیک فرسایش degradation یک آلاینده عضوی زیر تابش نور خورشید از راه نانوذرات اکساید روی آمیخته شده با کادمیوم بر نانولوله های کاربنی چنددیواره (MWCNTs/Cd-ZnO NPs Multi-Walled Carbon Nanotubes/Cadmium-doped Zinc Oxide Nanoparticles) نشان داده شده است (Sanakousar et al., 2021). این فوتو الکترون های جدا شده ممکن است با اکسیژن حل شده در آب تعامل دهند و بطور نمونه، رادیکال های سوپر اکساید ($O_2^{\bullet -}$) را آزاد کنند که در تعامل های بعدی به رادیکال های هایدروکسیل، $[OH^\bullet]$ ، تبدیل می شوند.

این آلاینده های موجود در آب، نخست در لایه بیرونی فوتوکاتالیست جذب می شوند که موجب افزایش گردش چارچ و بهبود بیشتر قابلیت اکسیدیشن و کاهندگی آن می گردد. این پدیده منجر به یک رشته تعامل های کیمیاوی در پیوند با ناپایدارهای فعال ناشی از فوتوکاتالیست می شود که محصولات پایانی تخریب را تولید می کند (Pouran, Bayrami, Aziz, Daud, & Shafeeyan, 2016). تعامل های اکسیدیشن- کاهش به شرح زیر است (معادلات (۱)–(۱۱)):





یک فرایند کاتالیز نوری همسان همچنین می‌تواند در تعامل معروف به تعامل فوتو-فتون رخ دهد. این فرایند تولید رادیکال‌های اضافی $\cdot \text{OH}$ از مواد تعاملی فتون (Fe^{2+} و H_2O_2) زیر تابش ($\lambda < \text{UV-Vis } 600$ نانومتر) از راه دو تعامل اضافی است: (i) کاهش نوری آیون‌های Fe^{3+} به Fe^{2+} که در معادله (۱۰) نشان داده شده است و (ii) تجزیه نوری پراکسایدها توسط طول موج‌های کوتاه‌تر که در معادله (۱۱) بیان شده است (Pouran et al., 2016).

برای کاتالیزگرهای نوری منفرد، نرخ بالای بازآمیزی الکترون/خالیه‌گاه به‌طور قابل توجهی عملکرد کاتالیز نوری را محدود می‌کند. مطالعات در زمینه بهبود فعالیت کاتالیز نوری با جلوگیری از بازآمیزی آن‌ها، نگاه روزافزونی از سوی پژوهشگران را به خود جلب کرده است. استراتژی‌های گوناگونی برای رفع معایب فوق گسترش یافته است. دپینگ فلزی و کنترل مورفولوژی می‌تواند تا حدودی از بازآمیزی جلوگیری کند و آمیختگی عناصر اکسیتونیک پلاسمایی و اثرات تبدیل بالا در مواد برای کاتالیز نوری، به‌طور قابل توجهی جذب و استفاده از نور را گسترش می‌دهد، که به‌طور کل پیامدهای مهمی برای گسترش کاتالیزگرهای جدید و کارآمد با خواص جذب گسترده طیفی فراهم می‌آورد. علاوه بر این رویکردها، برخی دیگر از روش‌ها در نیمه‌هادی‌های دو فازی مورد بررسی و گزارش قرار گرفته است، مانند تشکیل هتروجانکشن‌ها بین نیمه‌هادی‌ها و ساخت مدارهای خارجی با استفاده از اثرات کاتالیز نوری که هر دو می‌توانند به‌طور کارآی عملکرد کاتالیز نوری را بهبود بخشند (Atabaev & Molkenova, 2019).

در این مرور، ما به پیشرفت‌های پسین در تصفیه پساب با استفاده از تکنیک فوتوکاتالیست پرداخته و بر برنامه‌ریزی و گسترش این مواد تأکید خواهیم کرد. با درک پیشرفت‌های پژوهشی کنونی، امیدواریم که بتوانیم به بررسی تغییرات پسین در گسترش فوتوکاتالیست‌ها و مکانیزم‌های تعاملی آن‌ها در برطرف کردن کارآلودگی‌ها از آب پردازیم و همچنین ایده‌ها و چشم‌اندازهای جدیدی را در جهت گسترش آینده فوتوکاتالیست‌های با ساختار پیچیده و سیستم‌های ترکیبی آن‌ها در تصفیه پساب ارائه دهیم.

برطرف کردن آلاینده‌های عضوی

تعداد قابل توجهی از انواع گوناگون آلاینده‌های عضوی در آب وجود دارد. این آلاینده‌ها را می‌توان به رنگ‌ها، ترکیبات فنولی، سورفکتانت‌ها، ارگانوهایلدها، هایدروکاربن‌ها، نرم‌کننده‌ها و غیره تقسیم‌بندی کرد (I. Ali, Asim, & Khan, 2012). این آلاینده‌های عضوی از نظر کیمیاوی پایدار، زهری و حتی

سرطان‌زا بوده و در آب تجزیه‌پذیری کمی دارند (Z. Li, Meng, & Zhang, 2019). فرانک و بارد در ابتدا به بررسی تجزیه نوری سیانید در آب با استفاده از TiO_2 پرداختند (Frank & Bard, 1977). به‌زودی، الیس و همکاران دریافتند که ترکیبات عضوی هلوجن دار مانند ترای کلرواتیلن و ترای کلرومتان می‌توانند تجزیه اکسیداتیو نوری را در یک سیستم حساس شده با TiO_2 القا کنند و به‌طور رسمی عملکرد تجزیه اکسیداتیو مواد کاتالیزگر نوری نیمه‌هادی برای آلاینده‌های عضوی را پیشنهاد کردند که به یکی از فعال‌ترین زمینه‌های تحقیق در نیمه‌قرن گذشته تبدیل شد (Pruden & Ollis, 1983). به‌طور کلی، مجموعه‌ای از نیمه‌هادی‌ها مانند TiO_2 ، ZnO ، Fe_2O_3 ، و C_3N_4 ، و نیمه‌هادی‌های مبتنی بر بیسموت به‌عنوان گزینه‌های مناسبی برای تجزیه طیف گسترده‌ی از آلاینده‌های عضوی به ترکیبات قابل تجزیه زیستی یا مالیکول‌های کمتر زهری مطرح شده‌اند که در نهایت به CO_2 و H_2O بی‌ضرر تبدیل می‌شوند (Ren et al., 2021).

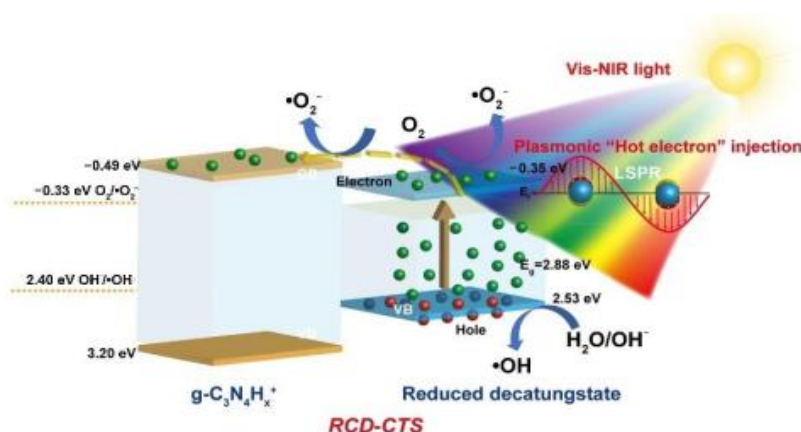
رنگ‌ها

بیش از صد هزار (۱۰۰'۰۰۰) رنگ تجاری در فرآیندهای صنعتی برای طیف گسترده‌ای از محصولات ضروری هستند (Robinson, McMullan, Marchant, & Nigam, 2001). بیشتر این رنگ‌ها محلول در آب، به‌راحتی تجزیه‌پذیر نیستند و به‌طور جدی می‌توانند به اکوسیستم آسیب برسانند، مانند رنگ‌های رودامین B (RhB)، میتایل نارنجی (MO) و میتایل آبی (MB). دوان و همکاران ترکیب $\text{Ag@AgCl@MIL-100(Fe)/CCF}$ را تهیه کردند که شامل کارباکسی میتایلشن الیاف پنبه به‌عنوان پایه و تهیه درجا از MOF است (Lu et al., 2020). در طول فرآیند کاتالیز نوری h^+ و H_2O تولیدشده رادیکال‌های هایدروکسیل اکسیدکننده قوی و آیون‌های سوپراکساید را از راه تعامل‌های الکترون‌های تولیدشده و O_2 تشکیل می‌دهند. بنابراین، این رادیکال‌ها با قدرت اکسیدکنندگی بالا به عوامل تخریب رنگ MB تبدیل می‌شوند. مشاهده شده است که کاتالیزگرها قابلیت بازیافت عالی و کارایی هم‌زمان بالای در برطرف کردن رنگ‌های محلول دارند. نگوین و همکاران (Nguyen et al., 2022) اثرگذاری ترکیب‌های $\text{TiO}_2/\text{ZnO}/\text{rGO}$ را بر تجزیه رنگ‌های MB، RhB، و MO گزارش کردند و مکانیسم‌ها و مسیرهای تجزیه را زیر تابش UV پیشنهاد کردند. علاوه بر این، هم‌جوشی مواد $\text{TiO}_2/\text{ZnO}/\text{rGO}$ می‌تواند کارایی عملی، پایداری و قابلیت بازیافت بهتری نسبت به مواد منفرد از خود نشان دهد. این امر به بهبود کارایی جداسازی چارجهای حامل، مساحت سطح بزرگ، شکاف نوار باریک و ظرفیت بالای جذب رنگ نسبت داده می‌شود. پان و همکاران (Senthil et al., 2019) نشان دادند که ترکیب $\text{BiFeWO}_6/\alpha\text{-AgVO}_3$ با ۱ درصد وزنی BiFeWO_6 می‌تواند به‌طور قابل توجهی به برطرف کردن بیشتر RhB نسبت به $\alpha\text{-AgVO}_3$ خالص و BiFeWO_6 کمک کند. در مقایسه با MoS_2 خالص یا SnO_2 ، نانوساختارهای $\text{SnO}_2\text{-MoS}_2$ افزایش قابل توجهی برای تجزیه کاتالیزوری MB و RhB نشان دادند که ناشی از مساحت سطح خاص بالا و جذب بهتر نور دیدپذیر است. اسمیت و همکاران بر روی مورفولوژی تثبیت ZnO بر روی PALFs و عملکرد کاتالیز نوری ZnO/PALFs تمرکز کردند که

بستگی به مورفولوژی آن‌ها در برطرف کردن پساب حاوی قرمز کنگو دارد. این کاتالیزگر عملکرد بالایی (>۹۵٪) و قابلیت بازیافت در تجزیه قرمز کنگو زیر شرایط تابش UV/Vis نشان داد (Deebansok, Amornsakchai, Sae-Ear, Siriphannon, & Smith, 2021; Ren et al., 2021).

هایدروکاربن‌های نفتی

آلاینده‌های هایدروکاربنی نفتی به‌عنوان آلاینده‌های اولویت‌دار پایدار شناخته می‌شوند که شامل الکان‌ها، اولفین‌ها و هایدروکاربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای هستند. همان‌طور که به‌خوبی شناخته شده است، محیط دریایی به‌عنوان پایانی‌ترین و بزرگ‌ترین ذخیره گاه آلاینده‌های هایدروکاربنی نفتی در نظر گرفته می‌شود. از این‌رو، پاک‌سازی کارای هایدروکاربن‌های نفتی در آب به یک مسئله پرتنش تبدیل شده است (Ren et al., 2021).



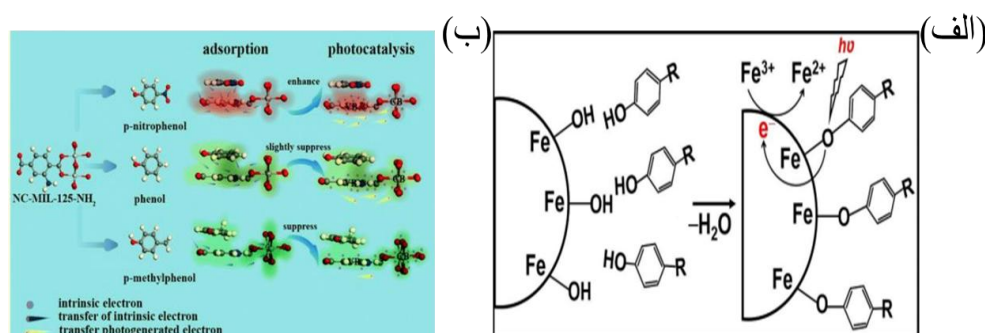
شکل ۳- مکانیسم کاتالیزگر RCD-CTS زیر برانگیخته شدن نور دیدپذیر و نزدیک به مادون قرمز (Yang et al., 2020). ترکیبات $g-C_3N_4$ کاربرد شده با K، فعالیت عالی تجزیه نفتالین کاتالیزوری (۸۲،۱۹٪) را زیر تابش نور دیدپذیر نشان دادند که به دلیل تعداد زیاد گروه‌های عملکردی هایدروفیلیک سطحی، افزایش جذب نور دیدپذیر و مهار بازآمیزی تولید شده است. مشاهده شده است که نرخ تجزیه کاتالیزوری به‌طور کلی بعد از پنج چرخه کمابیش پایدار باقی ماند (F. Li & Lin, 2020). یونس زاده و همکاران (Ghasemi, Younesi, & Zinatizadeh, 2016) دریافتند که نانو $TiO_2/Fe-ZSM-5$ به‌طور کارآ آلاینده‌های ارگانیک را از پساب پالایشگاه نفت برطرف می‌کند. حداکثر کارایی حذف تقاضای کیمیاوی اکسیژن (COD) به میزان ۸۰٪ پس از ۴ ساعت تابش UV با غلظت کاتالیزگر ۲،۱ گرم بر لیتر، pH معادل ۴ و دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. نانوشیت‌های $g-C_3N_4$ فوق نازک با مساحت‌های سطح خاص بالا، مسافت‌های کوچ کردن چارچ کوتاه و ساختارهای الکترونیکی قابل کنترل، قابلیت خوبی در برطرف کردن اکسیدیشن کاتالیزوری هایدروکاربن‌های نفتی در محلول آبی دارند. یانگ و همکاران (Yang et al., 2020) ماده هیبریدی بی‌همتای را به‌عنوان نمک انتقال چارج دیکاتنگستات پاسخ‌دهنده به نور دیدپذیر و نزدیک به فرو سرخ از

راه مونتاژ کاتیون $g-C_3N_4Hx^+$ و آنیون دیکاتنگستات پیشنهاد کردند که جداسازی کارا از چارج حامل ها را با توجه به رزونانس پلاسمون سطحی محلی نشان داد. در نتیجه، این ترکیب فعالیت کاتالیزوری عالی و قابلیت بازیافت خوبی برای برطرف کردن هایدروکاربن های نفتی از خود نشان داد (شکل ۲).

ترکیبات فینولی

فینول ها در پساب های صنعتی ناشی از فرآیندهای گوناگونی مانند پالایشگاه ها، تولید رنگ ها، داروها و تولید نفت هستند و در آب به شدت محلول، بسیار زهری و زیست محیطی مقاوم هستند (Maszenan, Liu, & Ng, 2011). در فرآیند فتوکاتالیز، محل تعامل اصلی که فینول و مشتقات کلرو فینول و نیترو فینول آن شکسته می شوند، مایع حجمی است و حمله رادیکال های هایدروکسیل به کاربن های حلقوی منجر به تولید میان سازهای اکسیدیشن گوناگون می شود. هایدروکینون، کاتکل و p -بنزوکینون به عنوان میان سازهای اصلی تشکیل شده در طول تخریب فتوکاتالیستی فینول گزارش شده اند. میان سازهای تعامل مانند کلرو هایدروکینون، ۴-کلروکاتکل و رسورسیول در نهایت به اسیتلین، اسید مالیک، کاربن مونوکساید و کاربن دی اکساید تبدیل می شوند. کلرو فینول ها به عنوان آلاینده های آبی با زهری بودن میانگین شناخته می شوند و مشکوک به سرطان زایی هستند. محصولات جانبی اصلی که در طول تخریب فتوکاتالیستی آن شناسایی شده اند، شامل ۴-نیتروکاتکل، بنزوکینون، هایدروکینون و برخی از اسیدهای عضوی هستند (Ahmed, Rasul, Martens, Brown, & Hashib, 2010). دارابدحرا و همکاران (Darabdhara & Das, 2019) برای اولین بار از نانو مواد برای شناسایی تجزیه آلاینده های محیطی استفاده کردند. این بررسی برنامه ریزی موفقیت آمیز نانو ذرات هسته-پوسته طلا و نیکل با اندازه کمتر از ۸ نانومتر بر روی rGO از راه حل حرارتی را گزارش کرد و نانوکامپوزیت های $Au@Ni/rGO$ فعالیت فتوکاتالیزوری عالی برای تخریب فینول، ۲-کلرو فینول و ۲-نیترو فینول زیر تابش نور طبیعی نشان دادند که نرخ تخریب آن ها بیش از ۸۷٪ بود. برای اندازه گیری فعالیت کاتالیزوری، این نانوکامپوزیت پس از شش چرخه استفاده به دلیل خواص مقناطیسی منحصر به فرد خود، پایداری چرخه ای را حفظ کرد. نانوکاتالیزورهای اکساید نیکل دوپ شده با مس نرخ برطرف کردن فینول دور و بر ۸۵٫۷٪ را از پساب های صنعتی پوستی در مدت ۱۵۰ دقیقه نشان دادند (Ethiraj, Uttam, Varunkumar, Chong, & Ali, 2020). این به این دلیل است که از یک طرف، دوپ کردن مس می تواند خلاء اکسیژن ایجاد کند که می تواند به عنوان محل سطح NiO برای تجزیه آب استفاده شود. همچنین می تواند به طور کارآیی جداسازی الکترون-خالیه را بهبود بخشد. از سوی دیگر، الکترون های گرفتار شده در محل Cu^{2+} می توانند رادیکال های آنیون سوپر اکساید ($O_2^{\cdot-}$) را از راه فرآیند اکسیدیشن با O_2 جذب شده تولید کنند و خالیگاه ها می توانند با H_2O موجود تعامل داده و رادیکال هایدروکسیل ($\cdot OH$) تولید کنند. اثر هم افزائی رادیکال هایدروکسیل و رادیکال سوپر اکساید منجر به تخریب فینول می شود. علاوه بر این، ساختارهای ناهمگن $p-n$ از $CuO-TiO_2$ با ترکیبات قابل تنظیم از راه ترکیب ساده

تهیه شده و عملکردهای تخریب فتوکاتالیزوری خوبی را در هر دو مورد متیلن آبی و ۴-نیترو فینول زیر تابش نور دیدپذیر نشان داده‌اند که ناشی از معماری ذره-الیاف، ساختار نوار خیره‌کننده و جداسازی کارای چارج است (Çinar et al., 2020). نانوذرات Fe_3O_4 مهندسی شده با نارسایی با خواص مغناطیسی فعالیت فتوکاتالیزوری بالایی برای ترکیبات فینولی، عمدتاً نقاط جذب با ترکیبات فینولی که توسط مهندسی نارسایی بر روی Fe_3O_4 فراهم شده‌اند، نشان داده‌اند (شکل ۴ الف) (Bui, Im, Kim, Kim, & Lee, 2020). بین و همکاران نشان دادند که کمپلکس ZIF مبتنی بر کبالت که با TiO_2 معیوب هماهنگ شده، بالاترین فعالیت را برای کارایی تخریب فتوکاتالیزوری دای فینول‌ها نشان می‌دهد که ناشی از پتانسیل رد اکسی‌ژنی مناسب‌تر و بهبود جداسازی حامل‌های چارج است (Tang et al., 2020).



شکل (۴-الف): شیماتیک مکانیسم انتقال چارج لیگاند به فلز توسط ترکیبات فینولی کلردار در سیستم نانوذرات Fe_3O_4 (Bui et al., 2020); شکل (۴-ب) نمودار شیماتیک رابطه ساختار-عملکرد ناشی از چگالی الکترون بین مالیکول‌های فینولی و NC-MIL-125-NH₂ در جذب-فوتوکاتالیزی (Shen et al., 2020).

علاوه بر این، Ph-F به‌عنوان یکی از مناسب‌ترین سیستم‌های پیش‌درمان/فرآیند (Pretreatment-process) به‌خوبی مورد استفاده قرار گرفته است. به‌عنوان مثال، الساندر و همکاران (Gonçalves et al., 2020) ذرات مغناطیسی پوشش داده شده با مقادیر متفاوتی از اسید هیومیک تهیه کردند. مورفولوژی آهن در سطح نقش مهمی در فرآیند فعال‌سازی پراکساید هایدروجن ایفا می‌کند که فرآیندهای Fenton و همانند آن را ترویج می‌دهد که با به‌کارگیری از ۴-کلرو فینول به‌عنوان زیرلایه استاندارد مورد بررسی قرار گرفته است.

اینک، تعداد زیادی از بررسی‌ها بر بهبود کارایی فتوکاتالیزوری از راه تهیه و دستکاری مواد کاتالیزوری تمرکز کرده‌اند. با این حال، ساختار مالیکولی ترکیبات فینولی نیز بر فعالیت فتوکاتالیزوری اثرگذاری خواهد داشت. با بررسی اثرگذاری موقعیت و تعداد جانشین‌های فینولی بر فعالیت تعامل تخریب فتوکاتالیزوری، روشن شد که گروه‌های ضعیف گیرنده مانند (Cl) بیشترین اثرگذاری را دارند، در حالی که جانشین‌هایی با قابلیت گیرندگی یا اهداکنندگی بالا باعث کاهش سرعت تعامل می‌شوند. همچنین اثرگذاری مسدودکنندگی

قابل توجه ۱۰۴-بنزوکیونون تأیید کرد که رادیکال‌های O_2^- گونه‌های فعال اصلی در تجزیه فتولیتیک ترکیبات فینولی هستند. شی و همکاران (Xiao et al., 2016) برای اولین بار مسیرهای تعامل نوکلئوفیلی و الکتروفیلی وابسته به O_2^- را در تعامل‌های فوتوکاتالیستی مطرح کردند. لازم به ذکر است که در طی تخریب p-کلرو فینول، ویژگی‌های الکتروفیلی و نوکلئوفیلی O_2^- به‌طور همزمان رخ می‌دهد که منجر به بالاترین نرخ تخریب می‌شود. پیشنهاد شده است که فعالیت فوتوکاتالیستی نانوقفسه‌ای MIL-125-NH₂ با جذب آلاینده‌های جذب‌کننده الکترون افزایش می‌یابد و با جذب آلاینده‌های اهداکننده الکترون کاهش می‌یابد. این نتایج، مبنای پژوهش‌های پسندیده برای تخریب فوتوکاتالیستی فینول‌ها توسط مواد MOF فراهم می‌کند (شکل ۴ - ب (Shen et al., 2020)).

نتایج

این مرور به بحث در مورد فتوکاتالیست‌ها پرداخت که به عنوان یک فناوری نویدبخش برای تصفیه آب‌های زائد به دلیل اثربخشی آن در تخریب آلاینده‌های عضوی و ضد عفونی کردن آب ظاهر شده است. تحولات پسین در کاربردهای فتوکاتالیستی برای تصفیه آب‌های زائد شامل موارد زیر است:

فتوکاتالیست‌ها: فتوکاتالیست‌های سنتی مانند دی‌اکساید تیتانیوم (TiO_2) عمدتاً زیر نور فرابنفش (UV) فعال هستند که تنها بخش کوچکی از تابش خورشیدی را شامل می‌شود. تلاش‌های پسین بر گسترش فتوکاتالیست‌های پاسخگو به نور دیدپذیر، مانند سولفیدهای فلزی، نیتراید کاربن و مواد مبتنی بر پروسکایت متمرکز شده است. این مواد می‌توانند از دامنه گسترده تری از طیف خورشیدی استفاده کنند، که این امر آنها را از نظر انرژی و هزینه کارآمدتر می‌سازد (Roy et al., 2015).

مواد فتوکاتالیستی پیشرفته: محققان مواد فتوکاتالیستی جدیدی با خواص بهبود یافته گسترش داده‌اند. به عنوان مثال، به‌کارگیری از چارچوب‌های عضوی-فلزی (Metal-Organic Frameworks MOFs)، مواد مبتنی بر گرافن و کامپوزیت‌های ترکیبی، فعالیت، ثبات و گزینندگی فتوکاتالیستی را بهبود بخشیده است (Mishra et al., 2022).

راکتورهای غشایی فتوکاتالیستی: آمیختگی فتوکاتالیست‌ها با روبند یا پوسته در سال‌های پسین توجهات را به خود جلب کرده است. راکتورهای روبند دار فتوکاتالیستی (Photocatalytic Membran Reactors PMRs) این برتری را دارند که ویران‌سازی همزمان آلاینده‌ها و جداسازی را امکان‌پذیر می‌سازند. آنها خواص کاتالیزوری فتوکاتالیست‌ها را با قابلیت‌های فیلتراسیون روبندها ترکیب می‌کنند و امکان برطرف نمودن اثرگذار آلاینده‌ها و پتانسیل به‌کارگیری دوباره از آب پالایش شده را فراهم می‌آورند.

تخریب فتوکاتالیستی آلودگی‌های نوظهور: آلودگی‌های نوظهور مانند داروها، فرآورده‌های بهداشتی شخصی و ترکیبات آشفته‌گی غدد درون‌ریز چالش‌های قابل توجهی برای روش‌های سنتی تصفیه آب‌های زائد به وجود می‌آورند. فتوکاتالیست‌ها در تخریب این آلاینده‌های عضوی پایدار نویدبخش بوده‌اند.

پژوهشگران در حال بررسی مکانیزم‌ها و بهینه‌سازی سیستم‌های فتوکاتالیستی برای کنارزدن کارآی آلودگی‌های نوظهور هستند.

ضد عفونی فتوکاتالیستی: مواد فتوکاتالیستی همچنین می‌توانند برای گندزدایی آب به روش غیرفعال کردن میکروارگانیسم‌های مضر مورد استفاده قرار گیرند. مطالعات پسین به بررسی بهکارگیری از فتوکاتالیست‌ها برای کشتن باکتری‌ها، ویروس‌ها و سایر عوامل بیماری‌زا پرداخته‌اند. این کاربرد به ویژه برای درمان بیماری‌های آبی و پیشگیری از گندیدگی‌های ناشی از آب دارای ارج گذاری است.

مقیاس پذیری سیستم‌های فتوکاتالیستی: در حالی که فتوکاتالیست‌ها در مقیاس آزمایشگاهی پتانسیل بالایی نشان داده‌اند، مقیاس‌پذیری این فناوری برای کاربردهای عملی همچنان چالش برانگیز است. دگرگونی‌های پسین بر برنامه ریزی راکتور، بهینه‌سازی بارگذاری کاتالیزور و گسترش سیستم‌های جریان پیوسته متمرکز شده‌اند تا کارایی و مقیاس‌پذیری گندزدایی آب‌های زائد فتوکاتالیستی را بهبود بخشند.

آمیختگی با سایر فناوری‌های تصفیه: برای رویارویی با پیچیدگی و گونه‌گونی آلاینده‌ها در آب‌های زائد، پژوهشگران به بررسی آمیختگی فتوکاتالیست‌ها با دیگر فناوری‌های تصفیه پرداخته‌اند.

سیستم‌های ترکیبی که فتوکاتالیست‌ها را با جذب، اوزون‌زنی، پالودن الکتروکیمیای و پالایش بیولوژیکی ترکیب می‌کنند، مورد بررسی قرار گرفته‌اند تا به اثرات هم‌افزایی دست یابند و کارایی کلی پالایش را بهبود بخشند (Dey et al., 2017).

این دگرگونی‌های پسین در کاربردهای فتوکاتالیستی برای پالایش آب‌های زائد نویدبخش حل چالش‌های آلودگی آب و پیشرفت شیوه‌های مدیریت پایدار آب هستند. انتظار می‌رود که بررسی‌ها و پیشرفت‌های فناوری در آینده، کارایی، پایداری و صرفه‌جویی اقتصادی سیستم‌های فتوکاتالیستی را برای پیاده‌سازی در مقیاس بزرگ بهبود بخشد. با وجود پیشرفت‌های قابل توجه در گسترش فتوکاتالیست‌ها در سال‌های پسین، کارایی برطرف کردن آلاینده‌ها و قابلیت بازیافت فتوکاتالیست‌ها همچنان پایین است.

این متن نمی‌تواند برای مقاصد تجاری به کار رود. هر مرحله از مکانیسم فتوکاتالیستی، از جمله پدیدآوری چارجهای فتوژنتیک، جداسازی، جابجایی، کشش و تعامل‌های سطحی نیمه‌رسانا، اثرگذاری قابل توجهی بر کارایی فتوکاتالیستی دارد. علاوه بر این، اجرای کاتالیزور، غلظت ویران سازی، pH، دما، ماهیت چارچدار آلاینده، راکتور و سرچشمه‌ی نوری همه به طور خوشایند برای دستیابی به کارایی مورد نظر عمل می‌کنند. ضروری است که همه‌ی عوامل ذکر شده در برنامه ریزی و گسترش فتوکاتالیست‌های نیمه‌رسانا برای تصفیه فتوکاتالیستی آلاینده‌ها در آب‌های زائد مد نظر قرار گیرند.

علاوه بر این، انجام یک پژوهش فراگیر بر روی محصولات جانبی بدست آمده از فرآیندهای ویران ساز برای درک مکانیسم تعامل، شناخت نشانه‌های کار گذار گوناگون و اجرای سودبخش فرآیند تعامل در شرایط بهینه ناگزیر است.

منابع

- Ahmed, S., Rasul, M., Martens, W. N., Brown, R., & Hashib, M. (2010). Heterogeneous photocatalytic degradation of phenols in wastewater: a review on current status and developments. *Desalination*, 261(1-2), 3-18 .
- Ali, I., Asim, M., & Khan, T. A. (2012). Low cost adsorbents for the removal of organic pollutants from wastewater. *Journal of environmental management*, 113, 170-183 .
- Ali, N. S., Kalash, K. R., Ahmed, A. N., & Albayati, T. M. (2022). Performance of a solar photocatalysis reactor as pretreatment for wastewater via UV, UV/TiO₂, and UV/H₂O₂ to control membrane fouling. *Scientific Reports*, 12(1), 16782 .
- Arar, Ö., Yüksel, Ü., Kabay, N., & Yüksel, M. (2014). Various applications of electrodeionization (EDI) method for water treatment—A short review .*Desalination*, 342, 16-22 .
- Atabaev, T. S., & Molkenova, A. (2019). Upconversion optical nanomaterials applied for photocatalysis and photovoltaics: recent advances and perspectives. *Frontiers of Materials Science*, 13(4), 335-341 .
- Bharatvaj, J., Preethi, V., & Kanmani, S. (2018). Hydrogen production from sulphide wastewater using Ce³⁺-TiO₂ photocatalysis. *international journal of hydrogen energy*, 43(8), 3935-3945 .
- Bui, H. T., Im, S. M., Kim, K.-j., Kim, W., & Lee, H. (2020). Photocatalytic degradation of phenolic compounds of defect engineered Fe₃O₄: An alternative approach to solar activation via ligand-to-metal charge transfer. *Applied Surface Science*, 509, 144853 .
- Çinar, B., Kerimoğlu, I., Tönbül, B., Demirbüken, A., Dursun, S., Kaya, I. C . . . ,Akyildiz, H. (2020). Hydrothermal/electrospinning synthesis of CuO plate-like particles/TiO₂ fibers heterostructures for high-efficiency photocatalytic degradation of organic dyes and phenolic pollutants. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 109 . ۱۰۴۹۱۹ ,
- Darabdhara, G., & Das, M. R. (2019). Dual responsive magnetic Au@ Ni nanostructures loaded reduced graphene oxide sheets for colorimetric detection and photocatalytic degradation of toxic phenolic compounds. *Journal of hazardous materials*, 368 . ۳۷۷-۳۶۵ ,
- Datta, P., & Roy, S. (2023). Recent Development of Photocatalytic Application Towards Wastewater Treatment. *Catalysis Research*, 3(3), 1-23 .
- Deebansok, S., Amornsakchai, T., Sae-Ear, P., Siriphannon, P., & Smith, S. M. (2021). Sphere-like and flake-like ZnO immobilized on pineapple leaf fibers as easy-to-recover photocatalyst for the degradation of congo red. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(2), 104746 .
- Dey, A., Karan, P., Sengupta, A., Moyez, S. A., Sarkar, P., Majumder, S. B . . . ,Roy, S. (2017). Enhanced charge carrier generation by dielectric nanomaterials for quantum dots solar cells based on CdS-TiO₂ photoanode. *Solar Energy*, 158, 83-88 .
- Ethiraj, A. S., Uttam, P., Varunkumar, K., Chong, K. F., & Ali, G. A. (2020). Photocatalytic performance of a novel semiconductor nanocatalyst: Copper doped nickel oxide for phenol degradation. *Materials Chemistry and Physics*, 242, 122520 .
- Frank, S. N., & Bard, A. J. (1977). Heterogeneous photocatalytic oxidation of cyanide and sulfite in aqueous solutions at semiconductor powders. *The journal of physical chemistry*, 81(15), 1484-1488 .

- Fujishima, A., & Honda, K. (1972). Electrochemical photolysis of water at a semiconductor electrode. *nature*, 238(5358), 37-38 .
- Ghasemi, Z., Younesi, H & ,Zinatizadeh, A. A. (2016). Preparation, characterization and photocatalytic application of TiO2/Fe-ZSM-5 nanocomposite for the treatment of petroleum refinery wastewater: Optimization of process parameters by response surface methodology. *Chemosphere* .۵۶۴-۵۵۲ ,۱۵۹ ,
- Gonçalves, N. P., Minella, M., Fabbri, D., Calza, P., Malitesta, C., Mazzotta, E., & Prevot, A. B. (2020). Humic acid coated magnetic particles as highly efficient heterogeneous photo-Fenton materials for wastewater treatments. *Chemical Engineering Journal*, 390, 124619 .
- Hu, W., Lin, L., Zhang, R., Yang, C., & Yang, J. (2017). Highly efficient photocatalytic water splitting over edge-modified phosphorene nanoribbons. *Journal of the American Chemical Society*, 139(43), 15429-15436 .
- Ibrahim ,M. L., Khalil, N. N. A. N. A., Islam, A., Rashid, U., Ibrahim, S. F., Mashuri, S. I. S., & Taufiq-Yap, Y. H. (2020). Preparation of Na2O supported CNTs nanocatalyst for efficient biodiesel production from waste-oil. *Energy Conversion and Management*, 205 .۱۱۲۴۴۵ ,
- Li, F., & Lin, M. (2020). Synthesis of biochar-supported K-doped g-C3N4 photocatalyst for enhancing the polycyclic aromatic hydrocarbon degradation activity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(6), 2065 .
- Li, H .,Cheng, B., Zhang, J., Zhou, X., Shi, C., Zeng, L., & Wang, C. (2023). Recent advances in the application of bismuth-based catalysts for degrading environmental emerging organic contaminants through photocatalysis: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 11(5), 110371 .
- Li, Z., Meng, X., & Zhang, Z. (2019). Equilibrium and kinetic modelling of adsorption of Rhodamine B on MoS2. *Materials Research Bulletin*, 111, 238-244 .
- Lu, W., Duan, C., Liu, C., Zhang, Y., Meng, X., Dai, L., . . . Ni ,Y. (2020). A self-cleaning and photocatalytic cellulose-fiber-supported “Ag@ AgCl@ MOF-cloth” membrane for complex wastewater remediation. *Carbohydrate polymers*, 247, 116691 .
- Mahlambi, M. M., Ngila, C. J., & Mamba, B. B. (2015). Recent developments in environmental photocatalytic degradation of organic pollutants: the case of titanium dioxide nanoparticles— a review. *Journal of Nanomaterials*, 2015(1), 790173 .
- Maszenan, A., Liu, Y., & Ng, W. J. (2011). Bioremediation of wastewaters with recalcitrant organic compounds and metals by aerobic granules. *Biotechnology Advances*, 29(1), 111-123 .
- Mera, A. C., Martínez-de la Cruz, A., Pérez-Tijerina, E., Meléndrez, M., & Valdés, H. (2018). Nanostructured BiOI for air pollution control: Microwave-assisted synthesis, characterization and photocatalytic activity toward NO transformation under visible light irradiation. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 88, 20-27 .
- Mishra, R., Bera, S., Chatterjee, R., Banerjee, S., Bhattacharya, S., Biswas, A., . . . Roy, S. (2022). A review on Z/S–scheme heterojunction for photocatalytic applications based on metal halide perovskite materials. *Applied Surface Science Advances*, 9, 100241 .
- Mousset, E., & Doudrick, K. (2020). A review of electrochemical reduction processes to treat oxidized contaminants in water. *Current Opinion in Electrochemistry*, 22, 221-227 .
- Nguyen, L. T., Vo, D.-V. N., Nguyen, L. T., Duong, A. T., Nguyen, H. Q., Chu, N. M., . . . Van Tran, T. (2022). Synthesis, characterization, and application of ZnFe2O4@ ZnO

- nanoparticles for photocatalytic degradation of Rhodamine B under visible-light illumination. *Environmental Technology & Innovation*, 25, 102130 .
- Ohtani, B. (2010). Photocatalysis A to Z—What we know and what we do not know in a scientific sense. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, 11(4), 157-178 .
- Pouran, S. R., Bayrami, A., Aziz, A. A., Daud, W. M. A. W., & Shafeeyan, M. S. (2016). Ultrasound and UV assisted Fenton treatment of recalcitrant wastewaters using transition metal-substituted-magnetite nanoparticles. *Journal of Molecular Liquids*, 222, 1076-1084 .
- Pruden, A. L., & Ollis, D. F. (1983). Photoassisted heterogeneous catalysis: the degradation of trichloroethylene in water. *Journal of catalysis*, 82 . ٤٠٤-٤١٧, (٢)
- Ren, G., Han, H., Wang, Y., Liu, S., Zhao, J., Meng, X., & Li, Z. (2021). Recent advances of photocatalytic application in water treatment: A review. *Nanomaterials*, 11(7), 1804 .
- Robinson, T., McMullan, G., Marchant, R., & Nigam, P. (2001). Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. *Bioresource technology*, 77(3), 247-255 .
- Roy, S., Han, G. S., Shin, H., Lee, J. W., Mun, J., Shin, H., & Jung, H. S. (2015). Low temperature synthesis of rutile TiO₂ nanocrystals and their photovoltaic and photocatalytic properties. *Journal of nanoscience and nanotechnology*, 15(6), 4516-4521 .
- Sanakousar, M., CC, V., Jiménez-Pérez, V. M., Jayanna, B., Shridhar, A., & Prakash, K. (2021). Efficient photocatalytic degradation of crystal violet dye and electrochemical performance of modified MWCNTs/Cd-ZnO nanoparticles with quantum chemical calculations. *Journal of hazardous materials advances*, 2, 100004 .
- Senthil, R. A., Sun, M., Pan, J., Osman, S., Khan, A., & Sun, Y. (2019). Facile fabrication of a new BiFeWO₆/α-AgVO₃ composite with efficient visible-light photocatalytic activity for dye-degradation. *Optical Materials*, 92, 284-293 .
- Shaban, M., Abdallah, S., & Khalek, A. A. (2016). Characterization and photocatalytic properties of cotton fibers modified with ZnO nanoparticles using sol–gel spin coating technique. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(3), 277-283 .
- Shen, Y., Zhu, C., Chen, B., Chen, J., Fang, Q., Wang, J., . . . Song, S. (2020). Novel photocatalytic performance of nanocage-like MIL-125-NH₂ induced by adsorption of phenolic pollutants. *Environmental Science: Nano*, 7(5), 1525-1538 .
- Sinar Mashuri, S. I., Ibrahim, M. L., Kasim, M. F., Mastuli, M. S., Rashid, U., Abdullah, A. H., . . . Mansir, N. (2020). Photocatalysis for organic wastewater treatment: From the basis to current challenges for society. *Catalysts*, 10(11), 1260 .
- Tang, Y., Li, X., Zhang, H., Ouyang, T., Jiang, Y., Mu, M., & Yin, X. (٢٠٢٠). Cobalt-based ZIF coordinated hybrids with defective TiO₂-x for boosting visible light-driven photo-Fenton-like degradation of bisphenol A. *Chemosphere*, 259, 127431 .
- Truong, N. T., Thi, H. P. N., Ninh, H. D., Phung, X. T., Van Tran, C., Nguyen, T. T . . . , Rene, E. R. (2020). Facile fabrication of graphene@ Fe-Ti binary oxide nanocomposite from ilmenite ore: An effective photocatalyst for dye degradation under visible light irradiation. *Journal of Water Process Engineering*, 37, 101474 .
- Wu, B., Lu, S., Xu, W., Cui, S., Li, J., & Han, P. (2017). Study on corrosion resistance and photocatalysis of cobalt superhydrophobic coating on aluminum substrate. *Surface and Coatings Technology*, 330, 42-52 .

- Wu, S., Sun, W., Sun, J., Hood, Z. D., Yang, S.-Z., Sun, L . . . ,Chisholm, M. F. (2018). Surface reorganization leads to enhanced photocatalytic activity in defective BiOCl. *Chemistry of Materials*, 30(15), 5128-5136 .
- Xiao, J., Xie, Y., Han, Q., Cao, H., Wang, Y., Nawaz, F., & Duan, F. (2016). Superoxide radical-mediated photocatalytic oxidation of phenolic compounds over Ag⁺/TiO₂: Influence of electron donating and withdrawing substituents. *Journal of hazardous materials*, 304, 126-133 .
- Yagub, M. T., Sen, T. K., Afroze, S., & Ang, H. M. (2014). Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: a review. *Advances in colloid and interface science*, 209, 172-184 .
- Yang, X., Yu, J., Zhang, Y., Peng, Y., Li, Z., Feng, C., . . . Wang, Y. (2020). Visible-near-infrared-responsive g-C₃N₄Hx⁺ reduced decatungstate with excellent performance for photocatalytic removal of petroleum hydrocarbon. *Journal of hazardous materials*, 381, 120994 .
- Zazouli, M. A., & Kalankesh, L. R. (2017). Removal of precursors and disinfection by-products (DBPs) by membrane filtration from water; a review. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 15, 1-10 .
- Zularisam, A., Ismail, A., & Salim, R. (2006). Behaviours of natural organic matter in membrane filtration for surface water treatment—a review. *Desalination*, 194(1-3), 2 . ۲۳۱-۱۱

مروری به کاربرد الگوریتم‌های رمزنگاری کلید متناظر و نامتناظر از لحاظ مزایا و معایب آن‌ها

۱- پوهنوال منیزه سرهنگ^۱ ۲- پوهنوال زرغونه سپیڅلي^۱

۱- دپارتمنت ریاضیات عمومی، پوهنځی ریاضیات عمومی، پوهنتون کابل، افغانستان

چکیده

با پیشرفت‌های عمده در زمینه فناوری الکترونیک و کمپیوتر، در علم رمزنگاری و رمزگشایی نیز پیشرفت‌های چشم‌گیری صورت گرفته است. از چالش‌های اصلی یعنی: امنیت معلومات برای اتصال امن و انتقال الکترونیکی سریع از طریق ویب، معلومات باید رمزگذاری شوند. رمزگذاری فرآیند تبدیل متن ساده به متن رمز شده است که توسط افراد نامطلوب به راحتی قابل درک یا تغییر نباشد. هم‌چنین می‌توان آن را به عنوان علمی تعریف کرد که بیشتر از ریاضیات در آن استفاده می‌گردد. در این مقاله مروری به کاربرد الگوریتم‌های رمزنگاری کلید متناظر و نامتناظر از لحاظ مزایا و معایب آن‌ها، موارد استفاده برای رمزگذاری و رمزگشایی معلومات در همه زمینه‌ها، برای انجام بررسی و مطالعه تطبیقی برای اکثر الگوریتم‌های مهم از نظر امنیت معلومات اثربخشی، اندازه کلید، پیچیدگی زمان و غیره بحث گردیده و در نتیجه گیری به مقایسه مزایا و معایب این دو الگوریتم ختم می‌گردد.

کلمات کلیدی: رمزنگاری، رمزگشایی، امنیت اطلاعات، الگوریتم متناظر، الگوریتم نامتناظر.

* Email: Manizha.sarhang@gmail.com

An overview of the use of Symmetric Algorithm and ASymmetric Algorithm keys in terms of their advantages and disadvantages

1- Associate Professor Manizha Sarhang^{*1}, 2- Associate Professor Zarghoona Spasely¹
1-General Mathematics Department, Mathematics Faculty, Kabul University, Afghanistan

Abstract

With the considerable improvements in technology, electronics, and computers, tremendous advances in cryptography have been also made. One of the major issues is data security; in order to have secure and quick electronic transmission links via the web, data must be encrypted. Encryption is the technique of transforming plain text into cipher text that undesirable person cannot easily understand or manipulate. Scientifically defined we can say that mathematics is used in it. This thesis discusses the comparison of encryption methods, the usage of data encryption and decryption in all fields, and how to conduct a comparative study for most of the important algorithms in terms of data security, effectiveness, key size, complexity, and time, among other things. It concludes by contrasting the methods' benefits and drawbacks.

Keywords: Cryptography, Decoding, Information security, Symmetric Algorithm, Asymmetric Algorithm.

* Email: Manizha.sarhang@gmail.com

مقدمه

انسان ها در تمام دوره های تاریخ درگیر دو نیاز طبیعی خود بودند این نیاز ها شامل برقراری و تبادل اطلاعات و هم چنین انتخاب فردی برای این منظور بوده است. این که بخواهیم با شخص انتخابی خود به گونه ی تبادل اطلاعات کنیم تا شخص دیگری از این ارتباط اطلاعی نداشته باشد یا حد اقل از اطلاعات رد و بدل شده مطلع نباشد موجب به وجود آمدن هنر کود کردن اطلاعات به منظوری که افراد دیگری از آن مطلع نباشند، گردید. با پیشرفت علم در جوامع انسانی این هنر در امنیت اطلاعات به عنوان رمزنگاری های باستانی تبدیل شد. با تکامل تمدن بشری انسان ها در قبایل، گروه ها و کشور ها برای منظم شدن و ایجاد نگرش های مانند قدرت، نبرد، برتری و سیاست منجر شده تا این موارد موجب افزایش گرایش انسان ها به نیاز طبیعی ارتباط امن با گیرنده انتخابی، بیشتر گردد. پیدایش این نوع شیوه ها ارتباط در نوع خود موجب تکامل متداوم رمزنگاری گردید. ریشه های رمزنگاری در تمدن های مصر و روم دیده شده و اولین شواهد رمزنگاری در متون هیروگلیف یافت شده است.

حدود ۴۰۰ سال پیش مصری ها با نوشتن پیام های حیرت انگیز با یک دیگر ارتباط برقرار می کردند و در این متون کودهای رمز شده ی وجود داشت که این کود رمز، تنها توسط کاتبان مورد اعتماد پادشاهان برای انتقال پیام از طرف آن ها مورد استفاده قرار می گرفت.

کلمه رمزنگاری برگرفته شده از لغات یونانی به معنی محرمانه نوشتن متون است. از آن جا که بشر همیشه چیزهایی را برای مخفی کردن داشته، رمزنگاری برای مخفی کردن اطلاعات قدامتی برابر عمر بشر دارد. از پیام رساندن با دود تا رمز نگاری سزاری، رمزهای جای گشتی و روش های متنوع دیگر را می توان یاد کرد. رمز نگاری علم کودها و رمزها است. یک هنر قدیمی بوده که قرن ها به منظور محافظت از پیام هایی که بین فرماندهان، جاسوسان و دیگران رد و بدل شده استفاده گردیده است. هنگامی که با امنیت معلومات سرو کار داشته باشیم، نیاز به اثبات هویت فرستنده و گیرنده پیام نیز داریم و در ضمن باید از عدم تغییر محتوای پیام مطمئن باشیم. این سه موضوع یعنی، محرمانگی، تصدیق هویت و جامعیت در قلب امنیت ارتباطات معلوماتی مُدرن قرار دارند و می توانند در رمز نگاری از آن ها استفاده کرد. اغلباً این مسأله باید تضمین شود که یک پیام فقط می تواند توسط کسانی خوانده شود که، پیام برای آن ها ارسال شده و دیگران این اجازه را ندارند که از متن آن پیام باخبر شوند. روشی که تامین کننده این مسأله باشد (رمز نگاری) نام دارد، رمز نگاری هنر نوشتن به صورت رمز است به طوری که هیچ کس به غیر از دریافت کننده مورد نظر نتواند محتوای پیام را بخواند.

با رشد روزافزون اینترنت و راه های ارتباطات الکترونیکی، امنیت الکترونیکی و مخفی نگه داشتن اطلاعات، رمزنگاری اهمیت بیشتری پیدا کرده است، به منظور حفاظت از اطلاعات مهم، آن ها را در قالبی درآورد که به راحتی در دسترس همه افراد قرار نگیرد و تنها توسط افراد مشخصی و معین رمزگشایی شود. به این فرآیند تبدیل اطلاعات، رمزنگاری گفته می شود. رمزنگاری جهت محافظت از ایمیل ها، اطلاعات

کارت اعتباری، حساب های بانکی، معلوماتی شرکت هاو دیگر اطلاعات مهم و محرمانه استفاده می شود. برای رمزنگاری و رمزگشایی اطلاعات مهم و محرمانه از الگوریتم هایی استفاده می شود که به آن ها الگوریتم رمزنگاری گفته می شود. الگوریتم رمزنگاری، یک تابع ریاضیکی است که در فرآیند رمزگذاری و رمزگشایی از این الگوریتم ریاضی استفاده می شود به کمک این الگوریتم، معلومات و اطلاعات به شکلی رمزگذاری می شود که تنها برای افرادی مشخص و مجاز که رمز و الگوریتم رمزگشایی را می دانند قابل مشاهده باشد. در طی سالیان قدیم به این سو، این قبیل الگوریتم ها در حال تغییر بوده و از نظر امنیت پیشرفت های چشم گیری داشته اند (Albrecht, 2001).

اهمیت موضوع

از جمله ای اهمیت های رمز نگاری مهم ترین آن این است که: سیستم رمز کننده، تغییر قیافه اطلاعات محرمانه که برای یک شخص غیرمجاز نامفهوم باشد. افزایش امنیت با استفاده از رمزگشایی، اطلاعات حساس و مهم کاربران محافظت می شود واز دسترسی غیرمجاز به آن ها جلوگیری می گردد. حفظ حریم شخصی رمزگشایی به کاربران کمک می کند تا حریم شخصی خویش را حفظ کنند و از دسترسی غیرمجاز به اطلاعات شخصی خود جلوگیری کنند. استفاده از رمزگشایی در بخش های آنلاین، به کاربران اعتماد بیشتری به سرویس دهنده می دهد. ضمناً مقایسه روش ها و ارزش آن ها را در جهات مختلف ارایه می دارد (John, 2005).

اهداف

هدف از رمزنگاری برقراری سه اصل محرمانگی، هویت و جامعیت می باشد (Klaus, 2003). رمزنگاری برای دستیابی به اهداف بسیار زیاد استفاده می شود و برخی از اهداف در لست زیر بیان گردیده است:

- احراز هویت: شیوه ارایه هویت به شخص، برای شکستن منابع خاص با استفاده از کلیدها است.
- محرمانه بودن: هدف نهایی رمزگذاری است که تأیید می کند که فقط مالک کلید رمز پیام را دریافت می کند.

- یک پارچگی معلومات: عملیاتی است که دسترسی به تعدیل اصل معلومات متعلق به یک گروه خاص یا شخص می باشد.

- عدم انکار: تضمین می کند که هم فرستنده و هم گیرنده تحویل گزارش را تأیید می کنند.
- کنترل دسترسی: تأیید می کند که فقط گروهی که احراز هویت درست داشته باشند واجد شرایط ورود به پیام تحویل شده را دارند.

تعاریف اصطلاحات رمز نگاری

عناصر مهمی که در رمزنگاری مورد استفاده قرار می گیرند به شرح زیر است (Thomas, 2009):

- **Encryption** در علم رمزنگاری به پنهان سازی اطلاعات گفته می شود.
- **Decryption معکوس encryption** است و د crypto به آشکار سازی اطلاعات پنهان شده گفته می شود.
- **Plain text** به متنی گفته می شود که معنی آن بدون تغییر خاصی قابل درک است.
- **Cipher** به روشی برای تبدیل متن ساده به متنی که معنی آن پنهان باشد گفته می شود.
- **Cryptanalysis** به هنر شکستن متون cipher شده گفته می شود.
- **Intruder** در لغت به معنی مزاحم یا اخلاص گراست ولی در این جا به معنی کسی است که یک کاپی از cipher text را دارد و تمایل به شکستن رمز را نیز دارد. منظور از شکستن رمز یعنی decrypt کردن آن متن که خود دو نوع است active-intruder که می تواند اطلاعات را روی خط عوض کند و تغییر دهد و passive intruder که فقط می تواند اطلاعات روی خط را داشته باشد و قابلیت تغییر آن ها را ندارد.
- **Intrusion Points** نقاطی که یک نفوذگر بتواند به اطلاعات با ارزش دست پیدا کند.
- **Internal Access Point** به سیستم هایی گویند که در اتاق یا در شبکه داخلی مستقراند و هیچ امنیتی (Local Security) روی آن ها تنظیم نشده باشد و احتمال حمله به آن ها وجود دارد.
- **External Access Point** تجهیزاتی که ما را به شبکه خارجی مانند انترنت متصل می کنند یا Application هایی که از طریق انترنت کار می کنند و احتمال حمله به آن ها وجود دارد.
- **متن ساده:** اطلاعات اولیه که هنوز رمزنگاری نشده اند.
- **متن رمزی:** اطلاعاتی که رمزنگاری شده اند.
- **الگوریتم رمزنگاری:** الگوریتمی که متن ساده را به متن رمزی تبدیل می کند.
- **کلید رمز:** معلوماتی است که الگوریتم رمزنگاری متن ساده را به متن رمزی تبدیل می کند و برعکس آن.
- **رمزنگاری:** فرایند تبدیل متن ساده به متن رمزی است.
- **محرمانگی یا امنیت محتوا:** ارسال یا ذخیره اطلاعات به نحوی که تنها افراد مجاز بتوانند از محتوای آن مطلع شوند، که همان بخش اصلی و اولیه پنهان کردن مفهوم پیام است.

¹ Cryptography

² Content Confidentiality

- **سلامتی محتوا یا صحت محتوا** : به معنی ایجاد اطمینان از صحت اطلاعات و عدم تغییر محتوای اولیه آن در حین ارسال است. تغییر محتوای اولیه اطلاعات ممکن است به صورت اتفاقی (در اثر مشکلات مسیر ارسال) و یا به صورت عمدی باشد.
- **احراز هویت یا اصالت محتوا** : به معنی تشخیص و ایجاد اطمینان از هویت ارسال کننده اطلاعات و عدم امکان جعل هویت افراد می باشد.
- **عدم انکار یا انکارناپذیری** : به این معنی است که ارسال کننده اطلاعات نتواند در آینده ارسال آن را انکار یا مفاد آن را تکذیب نماید.
- **پنهان نگاری**: در علم رمزنگاری، به عمل پنهان سازی اسناد، پیام، عکس یا ویدیو داخل اسناد پنهان نگاری گفته می شود. برتری پنهان نگاری نسبت به رمزنگاری این است که پنهان نگاری بر خلاف رمزنگاری جلب توجه نمی کند. پیام های رمزنگاری شده که آشکار هستند جلب توجه کرده و هر قدر هم رمزگشایی ناپذیر باشند علاقه برمی انگیزند، بنابراین، در حالی که تمرکز رمزنگاری تنها روی محافظت از پیام است، پنهان نگاری روی پنهان کردن وجود پیام رمزنگاری شده و در عین حال پنهان نگاری شامل پنهان کردن اطلاعات درون اسنادهای کمپیوتری می باشد.
- **رمزگشایی**: در رمزنگاری به رمزگشایی، استخراج و آشکارسازی اطلاعات پنهان شده گفته می - شود.
- **متن آشکار**: متن اولیه که رمزنگاری نشده یا متن نهایی رمزگشایی شده را متن آشکار گفته می - شود.
- **سایفر**: یک الگوریتم برای قفل گذاری یا قفل شکنی به عنوان یک سلسله مراحل تعریف شده به کار می رود. سایفر برای این استفاده می شود که زمان کمتری صرف رمزنگاری می شود. شیوه رمزنگاری به روش سایفر به این صورت است که اطلاعات متن آشکار را به رمز یا کود تبدیل می کند.
- **رمزگشایی**: روش های رمزگشایی متون سایفر بدون آگاهی از کلید آن ها گفته می شود یا به عبارت دیگر فرایند تبدیل متن رمزی به متن ساده است.
- **حمله**: هر چیزی که میکانیزم امنیت سیستم را دور زده و باعث تخریب شود حمله گویند.

¹ Content Integrity

² Content Authentication

³ Non-Repudiation

⁴ Steganography

⁵ Attack

- **کلید:** به اطلاعاتی گفته می شود که با استفاده از آن بتوان cipher text (متنی که cipher شده) را به plain text تبدیل کرد. به عبارت ساده یک متن رمزگذاری شده توسط یک کلید با الگوریتم مناسب، به متن ساده تبدیل می شود.

روش های کود نویسی در رمزنگاری

دو روش اصلی کود نویسی در علم رمزنگاری عبارتند از (Brassard, 1998):

1. الگوریتم رمزنگاری متناظر
2. الگوریتم رمزنگاری نامتناظر

۱. الگوریتم های متناظر

رمزنگاری متناظر در سال ۱۹۹۱ توسط James Massey و xuejia Lai معرفی شد. این رمز روشی است که از یک کلید واحد برای رمزگذاری و رمزگشایی اطلاعات استفاده می گردد. از نظر سرعت عملیاتی، الگوریتم های آن بسیار سریع اند و برای اجرای انواع برنامه ها مناسب هستند. علاوه بر این در اموری که نیاز به امنیت و سرعت بالا دارند، مانند ارتباطات بانکی و انتقال اطلاعات در شبکه های کمپیوتری، به عنوان یکی از بهترین روش های رمزگذاری مورد استفاده قرار می گیرد (Diffie, 1992).

روش الگوریتم متناظر یک کلید امنیتی تولید می کند. یک کلید اختصاصی دارد که برای بقیه افراد غیر مجاز قابل استفاده نیست. کلید بین فرستنده و گیرنده همیشه یک سان است (Neal koblitz, 1998).

یا به عبارت دیگر: رمزنگاری الگوریتم کلید متناظر یک روش رمزگذاری است که از یک کلید واحد برای رمزگذاری و رمزگشایی معلومات استفاده می گردد. این قدیمی ترین و شناخته شده ترین تخنیک رمزگذاری است. کلید مخفی می تواند یک کلمه، یک شماره یا یک دسته ی از حروف یا اعداد باشد که توسط یک تولید کننده عدد تصادفی امن یا RNG تولید شده است. پیام طبق قوانین الگوریتم رمزگذاری در کلید تغییر می کند. اشخاصی که از طریق رمزگذاری متناظر در حال برقراری ارتباط هستند شکل (۱) باید کلید را مبادله کنند تا بتوانند اطلاعات را رمزگذاری و رمزگشایی کنند (Christopher, 2008).



۱- شکل: نمایش روش رمز متناظر (<https://www.hamyarit.com>)

¹ Random Number Generator

از نظر سرعت عملیاتی، الگوریتم‌های متناظر بسیار سریع اند و برای اجرای انواع برنامه‌ها مناسب هستند. علاوه بر این در اموری که نیاز به امنیت و سرعت بالا دارند، مانند ارتباطات بانکی و انتقال اطلاعات در شبکه‌های کمپیوتری، این به عنوان یکی از بهترین روش‌های رمزگذاری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲. الگوریتم‌های رمزنگاری نامتناظر

رمزنگاری نامتناظر در سال ۱۹۷۷ توسط رون ریوست (Ron Rivest)، آدی شامیر (Adi Shamir) و لئونارد آدلما (Leonard Adleman) اختراع شد. الگوریتم‌های رمزنگاری نامتناظر از دوکلید رمز عمومی و خصوصی برای کریپتوگرافی استفاده می‌گردد. این روش برای استفاده در ارتباطات امنیتی مناسب است، به خصوص در ارسال پیام‌های محرمانه از طریق اینترنت مثل ایمیل، امضای دیجیتال که از فناوری رمزنگاری برای تأیید هویت یک نهاد و اطمینان از صحت اطلاعات یا اسناد استفاده می‌کنند. امروزه حفاظت از ارزهای دیجیتال، بر پایه الگوریتم‌های رمزنگاری نامتناظر انجام می‌گیرد و می‌توان گفت که آن‌ها نسبت به روش‌های رمزنگاری متناظر پیشرفته‌تر است (حیدری، ۱۳۹۹). چراکه الگوریتم‌های رمزنگاری نامتناظر از دو کلید رمز عمومی و خصوصی برای کریپتوگرافی استفاده می‌گردد. بهتر است بدانید که کلیدهای عمومی و خصوصی براساس توابع و روابط ریاضیکی تعریف شده‌اند و بین این دو کلید همواره روابط منطقی وجود دارد که امنیت آن با دو کلید یا سویچ تامین می‌شود و ارتباط بین این دو کلید به این صورت تعریف شده است که اگر من با کلید شماره یک صندوق را قفل کنم، کلید شماره دو قادر به باز کردن در صندوق خواهد بود و برعکس آن نیز. به این ترتیب اگر، موتر را با کلید شماره یک قفل کنم، دیگر آن کلید درها را باز نخواهد کرد. روال کار کلیدها در الگوریتم‌های نامتناظر هم دقیقاً به همین ترتیب انجام می‌شود.

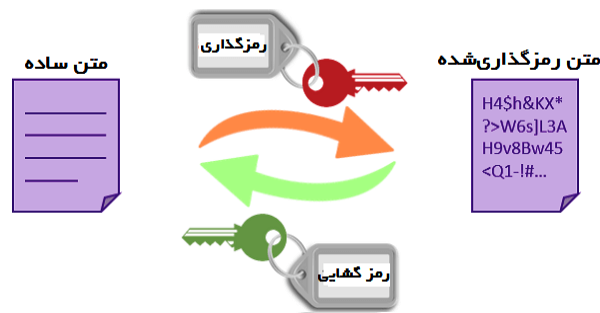
الگوریتم‌های مشهور RSA و ECC هم از همین خانواده هستند. دوکلید برای کود و رمز گشایی کردن معلومات استفاده می‌گردد. این کلیدها را عمومی و خصوصی می‌گویند کلید عمومی برای کود کردن پیام توسط فرستنده و کلید خصوصی برای رمزگشایی توسط گیرنده استفاده می‌شود شکل (۲). یا به عبارت دیگر: رمزنگاری نامتناظر یک نسخه پیشرفته‌تر در رمزنگاری، نسبت به رمزنگاری نامتناظر است (Whitfield, 1976). این روش به رمزنگاری کلید عمومی نیز شهرت دارد زیرا یکی از کاربرد آن، استفاده در زمانی است که یک کلید عمومی برای قفل مورد نظر تعریف می‌شود. این روش هم چنین یکی از روش‌های محبوب در فناوری بلاک زنجیری است و امنیت سیستم را افزایش می‌دهد.

¹ code

² decode

³ Public

⁴ Private



۲- شکل: ارایه الگوریتم های نامتناظر (https://wallex.ir)

مناقشه

تفاوت اصلی موجود در الگوریتم های رمزنگاری در تعداد کلیدهای رمز دخیل در آن نهفته است، به طوری که الگوریتم رمزنگاری متناظر از یک کلید استفاده می گردد و این در حالی است که ما در رمزنگاری نامتناظر با دو کلید (عمومی و خصوصی) مواجه هستیم، واما این مسأله طرح شده، عمومی نبوده و الگوریتم های رمزنگاری متناظر و نامتناظر از جهات متعددی با یک دیگر تفاوت دارند که عبارت است از:

۱. تفاوت در طول کلید

۲. تفاوت در مزایا و معایب

۳. تفاوت در کاربردها

که هر کدام آن را قرار ذیل شرح می دهیم:

۱. تفاوت در طول کلیدها

الگوریتم های رمزنگاری متناظر و نامتناظر از لحاظ طول کلیدها نیز با هم تفاوت دارند. طول این کلیدها براساس بیت اندازه گیری می شوند که این مسأله ارتباط کاملاً مستقیمی با سطح امنیت ارایه شده به وسیله این الگوریتم های رمزنگاری دارد. در رمزنگاری متناظر، عموماً کلیدها به صورت کاملاً تصادفی انتخاب شده و طول آنها نیز به تناسب امنیت مورد نیاز، غالباً بر روی ۱۲۸ یا ۲۵۶ بیت تنظیم می شود، این در حالی است که ما در رمزنگاری نامتناظر با یک رابطه ریاضیکی بین کلیدهای عمومی و خصوصی مواجه هستیم (Igor, 2003).

به عبارت دیگر، میان این دو نوع کلید یک الگوریتم ریاضیکی برقرار است. با توجه به این نکته، برای آن که این الگوریتم در معرض حملات و نفوذ هکرها قرار نگیرد، کلیدهای رمزنگاری نامتناظر را طولانی تر در نظر می گیرند، به همین علت ما در رمزنگاری نامتناظر با کلیدهای ۲۰۴۸ بیت مواجه هستیم.

۲. تفاوت در مزایا و معایب

هر کدام از دو نوع الگوریتم رمزنگاری متناظر و نامتناظر دارای مزایا و معایب خاص خویش هستند و همین مسأله نیز موجب تفاوت آنها شده است. اصولاً الگوریتم های رمزنگاری متناظر دارای سرعت بیشتری هستند و این مسأله را به این ویژگی خاص خود به محاسبات کمتری نیاز دارند، مدیون می باشند. ناگفته نماند با توجه به این نکته که در

رمزنگاری متناظر، ما از یک کلید واحد به منظور رمزگذاری و رمزگشایی بهره می‌بریم، در صورتی که این کلید در اختیار هر فردی قرار بگیرد به راحتی می‌تواند به اطلاعات ما دسترسی پیدا کند که طبیعتاً چنین امری خطرات و تهدیدات امنیتی بالقوه‌ی را به همراه خواهد داشت (Rivest, 1978).

از طرف دیگر، رمزنگاری نامتناظر با بهره‌گیری از کلید عمومی برای رمزگذاری و کلید خصوصی برای رمزگشایی این مشکل امنیتی را برطرف کرده است. هرچند که این الگوریتم رمزنگاری نیز به نوبه خود دارای نقاط ضعف قابل توجهی است و با توجه به طول بزرگ ترین کلیدهای مورد استفاده در این الگوریتم رمزنگاری، این روش رمزنگاری محاسبات زیادی نیاز دارد و همین مسأله موجب تاخیر آن می‌شود.

۳. تفاوت در کاربدها

با توجه به ویژگی‌های خاص هر کدام از الگوریتم‌های رمزنگاری متناظر و نامتناظر، کاربردهای متعددی را می‌توان برای هر یک از آن‌ها متصور بود. در رمزنگاری متناظر با توجه به سرعت این روش از آن در محافظت از اطلاعات در بسیاری از سیستم‌های کمپیوتری مدرن مورد استفاده قرار می‌گیرد. از مثال بارزی که می‌توان برای کاربرد رمزنگاری متناظر مورد اشاره قرار داد، استفاده از استاندارد رمزنگاری AES به وسیله دولت ایالات متحده آمریکا به منظور رمزنگاری اطلاعات مهم و محرمانه است. از طرف دیگر ماجرای که روش رمزنگاری نامتناظر قرار دارد، از آن غالباً در سیستم‌هایی کمک گرفته می‌شود که در این سیستم‌ها، تعداد قابل توجهی از کاربران بایستی پیام‌ها یا بخشی اطلاعات را رمزگذاری و رمزگشایی نمایند. یکی از نمونه‌های بارز چنین سیستم‌های، ایمیل رمزنگاری شده است که در آن می‌توان با استفاده از کلید عمومی برای رمزگذاری و از کلید خصوصی برای رمزگشایی استفاده کرد.

مزایای رمزنگاری متناظر

امروزه از رمزنگاری متناظر استفاده ی زیاد صورت می‌گیرد چرا که پیاده‌سازی آن آسان است و می‌تواند مقادیر زیادی از اطلاعات را به سرعت رمزگذاری و رمزگشایی کند. به‌طورمثال، در حال حاضر، AES یکی از امن‌ترین اشکال رمزنگاری متناظر اطلاعات می‌باشد.

برخی از مزایای رمزنگاری متناظر عبارتند از:

- **امنیت پایین:** الگوریتم‌های رمزنگاری متناظر مانند AES، میلیارد‌ها سال طول می‌کشد تا با استفاده از حملات بی رحمانه شکستنده شوند. در این روش کلید خصوصی و عمومی یکی هستند، بنابراین امنیت شبکه پایین‌تر از نوع نامتناظر است.
- **سرعت بالا:** رمزنگاری متناظر، به دلیل طول کلید کوتاه‌تر و سادگی نسبی آن در مقایسه با رمزنگاری نامتناظر، بسیار سریع‌تر اجرا می‌شود. این روش، ایجاد رمز با سرعت بیشتری نسبت به نوع نامتناظر انجام می‌شود.

¹ brute-force

• پذیرش در صنایع: الگوریتم‌های رمزنگاری متناظر مانند AES به دلیل مزایای امنیتی و سرعتی که دارند به استاندارد طلایی رمزگذاری اطلاعات تبدیل شده‌اند و به این ترتیب، از دهه‌ها پیش مورد پذیرش صنایع مختلف قرار گرفتند.

کاربرد رمزنگاری متناظر

به عنوان مثال برای رمزگذاری پایگاه داده، کلید مخفی فقط برای رمزگذاری یا رمزگشایی در دسترس پایگاه داده است. برخی از نمونه‌هایی که در آن از رمزنگاری متناظر استفاده می‌شود (Oded, 1999) عبارتند از:

- برنامه‌های پرداخت، مانند معاملات کارت که در آن باید از اطلاعات شخصی و مالی محافظت شود تا از سرقت هویت یا اتهامات کلاه برداری جلوگیری شود.
- استفاده برای تأیید اعتبار برای این که ثابت شود فرستنده پیام چه کسی است.
- RNG یا تولید کننده شماره به صورت رندم یا هشینگ.
- رمزگذاری متناظر از یک کلید استفاده می‌کند که باید بین افرادی که نیاز به دریافت پیام دارند به اشتراک گذاشته شود در حالی که رمزگذاری نامتناظر از یک جفت کلید عمومی و یک کلید خصوصی برای رمزگذاری و رمزگشایی پیام‌ها هنگام برقراری ارتباط استفاده می‌کند.
- مورد بعدی در رابطه با مقایسه الگوریتم‌های رمزنگاری متناظر و نامتناظر این است که رمزگذاری متناظر یک تکنیک قدیمی است در حالی که رمزگذاری نامتناظر نسبتاً جدید است.
- رمزگذاری نامتناظر برای تکمیل مشکل ذاتی نیاز به اشتراک گذاری کلید در مدل رمزگذاری متناظر معرفی شد و نیاز به اشتراک گذاری کلید را با استفاده از یک جفت کلید عمومی و خصوصی حذف کرد.
- رمزگذاری نامتناظر زمان نسبتاً بیشتری نسبت به رمزگذاری متناظر نیاز دارد.
- به طور عمومی می‌توان گفت یکی از مهم ترین موارد در بحث مقایسه الگوریتم‌های رمزنگاری متناظر و نامتناظر این است که رمزگذاری نامتناظر از رمزگذاری متناظر امن تر است.

معایب رمزنگاری متناظر

بزرگترین نقطه ضعف رمزنگاری متناظر، استفاده از یک کلید رمزنگاری مخفی برای رمزگذاری و رمزگشایی اطلاعات است. در واقع، اگر این کلید مخفی در یک مکان ناامن در کامپیوتر ذخیره شود، هکرها می‌توانند با استفاده از حملات مبتنی بر نرم افزار به آن دسترسی پیدا کرده و در نتیجه اطلاعات را رمزگشایی کنند. علاوه بر این، بعد از رمزگذاری اطلاعات توسط یک سازمان باید کلید برای رمزگشایی اطلاعات به سازمان دیگری منتقل شود و در صورت آسیب پذیری کانال انتقال، امکان شکستادن رمزگذاری متناظر وجود دارد (Rives, 1978). به همین دلیل است که در رمزنگاری متناظر، اطمینان از امنیت کلید رمزگذاری اهمیت بالایی دارد، در غیر این صورت، شما فقط از مهاجمان سایبری مستقل و یا تحت حمایت دولت درخواست

می‌کنید تا به اطلاعاتی مهم و حیاتی شما دسترسی داشته باشند. یکی دیگر از معایب مهم رمزگذاری متناظر، امنیت پایین‌تر آن نسبت به رمزنگاری نامتناظر می‌باشد چرا که رمزگذاری نامتناظر عموماً امن‌تر و اجرای آن نسبت به رمزنگاری متناظر کندتر است.

متأسفانه رمزگذاری متناظر با مشکلات خاص خود همراه است. یکی از مهم‌ترین نقطه ضعف‌های آن جنبه‌های مدیریت کلید در آن است که مشکلات زیر را در پی دارد (Whitfield Diffie, 1976).

- **فرسودگی کلید:** یکی از مشکلات بزرگ در رمزگذاری متناظر این است که در آن با هر بار استفاده از کلید، اطلاعات را فاش می‌کند که می‌تواند توسط مهاجمی برای بازسازی کلید استفاده شود. روش دفاعی در برابر این مشکل نیز استفاده از یک سلسله مراتب کلیدی برای اطمینان از عدم استفاده بیش از حد از کلیدهای رمزگذاری اصلی برای حجم بزرگی از رمزگذاری اطلاعات است.
- **تخصیص معلومات:** بر خلاف رمزگذاری‌های نامتناظر یا کلید عمومی، کلیدهای متناظر دارای فوق معلومات جاسازی شده برای ثبت اطلاعات مانند تاریخ انقضا یا لست کنترل دسترسی در استفاده از کلید ممکن نیستند.
- **مدیریت کلید در مقیاس بزرگ:** مدیریت چند کلید در یک طرح کوچک تا متوسط که چندصد نقش دارند می‌توان از طریق دست واز طریق فعالیت‌های انسانی انجام شود. اما در مقیاس‌های بزرگ، ردیابی انقضا و تنظیم چرخش کلیدها غیر عملی می‌شود.
- به عنوان مثال کارت‌های پرداخت بانکی را در نظر بگیرید که میلیون‌ها کارت چاپ شده وجود دارد که به چندین کلید در هر کارت، و به یک سیستم اختصاصی و سیستم مدیریت کلید جامع نیاز دارند.
- **پیچیدگی بالاتر:** این روش برای پیاده‌سازی امور پیچیده استفاده می‌شود، به خصوص در مواردی که از یک کلید خصوصی برای رمزگشایی پیام‌های متعدد استفاده می‌شود.
- **محدودیت در ارسال کلید:** برای استفاده از این نوع، کلید خصوصی باید به صورت محرمانه به گیرنده انتقال داده شود. این محدودیتی است که ممکن است در برخی از موارد استفاده از این روش جلوگیری گردد.

مزایای رمزنگاری نامتناظر

- **سادگی:** این نوع برای پیاده‌سازی امور ساده‌تر استفاده می‌شود.
- **قابل استفاده در شبکه‌های عمومی:** در این روش کلید عمومی به سادگی در دسترس است و نیازی به محرمانه بودن آن نیست.
- **امنیت بالا:** در این روش کلید عمومی و خصوصی متفاوت هستند. در واقع نوع نامتناظر برای افزایش امنیت از دو کلید استفاده می‌کند.

کاربرد رمزنگاری نامتناظر

توزیع کلید ضروری نیست: یکی از مشکلات اساسی رمزنگاری متناظر، ایمن کردن کانال‌های توزیع کلید برای مدت طولانی است. رمزنگاری نامتناظر توزیع کلید را به طور کامل حذف کرده و کلیدهای عمومی مورد نیاز از طریق سرورهای کلید عمومی مبادله می‌شوند. از طرف دیگر، افشای کلیدهای عمومی برای امنیت پیام‌های رمزگذاری شده مشکلی ایجاد نمی‌کند چون نمی‌توان از آن‌ها برای استخراج کلیدهای خصوصی استفاده کرد (Esevier, 2023).

مبادله کلیدهای خصوصی ضروری نیست: با رمزنگاری نامتناظر، کلیدهای خصوصی باید در جای امن ذخیره شوند تا برای اشخاصی که از آن‌ها استفاده می‌کنند، خصوصی باقی بمانند. اساساً، کلیدهای مورد نیاز برای رمزگشایی اطلاعات حساس هرگز و هرگز نباید از طریق یک کانال ارتباطی رد و بدل شوند و این یک مزیت اصلی برای امنیت و یک پارچگی پیام‌های رمزگذاری شده است.

امضای دیجیتال یا احراز هویت پیام: با رمزنگاری نامتناظر، فرستنده‌ها می‌توانند از کلیدهای خصوصی خود برای امضای دیجیتال استفاده کنند و تأیید کنند که یک پیام یا فایل از طریق آن‌ها به شخص ثالث غیرقابل اعتماد ارسال شده است.

معایب رمزنگاری نامتناظر

بزرگترین مشکل رمزنگاری نامتناظر کند بودن آن نسبت به رمزگذاری متناظر است و از طرف دیگر، محاسبات رمزنگاری نامتناظر بسیار پیچیده‌تر از رمزگذاری متناظر است. از آن جا که، در تیوری می‌توان از کلیدهای عمومی برای شکستن کلیدهای خصوصی استفاده کرد در رمزنگاری نامتناظر از طول کلیدهای فوق‌العاده طولانی استفاده می‌شود تا این کار را حداقل فعلاً غیرممکن سازند. بنابراین، به طور خلاصه می‌توان گفت که رمزنگاری متناظر سریع‌تر از رمزنگاری نامتناظر است یعنی در رمزنگاری نامتناظر سرعت فدای امنیت شده است. در حالی که رمزنگاری متناظر، امنیت را فدای سرعت می‌کند. با این حال، این موضوع بدان معنی نیست که رمزنگاری متناظر امن نیست بلکه در حال حاضر، امنیت این نوع رمزگذاری نیز توسط متخصصین این حوزه تأیید شده است.

الگوریتم نامتناظر مشکلات مرتبط با توزیع را از میان می‌برد، زیرا در این الگوریتم نیازی به تبادل کلید نیست، یک کلید خصوصی می‌ماند و یک کلید عمومی نیز در اختیار دستگاه یا کاربر قرار می‌گیرد. الگوریتم نامتناظر هم چنین امنیت شبکه یا پُروسه را تأمین می‌کند، زیرا در این روش، هیچ نیازی به انتشار کلید خصوصی وجود ندارد. هم چنین این الگوریتم امکان رد یا انکار پیام را نیز از بین می‌برد در ادامه با برخی از معایب دیگر این الگوریتم به طور خلاصه نیز آشنا می‌شویم (Gruyter, 2016).

- سرعت پُروسه در الگوریتم نامتناظر کندتر از پُروسه الگوریتم متناظر است، زیرا به عملیات بیشتر نیاز دارد.

- اگر فرد یا سیستم، کلید خصوصی را گم کند یا به هر طریقی از دست بدهد، دیگر امکان رمزگشایی برای پیام وجود ندارد.
- یک ویژگی الگوریتم نامتناظر، بی‌نیازی از تایید هویت دارندگان کلیدهای عمومی است. این مسأله از یک سو در بلاک زنجیری یک ویژگی مورد نیاز بوده و از سوی دیگر، در برخی موارد در جمله معایب این الگوریتم قابل دسته‌بندی است.
- محاسبات پیچیده به خاطر وجود دو کلید در این پروتوکول، شبکه از پیچیدگی بیشتری برخوردار است.
- سرعت کمتر به دلیل پیچیدگی بیشتر در رمزگذاری و رمزگشایی، رمزنگاری نامتناظر معمولاً با سرعت کمتری عمل می‌کند.

نتیجه گیری

با استفاده از کریپتوگرافی یا علم رمزنگاری بستری فراهم شده است که با استفاده از آن می‌توان با خیال آسوده اطلاعات، پیام و پول را جا به جا و انتقال داد. این تکنالوژی موفق شده است تا وابستگی مردم به نهاد های وابسته را کاهش دهد و به مرور زمان تبدیل به جایگزین مناسبی برای آن ها شود. درمقایسه ی روش های رمزنگاری متناظر و رمزنگاری نامتناظر بحث های زیادی شده است که کدام یک از این دو روش مناسب تر هستند اما جواب مشخصی ندارد !

نتایجی که از بررسی بالای این دو الگوریتم به دست آمده این است که:

- طول پیام هایی که با الگوریتم های کلید متناظر می‌تواند رمزنگاری شود از الگوریتم های کلید نامتناظر کمتر است.
- الگوریتم های کلید متناظر الگوریتم های بهینه تری هستند.
- وقتی بحث امنیت پیش می‌آید الگوریتم های کلید نامتناظر کارایی بیشتری دارند.
- الگوریتم های کلید متناظر دارای سرعت بالاتر و الگوریتم های کلید نامتناظر دارای امنیت بالاتری هستند.
- در پروتوکول هایی که در اینترنت استفاده می‌شود ، استفاده از الگوریتم های کلید نامتناظر مناسب تر است.

منابع:

- حیدری، محمد خان. (۱۳۹۹). نظریه تطابق. مطبعه پوهنتون کابل. ص ص ۱۲۹-۱۴۲.
- Albrecht Beutelspacher, Jörg Schwenk. (2001). Moderne Verfahren der Kryptographie. Vieweg, Braunschweig. Pp 43-52.
- Brassard. G. (1988). Modern Cryptology. Lecture Notes in Computer Science. Springer-Verlag, Berlin.pp 32-40.

- Thomas W. Cusick, Pantelimon Stănică. (2009). Cryptographic Boolean Functions and Applications. Academic Press. p12.
- Oded Goldreich. (1999). Modern Cryptography. Springer-Verlag, Berlin. pp 80-120.
- Neal Koblitz. (1998). Algebraic Aspects of Cryptography. Springer-Verlag, Berlin. pp 56-89.
- Klaus Schmeh. (2003). Cryptography and Public Key Infrastructure on the Internet. John Wiley, New York. pp132-197.
- Igor Shparlinski. (2003). Cryptographic Applications of Analytic Number Theory. Birkhäuser-Verlag, Basel. pp98-145.
- Christopher Swenson. (2008). Modern Cryptanalysis. Wiley Publishing, Indianapolis. pp67-90.
- John Talbot, Dominic Welsh. (2005). Complexity and Cryptography. Cambridge University Press. p87.
- Rivest, A. Shamir and L. Adleman. (1978). A Method obtaining Digital signatures and public key cryptosystems. Pp 2-5.
- Whitfield Diffie. (1976). New Directions in cryptography. Pp 32-36. (Johnson, J. (1976). New directions in cryptography. *IEEE transactions on Information Theory*, 22(6).)
- Journal of Mathematical Cryptology. Walter de Gruyter, Berlin/ New York. ISSN 1862-2976. Lily chen. (April 2016). Reports on computer systems Technology 8105. P 2.
- Diffie, W., Van Oorschot, P. C., & Wiener, M. J. (1992). Authentication and authenticated key exchanges. *Designs, Codes and cryptography*, 2(2), 107-125.

Role of Microbial Biotechnology in Soil Health and Agriculture Production

1- Senior Teaching Assistant Sayed Rahim Nikmal^{*1}, 2- Associate Professor Abdul Rahman Osmani²

1- Biology Department, Education Faculty, Wardak Institute of Higher Education, Afghanistan

2- Abdul Rahman Osmani, Zoology Department, Biology Faculty, Kabul University, Afghanistan

Abstract

Microbial biotechnology in agricultural soil is vital for soil health conservation and sustainable agriculture, contributing significantly to plant health, soil fertility, and biogeochemical cycling. Advances in microbial techniques have revealed the vast diversity and genetic potential of soil microorganisms, emphasizing their importance in maintaining soil functions and agricultural productivity. The application of bioengineered microorganisms, such as GMOs, shows promise in remediating soil pollutants and restoring soil health, although challenges exist in their introduction and potential impact on native microbial communities. The soil microbial ecology is vital for sustainable agriculture practices, influencing productivity and ecosystem health, highlighting the importance of managing microbial diversity for long-term land productivity and biodiversity conservation. Exploring microbial diversity in soil offers valuable insights into the intricate relationships between microorganisms, soil health, and ecosystem functions, paving the way for improved land management decisions and agricultural practices.

Keywords: Microbial, Biotechnology, Soil and Agriculture.

*Email: nikmal1993@graduate.utm.my

د کرنيزې خاورې په روغتيا او حاصلاتو باندې د مايکرو ارگانيزمونو د بيوتکنالوژۍ اغيزې

۱- پوهنيار سيد رحيم نيکمل^۱، ۲- پوهنوال عبدالرحمن عثمانی^۲،

۱- بيولوژي ديپارتمنت، ښوونې او روزنې پوهنځی، وردگ د لوړو زده کړو مؤسسه، افغانستان

۲- زولوژي ديپارتمنت، بيولوژي پوهنځی، کابل پوهنتون، افغانستان

لنډيز

په کرنيزه خاوره کې د مايکرو ارگانيزمونو بيوتکنالوژي د خاورې د روغتيا ساتنې او دوامدارې کرنې لپاره حياتي رول لوبوي، چې د نباتاتو په روغتيا، د خاورې په حاصلخېزۍ او د مايکرو ارگانيزمونو او خاورې ترمنځ د دوران په برخه کې د پام وړ مرسته کوي. د مايکروبي تخنيکونو پرمختگ، د خاورې او په خاوره کې د مايکرو ارگانيزمونو پراخه تنوع او همدارنګه د جنيتک پرمختگ دا څرګنده کړې چې د خاورې د فعاليتونو او کرهڼيزو توليداتو په ساتلو او اهميت باندې بايد ټينګار وشي. د بايو انجنير شوو مايکرو ارگانيزمونو کارول، لکه GMO، د خاورې د ککړتيا د مخنيوي او د خاورې روغتيا بيارغولو کې د پام وړ اغېزې لرلې شي، که څه هم د دې برخې سپړل ستونزمن دي، خو دا د مايکروبونو په اصلي ټولنو باندې احتمالي اغېزې لرلې شي. د خاورې د مايکروبونو ايکولوژي، د پايداره او دوامداره کرنيزو توليداتو او د مايکروبونو د تنوع ساتلو او مدیریت لپاره خورا ډېر ارزښت لري، ترڅو پرلپسې توليدی او روغتيايي ايکوسېستم رامنځته کړي. په خاوره کې د مايکروبونو تنوع څېړل د مايکرو ارگانيزمونو، د خاورې روغتيا او ايکوسېستم دندو ترمنځ د پيچلو اړيکو په اړه ارزښتناکه بصيرت وړاندې کوي، ترڅو د ځمکې د مدیریتي پرېکړو او کرنيز عملي کړنو ته لاره هواره شي.

کلیدي کلمې: مايکروارگانيزم، بيوتکنالوژي، خاوره او کرنه.

*Email: nikmal1993@graduate.utm.my

Introduction

Microorganisms in agricultural soil play a vital role in soil health conservation and sustainable agriculture, facing challenges from anthropogenic activities and climate change (Kumawat *et al.*, 2022). These microorganisms, including bacteria and fungi, contribute significantly to plant health, soil fertility, and biogeochemical cycling (Patel *et al.*, 2022). Advances in microbial techniques have revealed the vast diversity and genetic potential of soil microorganisms, highlighting their importance in maintaining soil functions and agricultural productivity (Rebello *et al.*, 2021). Moreover, the application of bioengineered microorganisms, such as genetically modified organisms (GMOs), shows promise in remediating soil pollutants and restoring soil health, although challenges exist in their introduction and potential impact on native microbial communities. The microbial communities' sensitivity to environmental changes and their role as bioindicators of soil properties is essential for assessing and managing soil health effectively (Wilhelm *et al.*, 2023). In the following table (Table: 1) we discussed some organisms and their action and mechanism (Singh, S.,2024).

Microbe	Mechanism	Action
Azospirillum	Fixation of nitrogen	Increase plants' availability of nitrogen.
Rhizobium	Fixation of nitrogen symbiotically	Enhances growth and produces nodules in legumes.
Pseudomonas	Siderophore production	Reduces infections and increases iron availability.
Trichoderma	Enzyme synthesis and mycoparasitism	Inhibits plant diseases and encourages growth.
Bacillus	Inducing Systemic Resistance (ISR)	Plant immune response is strengthened.
Mycorrhiza	Enhanced nutrient uptake	Increased absorption of nutrients enhances plant health and phosphorus absorption.
Cyanobacteria	Fixation of nitrogen with photosynthesis	enhances soil fertility and promotes plant development.
Burkholderia	Manufacturing of phytohormones and antibiotics	inhibits infections and encourages growth.
Klebsiella	Fixation of nitrogen and solubilization of phosphate	increases the availability of nutrients
Enterobacter	Production of Indole-3-Acetic Acid (IAA)	Plant development and root elongation are encouraged

Table-1: Microbial Action Mechanisms in Plant Biotechnology

Microbial Diversity in Soil

Microbial diversity in soil is significant for various soil processes, including decomposition, nutrient cycling, and plant health (Rebello *et al.*, 2021). The diverse range of microorganisms in soil, such as bacteria, archaea, and fungi, play essential roles in maintaining soil fertility and promoting plant growth (Armalytè *et al.*, 2019). Advanced techniques like molecular methods and next-generation sequencing have revolutionized the study of soil microbial communities, providing insights into their complexity and interactions with environmental factors (Dargiri and Movahedi, 2023). Understanding soil microbial ecology is vital for sustainable agriculture practices, as it influences productivity and ecosystem health, highlighting the importance of managing microbial diversity for long-term land productivity and biodiversity conservation (Hartmann *et al.*, 2015). Overall, exploring microbial diversity in soil offers valuable insights into the intricate relationships between microorganisms, soil health, and ecosystem functions, paving the way for improved land management decisions and agricultural practices (Nural Yaman *et al.*, 2022).

Role of bacteria in agriculture soil

Bacteria in agricultural soil play an important roles in soil fertility, plant health, and bioremediation (Jayaraj *et al.*, 2023). Studies have identified a diverse range of bacterial species in agricultural soil, including *Pseudomonas* introduces, known for its high tolerance to pesticides (Wójcik-Fatla *et al.*, 2022). Additionally, research has highlighted the presence of various Gram-negative bacteria like *Serratia*, *Citrobacter*, and *Enterobacter* in arable soil, along with other species such as *Pantoea agglomerans* and *Escherichia coli* (Hernández *et al.*, 2023). Furthermore, investigations utilizing DNA stable isotope probing have revealed the presence of non-pathogenic soil-dwelling bacteria and potential clinical pathogens in British agricultural soil, with the identification of antimicrobial resistance genes in these communities. The diversity and characteristics of these bacterial species is essential for sustainable agriculture, bioremediation efforts, and overall soil health (Hernández *et al.*, 2023).

Soil bacteria, the most abundant organisms in soil, play a crucial role in maintaining soil health and ecosystem functioning due to their metabolic versatility and phenotypic plasticity (Dindal, 1991). These tiny, one-celled organisms are about 4/100,000 of an inch wide and adapt rapidly to changing environmental conditions, residing in the rhizosphere and near roots in soil (Baldrian, 2019). Soil bacteria are essential for biogeochemical cycling of

carbon and nutrients, biological nitrogen fixation, disease suppression, and soil aggregation, making them key indicators of soil health (Timmis and Ramos, 2021). Despite their small size, bacteria populations can double in 30 minutes, highlighting their ability to reproduce quickly under favorable conditions (Jassim *et al.*, 2023). The diversity, habitat, and ecosystem functioning of soil bacteria is crucial for sustainable agricultural practices and maintaining healthy soil ecosystems (Hoorman, 2011).

Role of Archaea in agriculture soil

Archaea are prokaryotic microorganisms distinct from bacteria and eukaryotes, first identified as a separate domain of life in 1977 (Blohs *et al.*, 2019). They exhibit unique genetic and structural characteristics and are not only extremophiles but also prevalent in various ecosystems, including the digestive tracts of holobionts (Robinson, 2018). Archaea play crucial roles in soil ecosystems, interacting with higher organisms and contributing to soil functioning and environmental quality (Schleifer, 2009). While bacteria are well-known for their role in soil biogeochemical cycles, archaea also significantly impact nutrient cycling, plant growth promotion, and stress tolerance, especially in extreme environments (Naitam and Kaushik, 2021). Furthermore, archaea have immense biotechnological potential, with products like bacterioruberin, squalene, and lipids being commercially available, showcasing their versatility and applications in various industries (Rittmann *et al.*, 2021).

Soil archaea, discovered as the third domain of life, play essential roles in global carbon and nitrogen cycles, impacting greenhouse gas emissions (Burgers, 2012). They are abundant in soils, alongside bacteria, with both groups being essential for soil functioning and environmental quality (Flemming and Wuertz, 2019). Archaea in bulk soil and rhizosphere contribute significantly to nutrient cycling, plant growth promotion, and stress tolerance, especially in extreme conditions like high salinity and temperature (Naitam and Kaushik, 2021). Their diversity and metabolic processes are linked to their essential role in soil biogeochemical cycles and ecosystem functions, highlighting their importance in fundamental soil processes and applied areas like biodegradation (Schleifer, 2009). In desert ecosystems, archaea in biological soil crusts show high diversity and functional potential, particularly in carbon and nitrogen cycles, playing a vital ecological role during crust succession (Zhao *et al.*, 2020).

Role of Fungi in agriculture soil

Fungi play a crucial essential in soil ecosystems due to their diverse metabolic capacities, participation in pedogenesis, and element cycling, making them a key component of the soil microbiome and the plant holobiont (Bagyaraj, 2014). They are involved in various biological cycles, including mineral absorption, water absorption, and biosynthesis of substances that enhance plant functionality in coping with environmental challenges (Walia *et al.*, 2022). Fungi interact with plants through mutualistic mycorrhizal associations, pathogenic parasitic relationships, and nutrient cycling as saprophytic organisms (Chaurasia *et al.*, 2019). Ectomycorrhizal fungi, in particular, form beneficial partnerships with plant roots, aiding in nutrient uptake and carbon storage in soil, ultimately benefiting plant health and soil biodiversity (Azevedo and Ashwood, 2022). Additionally, fungi have gained prominence in the remediation of contaminated soils, offering a green solution to detoxify pollutants and restore soil fertility. The kingdom fungi, with its unique characteristics like chitin cell walls and absorptive mode of nutrition, showcases remarkable morphological complexity and versatile metabolism, impacting various ecosystems and human health (Haq *et al.*, 2022).

Conclusion

Soil microorganisms, including bacteria, archaea, and fungi, play vital roles in maintaining soil health, fertility, and ecosystem functions. Advances in microbial techniques have revealed the vast diversity and genetic potential of soil microorganisms, emphasizing their importance in sustaining soil functions and agricultural productivity. The application of bioengineered microorganisms, such as genetically modified organisms (GMOs), shows promise in remediating soil pollutants and restoring soil health, although challenges exist in their introduction and potential impact on native microbial communities. The soil microbial ecology is vital for sustainable agriculture practices as it influences productivity and ecosystem health, highlighting the importance of managing microbial diversity for long-term land productivity and biodiversity conservation. Bacteria, archaea, and fungi in soil contribute significantly to nutrient cycling, plant growth promotion, and stress tolerance, showcasing their essential roles in soil biogeochemical cycles and ecosystem functions. Overall, exploring microbial diversity in soil offers valuable insights into the intricate relationships between microorganisms, soil health, and ecosystem functions, paving the way for improved land management decisions and agricultural practices.

References

- Armalytė, J., Skerniškytė, J., Bakienė, E., Krasauskas, R., Šiugždinienė, R., Kareivienė, V., et al. (2019). Microbial diversity and antimicrobial resistance profile in microbiota from soils of conventional and organic farming systems. *Frontiers in microbiology*, 10, 411271.
- Azevedo, O., and Ashwood, F. (2022). The Soil Fungi: A Web of Life That Protects Trees and Fight Climate Change. *Frontiers for Young Minds*, 10.
- Bagyaraj, D. (2014). Mycorrhizal fungi. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, 80(2), 415-428.
- Baldrian, P. (2019). The known and the unknown in soil microbial ecology. *FEMS microbiology ecology*, 95(2), fiz005.
- Blohs, M., Moissl-Eichinger, C., Mahnert, A., Spang, A., Dombrowski, N., Krupovic, M., et al. (2019). Archaea—an introduction. *Encyclopedia of Microbiology (fourth Edition)*, 243-252.
- Burgers, A. (2012). *Soil biology*: Elsevier.
- Chaurasia, P. K., Bharati, S. L., and Mani, A. (2019). Significances of fungi in bioremediation of contaminated soil. In *New and future developments in microbial biotechnology and bioengineering* (pp. 281-294): Elsevier.
- Dargiri, S. A., and Movahedi, A. (2023). Diversity and biogeography of soil bacterial communities. In *Climate Change and Microbiome Dynamics: Carbon Cycle Feedbacks* (pp. 1-13): Springer.
- Dindal, D. L. (1991). *Soil biology guide*: John Wiley & Sons.
- Flemming, H.-C., and Wuertz, S. (2019). Bacteria and archaea on Earth and their abundance in biofilms. *Nature Reviews Microbiology*, 17(4), 247-260.
- Haq, I. U., Khan, N. A., and Sarwar, M. K. (2022). An Insight Into Fungal Biology. In *Phytopathology and Molecular Biology of Plant Pathogen Interactions* (pp. 27-50): CRC Press.
- Hartmann, M., Frey, B., Mayer, J., Mäder, P., and Widmer, F. (2015). Distinct soil microbial diversity under long-term organic and conventional farming. *The ISME journal*, 9(5), 1177-1194.
- Hernández, M., Roy, S., Keevil, C. W., and Dumont, M. G. (2023). Identification of diverse antibiotic resistant bacteria in agricultural soil with H218O stable isotope probing combined with high-throughput sequencing. *Environmental Microbiome*, 18(1), 34.
- Hoorman, J. J. (2011). The role of soil bacteria. *Ohio State University Extension, Columbus*, 1-4.
- Jassim, Y. A., Chabuk, H. A.-H., and Al-Yassiry, Z. A. (2023). Soil Microorganisms: Characteristics, Importance and their Functional Role. *Journal of Biology and Nature*, 15(1), 14-19.
- Jayaraj, J., Shibila, S., Ramaiah, M., Alahmadi, T. A., Alharbi, S. A., Mideen, P. K., et al. (2023). Isolation and Identification of bacteria from the agricultural soil samples to tolerate pesticides dimethoate, thiamethoxam and Imidacloprid. *Environmental Research Communications*, 5(7), 075011.
- Kumawat, K. C., Nagpal, S., Chattopadhyay, A., and Sharma, P. (2022). Emerging Microbe-Mediated Advanced Technology to Mitigate Climatic Stresses in Plants and Soil Health:

- Current Perspectives and Future Challenges. *Plant Stress Mitigators: Action and Application*, 341-366.
- Naitam, M. G., and Kaushik, R. (2021). Archaea: an agro-ecological perspective. *Current Microbiology*, 78(7), 2510-2521.
- Nural Yaman, B., Aytar Çelik, P., Enuh, B. M., and Çabuk, A. (2022). Molecular Approaches of Microbial Diversity in Agricultural Soil. In *Beneficial Microorganisms in Agriculture* (pp. 1-35): Springer.
- Patel, H. K., Kalaria, R. K., Vasava, D. K., and Bhalani, H. N. (2022). Soil microbiome: a key player in conservation of soil health under changing climatic conditions. In *Biotechnological Innovations for Environmental Bioremediation* (pp. 53-82): Springer.
- Rebello, S., Nathan, V. K., Sindhu, R., Binod, P., Awasthi, M. K., and Pandey, A. (2021). Bioengineered microbes for soil health restoration: present status and future. *Bioengineered*, 12(2), 12839-12853.
- Rittmann, S. K.-M. R., Pfeifer, K., Palabikyan, H., Ergal, İ., and Schuster, B. (2021). Archaea in der Biotechnologie. *BIOspektrum*, 27, 96-98.
- Robinson, N. P. (2018). Archaea, from obscurity to superhero microbes: 40 years of surprises and critical biological insights (Vol. 2, pp. 453-458): Portland Press Ltd.
- Schleifer, K. H. (2009). Classification of Bacteria and Archaea: past, present and future. *Systematic and applied microbiology*, 32(8), 533-542.
- Singh, S., Ashoka, P., Ahlawat, U., Changdeo, W. B., Rehsawla, R., Naruka, A., & Sharma, D. (2024). Mechanisms and Applications of Microbial Biotechnology in Soil Health and Agricultural Productivity: A Review. *J. Adv. Biol. Biotechnol*, 27, 1420-1438.
- Timmis, K., and Ramos, J. L. (2021). The soil crisis: the need to treat as a global health problem and the pivotal role of microbes in prophylaxis and therapy (Vol. 14, pp. 769-797): Wiley Online Library.
- Walia, A., Paul, D., Mukherjee, S., and Reddy, M. (2022). Fungi Role in Soil Fertility. *Sustainable Utilization of Fungi in Agriculture and Industry*, 4, 35.
- Wilhelm, R. C., Amsili, J. P., Kurtz, K. S., van Es, H. M., and Buckley, D. H. (2023). Ecological insights into soil health according to the genomic traits and environment-wide associations of bacteria in agricultural soils. *ISME communications*, 3(1), 1.
- Wójcik-Fatla, A., Kowalczyk, K., Kłapeć, T., Zdybel, J., Farian, E., Sroka, J., et al. (2022). *Species diversity of bacteria isolated from soil, sludge sewage and digestate*. Paper presented at the ISEE Conference Abstracts.
- Zhao, L., Liu, Y., Yuan, S., Li, Z., Sun, J., and Li, X. (2020). Development of archaeal communities in biological soil crusts along a revegetation chronosequence in the Tengger Desert, north central China. *Soil and Tillage Research*, 196, 104443.

د انارو او انگورو د مخلوط مساله لرونکي RTS جوس پراختيا

۱- پوهنمل عبدالکريم امين^۱، ۲- پوهنمل ايمل ناصري^۳، ۳- پوهنيار محمد يوسف سلطاني^۲

۱- هارتيکلچر دپارتمنت، کرنې پوهنځی، وردگ د لوړو زده کړو مؤسسه، افغانستان

۲- اګرانومي دپارتمنت، کرنې پوهنځی، البيروني پوهنتون، افغانستان

لنډيز

د مسالې لرونکو RTS (د څښلو لپاره چمتو) مشروباتو د طبيعي روغتيايي څښاکو په توګه د عمده او لږ کارول شويو ميوو څخه نه يوازې د کورني بازار لپاره بلکې د صادراتو په برخه کې هم پراخ تجارتي امکانات موجود دي. اوسنۍ څېړنه د تازه مېوو په جريان کې د انارو او انگورو څخه د مساله شوي RTS مخلوط جوس د حسي ارزونې او غذايي موادو موجوديت څرګندوي. چمتو شوي RTS مشروبات د هيل، زنجبيل، تور مرچ او د هغو له ترکيب سره پروسس شوي دي. د مسالې جوسو مخلوط RTS د ارګانوليپتيک يا حسي ارزونې پراساس معياري شوي وو. د غذايي موادو محتويات لکه پي اچ، ويتامين سي، انتوسيانين، انتي اکسيډنټ او مختلف ډول قندونه معلوم شوي دي. له حسي ارزونې څخه معلومه شوه چې په ټوليزه توګه د منلو وړ نمرې په هغو ترتمنتونو کې لوړې وې چې هيل او زنجبيل لري.

کلیدي کلمې: انار، انگور، مساله لرونکي RTS جوس، حسي ارزونه

*Email: karimamin500@gmail.com

Development of spiced blended RTS from pomegranate and grapes

1- Senior Teaching Assistant Abdul Karim Amin^{*1}, 2- Senior Teaching Assistant Emal Naseri¹, 3- Sanior Teaching Assistant Mohammad Yousof Soltani²

1- Department of Horticulture, Agriculture Faculty, Wardak Institute of higher education, Afghanistan

2- Department of Agronomy, Agriculture Faculty, Alberni university, Afghanistan

Abstract

There is abundant potential for commercialization of spiced RTS (Ready To Serve) beverages as natural health drinks from major and under exploited fruits not only in domestic but also at the export front. The present study depicts the sensory acceptability and nutrient content of spiced blended RTS from pomegranate and grapes during fresh period. The prepared RTS beverages were processed with extracts of cardamom, ginger, black pepper and their combination. The spiced blended RTS was standardized based on organoleptic evaluation. The nutrient content such as pH, ascorbic acid, anthocyanin, antioxidants, and reducing, total and non-reducing sugars were determined. The sensory evaluation revealed that according to overall acceptably the score was higher in the treatments having cardamom and ginger.

Keywords: Pomegranate, Grapes, Spice RTS, Sensory evaluation

*Email: karimamin500@gmail.com

Introduction

Pomegranate belongs to the Punicaceae family and is one of the oldest known edible fruits. It is an interesting and promising species for different world areas, because it adapts quite well to arid and semi-arid soils and dry weather conditions (Hasnaoui et al., 2011).

Nowadays it is mainly cultivated in Afghanistan, Iran, India, USA, Mediterranean countries (Tunisia, Turkey, Egypt, Spain, and Morocco) and to some extent China, Japan, and Russia. Spain is the main European pomegranate producer and its production is mainly located in the provinces of Alicante and Murcia (Melgarejo et al., 2000).

Pomegranates are a well-known source of many valuable substances, such as hydrolyzable tannins (e.g., punicalagins and punicalins) (Gil et al., 2000), condensed tannins (e.g., proanthocyanidins) (Poyrazoğlu et al., 2002), anthocyanins (Nuncio-Jáuregui et al., 2015).

phenolic acids (e.g., gallic acid, ellagic acid) (Mousavinejad et al., 2009) and organic acids (e.g., malic acid) (Poyrazoğlu et al., 2002).

The pomegranate juice offers benefits for individuals dealing with conditions such as Leprosy, high cholesterol levels, heart ailments, and kidney issues. The production of processed fruit items not only mitigates seasonal market fluctuations but also aids in stabilizing market prices while encouraging expanded cultivation and production of pomegranates. Pomegranate fruits lend themselves to various processing methods, yielding products like juice, squash, syrup, jelly, wine, anardana, and anar-rub. (Tripathi et al., 2014).

The grape, a fruit cultivated and consumed globally, has a rich history. Traditionally, European nations held sway over grape production and export. Nevertheless, in recent times, South America has experienced notable growth in both grape production and export, boasting two harvests annually. (Ruiz, 2011).

The berries are good source of sugar, acid, minerals like Ca, Mg and Fe and vitamins like B1, B2 and C. Grapes are used as table fruit, wine, juice and raisin. The cultivated types of grapes are classified into table grapes, juicy grapes and raisin grapes (Meena et al., 2022).

Spices are predominantly utilized in food for their flavor enhancement and capacity to prolong shelf life. In addition to their ability to enhance taste, spices offer natural antioxidants and antimicrobial properties. Furthermore, they possess carminative effects, aiding in digestion by stimulating the appetite. (Thirumoorthy et al., 2014). In addition to their appetizing attributes, these spices possess medicinal and therapeutic qualities, exerting a

significant impact on human health by influencing various physiological processes. Incorporating spice extracts such as ginger, black pepper, mint, cardamom, and cumin into juices and their spiced beverages not only enhances taste, aroma, and nutrition but also augments their medicinal properties. The development of blended fruit beverages using pomegranate and grape addresses a crucial issue, as these fruits are prone to higher post-harvest losses during distribution and handling. Renowned for their distinct flavors, textures, and colors, pomegranates and grapes offer notable health benefits due to their high antioxidant content, as well as vitamins and minerals.

Pomegranate-blended fruits are extensively utilized in beverages and various food items. Combining two or more fruits creates novel flavours and tastes, which contribute to consumer acceptance. The objective of this study was to evaluate and develop a spice blended RTS beverage from pomegranate and grapes fruits.

Materials and methods

1. Sampling

Bahgwa variety of Pomegranate and Bangalore blue variety of grapes used in this experiment procured from farmer's field near Devanahalli, Bangalore, India. Fruits of uniform maturity, size and shape, free from bruises, injuries and damages were selected for the experiment. various spice extract *Viz*, cardamom, ginger and black pepper were purchased from a local vendor in Vidyaranyapura, Bengaluru.

Table 1. Physico-chemical composition of pomegranate and grapes

No.	Parameters	Pomegranate	Grapes
1	TSS (°Brix)	13.70	14.10
2	pH	3.65	3.78
3	Acidity (%)	0.80	0.75
4	Ascorbic acid (mg 100g ⁻¹)	10.04	7.37
5	Total antioxidants activity (mg AEAC 100g ⁻¹)	58.00	32.00
6	Reducing sugars (%)	9.11	11.60
7	Non reducing sugar (%)	3.16	2.90
8	Total sugar (%)	12.27	14.50
9	Anthocyanin (mg 100g ⁻¹)	17.00	29.00
10	Length (mm)	66.00	19.40
11	Diameter (mm)	75.00	17.45
12	Weight (g)	298.00	3.80
13	Juice recovery (%)	53.17	79.60

2. Extraction of juice

Pomegranate fruits were cut open using a knife discarding the peel adhering to the placenta and the arils were carefully separated. The arils so separated were extracted through carrot juice extractor and filter through muslin cloth. The grapes berries were thoroughly washed in clean water. The washed berries were separated from the bunch and were crushed by hand pressing and filtered with the help of muslin cloth. Both of the extracted juices were centrifuged at 5000 rpm for 5 minutes and obtained clear juice was used in the present study.

Table 2. Recipe for blended spiced RTS from pomegranate and grapes

Treatments	Juice (%)*	Spice extracts (%)	TSS °B	Acidity (%)
1	15(50:50)	Control	13	0.3
2	15(50:50)	Cardamom (0.01%)	13	0.3
3	15(50:50)	Ginger (0.01%)	13	0.3
4	15(50:50)	Black pepper (0.01%)	13	0.3
5	15(50:50)	(cardamom + ginger) (0.01%)	13	0.3
6	15(50:50)	(cardamom+black pepper)(0.01%)	13	0.3
7	15(50:50)	(ginger + black pepper)(0.01%)	13	0.3

Juice blending (pomegranate: grapes)

Pomegranate and grapes juices were blended in the ratio of (50:50). Blended juice was used for preparation of RTS as per the following recipes (Table 2). The required quantity of RTS was prepared by mixing of pomegranate, grapes juice and water as per the treatments. Total soluble solid of 13°Brix was maintained in the juice by adding desired quantity of sugar common for all the treatments. Each spice extracts were added to each bottle separately after calculating the required quantity of spice extract to be present in the final volume of prepared blended juice according to different treatments. The prepared juices were filled in 200 ml capacity pre sterilized glass bottles. Chemical and sensory quality of the prepared juice was studied.

Biochemical analysis

Biochemical properties of blended spice RTS was studied with the following parameters, material and methodologies were followed are as given below. Total soluble solids (TSS), determined with the help of digital hand refractometer (ATAGO, model: PAL-1) and expressed as degree Brix (°B). Digital pH meter (UITRANS, model: BP 3001) was used to measure the pH of the products. Total titratable acidity of blended juice was determined by visual titration method as explained by Lipke (2006)(Lipke, 2006). spectrophotometric method was followed for estimation of ascorbic acid of blended RTS product as described by William (2006), using 2, 6-dichlorophenol indophenol sodium (chemical quality and production company needed) salt with slight modification. Total monomeric anthocyanin content was quantified using a pH differential method described by Giusti and Wrolstad (Mazurek & Włodarczyk-Stasiak, 2023). Total antioxidant activity of blended beverages was determined by the FRAP method explained by Benzie and Strain (Benzie & Strain, 1996). Sugars present in the blended juice were estimated, following the method outlined by Lane and Eynon described by Ranganna (Lakshmi et al., 2005). with some modifications. Organoleptic evaluation of blended RTS was conducted on the basis of colour, aroma, texture, taste. After taste and overall acceptability by a panel of ten judges using a nine-point Hedonic scale. Completely Randomized Design (CRD) was used for analysis of the experimental.

Results and Discussion

The results obtained during present investigation are presented and discussed under suitable headings in view of available relevant scientific

literature. Quality composition of spice RTS was varied with respect to different combination spices. The impact of various spices on pH levels, ascorbic acid concentration, anthocyanin content, antioxidants, and levels of reducing, total, and non-reducing sugars was assessed. Analysis presented in Table 3 indicated that regardless of the treatments applied, there were no notable differences observed in pH levels, ascorbic acid concentration, anthocyanin content, antioxidants, or the levels of reducing, total, and non-reducing sugars.

Table 3. Biochemical composition of blended spiced RTS from pomegranate and grapes

Treatment	pH	Ascorbic acid (mg 100 ml ⁻¹)	Anthocyanin (mg CGE100g ⁻¹)	Total antioxidant activity (mg AEAC 100ml ⁻¹)	Total sugars (%)	Reducing sugars (%)	Non reducing sugars (%)
T ₁	3.63	1.61	2.95	6.75	12.56	9.29	3.26
T ₂	3.63	1.61	2.95	6.75	12.56	9.29	3.26
T ₃	3.63	1.61	2.95	6.75	12.56	9.29	3.26
T ₄	3.63	1.61	2.95	6.75	12.56	9.29	3.26
T ₅	3.63	1.61	2.95	6.75	12.56	9.29	3.26
T ₆	3.63	1.61	2.95	6.75	12.56	9.29	3.26
T ₇	3.63	1.61	2.95	6.75	12.56	9.29	3.26
SE.m ±	0.03	0.01	0.15	0.18	0.40	0.26	0.15
CD @ 5%	0.09	0.02	0.45	0.55	1.20	0.78	0.47
F test	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS- Non Significant

T₁: T₀ + Control

T₂: T₀ + Cardamom (0.01%)

T₃: T₀ + Ginger (0.01%)

T₄: T₀ + Black pepper (0.01%)

T₅: T₀ + (Cardamom + Ginger) (0.01%)

T₆: T₀ + (Cardamom + Black pepper) (0.01%)

T₇: T₀ + (Ginger + Black pepper) (0.01%)

T₀ - Pomegranate juice (50): Grapes juice (50)

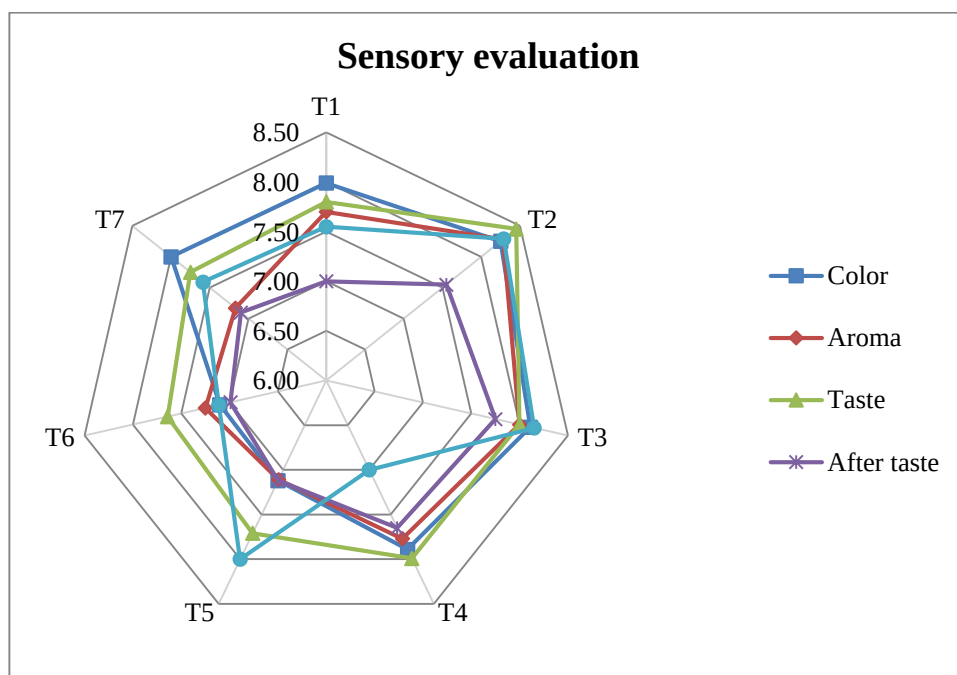


Figure 1. Sensory scores of blended spiced RTS from pomegranate and grapes

Sensory evaluation of spice blended RTS beverage from pomegranate and grapes.

The highest sensory scores were recorded in treatment added with 0.01 per cent cardamom. This indicates that, addition of spices improves the sensory quality of the RTS. Similar findings were reported by Sharma *et al* (Sharma et al., 2017) in preparation of plum appetizer; (Hossain et al., 2011) in tomato juice added with various spice extra cts; Hussain (Hussain et al., 2015) in ginger, pepper and cardamom oleoresins flavoured pomegranate juice; in ginger extract added watermelon juice; in ginger supplemented mango juice; (Deka, 2000) in mango-pineapple, lime aonla and guava-mango RTS blends and in preparation of tamarind RTS beverage added with cumin and cardamom.

Colour

Sensory scores of blended spiced RTS from pomegranate and grapes are shown in Fig. 1, which indicate that, the highest sensory score (8.25) for colour was recorded in T₂ (0.01% cardamom) followed by T₁ recorded (8.23) score. The lowest score (8.00) was recorded in T₆ (cardamom + black pepper). Colour scores of treatments were not influenced by the presence of spices. All the treatments scored high irrespective of different spices added. It indicates

that presence of spice extracts does not make any visible changes in colour of the blended beverage.

Aroma

The highest sensory score (8.25) for aroma was recorded in T₂ (0.01% cardamom) followed by T₃ (0.01% ginger) which recorded 8.00 scores. The minimum score (7.11) was recorded in T₆ (0.01% cardamom + black pepper). The higher scores were recorded in the treatment which containing cardamom. This might be due to good aroma of cardamom for the panellists (Fig. 1).

Taste

The highest sensory score (8.45) for taste was registered in T₂ (cardamom) followed by T₃ (ginger) having score 8.00 (Figure 1). The minimum score (7.64) was recorded in T₆ having cardamom + black pepper. The treatment having cardamom was liked by panelists and this might be due to the influence of good aroma of cardamom.

After taste

The sensory scores for after taste of spiced RTS prepared with different spice extracts are depicted in Figure 1. The highest score (7.75) for after taste was received for T₃ containing of 0.01 per cent ginger followed by T₅ (7.65). The lowest score (6.99) was received by T₆ having 0.01 per cent (cardamom + black pepper). The higher score for after taste was recorded in the treatment having ginger spice. This may be due to the strong taste of spices which might have given better after taste to the pallet of the panellist.

Overall acceptability

As per the Figure 1, the highest sensory score (8.29) for overall acceptability was registered in T₂ (0.01% cardamom) followed by T₃ (0.01% ginger) having score (8.15). The minimum score (7.11) was received by T₆ and T₁ having 0.01 percent (cardamom + black pepper) and no added spice (control), respectively.

Overall acceptability scores were a composite of scores for other characters because panellists were asked to keep in mind all the other sensory parameters while scoring for this parameter. The score was higher in the treatments having cardamom and ginger. This might be due to the presence of good colour, flavour, taste of spice which would have given a better colour, taste, and aroma

Conclusion

It may possibly to process spiced ready-to-serve beverage from pomegranate and grapes by blending different spices. The colour and flavour of any processed product play an important role while tasting the same. The spiced blended ready-to-serve beverages are having high potential for commercialization and marketability. The introduction of new types of value added and nutrient enriched spiced fruit juice based beverages might improve socio economic status of the country by enhancing the export trades. All prepared products were acceptable but the treatment with 0.01 percent cardamam, 13 °B TSS and 0.3 per cent acidity was found to be superior in terms of quality attributes like colour, taste, aroma, flavour and overall acceptability through organoleptic evaluation.

Reference

- Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal Biochem*, 239(1), 70-76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Deka, B. C. (2000). Preparation and storage of mixed fruit juice spiced beverages.
- Gil, M. I., Tomás-Barberán, F. A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D. M., & Kader, A. A. (2000). Antioxidant Activity of Pomegranate Juice and Its Relationship with Phenolic Composition and Processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(10), 4581-4589. <https://doi.org/10.1021/jf000404a>
- Hasnaoui, N., Jbir, R., Mars, M., Trifi, M., Kamal-Eldin, A., Melgarejo, P., & Hernandez, F. (2011). Organic Acids, Sugars, and Anthocyanins Contents in Juices of Tunisian Pomegranate Fruits. *International Journal of Food Properties*, 14(4), 741-757. <https://doi.org/10.1080/10942910903383438>
- Hossain, M., Md, F., & Isla, M. (2011). Effect of Chemical Additives on the Shelf Life of Tomato Juice. *American Journal of Food Technology*, 6, 914-923. <https://doi.org/10.3923/ajft.2011.914.923>
- Hussain, S., Patil, M. G., Kurubar, A., & Patil, S. (2015). Utilization of low value pomegranate fruits (*punica granatum* l. 'kesar') for preparation of value added products. *Acta Horticulturae*, 1089, 459-471. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1089.64>
- Lakshmi, K., Kumar, A. K., Rao, L., & Naidu, M. (2005). Quality evaluation of flavoured RTS beverage and beverage concentrate from tamarind pulp. 42, 411-415.
- Lipke, M. M. (2006). An armamentarium of wart treatments. *Clin Med Res*, 4(4), 273-293. <https://doi.org/10.3121/cm.4.4.273>
- Mazurek, A., & Włodarczyk-Stasiak, M. (2023). A New Method for the Determination of Total Content of Vitamin C, Ascorbic and Dehydroascorbic Acid, in Food Products with

- the Voltammetric Technique with the Use of Tris(2-carboxyethyl)phosphine as a Reducing Reagent. *Molecules*, 28(2). <https://doi.org/10.3390/molecules28020812>
- Meena, V. S., Gora, J. S., Singh, A., Ram, C., Meena, N. K., Pratibha, Roupael, Y., Basile, B., & Kumar, P. (2022). Underutilized Fruit Crops of Indian Arid and Semi-Arid Regions: Importance, Conservation and Utilization Strategies. *Horticulturae*, 8(2), 171. <https://www.mdpi.com/2311-7524/8/2/171>
- Melgarejo, P., Salazar, D. M., & Artés, F. (2000). Organic acids and sugars composition of harvested pomegranate fruits. *European Food Research and Technology*, 211(3), 185-190. <https://doi.org/10.1007/s002170050021>
- Mousavinejad, G., Emam-Djomeh, Z., Rezaei, K., & Khodaparast, M. (2009). Identification and quantification of phenolic compounds and their effects on antioxidant activity in pomegranate juices of eight Iranian cultivars. *Food Chemistry*, 115, 1274-1278. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.01.044>
- Nuncio-Jáuregui, N., Cano-Lamadrid, M., Hernández, F., Carbonell-Barrachina, Á. A., & Calín-Sánchez, Á. (2015). Comparison of Fresh and Commercial Pomegranate Juices from Mollar de Elche Cultivar Grown under Conventional or Organic Farming Practices. *Beverages*, 1(2), 34-44. <https://www.mdpi.com/2306-5710/1/2/34>
- Poyrazoğlu, E., Gökmen, V., & Artık, N. (2002). Organic Acids and Phenolic Compounds in Pomegranates (*Punica granatum* L.) Grown in Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*, 15(5), 567-575. <https://doi.org/https://doi.org/10.1006/jfca.2002.1071>
- Ruiz, V. S. (2011). Avances en viticultura en el mundo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33.
- Sharma, H. P., Patel, H., & Sugandha. (2017). Enzymatic added extraction and clarification of fruit juices-A review. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 57(6), 1215-1227. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.977434>
- Thirumoorthy, A., Palanisamy, V., Ganapathyswamy, H., & Parimalam, P. (2014). Spiced Pineapple Ready-To-Serve Beverages. *Indian Journal of Science and Technology*, 7, 1827-1831. <https://doi.org/10.17485/ijst/2014/v7i11.20>
- Tripathi, J., Chatterjee, S., Gamre, S., Chattopadhyay, S., Variyar, P. S., & Sharma, A. (2014). Analysis of free and bound aroma compounds of pomegranate (*Punica granatum* L.). *LWT - Food Science and Technology*, 59(1), 461-466. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.05.055>



Islamic Emirate of Afghanistan
Ministry of Higher Education
Wardak Institute of Higher Education
Vice chancellor of academic and Students affairs
Academic Research Journal of Natural Sciences



Wardak

Academic Research Journal

Volume 2, 2nd (continuously 3rd) Issue, 2025