KTEJ 2024 01(2): 75- 91 Kolumpu Tamil E-Journal (KTEJ)

Volume 01, Issue II, 2024

பசுமைப் போர்வையில் ஏற்பட்ட இட - கால ரீதியான மாற்றங்கள்: NDVI நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தி கல்முனை நகரப் பகுதியை மையப்படுத்திய பகுப்பாய்வு

[1]ஏ.எஸ். சஹானா பேகம், [2]எம். எச். பாத்திமா நுஸ்கியா, [3]எம். டீ. பாத்திமா சுஜா, [4]எம். டீ. பாத்திமா சொப்னா

[1,2,3,4]புவியியற்துறை, இலங்கைத் தென்கிழக்குப் பல்கலைக்கழகம்

sahanasamed@gmail.com

ஆய்வுச் சுருக்கம்

இலங்கையின் வங்காள விரிகுடாவின் கரையோர நகரமான கல்முனை பிரதேசத்தின் பசுமைப் போர்வையில் குறிப்பிடத்தக்க மாற்றங்கள் ஏற்பட்டுள்ளதால் சுற்றுச்சூழல் சார் பிரச்சினைகள் அதிகரித்துள்ளன. இந்த மாற்றம் பெரும்பாலும் நகரமயமாக்கல், மக்கள்தொகை வளர்ச்சி, நிலநிரப்புகை, பருவகால மாறுபாடுகள் மற்றும் கடல் மட்ட உயர்வு போன்ற காரணிகளால் ஏற்படுகின்றன. இவற்றை நிவர்த்தி செய்வதற்கும், கல்முனையின் பசுமைப் போர்வை பரப்பில் ஏற்பட்ட மாற்றத்தின் அளவைப் பகுப்பாய்வு செய்வதற்கும் 1993, 2003, 2013 மற்றும் 2023 ஆம் ஆண்டுகளின் செயற்கைக்கோள் படங்களை இந்த ஆய்வு பயன்படுத்துகின்றது. இந்த ஆய்வின் முதன்மை நோக்கம் கல்முனை நகரின் தனித்துவமான நகர்ப்புற பண்புகள் மற்றும் அதிக சனத்தொகை அடர்த்தி ஆகியவற்றைக் கருத்தில் கொண்டு, குறிப்பிட்ட காலப்பகுதியில் கல்முனையின் பசுமைப் போர்வையில் ஏற்பட்ட மாற்றங்களை அளவுரீதியாக மதிப்பிடுவதாகும். பசுமையான இடங்களின் விரைவான இழப்புக்கு காரணமான காரணிகளைப் புரிந்துகொள்வது மற்றும் நிவர்த்தி செய்வது நிலையான நகர்ப்புற நிர்வாகத்திற்கு முக்கியமானது. தாவர அடர்த்தி மாற்றங்களைப் பற்றிய விரிவான பகுப்பாய்வை மேற்கொள்வதற்கு, இந்த ஆய்வு இயல்பாக்கப்பட்ட வேறுபாடு தாவர அட்டவணை (NDVI) நுட்பத்தைப் பயன்படுத்துகின்றது. 1993 முதல் 2023 வரையிலான செயற்கைக்கோள் தரவு, தாவரப் போர்வை மாற்றங்களின் போக்குகள் மற்றும் வடிவங்களை அடையாளம் காண துல்லியமாக செயலாக்கப்பட்டு பகுப்பாய்வு செய்யப்படுகின்றது. NDVI மதிப்புகளின் பகுப்பாய்வு 1993 முதல் 2023 வரை தாவரப் பரப்பில் குறிப்பிடத்தக்க அதிகரிப்பை வெளிப்படுத்துகின்றது. குறிப்பாக, 1993 முதல் 2023 வரை தாவரப் போர்வையானது 3.3% அதிகரித்துள்ளது. இந்த வளர்ச்சி விகிதங்கள் அடுத்தடுத்த தசாப்தங்களில் சரிவைக் காட்டுகின்றன. அதாவது, 2003 முதல் 2023 க்கு இடையில் 1.8% ஆகக் குறைவடைந்துள்ளது. ஆனால் 2013 முதல் 2023 வரையிலான காலகட்டத்தில், தாவரங்களின் பரப்பில் குறிப்பாக 4.2% உயர்வை வெளிப்படுத்துகின்றது. இதற்கான முக்கியமாக புல்வெளிகள் மற்றும் மாடிவீட்டுத் தோட்டங்களின் விரிவாக்கம் முறையான முகாமைத்துவ நடவடிக்கைகள், தாவரப்போர்வை குறித்து மக்களின் விழிப்புணர்வு, அலங்காரத் தாவரங்கள் மீதான நாட்டம், நீர் வாழ் தாவரங்களின் அதிகரிப்பு, அரசாங்கத்தின் புதிய வனவியல் திட்டங்கள் என்பன காரணங்களாகும். இந்த கண்டுபிடிப்புகள் கொள்கை வகுப்பாளர்கள், நகர்ப்புற திட்டமிடுபவர்கள் மற்றும் சுற்றுச்சூழல் ஆர்வலர்களுக்கான கருவியான NDVI முறையின் செயல்திறனை எடுத்துக்காட்டுகின்றன. பசுமைப் போர்வையானது நகர்ப்புற அபிவிருத்தியின் பாதகமான தாக்கங்களைத் தணிக்கவும், கல்முனைப் பிரதேசத்தின் நிலையான பாதுகாப்பு மற்றும் மேம்பாட்டை உறுதிப்படுத்தவும் மூலோபாய தலையீடுகளின் முக்கியத் தேவையை இந்த ஆய்வு வலியுறுத்துகின்றது.

திறவுச்சொற்கள்: *பசுமைப் போர்வை, நகரமயமாக்கம், மக்கள்தொகை வளர்ச்சி,* NDVI, *சுற்றுச்சூழல் இயக்கவியல்.*

The Analysis of Spatio-temporal Changes in Green Cover: Study on Kalmunai Urban Area Using NDVI Technique

Abstract

Significant changes in green cover have heightened environmental concerns at Kalmunai, a coast on Sri Lanka's Bay of Bengal. Rising sea levels, landfilling, urbanization, population growth, and seasonal changes are all major contributors to this change. This study examines the degree of green cover change in Kalmunai using satellite imagery from 1993, 2003, 2013, and 2023 in order to allay these worries. This study's main goal is to quantitatively evaluate Kalmunai's changes in green cover during the given time period while taking into account the town's distinctive urban features and dense population. Sustainable urban management depends on identifying and resolving the issues causing the quick disappearance of green spaces. The Normalized Difference Vegetation is used in the study. The study does an extensive analysis of changes in vegetation density using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) technique. Trends and patterns in changes in green cover are found by carefully processing and analyzing satellite data from 1993 to 2023. The vegetation cover increased significantly between 1993 and 2023, according to the examination of NDVI measurements. In particular, the amount of green cover increased by 3.3% between 1993 and 2023. The following decades, however, saw a drop in growth rates, with a 1.8% drop from 2003 to 2023. There was a notable 4.2% increase in vegetation cover between 2013 and 2023, which was mostly caused by the growth of terraced gardens and grasslands as a result of good management practices, public awareness of vegetation, a preference for ornamental plants, an increase in aquatic plants, and new government forestry initiatives. These results demonstrate how useful the NDVI approach is as a tool for environmentalists, urban planners, and legislators. The study highlights the pressing need for calculated actions to lessen the negative effects of urban growth on green areas and to ensure their long-term preservation and improvement in Kalmunai.

Keywords: *Green cover, urbanization, population growth, NDVI, environmental dynamics*

1. அறிமுகம்

உலகமானது நீரினால் சூழப்பட்டுள்ளதைப் போல பசுமையால் போர்த்தப்பட்டுள்ளது. அந்த வகையில், பசுமை என்பது மரங்கள், புதர்கள், புற்கள் போன்ற தாவரங்கள் நிறைந்த ஒரு பகுதி அல்லது சுற்றுப்புறத்தை குறிக்கின்றது. பசுமையாக இருப்பது என்பது ஒரு நாடு இயற்கை சூழலையும் அதன் வளங்களையும் அதன் குடிமக்களின் ஆரோக்கியத்தை பாதுகாப்பதிலும் மீட்டெடுப்பதிலும் எவ்வளவு அக்கறை கொண்டுள்ளது என்பதன் பிரதிபலிப்பதாகும் (Bronte McClelland, 2023). இதனடிப்படையில் துரித நகரமயமாக்கம், சனத்தொகை வளர்ச்சி, நிலப் பயன்பாட்டு மாற்றம், கைத்தொழில் போன்ற காரணங்களினால் உலகளவில் பசுமை போர்வை குறைக்கப்படுவதால் ஏற்படும் காலநிலை மாற்றம் போன்ற மிகப் பாதகமான விளைவுகளை குறைப்பதற்காக தற்காலத்தில் பசுமை போர்வையின் அவசியத்தை உணர்ந்து உலக நாடுகள் இலட்சிய மரங்கள் நடும் திட்டங்கள், தீவிர விவசாயம், சூழல் பாதுகாப்பு கொள்கைகள் போன்ற நடவடிக்கைகளினூடாக பசுமை போர்வை அதிகரிப்பில் ஆர்வம் காட்டி வருகின்றது. இந்த வகையில், பசுமைப் பகுதி ஒரு தசாப்தத்திற்கு சராசரியாக 2.3 சதவீதம் அதிகரித்துள்ளது. இவற்றில் சீனா (11%) மற்றும் இந்தியா (7%) முன்னணியில் உள்ளன. ஆனால் ஐரோப்பிய ஒன்றியம் (5%), கனடா (4%), ரஸ்யா (4%), ஆஸ்திரேலியா (3%), அமெரிக்கா (3%), மற்றும் மெக்சிகோ (2.5%) ஆகியவை சராசரிக்கு மேல் உள்ளதனை நாசா செயற்கைக்கோள் தரவினூடாக கண்டறியப்பட்டுள்ளது (Magnus Aschan, 2021).

இலங்கையானது ஒரு வெப்ப மண்டல தீவாக காணப்படுவதனால் காடுகள், புல்வெளிகள், சதுப்பு நிலங்கள், விவசாய நிலங்கள் ஆகியவற்றின் தாயகமாக அமைந்துள்ளது. மலைகள் முதல் கடற்கரை வரை இலங்கையின் அனைத்து பகுதிகளிலும் பசுமை பரந்து விரிந்துள்ளது. அந்த வகையில், இலங்கையில் 1990 மற்றும் 2000 க்கு இடையில், சராசரியாக 1.14% வனப் பரப்பில் மாற்றம் ஏற்பட்டுள்ளது. இது 2000 மற்றும் 2005 க்கு இடையில், வன மாற்ற விகிதம் ஆண்டுக்கு 1.43% வரை அதிகரித்துள்ளது. மொத்தமாக, 1990 - 2005 ஆண்டுகளில் 17.7% மாற்றமடைந்துள்ளது. இருந்தபோதிலும், 1990 களின் முடிவிலிருந்து முதன்மையாக வன அழிப்பு விகிதம் 35.0% குறைந்துள்ளது (Srilanka Forest Department Report, 2005). அத்தோடு, நாட்டில் பல்வேறு அபிவிருத்தி நடவடிக்கைகள் மற்றும் ஏனைய மனித செயற்பாடுகள் காரணமாக காடுகளின் எண்ணிக்கையில் சில குறைப்புக்கள் ஏற்பட்டுள்ள போதிலும், 16% வரை காடுகளின் அளவு நிச்சயமாக குறைவடையவில்லை (Presidents Office Report, 2023).

ஆய்வு பிரதேசமான கல்முனை பிரதேசமானது வங்காள விரிகுடா கடற்கரையை நோக்கி அமைந்துள்ளதனால் இங்கு காடுகள், புல்வெளிகள், ஈரநிலங்கள் போன்றவாறான உயிர் சூழலினை கொண்ட பிரதேசமாக காணப்படுகின்றது. அந்த வகையில், கல்முனைப் பிரதேசமானது பல பகுதிகளை உள்ளடக்கியிருப்பதனால் பல்வேறு நில அம்சங்களை கொண்டிருப்பதோடு சனத்தொகை அதிகரிப்பு, குடியிருப்பு நெருசல், நகரமயமாக்கத்தின் தாக்கம், நிலப்பற்றாக்குறை போன்ற காரணிகளால் இப் பிரதேச பசுமைப் போர்வையில் மாற்றமும் ஏற்படுகின்றது (Naja & Kaleel, 2019). இதன் விளைவாக, இப் பிரதேசத்தில் பல இடங்களில் தாவரப் போர்வையானது கூடிக்குறைந்துள்ள போக்கினை கொண்டிருப்பதுடன் பல்வேறு சூழலியல் பிரச்சினைகளையும் எதிர்நோக்கவேண்டியதாகவுமுள்ளது. அந்த வகையில், இப் பிரதேசத்தில் பசுமையில் ஏற்படும் மாற்றங்களினை மதிப்பீடு செய்வதில் மற்றும் இவ்வாய்வு பிரதேசம் நகர்ப்புறமாகவும் சனச்செறிவானது அதிகமானதாகவும் காணப்படுவதனால் இப் பகுதியில் பசுமை தொடர்பான ஆய்வு அவசியமாக அமைகின்றது.

இவ்வாய்வின் பிரதான நோக்கமாக காணப்படுவது கல்முனைப் பிரதேசத்தில் பசுமை போர்வையில் ஏற்படும் மாற்றத்தினை பகுப்பாய்வு செய்வதாகும். அத்துடன் இவ்வாய்வின் துணை நோக்கமாக இப்பிரதேசத்தில் பசுமைப் போர்வையில் மாற்றம் ஏற்பட்டு வருவதற்கான காரணங்களை கண்டறிவதாகவும் காணப்படுகின்றது.

2. இலக்கிய மீளாய்வு

தற்போதைய உலகம் நகரமயமாக்கத்தை நோக்கி முன்னேறி செல்வதால் பசுமைப் போர்வை குறைவும் அது சார்ந்த பிரச்சினைகளும் உலகளவில் எழுந்துள்ளதன் அடிப்படையில் இத்தலைப்புத் தொடர்பாக சில ஆய்வுக் கட்டுரைகள், கட்டுரைகள், சஞ்சிகைகள் என்பன வெளியிடப்பட்டுள்ளன. அவ்வாறானவற்றிலிருந்து இவ்வாய்வுக்கான சில தகவல்கள் திரட்டப்பட்டுள்ளது.

Akakpo et al., (2023) ஆய்வானது நகர்ப்புற விரிவாக்கத்தின் காரணமாக நகர்ப்புற பசுமை மற்றும் வாழ்க்கைத் தரத்திற்கு ஏற்படும் சிக்கல்களை பற்றியும் சமூக-பொருளாதார பண்புகள், நகர்ப்புற பசுமை பண்புகள் மற்றும் முக்கியத்துவம், நகர்ப்புற பசுமை முகாமைத்துவம் மற்றும் திட்டமிடல் பற்றிய கருத்துக்களை தெளிவுபடுத்துவதோடு நகர்ப்புற பசுமையை மேம்படுத்துவதில் ஈடுபடுவதற்கான மக்களின் விருப்பத்தை விளக்கும் மாறிகளை ஆராய சில பகுப்பாய்வு பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. தற்போதுள்ள 80% நகர்ப்புற பசுமைகள் பெரும்பாலும் நகரத்தின் மையப்பகுதியில் அமைந்துள்ளன என்பதையும், இந்த பசுமைப் பகுதிகளின் அடர்த்தி மற்றும் பன்முகத்தன்மையின் நிலை ஒவ்வொரு நகரத்தின் மாவட்டங்களிலும் வித்தியாசமாக உணரப்பட்டது என்பதையும் ஆய்வு முடிவுகள் வெளிப்படுத்துகின்றன. பொதுமக்களின் பங்கேற்பு குறைவாக இருப்பதாக உணரப்படுவதோடு உள்ளூர் சமூகங்களுடனான நிறுவன ஒத்துழைப்பு, கல்வி நிலை மற்றும் நகர்ப்புற பசுமை மேம்பாட்டில் மக்களின் ஈடுபாட்டை வளர்ப்பதற்கு பசுமையாக்கத்தின் நன்மைகள் பற்றிய அறிவு மேம்படுத்தப்பட வேண்டும்.

Kuroda & Sugasawa (2023) என்ற ஆய்வு, அடர்ந்த பசுமையை (பூங்காக்கள் மற்றும் காடுகள்) விட சிதறிய பசுமையின் (தெரு மரங்கள் மற்றும் புதர்கள்) தாக்கத்தை ஆராய்கின்றது. உயர் தெளிவுத்திறன் கொண்ட செயற்கைக்கோள் படங்களிலிருந்து நகர்ப்புற பசுமையான இடத்தை அடையாளங்கண்டுள்ளதோடு பசுமையை அண்டிய பகுதிகளில் சொத்துக்களின் விலை அதிகரிக்கின்ற அதே சமயம் தொலைதூரத்தில் சிதறிய பசுமை காணப்படும் இடங்களில் விலை குறைத்துள்ளது. சொத்து பண்புகள் மற்றும் இருப்பிடத்தின் அடிப்படையில் நகர்ப்புற பசுமை குறிப்பிடத்தக்களவு பன்முகத்தன்மை இருப்பதை இந்த ஆய்வு வெளிப்படுத்துகின்றது.

இதில், நகரங்களின் பசுமையான இடங்களின் சிறப்பு, முக்கியத்துவம் முழுமையாக எடுத்துக்காட்டப்பட்டுள்ளது. நகர்ப்புற வாழ்க்கையின் தரத்தை மேம்படுத்த பசுமையான இடங்கள் முக்கியமான ஒன்றாகும் என்பதை இவ்வாய்வு கூறுகின்றது. மேலும் காலநிலை ஒழுங்குமுறை, மாசுபடுத்துதல் மற்றும் வெள்ளக் கட்டுப்பாடு போன்ற சுற்றுச்சூழல் அமைப்பு சேவைகளை வழங்குவதன் மூலம் அவை மனித நல்வாழ்வுக்கு பங்களிக்கின்றன. இப்பசுமையான இடங்கள் நகர்ப்புற வெப்பத் தீவுகளைக் குறைக்கவும் நகரமயமாக்கப்பட்ட சூழலில் குளிர் தீவுகளை உருவாக்கவும் உதவுகின்றது. நகர்ப்புற பூங்காக்கள் நகரங்களுக்கு பொருளாதார மதிப்பை வழங்குகின்றன. அவற்றின் அருகாமையில் உள்ள சொத்துக்களின் மதிப்பு அதிகரித்துள்ளது. நகரங்களின் காலநிலை மாற்றத்திற்கு நகர்ப்புற தாவரங்கள் அடிப்படைப் பங்காற்றுகின்றன. பசுமைப் பகுதிகள் மற்ற நகர்ப்புற இடங்களைக் காட்டிலும் குறைந்த வெப்பநிலையை உணர முடியும் (Arellano & Roca, 2022).

இந்தனேசியாவின் வடக்கு சுமத்திராவின் லங்காட் ரீஜென்சியின் கடலோர தாவர அடர்த்தி மாற்றங்களினை அவதானிப்பதாக அமைகின்ற ஆய்வில் 2008 மற்றும் 2016 நிலப்பட தரவுகள் NDVI மதிப்புகளை கணக்கிட பயன்படுத்தப்பட்டதுடன் கடற்கரை பகுதியில் தாவர அடர்த்தியை மதிப்பிட நிலப்படங்கள் மற்றும் NDVI முறை என்பன பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன. இங்கு அடர்த்தியில் மாற்றம் ஏற்பட்டமைக்கு சதுப்பு நிலங்கள் மீன் குளங்களாக மாற்றப்பட்டது, கரிக்காக சதுப்பு நில மரங்கள் வெட்டியது போன்ற நிலப் பயன்பாட்டு மாற்றங்களே காரணமாகும் என கருதுகிறார் (Sumatera, 2019). அதேபோல பொரும்பாலும் நகர்ப்புற பகுதியில் பசுமை குறைவுக்கு கட்டடப்பகுதிகளின் விரிவாக்கம், காட்டுவள சுரண்டலினால் ஏற்பட்ட தரிசு நில அதிகரிப்பு, குறைந்த மழைவீழ்ச்சி போன்றன காரணங்களாக அமைகின்றன (Begum et al., 2023).

Koricho & Song (2021) ஆய்வானது எத்தியோப்பியாவில் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட நகரங்களில் பசுமை உள்கட்டமைப்பை ஆராய்ந்து மேம்படுத்துவதற்காக மேற்கொள்ளப்பட்டது. இதன் மூலம் சில பகுதிகள் நன்கு பசுமையானவையாகவும் இன்னும் சில பகுதி குறைந்தளவு பசுமை கொண்டதாகவும் காணப்படுகின்றது. இந்த ஆய்வானது பசுமை குறைவாக உள்ள பகுதிளில் முகாமைத்துவத்தின் அவசியம் பற்றி பேசுகின்றது. அத்துடன் 2004 ஆம் ஆண்டு இந்தியப் பெருங்கடல் பூகம்பம் மற்றும் சுனாமி ஏற்படுத்திய சேதத்திற்குப் பிறகு மேற்கு ஆச்சேயின் கடற்கரைப் பகுதியில் தாவர அடர்த்தியில் ஏற்பட்ட மாற்றங்களை ஆய்வு செய்ய OLI செயற்கைக்கோள் படங்கள் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. இங்கு தாவர அடர்த்தியில் ஏற்பட்ட மாற்றங்களை கண்டறிய NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) பகுப்பாய்வு, புள்ளிவிவர முறைகள் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன (Farhan & Setiaji, 2023).

நகர்ப்புறங்களில் தாவரங்கள் இல்லாதது நகர்ப்புற வெப்பத் தீவை நிறுவுவதற்கு பங்களிப்பதோடு குடியிருப்பாளர்களுக்கு வெப்ப அழுத்தத்தை அதிகரிக்கின்றது. மேலும், இதன் தாக்கம் நோயுற்ற தன்மை, இறப்புக்கு வழிவகுக்கின்றது. எனவே, நகர்ப்புற வெப்பத்தைக் குறைக்க, (குறிப்பாக நகரமயமாக்கல், மானுடவியல் வெப்பமயமாதல், வெப்ப அலைகளின் அதிர்வெண் தீவிரம்) ஆகியவற்றின்

பின்னணிக்கு எதிரான தணிக்கும் உத்திகள் தேவைப்படுகின்றன. இந்த மதிப்பாய்வில், பசுமையை அதிகரிக்க உள்கட்டமைப்பில் மேற்கொள்ள வேண்டிய முகாமைத்துவ நடவடிக்கைகள் பற்றி கவனம் செலுத்துகின்றது (Wong et al, 2021). அந்தவகையில், முறையான முகாமைத்துவ நடவடிக்கைகள், தாவரப்போர்வை குறித்து மக்களுக்கு விழிப்புணர்வு வழங்கல், அரசாங்கத்தின் புதிய வனவியல் திட்டங்கள், மொட்டை மாடிப்பயிர்ச்செய்கையினை அதிகரித்தல் போன்ற நடவடிக்கை மூலம் தாவரப்போர்வையினை பாதுகாக்க முடியும் (Begum et al., 2023). இந்நகர்ப்புற பசுமையின் இருப்பினை பகுப்பாய்வு செய்வதற்காக GIS முறைகளினை பயன்படுத்துகின்றது. இங்கு மரங்கள், புதர்கள் மற்றும் பிற நகர்ப்புற இருப்புக்களை அடையாளங்கான GIS Application பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது (Avdagić et al., 2023).

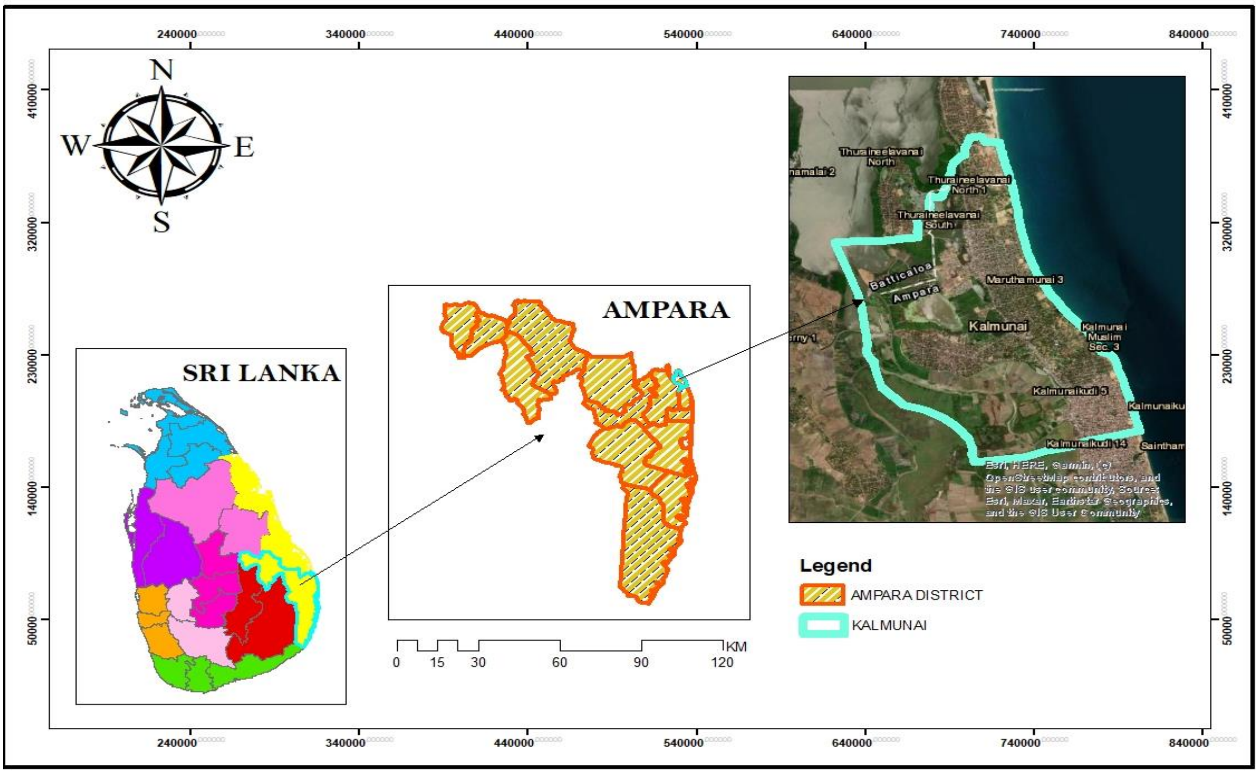
3. ஆய்வு முறையியல்

3.1 ஆய்வு பிரதேசம்

கிழக்கிலங்கையின் தென் கீழ் பிரதேசத்தின் அம்பாறை மாவட்டத்திலுள்ள கல்முனை மாநகரமானது வட அகலாங்கு 7º 25’ 00’’ கிழக்கு நெட்டாங்கு 81º 49’ 00’’ இடையில் அமைந்துள்ளது. இதனை புவியியல் ரீதியாக நோக்கும் போது, வடக்கே - மட்டக்களப்பு மாவட்டம், கிழக்கே - வங்காள விரிகுடா, தெற்கே - காரைதீவு பிரதேச சபை, மேற்கே - சம்மாந்துறை, நாவிதன்வெளி பிரதேசங்களை கொண்டமைந்துள்ளது.

கல்முனை மாநகரமானது பலதரப்பட்ட பகுதிகளைக் கொண்டிருப்பதனால் அது பல சுற்றுச்சூழல் அமைப்புகள் மற்றும் வளமான கலாச்சார பாரம்பரியம் கொண்ட ஓர் பிரதேசமாக காணப்படுகின்றது. அந்த வகையில், இப்பிரதேசத்தின் நிலப்பரப்பானது கடலோர சமவெளிகளையும் உயரமான பகுதிகளையும் கொண்டுள்ளது. இவை மணல் நிறைந்த கடற்கரைகள், ஈரநிலங்கள் மற்றும் நகர்ப்புற மண்டலங்களாக காணப்படுவதோடு கடல் அரிப்பு மற்றும் நிலநிரப்புகை போன்றவற்றால் இவை சுற்றுச்சூழல் மாற்றங்களுக்கு ஆளாகின்றன. அத்தோடு, இப்பிரதேசமானது வங்காள விரிகுடாவில் ஏற்படும் பருவமழையின் தாக்கத்தால் ஈரமான மற்றும் வறண்ட வெப்பமண்டல காலநிலையை அனுபவிக்கின்றது. நகர்ப்புற நிலப்பரப்பு, குடியிருப்பு, வணிகம் மற்றும் தொழில்துறை மண்டலங்கள், அதிக மக்கள் தொகை அடர்த்திக்கு கொண்ட பிரதேசமாக காணப்படுவதனால் பொருளாதார ரீதியாக வேகமாக நகரமயமாகியுள்ளது. இதனால் பசுமையான இடங்களை பராமரிப்பதில் பல்வேறு சவால்கள் எதிர்கொள்கின்றது.

கல்முனை பிரதேசம் பல்வேறு தாவரங்கள் மற்றும் விலங்கினங்களைக் கொண்டுள்ளது. இதில் தனித்துவமான கரையோர தாவரங்கள் மற்றும் பறவைகள் உள்ளடங்குகின்றன. அத்தோடு, உள்ளூர் சூழலின் ஒட்டுமொத்த ஆரோக்கியம் மற்றும் நிலைத்தன்மையை பேணுவதிலும் பல்லுயிர் மற்றும் சூழற்தொகுதியின் சேவைகளை வழங்குவதிலும் நகரத்திற்குள் உள்ள பசுமைப் போர்வை முக்கியமாகின்றது. இவ்வாறான சுற்றுச்சூழல் முக்கியத்துவம் இருந்தபோதிலும் நிலச் சீரழிவு, பசுமையான இடங்களின் இழப்பு போன்ற சவால்களை எதிர்கொள்கின்றது. இவ்வாறான மாற்றங்களை மதிப்பிடுவதை இந்த ஆய்வு நோக்கமாகக் கொண்டுள்ளது



படம் 01: ஆய்வுப்பிரதேசம்

Source: 10.8 மென்பொருளினை பயன்படுத்தி கணினியால் வரையப்பட்டுள்ளது.

3.2 தரவு சேகரிப்பு முறை

3.2.1 செய்மதிப்படத் தொகுதி (Satellite Imagery)

40 வருட காலப்பகுதியில் பசுமைப் போர்வையில் ஏற்பட்ட பசுமை குறைப்புகளை பகுப்பாய்வு செய்ய 1993, 2003, 2013 மற்றும் 2023 போன்ற நான்கு ஆண்டுகளின் Landsat படங்கள் யுனைடெட் ஸ்டேட்ஸ் புவியியல் ஆய்வு (USGS) அதிகாரபூர்வ இணையதளத்திலிருந்து (earthexplorer.usgs.gov) பதிவிறக்கம் செய்யப்பட்டது.

அட்டவணை 1 : Landsat செய்மதிப்படம் தரவு விபரங்கள்

Year	Image Type	Date	Cloud Type
1993	Landset - 5	07.04.1992	5%
2003	Landset - 7	13.03.2003	5%
2013	Landset - 8	24.09.2013	5%
2023	Landset - 9	05.04.2023	5%

Source: டிஜிட்டல் தரவினைப் (Digital Data) பயன்படுத்தி ஆய்வாளர்களால் வரையப்பட்டது.

3.2.2 Cropping Image

இந்த ஆய்வில் மேற்கொள்ளப்படும் முன்செயலாக்க செயல்முறைகளில் ஒன்று Cropping Image ஆகும். Cropping Image என்பது ஆராய்ச்சி பகுதிக்கு ஏற்ப படப்பகுதியை கட்டுப்படுத்தி மையப்படுத்துவதை நோக்கமாகக் கொண்டுள்ளது. கூடுதலாக, வெட்டுதல் செயலாக்கம் பகுப்பாய்விற்கு பங்களிக்கின்றது. பொதுவாக, Landsat படத்தரவின் அளவு பெரியளவில் உள்ளது. எனவே, இந்த செயல்முறை படப்பகுதியை போதுமான அளவாக மாற்றி தரவு செயல் ஆக்கத்தின் போது நினைவக திறனை குறைக்கும்.

3.2.3 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

இந்த ஆய்வில் 1993, 2003, 2013 மற்றும் 2023 ஆம் ஆண்டுகளில் எடுக்கப்பட்ட செயற்கைக்கோள் படங்களின் அடிப்படையில் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியில் உள்ள தாவரப் போர்வை மாற்றங்களின் பகுப்பாய்வுக்கு பயன்படுத்தப்படும் முதன்மை முறையான NDVI டெலரிஸ்கா மற்றும் சாஸ்மிட்டோ போன்ற ஆய்வுகளில் இது ஒரு மதிப்புமிக்க கருவி என்று கூறப்பட்டது. இதன் மூலம் வரலாற்று தாவர நிலைமைகளை புரிந்து கொள்வதோடு அதன் தற்போதைய நிலையை கண்காணிக்கவும் அதன் எதிர்காலம் பற்றிய கணிப்புகளை உருவாக்கவும் உதவுகின்றது. பூமியின் மேற்பரப்பில் NDVI ஆனது தாவர வாழ்க்கையின் அடர்த்தி மற்றும் இருப்பு பற்றிய நுண்ணறிவுகளை வழங்கும் தாவரக் குறியீடாக செயல்படுகின்றது. அத்துடன், இந்த NDVI தாவரங்களின் பசுமையை அளவிட பயன்படுவதோடு தாவர அடர்த்தியைப் புரிந்துகொள்வதற்கும் தாவர ஆரோக்கியத்தில் ஏற்படும் மாற்றங்களை மதிப்பிடுவதற்கும் பயனுள்ளதாக இருக்கும். பாரம்பரிய பாணியில் சிவப்பு (R) மற்றும் அருகிலுள்ள அகச்சிவப்பு (NIR) மதிப்புகளுக்கு இடையேயான விகிதமாக NDVI கணக்கிடப்படுகின்றது. இந்த NDVI எளிய கணித சமன்பாட்டின் அடிப்படையிலே கணக்கீடுகளை மேற்கொள்கின்றது. பின் இது மூல செயற்கைக்கோள் தரவை தாவர குறியீடுகளாக மாற்றுகின்றது.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

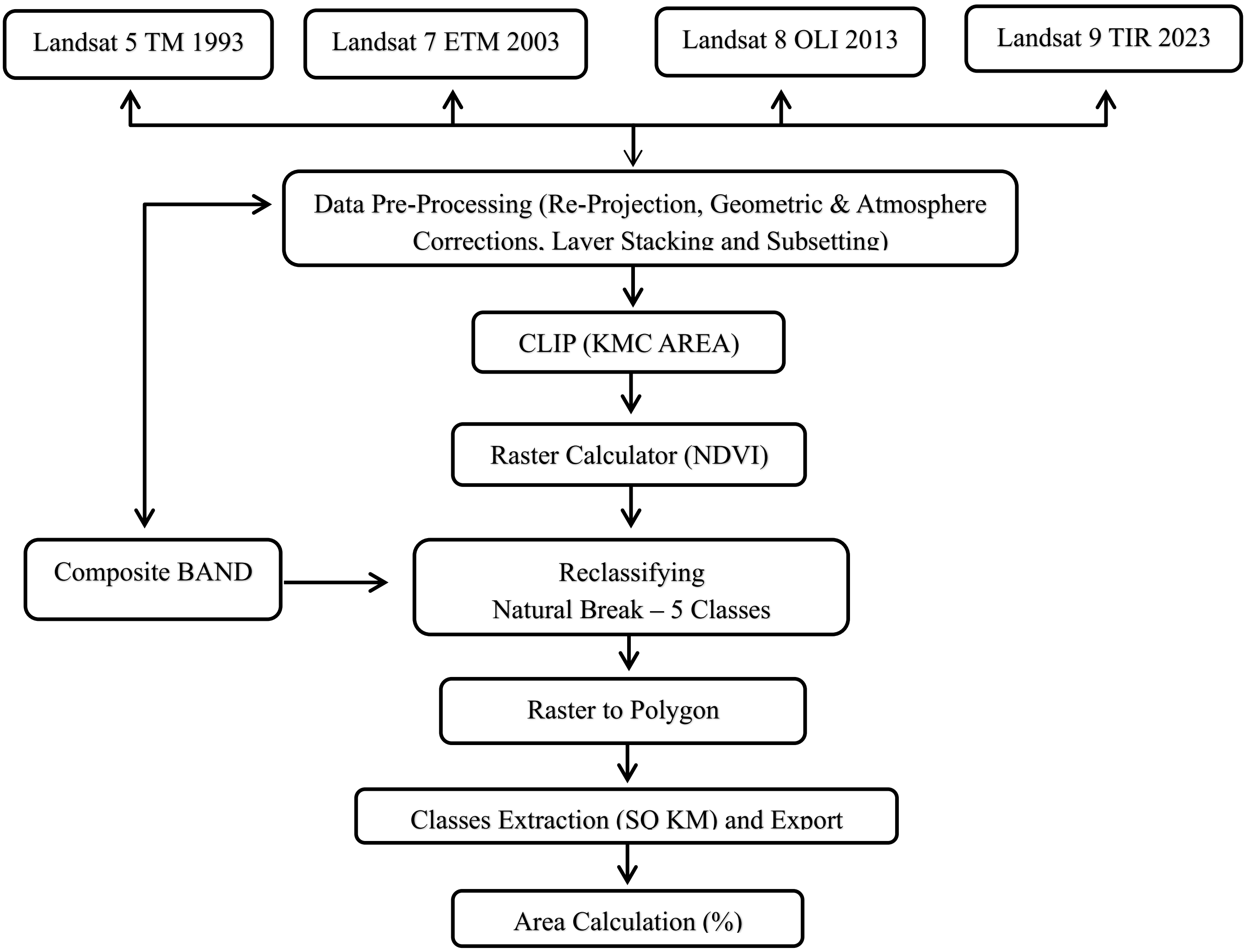
NIR – Reflectance value of infra – Red band

RED – Reflectance value of the Red band

NDVI சமன்பாடானது NIR இல் இருந்து Red band ஐக் கழித்து வரும் பெறுமானத்தை NIR உடன் Red band ஐ கூட்டி வரும் பெறுமானத்தால் வகுப்பதன் மூலம் பெறப்படுகின்றது.

Landsat படங்களுக்கான NDVI ஐக் கணக்கிடப் பயன்படுத்தப்படும் Band கள் வேறுபட்டவை. இந்த ஆய்வில், Landsat 5, Landsat 7, Landsat 8, Landsat 9 போன்ற Band கள் பயன்படுத்தப்பட்டன. இதன்படி, Landsat 5, Landsat 7 செயற்கைக்கோள் படங்களுக்கான NDVI ஐக் கணக்கிட Band 4 – Band 3 / Band 4 + Band 3 எனும் சமன்பாடும் Landsat 8, Landsat 9 செயற்கைக்கோள படங்களுக்கான NDVI ஐக் கணக்கிட Band 5 – Band 4 / Band 5 + Band 4 எனும் சமன்பாடும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

3.2.4 ஆய்வு வழிமுறை (Research Procedure)



படம் 2: ஆய்வின் வழிமுறைகளைக் காட்டும் பாய்ச்சல் கோட்டு விளக்கப்படம்

கல்முனைப் பிரதேசத்தின் நகரமயமாதலின் பின்னணியில் தாவரப் போர்வை மாற்றங்களை கண்டறிவதில் Band Composite படங்கள் பல நன்மைகளை வழங்குகின்றன. இந்த நன்மைகள் நகரமயமாக்கல் காரணமாக தாவரப் போர்வை மாற்றங்களின் காட்சி மற்றும் பகுப்பாய்வு சான்றுகளை வழங்குகின்றன. Band Composite பல நிறகலவை BAND களை ஒருங்கிணைக்கின்றன. அவை அருகில் உள்ள அக சிவப்பு வரம்பில் உள்ளவை உட்பட இது தாவர ஆரோக்கியத்துக்கு அதிக உணர்திறன் கொண்டது. இது பல்வேறு வகையான நிலப்பரப்புகளுக்கு இடையில் பாகுபாடு காட்டும் திறனை மேம்படுத்துகின்றது. நகர்ப்புறங்களில் முன்னிலையில் தாவர மாற்றங்களை எளிதாக கண்டறிய உதவுகின்றது.

3.3 தரவுப் பகுப்பாய்வு

தரவுப் பகுப்பாய்வாய்வானது இயல்பாக்கப்பட்ட வேறுபாடு தாவர பகுப்பாய்வு அட்டவணையின் பகுப்பாய்வு NDVI யை 1993, 2003, 2013 மற்றும் 2023 ஆண்டுகளுக்கு இடையில் கல்முனைப் பிரதேசத்தில் தாவரத்தில் ஏற்பட்ட மாற்றங்களை ஆராய்வதற்கு NDVI முறையில் காணப்படும் சமன்பாட்டினை பயன்படுத்தி மேற்கொள்ளப்படுகின்றது. மேலும், இந்த பகுப்பாய்வு தாவரங்களின் மாற்றங்கள் பற்றிய நுண்ணறிவுகளைப் பெற உதவுவதுடன் தாவரங்களின் ஆரோக்கியம் மற்றும் பாதுகாப்பு ஆகியவற்றை அளவிட பயன்படுகின்றது.

United States Department Of Agriculture கருத்துப் படி, “இயல்பாக்கப்பட்ட வேறுபாடு தாவர அட்டவணை (NDVI) என்பது நிலப்பரப்பில் உள்ள தாவரங்களின் அளவு மற்றும் வீரியத்தின் அளவீடு ஆகும். மேலும், NDVI இடஞ்சார்ந்த கலப்புப் படங்கள் வெறும் மண்ணிலிருந்து பச்சைத் தாவரங்களை மிக எளிதாக வேறுபடுத்திக் காட்டுவதற்காக உருவாக்கப்பட்டன. பொதுவாக, NDVI மதிப்புகள் -1.0 முதல் 1.0 வரையில் இருக்கும். மேகங்கள் மற்றும் நீரைக் குறிப்பது எதிர்மறை மதிப்புகளாக இருக்கும். வெற்று மண் பூஜ்ஜியம் தொடக்கம் நேர்மறை மதிப்புகளாக இருக்கும். அரிதான தாவரங்கள் (0.1 - 0.5) முதல் அடர்த்தியான பச்சை தாவரங்கள் 0.6 வரையாக NDVI இன் அதிக நேர்மறை மதிப்புகள் காணப்படும்.”

அத்தோடு, நன்கு அறியப்பட்ட மற்றும் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படும் NDVI என்பது பச்சைத் தாவரங்களை அளவிடுவதற்கான எளிய மற்றும் பயனுள்ள குறியீடாகும். இது சிவப்பு அலைநீளங்களில் குளோரோபில் உறிஞ்சுதலுடன் அருகிலுள்ள அகச்சிவப்பு அலைநீளங்களில் பச்சை இலைச் சிதறலை இயல்பாக்குகின்றது. “NDVI இன் மதிப்பு வரம்பு -1 முதல் 1 வரை உள்ளது. இதில் NDVI இன் எதிர்மறை மதிப்புகள் (அருகில் வரும் மதிப்புகள் -1) தண்ணீருக்கு ஒத்திருக்கும். பூஜ்ஜியத்திற்கு நெருக்கமான மதிப்புகள் (-0.1 முதல் 0.1 வரை) பொதுவாக பாறை, மணல் அல்லது பனியின் தரிசுப் பகுதிகளுக்கு ஒத்திருக்கும். குறைந்த, நேர்மறை மதிப்புகள் புதர் மற்றும் புல்வெளியைக் குறிக்கின்றன (தோராயமாக 0.2 முதல் 0.4 வரை), அதிக மதிப்புகள் மிதமான மற்றும் வெப்பமண்டல மழைக்காடுகளைக் குறிக்கின்றன (sentinelhub, 2017).

NDVI முறையானது தாவரங்கள் குணாதிசயங்கயின் படி, வெவ்வேறு வரம்பு மதிப்புகளான -0.1, -0.09, 0.14, 0.06, 0.28, 0.35 மற்றும் 0.5 போன்றவற்றை காட்டுகின்றது. இதனால் NDVI வரைபடத்தை வகைப்படுத்த ஆய்வுகளில் Natural breaks (jenks) முறையின் NDVI Class Range கள் பயன்படுத்தப் படுகின்றது (Perminder Singh & Ovis Javeed, 2021). எனவே, Perminder Singh & Ovis Javeed என்பவர்கள் இந்தியாவின் காஸ்மீர் நகரின் நிலப்பரப்பு மாற்றங்களின் அடிப்படையிலான NDVI மதிப்பீட்டு ஆய்வில் NDVI வரைபடத்தை வகைப்படுத்த பயன்படுத்திய Natural breaks (jenks) முறையினை இந்த ஆய்வில் NDVI வரம்புகளைப் வகைப்படுத்த பயன்படுத்தப் பட்டுள்ளது. இது எங்கள் ஆய்வுப் பிரதேசத்தின் தனித்துவமான தேவைகள் மற்றும் பண்புகளைப் வெளிப்படுத்த பொருத்தமாக உள்ளது.

அட்டவணை 2: நிலத்திற்கு பொருத்தமான NDVI நிற வரம்புகள் (Colour Ranges)

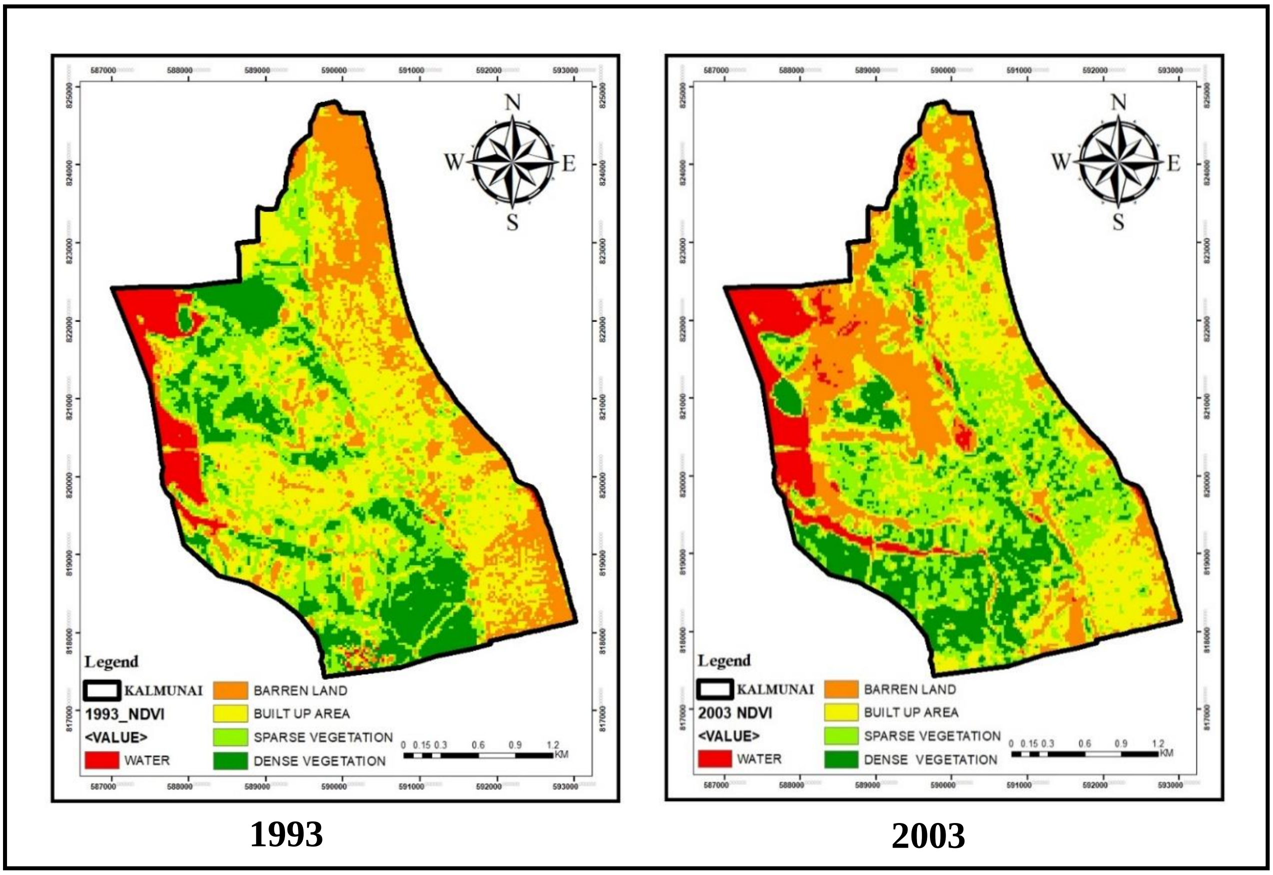
வகுப்பு (Class)	NDVI Colour Ranges
நீர் நிலைகள்	சிவப்பு நிறம்
தரிசு நிலம்	செம்மஞ்சள் நிறம்
குடியிருப்பு பகுதி	மஞ்சள் நிறம்
அரிதான தாவரப் பகுதி	வெளிர் பச்சை நிறம்
அடர் தாவரப் பகுதி	அடர் பச்சை நிறம்

Source: ArcGIS 10.8 மென்பொருளைப் பயன்படுத்தி உருவாக்கப்பட்டது.

4. பகுப்பாய்வும் கலந்துரையாடலும்

4.1 கல்முனை பிரதேசத்தின் 1993 – 2003 ஆம் ஆண்டுகளுக்கான NDVI பகுப்பாய்வு

NDVI வரைபடமானது நிற அளவைப் பயன்படுத்தி தாவரங்களின் அடர்த்தி நிலையைக் காட்டுகின்றது. இங்கு அடர் பச்சை முதல் செம்மஞ்சள் மற்றும் சிவப்பு நிறங்கள் உள்ளிட்ட பல நிறங்கள் வரையிலான நிற வரம்புகள் (Colour Range) உள்ளன. இவ் வரைபடத்தில் அடர் பச்சை நிறத்தில் காட்டப்படும் பகுதிகள் உயர் NDVI மதிப்புகளினை கொண்டுள்ளது. அந்த வகையில், அடர் பச்சை நிறத்தில் காட்சிப் படுத்தப்படுவது பசுமைப் பகுதிகளை குறிக்கின்றது. அத்தோடு, இவ் வரைபடத்தில் வெளிர் பச்சை நிறப் பகுதிகள் அரிதான தாவர மதிப்புகளைக் குறிக்கின்றது. இவை நன்கு பராமரிக்கப்பட்ட விவசாய நிலம், புதர்கள், கலப்பு தாவரங்கள், செழிப்பான புல்வெளிகள் உள்ளிட்ட அடர்த்தி குறைந்த தாவரப் பகுதியைக் கொண்டிருக்கலாம். அதேபோல், மஞ்சள் நிறப்பகுதிகளால் காட்டப்படுவது நகர்ப் பகுதியைக் குறிக்கின்ற அதேவேளை செம்மஞ்சள் நிற பகுதிகளால் காட்சிப்படுத்தப்படுவது தாவரமற்ற அல்லது தரிசு நிலப்பகுதியைக் குறிக்கின்றது. மேலும், சிவப்பு நிறத்தில் காணப்படும் பகுதிகள் நீர்நிலைகளைக் குறிக்கின்றன.



படம் 3: கல்முனைப் பிரதேசத்தின் 1993 – 2003 ஆம் ஆண்டுகளுக்கான NDVI வரைபடம்

அந்த வகையில், கல்முனை பிரதேசத்தில் 1993 இன் NDVI வரைபடத்தில் வடக்குப் பகுதியானது முதன்மையாக செம்மஞ்சள் நிறத்திலும், சிறியளவு மஞ்சள், வெளிர் பச்சை நிறத்திலும் உள்ளது. இங்கு செம்மஞ்சள் நிறமானது தாவரமற்ற அல்லது தரிசு நிலப் பகுதியினையும் சிறியளவு மஞ்சள் நிறமானது சமீபத்தில் குடியிருப்பு பகுதிகளாக உருவாகிய பகுதியாகும். அத்தோடு வெளிர் பச்சை நிறமானது குறைந்தளவான அரிதான தாவரங்களைக் கொண்ட பகுதியாகக் காணப்படுகின்றது. இவ்வாறாக, கிழக்குப் பகுதியில் அதிகளவு மஞ்சள் நிறமும் மிகக் குறைந்தளவு செம்மஞ்சள் நிறமும் காணப்படுகின்றது. அந்த வகையில், அதிகளவு குடியிருப்பு பகுதிகளும் மிகக் குறைந்தளவு தரிசு நிலப் பகுதிகளையும் கொண்டுள்ளது. அதேபோல, தெற்கு பகுதியை நோக்கினால் அதிகளவு அடர் பச்சை நிறமானது அடர்ந்த தாவரப்போர்வைக் கொண்ட பகுதியாகும். இவை சிறியளவு வனப் பகுதி, வயல்வெளிகள், புல்வெளிகள் கொண்ட அடர்ந்த பசுமைப் பகுதியாகும். மேலும், சிவப்பு நிறத்தைக் கொண்ட மேற்கு பகுதியானது நீர்நிலைகளைக் குறிக்கின்றது. இவை Marandi Kulam, Vidnai Kulam, Periya Kulam, Alvan Kulam,

Diriline Kulam போன்ற சிறிய நீரேந்து பிரதேசத்தையும் கொண்ட பகுதியாகும். அத்தோடு, மத்திய பகுதியானது அதிகளவு மஞ்சள் மற்றும் சிறியளவு அடர் பச்சை நிறப் பகுதியால் காட்சிப்படுத்தப் படுவது நகர்பகுதியையும் குறைந்தளவு தாவரப்போர்வையையும் கொண்ட பகுதியாகும்.

இந்த தகவல் பிரித்தெடுக்கப்பட்ட NDVI தரவு படம் 3 இல் காட்சிப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. இவ்வாறாக, 1993 ஆம் ஆண்டில் கல்முனை பிரதேசத்தின் நீர்நிலையானது 1.2 கி.மீ பரப்பளவில் காணப்படுகின்றது. இது மொத்தப்பரப்பில் 5.5% ஆகும். குடியிருப்புப் பகுதியானது 8.4 கி.மீ ஆக காணப்படுகின்றது. இது மொத்தத்தில் 37.5% ஆகும். அத்தோடு, தரிசு நிலம் 4.5 கி.மீ பரப்பளவை உள்ளடக்கியது. இது மொத்தத்தில் 19.8% ஆகும். மேலும், தாவரப் போர்வையில் 4.7 கி.மீ பரப்பில் அரிதான தாவரங்களும் 3.6 கி.மீ பரப்பில் அடர்ந்த தாவரங்களும் கொண்டுள்ளது. இவை மொத்த பரப்பில் 21.1% , 16.1% ஆகவும் காணப்படுகின்றது.

சுருக்கமாக, 1993 ஆம் ஆண்டில் கல்முனை பிரதேசத்தின் மொத்த பரப்பளவில் தாவரங்கள் 37.2% ஆகும். மேலும், 62.8% நிலம் தாவரமற்ற பகுதிகளாகும். இங்கு 5.5% நீர்நிலைகளை கொண்டுள்ளது(அட்டவணை 3).

அட்டவணை 3: 1993 – 2003 ஆம் ஆண்டுகளில் கல்முனைப் பிரதேசத்தின் NDVI மதிப்புகளின் பரம்பல்

வகுப்பு (Class)	**NDVI Colour Ranges**	**Area (சதுர கி.மீ)**	
		1993	**2003**
நீர் நிலைகள்	சிவப்பு நிறம்	1.2	1.6
தரிசு நிலம்	செம்மஞ்சள் நிறம்	4.5	4.9
குடியிருப்பு பகுதி	மஞ்சள் நிறம்	8.4	6.5
அரிதான தாவரப் பகுதி	வெளிர் பச்சை நிறம்	4.7	6.0
அடர் தாவரப் பகுதி	அடர் பச்சை நிறம்	3.6	3.6

Source: ArcGIS 10.8 மென்பொருளைப் பயன்படுத்தி உருவாக்கப்பட்டது.

இதனடிப்படையில், 2003 ஆம் ஆண்டுக்கான NDVI வரைபடமானது 1993 ஆம் ஆண்டு வரைபடத்தில் இருந்து தெளிவாக வேறுபடுவதை காணமுடியும். இது தாவரங்களின் பரப்பில் அதிகளவான மாற்றங்களை எடுத்துக் காட்டுகின்றது. இத்தரவானது படம் 3 இல் காட்சிப்படுத்தப் பட்டுள்ளது.

அந்த வகையில், கல்முனை பிரதேசத்தில் 2003 இன் NDVI வரைபடத்தில் வடக்குப் பகுதியானது முதன்மையான செம்மஞ்சள் நிறமானது தாவரமற்ற தரிசு நிலப் பகுதியினையும், குறைந்தளவான மஞ்சள் நிறமானது சமீபத்தில் குடியிருப்பு பகுதிகளாக உருவாகிய பகுதியும், அத்துடன் சிறியளவு அரிதான தாவரங்களைக் கொண்ட பகுதியாகக் காணப்படுகின்றது. இவ்வாறாக, கிழக்குப் பகுதியில் அதிகளவு அரிதான தாவரப் போர்வையும், குறைந்தளவு குடியிருப்பு பகுதிகளும் மிகக் குறைந்தளவு தரிசு நிலப் பகுதிகளையும் கொண்டுள்ளது. அதேபோல, தெற்கு பகுதியை நோக்கினால், அடர்ந்த தாவரப்போர்வைக் கொண்ட பகுதியாகும். இவை வனப் பகுதி, வயல்வெளிகள், புல்வெளிகள் கொண்ட அடர்ந்த பசுமைப் பகுதியாகும். மேலும், மேற்கு பகுதியானது அதிகளவு நீர்நிலையினையும் தரிசு நிலங்களையும் குறிக்கின்றது. இதில் மத்திய பகுதியானது அதிகளவு அடர் மற்றும் அரிதான தாவரப் போர்வையையும் குறைந்தளவு தரிசு நிலப் பகுதியினையும் கொண்டுள்ளது. இந்த தகவல் பிரித்தெடுக்கப்பட்ட NDVI தரவு படம் 3 இல் காட்சிப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. 2003 ஆம் ஆண்டு இப்பிரதேசத்தில் நீர்நிலைகள் 1.6 கி.மீ ஆகக் காணப்படுகின்றது. இது மொத்தப்பரப்பில் 7.2% ஆகும். இருப்பினும் தரிசு நிலமானது 4.9 கி.மீ ஆக விரிவடைந்துள்ளது. இது மொத்த நிலப்பரப்பில் 21.7% ஆக காணப்படுகின்றது. அத்துடன் கட்டிடப் பகுதியானது 6.5 கி.மீ காணப்படுகின்றது. இது மொத்தப்பரப்பில் 28.7% ஆக காணப்படுகின்றது.

மேலும், 6 கி.மீ பரப்பில் அரிதான தாவரங்களும் 3.6 கி.மீ பரப்பில் அடர்ந்த தாவரங்களும் காணப்படுவதோடு இவை மொத்த பரப்பில் 26.4%, 15.9% உம் ஆக காணப்படுகின்றது.

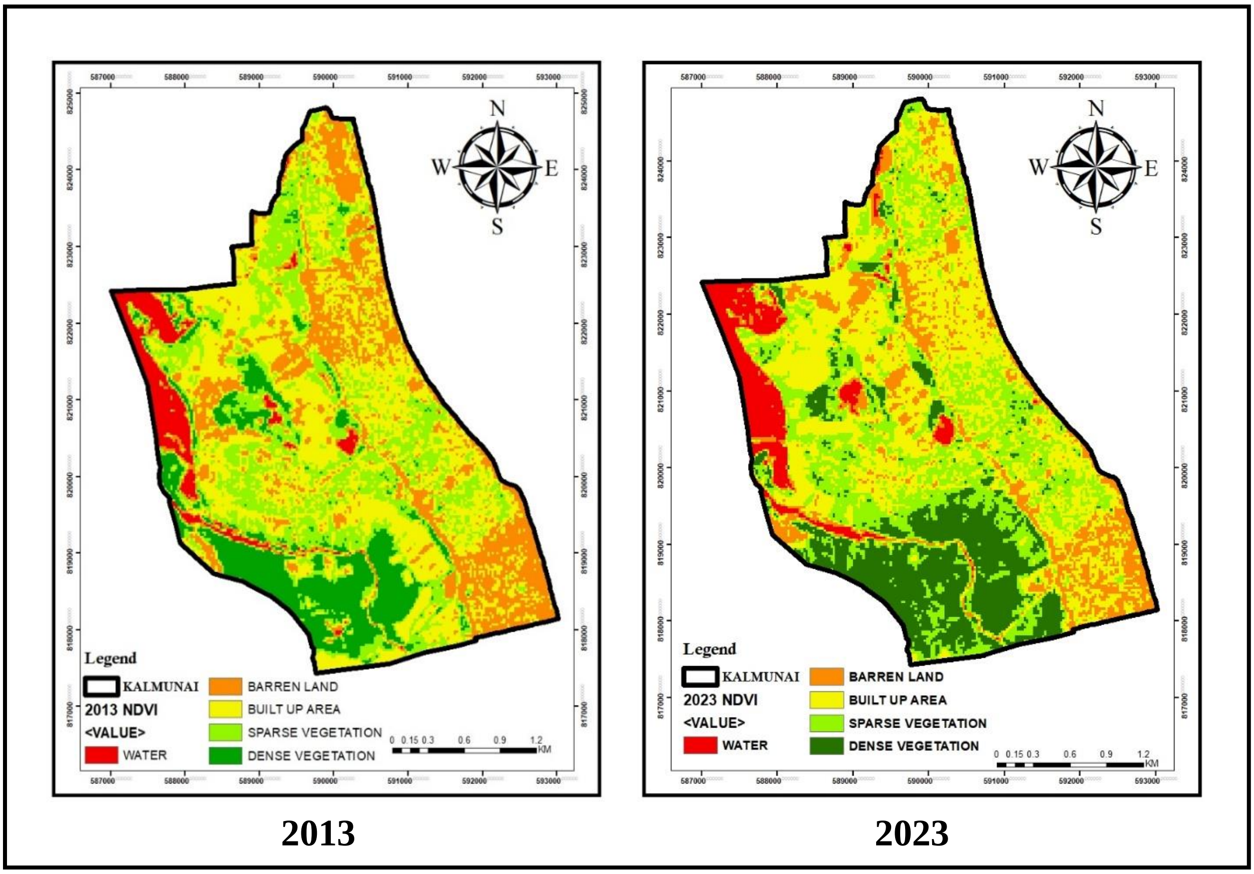
2003 மற்றும் 1993 இன் NDVI வரைபடங்களுக்கு இடையே ஒப்பிட்டு நோக்கும் போது குறிப்பிடத்தக்க மாற்றங்களை அவதானிக்க கூடியதாயுள்ளதோடு கடந்த 10 ஆண்டுளில் தாவரப் போர்வையில் ஏற்பட்ட மாற்றங்களையும் காண முடிகின்றது. கல்முனை பிரதேசத்தில் 1993 இன் NDVI வரைபடத்தில் குறிப்பிட்ட வருடத்தில் தாவரங்களின் ஆரோக்கியம் மற்றும் பரவல் பற்றிய தெளிவான விளக்கத்தை வழங்குகின்றது. இது உள்ளூர் சூழலின் நிலை பற்றிய நுண்ணறிவுகளையும் வழங்குகின்றது. தாவர உறைகளின் இயக்கவியலைப் புரிந்து கொள்ள உதவுகின்றதோடு நிலப் பயன்பாடு, தாவரங்கள் மற்றும் காலப்போக்கில் மனித நடவடிக்கைகளின் தாக்கம் ஆகியவற்றில் ஏற்படும் மாற்றங்களைக் கண்காணிப்பதற்கான மதிப்பு மிக்க குறிப்பு புள்ளியாக இந்த வரைபடம் செயல்படுகின்றது (படம் 3).

சுருக்கமாக, 2003 இல் கல்முனை பிரதேசமானது அதன் மொத்த பரப்பில் 42.3% பகுதிகளில் தாவரங்களின் விரிவான பரம்பலைக் கொண்டிருந்ததுடன் மீதமுள்ள 57.7% தாவரமற்ற பகுதிகளை கொண்டுள்ளது. 1993 இல் இருந்து 2003 ஆம் ஆண்டுகளுக்குள் NDVI வரைபடங்களில் காட்சிப்படுத்தப்பட்டுள்ளதன் படி, இப்பகுதியில் தரிசு நிலமானது 1.9% ஆகவும் தாவர பரப்பானது 5.1% ஆகவும் அதிகரித்துள்ளதோடு குடியிருப்பு பகுதியானது 8.8% ஆல் குறைந்துள்ளமையினையும் காணமுடிகின்றது.

4.2 கல்முனை பிரதேசத்தின் 2013 – 2023 ஆம் ஆண்டுகளுக்கான NDVI பகுப்பாய்வு

2013 ஆம் ஆண்டு NDVI வரைபடமானது 2003 ஆம் ஆண்டு வரைபடத்திலிருந்து வேறுபடுவதை படம் 4 ஆனது தெளிவாக காட்டுகின்றது. குறிப்பாக, இப்பிரதேசத்தில் தாவரப்போர்வையில் இடம்பெற்ற அதிகளவான மாற்றப் போக்குகளை இது குறிக்கின்றது. கல்முனை பிரதேசத்தின் 2013 ஆம் ஆண்டு NDVI வரைபடத்தின் வடக்குப் பகுதியில் அதிகளவு தரிசு நிலப் பகுதியும் தாவரப் போர்வையை விட குறைந்தளவு குடியிருப்பு பகுதியையும் கொண்டுள்ளது. கிழக்குப் பகுதியில் அதிகளவு குடியிருப்பு பகுதியும் குறைந்தளவு தரிசு நிலப் பகுதியையும் மிகக் குறைந்தளவு தாவரப் போர்வையையும் கொண்டுள்ளது. தெற்குப் பகுதியானது அதிகளவான தாவரப் போர்வையையும் குடியிருப்பு பகுதியையும் மேற்குப் பகுதியானது நீர்நிலையையும் குடியிருப்பு பகுதியையும் ஐதான அளவு தாவரப் போர்வையையும் கொண்டுள்ள அதே வேளை மத்திய பகுதியானது செறிவானளவு தாவரப் போர்வையையும் குடியிருப்பு பகுதியையும் கொண்டுள்ளதாக காணப்படுகின்றது.

2013 மற்றும் 2003 இன் NDVI வரைபடங்களுக்கு இடையே ஒப்பிட்டு நோக்கும் போது 10 வருட கால இடைவெளியில் தாவரப் போர்வையில் குறைவினை காண முடிகின்றது. அதாவது, 2013 ஆம் ஆண்டு இப்பிரதேசத்தில் நீர்நிலைகள் 1.1 கி.மீ ஆகக் காணப்படுகின்றது. இது மொத்தப்பரப்பில் 4.9% ஆகும். தரிசு நிலமானது 4.8 கி.மீ ஆக விரிவடைந்துள்ளது. இது மொத்த நிலப்பரப்பில் 21.1% ஆக காணப்படுகின்றது. அத்தோடு கட்டிடப் பகுதியானது 8.5 கி.மீ காணப்படுகின்றது. இது மொத்தப்பரப்பில் 37.7% ஆக காணப்படுகின்றது. மேலும், 5.2 கி.மீ பரப்பில் அரிதான தாவரங்களும் 3.0 கி.மீ பரப்பில் அடர்ந்த தாவரங்களும் காணப்படுவதோடு இவை மொத்த பரப்பில் 23.2%, 13.1% உம் ஆக காணப்படுகின்றது.



படம் 4: கல்முனைப் பிரதேசத்தின் 2013 – 2023 ஆம் ஆண்டுகளுக்கான NDVI வரைபடம்

சுருக்கமாக, 2013 இல் கல்முனை பிரதேசத்தின் மொத்த பரப்பில் 36.3% பகுதிகளில் தாவரங்களின் விரிவான பரம்பலைக் கொண்டிருந்ததுடன் மீதமுள்ள 63.7% தாவரமற்ற பகுதிகளை கொண்டுள்ளது. 2003 இல் இருந்து 2013 ஆம் ஆண்டுக்குள்ளான காலப்பகுதியில் நிலப்பரப்பு பயன்பாடு மற்றும் தாவரப் பரம்பலில் பல்வேறு மாற்றங்களை காண முடிகின்றது. இப்பகுதியில் நீர் நிலையானது 2.3% ஆகவும் தாவர பரப்பானது 6% ஆகவும் குறைந்துள்ளதோடு தரிசு நிலமானது 0.6% ஆகவும் குடியிருப்பு பகுதியானது 9% ஆகவும் அதிகரித்துள்ளமையினையும் காணமுடிகின்றது.

அட்டவணை 4: 2013 – 2023 ஆம் ஆண்டுகளில் கல்முனைப் பிரதேசத்தின் NDVI மதிப்புகளின் பரம்பல்

வகுப்பு (Class)	**NDVI Colour Ranges**	**Area (சதுர கி.மீ)**	
		2013	**2023**
நீர் நிலைகள்	சிவப்பு நிறம்	1.1	1.6
தரிசு நிலம்	செம்மஞ்சள் நிறம்	4.8	3.8
குடியிருப்பு பகுதி	மஞ்சள் நிறம்	8.5	8.0
அரிதான தாவரப் பகுதி	வெளிர் பச்சை நிறம்	5.2	5.1
அடர் தாவரப் பகுதி	அடர் பச்சை நிறம்	3.0	4.0

Source: ArcGIS 10.8 மென்பொருளைப் பயன்படுத்தி உருவாக்கப்பட்டது.

இறுதியாக, 2023 ஆம் ஆண்டின் NDVI வரைபடமானது சுற்றுச்சூழலின் இயக்கவியலை நன்கு புரிந்து கொள்வதற்கு அப்பகுதியில் உள்ள தாவரங்களின் பரம்பல் பற்றிய முக்கியமான தகவலை NDVI வரைபடம் - 4 ஆனது வழங்குகின்றது. அந்த வகையில், 1993 இன் NDVI தரவானது அந்த காலப்பகுதியில் தாவரங்களின் அளவு, பரப்பு, தாவர ஆரோக்கியம் என்பவற்றை வெளிப்படுத்துகின்றது. இது காலப்போக்கில் இயற்கை மற்றும் மானிட செல்வாக்கினால் பல்வேறு மாற்றங்களைக் கண்டுள்ளது. 1993 இல் இருந்து 2003, 2013 என்று முன்னோக்கி நகரும் போது நிலப்பரப்பு விநியோகத்தில் குறிப்பிடத்தக்க மாற்றங்கள் இடம் பெற்றுள்ளது.

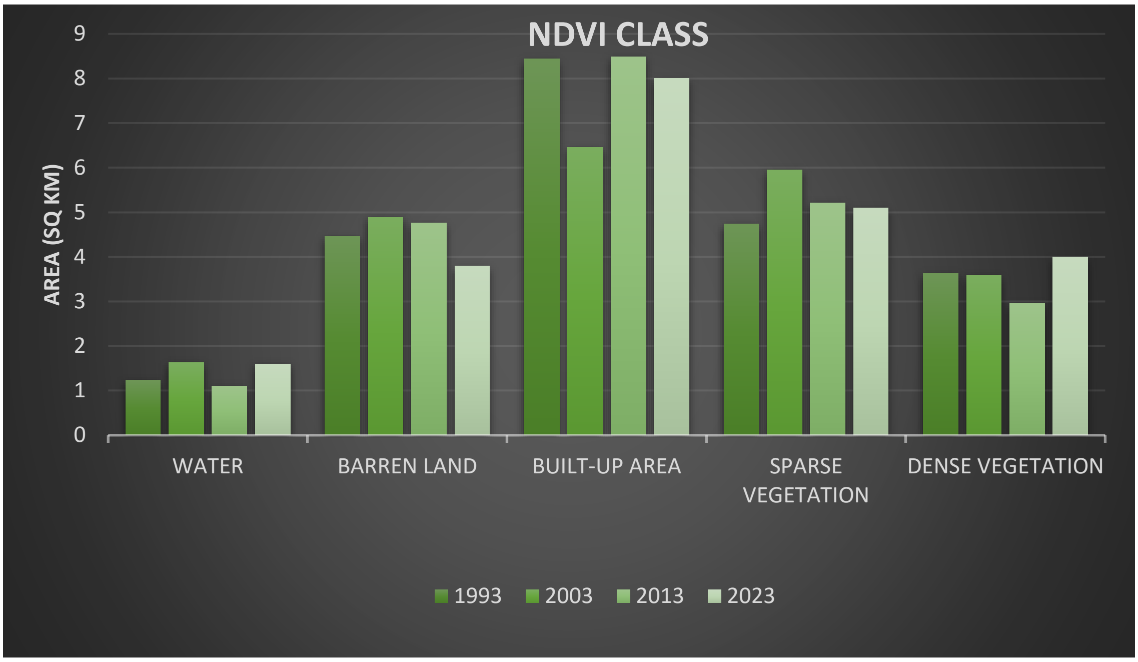
அதாவது, 1993, 2003 மற்றும் 2013 ஆம் ஆண்டு தரவுகளுடன் 2023 ஆம் ஆண்டு NDVI வரைபடத்தை ஆராய்வதன் மூலம் இந்தப் பகுதியின் தாவரங்கள் காலப்போக்கில் எவ்வாறு உருவாகி மாற்றியமைக்கப்பட்டுள்ளன என்பது பற்றிய விரிவான புரிதலை பெற முடிகின்றது. இந்த வகையில், 2023 ஆம் ஆண்டு இப்பிரதேசத்தின் நில விநியோகம் அதிகளவு மாற்றங்களுக்கு உட்பட்டுள்ளது.

கல்முனை பிரதேசத்தில் 2023 இன் NDVI வரைபடத்தில் வடக்குப் பகுதியானது அதிகளவான வெளிர் பச்சை நிறத்திலும், மஞ்சள் நிறத்திலும் மற்றும் சிறியளவு செம்மஞ்சள உள்ளது. இங்கு வெளிர் பச்சை நிறமானது தாவரப் போர்வைக் கொண்ட பகுதியினையும் மஞ்சள் நிறமானது குடியிருப்பு பகுதி மற்றும் சிறியளவு செம்மஞ்சள் நிறமானது தாவரமற்ற தரிசு நிலப்பகுதியாகும். அத்தோடு, கிழக்குப் பகுதியில் அதிகளவு வெளிர் பச்சை நிறமும் குறைந்தளவு மஞ்சள் நிறம் மற்றும் செம்மஞ்சள் நிறமும் காணப்படுகின்றது. அந்த வகையில், அதிகளவு தாவரப் போர்வைக் கொண்ட பகுதிகளையும் குறைந்தளவு குடியிருப்புப் பகுதிகளையும் மிகக் குறைந்தளவு தரிசு நிலப் பகுதிகளும் கொண்டுள்ளது. அத்தோடு, தெற்கு பகுதியை நோக்கினால் அதிகளவு அடர் பச்சை நிறமானது அடர்ந்த தாவரப்போர்வைக் கொண்ட பகுதியாகும். இவை சிறியளவு வனப் பகுதி, வயல்வெளிகள், புல்வெளிகள் கொண்ட அடர்ந்த பசுமைப் பகுதியாகும். சிவப்பு நிறத்தைக் கொண்ட மேற்கு பகுதியானது நீர்நிலைகளைக் குறிக்கின்றது. மத்திய பகுதியானது அதிகளவு மஞ்சள் மற்றும் வெளிர் பச்சை நிறங்களால் காட்சிப் படுத்தப்படுவது குடியிருப்பு மற்றும் அரிதான தாவரப் பகுதியாகும். அத்தோடு, இப் பகுதியில் மிகக் குறைந்தளவு சிவப்பு மற்றும் அடர் பச்சை நிறங்களால் காட்சிப்படுத்தப் படுகின்றது. இது நீர் நிலைகள் மற்றும் அடர்த்தியான தாவரப்போர்வையை குறிக்கின்றது.

அந்தவகையில், நீர் நிலைகள் 1.6 கி.மீ பரப்பளவில் காணப்படுகின்றது. இது மொத்த பரப்பளவில் 7.1% ஆகும். கடந்த ஆண்டுகளுடன் ஒப்பிடும் போது 2023 இல் 2.2% அதிகரித்துள்ளது. அத்துடன், தரிசு நிலப் பகுதியானது 3.8 கி.மீ பரப்பளவில் 16.9% ஆகும். கடந்த ஆண்டுகளுடன் ஒப்பிடும் போது 4.2% ஆல் குறைவடைந்துள்ளது. 8.0 கி.மீ பரப்பளவில் 35.5% ஆக கட்டிடப் பகுதிகள் மாற்றமடைந்துள்ளது. இது 2.2% ஆக குறைவடைந்துள்ளது. 5.1 கி.மீ காணப்படுகின்ற அரிதான தாவரப் போர்வை மொத்த பரப்பில் 22.7% மாகும். அடர்ந்த தாவரப் போர்வையானது 4 கி.மீ பரப்பில் 17.8% ஆகும். 2013 ஆம் ஆண்டை ஒப்பிடும் போது இவ்வாண்டில் தாவரப் போர்வையானது 4.2% ஆல் விரிவடைந்துள்ளது.

சுருக்கமாக, 1993 - 2023 ஆம் ஆண்டுகளுக்கிடையில் கல்முனைப் பிரதேசத்தில் தாவரப் போர்வையானது மாற்றங்களுக்கு உள்ளாகியுள்ளன. அதாவது, 1993 இல் மொத்த நிலப்பரப்பில் 37.2% ஆக தாவரப் பரப்பு கொண்ட நிலப்பரப்பானது 2003 இல் 42.3% ஆக அதிகரித்து 2013 இல் 36.3% குறைவடைந்து 2023 ஆம் ஆண்டு இது 40.5% ஆக அதிகரித்துள்ளது. கட்டிடப் பகுதியின் விரிவாக்கம், அதிகரித்த தரிசு நிலம், விழிப்புணர்வு, நவீன பயிர்செய்கை முறை, அரசாங்க கொள்கைகள், அறியாமை என்பன இவ்வாறான மாற்றங்களுக்கு அமைவதுடன் அவை தாவரப் போர்வை வடிவங்களில் மாற்றங்களை ஏற்படுத்துகின்றன.

2023 ஆம் ஆண்டில் நிலப் பயன்பாடு, நகரமயமாக்க போக்குகள் போன்றன அப்பகுதியில் வளர்ச்சி அடைந்துள்ள போதும் தாவரப் போர்வையானது அதிகரித்து வருவதையும் காணமுடிகின்றது. இது சுற்றுச்சூழலுக்கான சாத்தியமான தாக்கங்களை அளிக்கின்றது. இந்த போக்குகளின் வளர்ச்சியானது அப்பகுதியின் ஆற்றல் மிக்க தன்மையை காட்டுகின்றது. அத்தோடு, கல்முனை பிரதேசத்தின் தனித்துவமான சுற்றுச்சூழல் அமைப்பை பாதுகாக்கவும் தொடர்ந்தும் பேணவும் தொடர் கண்காணிப்பு மற்றும் நிலையான நில முகாமைத்தவ நடைமுறைகளின் முக்கியத்துவமானது வலியுறுத்துகின்றது.



படம் 5: 1993, 2003, 2013 மற்றும் 2023 இல் NDVI வகுப்பு வரம்புகளின் பரப்பல்

1993, 2003, 2013 மற்றும் 2023 ஆம் ஆண்டுகளின் NDVI வகுப்பு வரம்பு பரப்பல் தரவுகளின் படி, 1993 இல் இப்பகுதியில் இயற்கையான கூறுகள் அதிகளவு உள்ளடங்கப்பட்டுள்ளதுடன் குறிப்பிட்ட அளவில் சம நிலையான நிலப்பரப்பை காட்டியது. இதில் நீர் நிலைகள் 1.2 கி.மீ பரப்பில் உள்ளன. குடியிருப்பு பகுதிகள் 8.4 கி.மீ ஆக இருந்தது. இது நகர்ப்புற வளர்ச்சியை குறிக்கின்றது. இருப்பினும், 4.5 கி.மீ தரிசு நிலத்தின் விரிவான பரப்பளவு காணப்படுகிறது. புதர்கள் மற்றும் புல்வெளிகளின் பரந்த பரப்பு 4.7 கி.மீ அரிதான தாவரங்களின் குறிக்கின்றது. 3.6 கி.மீ பரப்பளவு அடர்ந்த தாவர பகுதியை குறிக்கின்றது.

இந்த அமைப்பு 2003 இல் உகந்த காலநிலை, அரசாங்கத்தின் முறையான திட்டங்கள், ஈழப்போரின் முடிவில் ஏற்பட்ட விவசாய மற்றும் வனவியல் நடவடிக்கைகளின் அதிகரித்த வளர்ச்சி ஆகியவை புதர்கள் மற்றும் புல்வெளிகளைக் கொண்ட அரிதான தாவரப் போர்வையானது 6.0 கி.மீ ஆகவும் அடர்த்தியான தாவரங்களின் அளவு 3.6 கி.மீ ஆகவும் விரிவடைய காரணமாக அமைந்தது. அத்துடன் கட்டிடப் பகுதி 6.5 கி.மீ ஆகவும் குறைவடைந்துள்ளதுடன் தரிசு நிலமானது 4.9 கி.மீ ஆகவும் கூடியது. இது சுற்றுச்சூழல் சமநிலையை குறிக்கின்றது. இந்த அமைப்பு 2013 இல் நகரமயமாக்கல் மற்றும் உட்கட்டமைப்பு விரிவாக்கம் ஆகியவை கட்டடப் பகுதியின் வளர்ச்சியை 8.5 கி.மீ ஆகவும் தரிசு நிலம் 4.8 கி.மீ ஆகவும் கூடியது. புதர்கள் மற்றும் புல்வெளிகளைக் கொண்ட அரிதான தாவரப் போர்வையானது 5.2 கி.மீ ஆகவும் இருந்தன. அத்தோடு அடர்த்தியான தாவரங்களின் அளவு 3.0 கி.மீ ஆக குறைந்தது. இது சுற்றுச்சூழல் சமநிலையின் மாற்றங்களை குறிக்கின்றது.

2023 முன்னோக்கி நகரும்போது இப்பகுதியில் நகர்ப்புற வளர்ச்சியை அவதானிக்க முடிகின்றது. இது 8.0 கி.மீ வரை விரிவடைந்தது. தரிசு நில விரிவாக்கத்தின் போக்கு தொடர்ந்து 3.8 கி.மீ எட்டியது. இது நிலப்பயன்பாட்டு அல்லது இயற்கை செயல்முறைகளில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் காரணமாக இருக்கலாம். புதர்கள் மற்றும் புல்வெளிகள் 5.1 கி.மீ நிலையானதாக இருந்தன. ஆனால் அடர்த்தியான தாவரங்கள் 4.0 கி.மீ ஆக 2013 ஆம் ஆண்டை விட அதிகரித்துள்ளன. இந்த மாற்றங்கள் அரசாங்க கொள்கைகள், விழிப்புணர்வு, மாடி வீட்டு பயிர் செய்கை, நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றங்கள் மற்றும் பல ஆண்டுகளாக இப்பகுதியில் வளர்ச்சியடைந்து வருவதனால் தாவரங்களின் வடிவமைக்கும் இயற்கையான காரணிகளின் இடைவினைகளை பிரதிபலிக்கின்றது. தகவல் அறிந்த நில முகாமைத்துவம் மற்றும் இப்பகுதியில் பாதுகாப்பு முயற்சிகளை இந்த இயக்கவியலை புரிந்து கொள்வது முக்கியமானது.

5. முடிவுரை

இந்த ஆய்வில், கல்முனை பிரதேசத்தின் இயற்கை மற்றும் மானிட செயற்பாடுகள் தாவரப் பரப்பின் மாற்றங்களுக்கு பிரதானமான காரணியாகும். இதனை அடிப்படையாக் கொண்டு இப் பிரதேசமானது முழுமையாக பகுப்பாய்வு செய்யப்படுகின்றது. இப் பகுதியானது பல்வேறு நிலப்பரப்பு அம்சங்களான

காடுகள், வயல்கள், உட்கட்டமைப்பு அபிவிருத்தி, கரையோர நிலப்பரப்பு மற்றும் தாவரங்களால் வகைப்படுத்தப்படுகின்றது. 1993 ஆம் ஆண்டிற்கான இயல்பான வேறுபாடு தாவர அட்டவணை (NDVI) பகுப்பாய்வில் நிலப்பரப்பானது 37.2% தாவரங்களால் மூடப்பட்டிருக்கின்றது. அதே வேளை 2003 ஆம் ஆண்டில் உகந்த காலநிலை, அரசாங்கத்தின் முறையான திட்டங்கள், ஈழப்போரின் முடிவில் ஏற்பட்ட விவசாய மற்றும் வனவியல் நடவடிக்கைகளின் அதிகரித்த வளர்ச்சியின் காரணமாக இவ்வாண்டில் தாவரப்போர்வையானது 5.1% அதிகரித்து 42.3% ஆக உள்ளது. ஆனால் 2013 ஆம் ஆண்டு கட்டடப்பகுதிகளின் விரிவாக்கம், காட்டுவள சுரண்டலினால் ஏற்பட்ட தரிசு நில அதிகரிப்பு, இவ்வாண்டில் கிடைக்கப்பெற்ற மழை வீழ்ச்சியின் குறைவு போன்ற காரணங்களினால் தாவரப்போர்வையானது 2003 ஆம் ஆண்டுடன் ஒப்பிடும் போது 6% ஆல் குறைவடைந்து 36.3% அமைந்துள்ளது. இறுதியாக, 2023 ஆம் ஆண்டில் முறையான முகாமைத்துவ நடவடிக்கைகள், தாவரப்போர்வை குறித்து மக்களின் விழிப்புணர்வு, அலங்காரத் தாவரங்கள் மீதான நாட்டம், நீர் வாழ் தாவரங்களின் அதிகரிப்பு, அரசாங்கத்தின் புதிய வனவியல் திட்டங்கள், மொட்டை மாடிப்பயிர்ச்செய்கையின் அதிகரிப்பு, யானைகளின் மேய்ச்சல் மற்றும் விலங்குக்கழிவுகள் போன்ற காரணங்களினால் 40.5% ஆக காணப்படுகின்றது. குறிப்பாக, 4.2% ஆல் அதிகரித்துள்ளமை. அத்தோடு, 1993 ஆம் ஆண்டுடன் ஒப்பிடும் போது 2023 ஆம் ஆண்டில் தாவரப் போர்வையானது 3.3% ஆல் அதிகரித்துள்ளதுடன் 2003 ஆம் ஆண்டுடன் 2023 ஆம் ஆண்டை ஒப்பிடும் போது 1.8% ஆல் குறைவடைந்துள்ளதுடன் 2013 ஆம் ஆண்டுடன் 2023 ஆம் ஆண்டை ஒப்பிடும் போது 4.2% ஆல் அதிகரித்துள்ளதையும் காணமுடிகின்றது. இந் நிலையினை தொடர்ந்தும் பேணுவதற்கு இப்பிரதேசத்தில் தொடர்ச்சியான கண்காணிப்பு மற்றும் நிலையான நில முகாமைத்துவ நடைமுறைகளை மேற்கொள்ள வேண்டும்.

இவ் ஆய்வானது கல்முனைப் பிரதேசத்தின் அதிகரித்து வரும் நில பயன்பாடு பற்றிய தகவல்களை வழங்குவதோடு இந்த பிராந்தியத்தின் சுற்றுச்சூழல் சமநிலையை பேணுவதற்கு பாதுகாப்பு நடைமுறைகளின் அவசியம் தொடர்பாக வலியுறுத்துகின்றது.

பரிந்துரைகள்

- கல்முனை பிரதேசத்தில் நகரமயமாக்கலின் காரணமாக பசுமை போர்வையின் மாற்றங்களினால் ஏற்பட்ட பாதகமான விளைவுகளைத் தணிக்க சிறந்த நகர்ப்புற திட்டமிடல் நடவடிக்கைகளை நடைமுறைப்படுத்தல்.
- தாவரப் பரப்பில் ஏற்படுகின்ற குறைவினை எதிர்கொள்வதற்காக மாடித்தோட்ட பயிர்ச்செய்கை மற்றும் பசுமை உட்கட்டமைப்பு மேம்பாடு போன்ற நிலையான நடைமுறைகளை ஊக்குவித்தல்.
- கடற்கரைப் பகுதிகளில் பசுமையான பகுதிகள் சீரழிவதைத் தடுக்க நிலநிரப்புகை நடவடிக்கைகளை கண்காணித்து ஒழுங்குபடுத்துதல்.
- பசுமை போர்வையில் ஏற்பட்ட மாற்றங்களைக் கண்காணிப்பதற்காக NDVI போன்ற ரிமோட் சென்சிங் நுட்பங்களைப் பயன்படுத்தி மதிப்பீடுகளை மேற்கொள்வதோடு, சரியான நேரத்தில் அதற்குரிய ஆலோசனைகளை முன்வைத்தல்.
- கல்முனையில் உள்ள பசுமை போர்வையின் பாதுகாப்பை ஊக்குவிப்பதற்கான சமூக ஈடுபாடு மற்றும் விழிப்புணர்வு முயற்சிகளை வழங்குதல்.

உசாத்துணை

Akakpo, B. A., Okhimamhe, A. A., & Orekan, V. A. O. (2023). People’s perception and involvement in improving urban greenery in Benin (West Africa). *Discover Sustainability*, *4*(1). https://doi.org/10.1007/s43621-023-00121-1

Arellano, B., & Roca, J. (2022, September). Assessing urban greenery using remote sensing. In *Earth Observing Systems XXVII* (Vol. 12232, pp. 148-157). SPIE.

Aschan, M. (2021). NASA : The Earth Is Greener Now Than It Was 20 Years Ago. https://www.warpnews.org/human-progress/nasa-the-earth-is-greener-now-than-it-was-20-years-ago/

Avdagić, A., Balić, B., Hadžidervišagić, D., & Kalača, N. (2023, May). Inventory of Urban Greenery Using GIS Applications. In *International Conference "New Technologies, Development and Applications"* (pp. 179-188). Cham: Springer Nature Switzerland.

Begum, S., Nuskiya, F., Suja-aa, F., & Sofna, F. (n.d.). *Analysis of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) of Greenery Change in Kalmunai Urban Area*.

Farhan, N. M., & Setiaji, B. (2023). Indonesian Journal of Computer Science. *Indonesian Journal of Computer Science*, *12*(2), 284–301. http://ijcs.stmikindonesia.ac.id/ijcs/index.php/ijcs/article/view/3135

Koricho, H. H., & Song, S. (2021). Assessment of Urban Greenery Status in Major Cities of Oromia, Ethiopia. *Research in Ecology*, *3*(3), 21-27.

Kuroda, Y., & Sugasawa, T. (2023). The Value of Scattered Greenery in Urban Areas: A Hedonic Analysis in Japan. *Environmental and Resource Economics*, *85*(2), 523-586.

McClelland, B. (2023). The World's Greenest Countries. https://www.greenmatch.co.uk/blog/greenest-countries.

Naja, W. F., & Kaleel, M. I. M. (2019). The Challenges For Green System By Urban Development: A Study Based On Kalmunai Municipal Council. Seuiars 2019. December, 214-227.

Normalized Difference Vegetation Index(NDVI). https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/Definitions/spotveg.htm

President Office Report. (2023). Media Reports Implying that SriLanka's Forest Cover Has Reduse to 16%, Fales- Consevator General of Forest. https://www.presidentsoffice.gov.lk/index.php/2023/01/10/media-reports-implying-that-sri-lankas-forest-cover-has-reduced-to-16-false-conservator-general-of-forests/

Sentinelhub.(n.d). Normalized Difference Vegetation Index. https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/ndvi/

Singh, P., & Javeed, O.(2021). NDVI based assessment of land cover changes using remte sensing and GIS (A Case Study of Srinagar district, Kashmir). Research sustainability, agri, food and Environmental, 9(4), 491-504.

SriLanka: Forest Department Report. (2023). SriLanka. https://rainforests.mongabay.com/deforestation/forest-information-archive/Sri_Lanka.htm

Sumatera, N. (2019). *Analysis of coastal vegetation density changes of Langkat Regency , Analysis of coastal vegetation density changes of Langkat Regency , North Sumatera , Indonesia*. https://doi.org/10.1088/1755-1315/374/1/012042

Wong, N. H., Tan, C. L., Kolokotsa, D. D., & Takebayashi, H. (2021). Greenery as a mitigation and adaptation strategy to urban heat. *Nature Reviews Earth & Environment*, *2*(3), 166-181.

Yang, F., Chen, L., Yang, F., & Chen, L. (2020). Cooling Effects of Urban Greenery at Three Scales. *High-Rise Urban Form and Microclimate: Climate-Responsive Design for Asian Mega-Cities*, 163-183.