நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றங்களைஎதிர்வுகூறல் : மார்க்கோவ் செயின் - செலூலார் ஓட்டோமற்றா மாதிரிகளின் பிரயோகம்

க. சுதாகர் & பா. பொன்னையா

சுருக்கம்
இலங்கையின் நகர மற்றும் உபநகரப் பகுதிகளில் சனத்தொகை செறிவடைந்து செல்வதன் காரணமாக வரையறுக்கப்பட்டதும் பெறுமதி வாய்ந்ததுமான நிலத்தை மக்கள் பயன்படுத்தும் தன்மை விரைவாக மாற்றமடைந்து வருகின்றது. நகரப் பகுதிகளில் திட்டமிடல் மற்றும் முகாமைத்துவ செயற்பாடுகளில் ஈடுபடுவோரும் நிலப்பயன்பாட்டில் ஏற்பட்டுவந்த மாற்றங்கள் தொடர்பில் எந்தவிதமான கவனமும் செலுத்தாது அபிவிருத்தி நடவடிக்கைகளை மேற்கொண்டுவருகின்றனர். அத்துடன் எதிர்கால நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றங்கள் தொடர்பிலும் எந்தவொரு எதிர்வுகூறல் மாதிரிகளும் காணப்படவில்லை. இதன் விளைவாக நாட்டின் நிலைத்து நிற்கக்கூடிய அபிவிருத்தியும் கேள்விக்குறியாகி வருகின்றது. இவ் ஆய்வானது கடந்தகால, தற்போதைய நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றங்களை அறிந்து எதிர்காலத்தில் நிலப்பயன்பாட்டில் ஏற்படவிருக்கும் மாற்றங்களை வரையறை செய்வதனூடாக ஆய்வுப்பிரதேசம் சார்ந்த நிலைத்து நிற்கும் அபிவிருத்திக்கு வழிகோலும் இலக்கோடு மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளது. மேற்படி இலக்கை அடைவதற்கு இவ் ஆய்வானது தற்போதைய, கடந்தகால நிலப்பயன்பாட்டினை படமாக்குதல், நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றங்களை அடையாளம் செய்தல், எதிர்கால நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றத்தினை எதிர்வுகூறுதல் ஆகிய நோக்கங்களையும் கொண்டுள்ளது. இதற்கு முதல் நிலை மற்றும் இரண்டாம் நிலைத் தரவுகள் பெறப்பட்டுள்ளன. சேகரிக்கப்பட்ட தரவுகள் புவியியல் தகவல் முறைமை (GIS) மற்றும் புள்ளிவிபரமுறைகளுடாக பகுப்பாய்வு செய்யப்பட்டன. இவற்றுள் நிலப்பயன்பாட்டுப் படமாக்கல், நிலப்பயன்பாட்டு மாற்ற பகுப்பாய்வு, நிலப்பயன்பாட்டு மாற்ற எதிர்வுகூறல் மாதிரியாக்கல் போன்றன குறிப்பிடக்கூடியன. இந்த ஆய்வானது ஆய்வுப்பகுதியினுள் நிலப்பயன்பாட்டில் ஏற்படும் மாற்றங்களை அளவுரீதியாகவும் நுட்பமாகவும் அறிந்து எதிர்காலத்தில் எப்பகுதியினுள் அதிகளவான நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றம் ஏற்படும் என்பது தொடர்பிலும் தகவல்களை வழங்குகின்றது. யாழ்ப்பாண நகரப் பகுதியில் அபிவிருத்தி சார்ந்த திட்டமிடல் செயற்பாடுகளுக்கும் முகாமைத்துவத்திற்கும் ஒரு மைல்கல்லாக இருக்கும். இதன்படி நிலைத்து நிற்கக்கூடிய அபிவிருத்தியை ஏற்படுத்துவது சார்ந்த பிரச்சனைக்கு நிலப்பயன்பாட்டு மாற்ற எதிர்வுகூறல் மாதிரி முறையை ஏற்றுக்கொள்வது சிறந்த உபாயமாக இருக்கும் என தெளிவாகக் கூறக்கூடியதாகவும் எதிர்பார்க்கக் கூடியதாகவும் இருக்கும்.

முதன்மைச் சொற்கள் : நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றம், மாதிரியாக்கல், புவியியல் தகவல் முறைமை, மார்க்கோவ் செயின் -செலூலார் ஓட்டோமற்றா

1. அறிமுகம்

நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றம் என்பது குறித்த நிலப்பயன்பாடு அல்லது நிலப்போர்வையில் அளவு சார் ரீதியாகவும் பரப்பு ரீதியாகவும் ஏற்படும் மாற்றத்தைக் குறிப்பிடுகிறது. அதாவது ஒரு நிலப்பயன்பாட்டு வகை இன்னொரு நிலப்பயன்பாட்டு வகையாக மாறுவதனையும், நிலப்பயன்பாட்டு

முகாமைத்துவம் அல்லது கட்டமைப்பில் ஏற்படும் மாற்றத்தினையும் குறிக்கிறது (Lambin & Ehrlich, 1997). நிலப்பயன் பாட்டின் மீது நிகமும் மாற்றமானது சுற்றாடல், சமூக பொருளாதார அரசியல் காரணிகளது விளைவாக இருப்பதுடன் பிராந்திய சமூக பொருளாதார அபிவிருத் தியில் ஒரு முக்கியமான பங்கு வகிக்கிறது. நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றங்கள் பற்றி அறிதல் என்பது விருப்பமான அல்லது நிலைத்து நிற்கக்கூடிய எதிர்கால அபிவிருத்தி திட்ட மிடலுக்கும் மற்றும் கொள்கை உருவாக் குதலுக்கும் அவசியமான தகவல்களை வழங்குவதற்குத் தேவையாக இருக்கின்றன (Pandey &Nathwat,2002). நிலத்தின் மீது சுற்றாடல், மனித இயக்கத்தன்மையுடைய இடைத்தொடர்பின் விளைவால் பல்வேறு இடம்சார்ந்த மட்டங்களில் பல்வேறு காலப்பகுதியினுள் நிலப்பயன்பாட்டில் மாற்றங்கள் இடம்பெற்றுவருகின்றன. இந்த மாற்றங்கள் நன்மையானதாக இருக்கலாம் அல்லது பாதகமானதாகவும் இருக்கலாம். நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றத்தின் அளவானது மாற்றத்தை அளவிடப்போகும் காலப்பகுதியைப் பொறுத்தும் மாற்றம் இடம்பெறுகிற புவியியல் பரப்பினைப் பொறுத்தும் வேறுபட்டு அமைகிறது. மேலும் இந்த மாற்றங்கள் பற்றிய மதிப்பீடானது நிலப்பயன்பாட்டு வகைகளுடைய வரையறை, அவற்றின் மூலங்கள் மற்றும் பயன்படுத்தப்படும் தரவுகள் என்பவற்றில் தங்கியுள்ளது (Groeneveld et al, 2003).

நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றத்தை அளவிடலானது ஏறக்குறைய ஒவ்வொரு மூலவள முகாமைத்துவத்துக்கும் திட்டமிடலுக்கும் பிராந்திய அபிவிருத்திக்கும் முக்கியமானது. இதன் விளைவாக திட்டமிடலாளர்கள், தீர்மானம் மேற்கொள்வோருக்கு தற்போதைய மற்றும் துல்லியமான நிலப்பயன்பாட்டுத் தகவல்கள் தேவையாக உள்ளன. பாரம்பரிய நிலப்பயன்பாட்டு ஆய்வு முறைகள் குறைந்த செலவில் தேவையான தகவலை உடனடியாக வழங்குவதில்லை. கணனி தொழில்நுட்ப வளர்ச்சி, செய்மதி தொழில்நுட்பத்தின் அபரிமித வளர்ச்சி என்பன நிலப்பயன்பாடு சம்பந்தமான தரவுகளை சேகரிப்பதிலும் அத்தரவுகளைப் பகுப்பாய்வு செய்து விபரமான நிலப்பயன்பாட்டுத் தகவலை வெளியிடுவதிலும் இன்று முக்கிய பங்கு வகிக்கின்றது. இன்று பல மட்டங்களில் துல்லியமான நிலப்பயன்பாட்டு தகவல்களை நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றங்கள் பற்றிய பகுப்பாய்வு வழங்கி வருகின்றது (Petit&Lambin,2001). மனித மற்றும் இயற்கையான செயற்பாடுகளால் மாற்றமடைந்து வரும் நிலப்பயன்பாடு பற்றிய துல்லியமான தகவல்களையும் அதற்கான காரணங்களையும் வழங்கும் ஒரு சிறந்த உபாயமாகசெய்மதி விம்பங்களிலிருந்து பெறப்படும்நிலப்பயன்பாட்டுப் பாங்கு காணப்படுகின்றது. இதன் காரணமாக நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றங்களை அடையாளம் செய்வது 1960 களிலிருந்து ஒரு முக்கியமான ஆய்வுத்துறையாக விருத்தியடைந்துள்ளது (Shalaby & Tateish,2007).

அண்மைக்காலங்களில் நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றம் சம்பந்தமான ஆய்வுகள் விமானப் படங்களையும்செய்மதி விம்பங்களையும்பயன் படுத்தி மேற்கொள்ளப்படுகின்றன. செய்மதி விம்பங்களின் ஊடாக நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றத்தை அடையாளம் செய்வதில் பல நுட்பமுறைகள் பயன்படுத்தப்பட்டு வருகின்றன. இவற்றுள் பாகுபாட்டுக்குப் பிந்திய ஒப்பீட்டு முறை (Yang & Lo, 2002), விம்ப வேறுபடுத்தல்முறை (Campbell, 1996), விம்ப விகிதாசார முறை (Young & Chen, 2000), பிரதான உறுப்புப் பகுப்பாய்வு முறை (Jensen, 1986), மாற்றக் காவிப் பகுப்பாய்வு முறை (Michalak, 1993) என்பன குறிப்பிடக்கூடியன. இவற்றுள் பாகுபாட்டுக்குப் பிந்திய

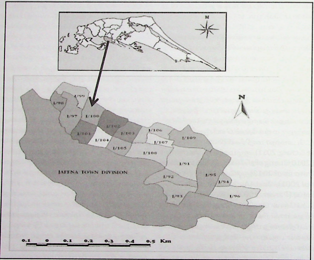
ஒப்பீட்டு முறை என்பது நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றத்தை அறிவதற்கான மிகவும் பொருத்த மானதும் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படும் ஒரு முறையாகவும் இருக்கிறது (Lopez et al,2000;Wu et al,2006). இந்த முறையானது நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றத்தினை பண்புசார் முறையில் மதிப்பிடப் பொருத்தமாக இருப்பதுடன் மாற்றம் பற்றிய விபரமான புள்ளிவிபரங்களையும் வழங்குகிறது. மேலும் இந்தமுறையூடாக குறித்த ஒரு நிலப்பயன்பாடு என்ன நிலப்பயன்பாடாக மாறுகிறது என்ற தகவலையும் பெறக்கூடியதாக உள்ளது (Jensen, 1996).

அண்மைக்காலங்களில் நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றம் பற்றிய ஆய்வுகளில் நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றத்தினை எதிர்வுகூறக்கூடிய பல் வேறு செயற்பாட்டு ரீதியான மாதிரிகள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த மாதிரிகள் எதிர்கால நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றம் பற்றிய பல்வேறு பரிமாணங்களை எடுத்துக்கூறுவது மட்டுமல்லாது நிலப்பயன்பாட்டுத் திட்ட மிடல்மற்றும்கொள்கைகளுக்கு உதவுகின்றன. இவற்றுள் மார்க்கோவ் செயின் - செலூாலர் ஓட்டோமற்றா மாதிரிகள் (Guan *et al*, 2011; Lee & Chang, 2011), குழு மாதிரிகள்(Jie menget al,2010; Zheng *et* al, 2015), றிசிட் மாதிரிகள்; (Prato et *al* 2012), ஜியோமோட் (Pontius *et al* 2001), லேம் (Aurambout et al, 2005), மார்ஸ் (Parker, 2002) குறிப்பிடக்கூடியன. மார்க்கோவ் செயின் - செலூாலர் ஓட்டோ மற்றாமாதிரிகள் நிலப்பயன்பாட்டின் காலரீதியானதும் இடரீதியானதுமான மாற் றங்களை பகுப்பாய்வு செய்து எதிர்கால நிலப் பயன்பாட்டுப்பாங்கினை அறிந்து கொள் வதற்கு ஒரு பொருத்தமான மாதிரியாக்கல் முறையாகக் கருதப்படுகிறது. குறிப்பாக சுற்றாடல் சமூக பொருளாதாரக் காரணிகளால் ஏற்படும் நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றங்களையும் ஏற்படப்போகும் நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றங் களையும் இது குறிப்பிடுகிறது.

யாழ்ப்பாண நகரினது நிலப்பயன்பாட்டில் உள்நாட்டு யுத்தம், சனத்தொகை அதிகரிப்பு, நிலவுடைமை மற்றும் நிலவுரிமை மாற்ற ங்கள், பொருளாதார விருத்தி போன்ற பல செயற்பாடுகளினால் காலத்திற்கு காலம் மாற்றங்கள் ஏற்பட்டு வருகின்றன. அத்து டன் யாழ்ப்பாண நகரில் பொருளாதார செயற் பாடுகள், விவசாய செயற்பாடுகள், நகராக்கம் போன்ற வற்றினால் பல சூழல் சார்ந்த பிரச்சனைகள் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றது. இவ்வாறான மாற்றங்கள் ஏற்படுவதனால் நகரத்தினை சிறந்த முறையில் திட்டமிட்டுக் கொள்ளமுடியாதுள்ளது. யாழ்ப்பாண நகரத்தினது நிலப்பயன்பாட்டில் ஒவ்வொரு காலப்பகுதியிலும் ஏற்பட்டு வருகின்ற மாற்றங்கள் நகரத்தின் வளர்ச்சிக்கு தடையாக அமைகிறது. யாழ்ப்பாண நகரினது நிலப்பயன்பாட்டில் காலத்திற்கு காலம் இடம்பெற்ற நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றங்களையும் தற்போதைய நிலப்பயன்பாட்டையும் அளவு மற்றும் பண்புசார் ரீதியில் கணிப்பிடுவதனூடாக நிலப்பயன்பாட்டில் ஏற்படப்போகும் மாற்றத்தினை எதிர்வுகூறுவது அவசியமாகும். இதற்கு திருத்தமான புவியியல் தகவல் தொழில்நுட்பங்கள் மற்றும் மாதிரி நுட்பமுறைகளைப்பயன்படுத்தமுடியும். இவ்வாறான நுட்பமுறைகளுக்கூடாக நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றங்கள் சார்ந்த எதிர்வுகூறல்களை முன்வைக்கும் போது யாழ்ப்பாண நகரின்திட்டமிடல் செயற்பாட்டுக்குத் தேவையான தகவல்களைப் பெற்றுக்கொள்ளக்கூடியதாக இருக்கும்.இவ் ஆய்வானது யாழ்ப்பாண மாநகரசபையின் ஓர் பகுதியில் வெவ்வேறுபட்ட காலங்களில் நிலப்பயன்பாட்டில் ஏற்பட்ட மாற்றங்களையும், மாற்றங்களுக்கு உட்படக்கூடிய இடங்களையும் அடையாளம் செய்துஎதிர்கால நிலப்பயன்பாட்டினை அறிந்துகொள்வதனை நோக்கமாகக் கொண்டு மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளது.

2. முறையியல்

மேற்படி நோக்கத்தினைக் கொண்ட இவ் ஆய்வானது யாழப்பாண மாநகரசபையின் ஓர் பகுதியில் மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளது (உரு1). இவ் ஆய்வுப் பிரதேசமானது 861.4 ஹெக்டேயர் பரப்புடையதாகவும், மொத்த சனத்தொகை ஏறத்தாழ 31000 பேராகவும் உள்ளது. ஆய்வுப்பகுதியினுள் மொத்தமாக 19 கிராம சேவகர் பிரிவுகள் காணப்படுகின்றன. ஆய்வுப்பிரதேசம் யாழ்ப்பாண நகரை அண்மித்துள்ள பகுதியாக அமைவதனால் இதனுடைய நிலப்பயன்பாடுகள் சிக்கல் நிறைந்ததாகவும் ஒன்றுடன் ஒன்று கலந்த நிலப்பயன்பாடுகளாகவும் அமைந்துள்ளன. இப்பிரதேசத்தினது சனத்தொகை செறிவு நிலப்பயன்பாட்டினுடைய சிக்கல்தன்மையை மேலும் அதிகரிப்பதாக உள்ளது.

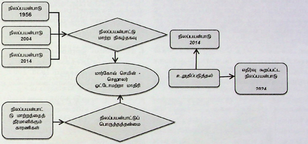


உரு 1 ஆய்வுப்பிரதேசம்

இவ் ஆய்விற்கு களஅவதானத்தின் மூலம் பெறப்பட்ட முதனிலைத் தரவுகளும்,விமான ஒளிப்படங்கள், செய்மதி விம்பங்கள் மற்றும் நிலஅளவைத் திணைக்களம், யாழ் மாவட்ட செயலகம், நல்லூர் பிரதேச செயலகம், மாநகர சபை என்பவற்றில் இருந்து பெறப்பட்ட இரண்டாம் நிலைத் தரவுகளும் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன. அத்துடன் மேற்படி தரவுகளின் பகுப்பாய்விற்கு ArcGis 10, ILWIS, Terraset System, Mirosoft Word, Microsoft Excel ஆகிய மென்பொருட்கள் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன. ஆய்வுப்பிரதேசம் சார்ந்த ஆய்வுப் பகுப்பாய்வுச் செயன்முறை உரு 2 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இலங்கையின் நில அளவைத் திணைக் களத்தினால் வெளியிடப்பட்ட நிலப் பயன்பாட்டு பாகுபாட்டு ஒழுங்கின் அடிப்படையிலும் ஆய்வுப்பகுதியில் மேற்கொள்ளப்பட்ட களஆய்வின் அடிப்படையிலும்ஆய்வுப்பிரதேசம் சார்ந்து கட்டிட நிலங்கள், வீட்டுத்தோட்டம், விவசாயநிலங்கள், மரங்களும் பற்றைகளும், பயன்பாடற்ற நிலங்கள், நீர்நிலைகள், ஏனையவை என ஏழு நிலப்பயன்பாட்டு வகைகள் அடையாளப்படுத்தப்பட்டன.

பின்னர் 1956 ஆம் ஆண்டிற்குரிய விமான ஒளிப்படம், 2004 மற்றும் 2014



உரு 2 ஆய்வுப் பகுப்பாய்வு செயன்முறை

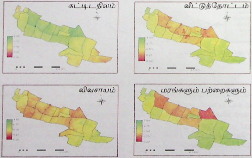
ஆம் ஆண்டுகளிற்குரிய செய்மதி விம்பங்கள் என்பவற்றில் மேற்கூறிய ஏழு நிலப்பயன்பாட்டு வகைகளும் கட்புலன் சார் மற்றும் எண்ணியல் சார் விளக்கமளித்தலினூடாக படமாக்கப்பட்டன. இதன் மூலம் ஆய்வுப்பிரதேசத்திற்குரிய 1956, 2004, 2014 ஆண்டுகளுக்கான நிலப்பயன்பாட்டு படங்கள் உருவாக்கப்பட்டன. மேற்படி நிலப்பயன்பாட்டு படங்கள் பாகுபாட்டிற்கு பிந்திய ஒப்பீட்டு முறையினூடாக பகுப்பாய்வு செய்யப்பட்டுநிலப்பயன்பாட்டு மாற்றங்கள் அவதானிக்கப்பட்டன. இதன் மூலம் நிலப்பயன்பாடு சார்ந்த அளவு மற்றும் பண்பு சார்மாற்றங்கள் மதிப்பிடப்பட்டன. அத்துடன் நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றம் தொடர்பான துல்லியமான முடிவுகளைப் பெறக்கூடியதாக இருந்ததுடன், மாற்றமடையாத நிலப்பயன் பாட்டு வகைகள் எவை என்பது தொடர்பிலும் அறியப்பட்டது. மேலும் நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றத்தின் கால ரீதியான இடரீதியான

போக்குகளும் பகுப்பாய்வு செய்யப்பட்டன. குறித்த நிலப்பயன்பாட்டு வகை குறிப்பிட்ட ஆண்டுகளின் பின்னர் எவ்வாறான மாற்றங்களை பெற்றுள்ளது என்பது சார்ந்த தரவுகள் பெறப்பட்டு நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றப் படங்களும் உருவாக்கப்பட்டன.

தொடர்ந்து நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றத்தைத் தீர்மானிக்கும் காரணிகள் அடையாளம் செய்யப்பட்டுள்ளன. இவற்றுள் சனத்தொகை, நிலப்பெறுமதி, பிரதான வீதிகளிலிருந்தான தூரம், சேவைநகரங்களிலிருந்து தூரம், வெள்ளப் பாதிப்புக்குள்ளாகக் கூடிய பகுதிகள் என்பன முக்கியமானவையாகும். மேற்படி காரணிகளின் அடிப்படையில் ஏற்கனவே பாகுபடுத்தப்பட்டுள்ள நிலப்பயன்பாட்டு வகைகளுள்கட்டிடநிலம், வீட்டுத்தோட்டம், விவசாயம், மரங்களும் பற்றைகளும் என்பவற்றுக்கு பல்நியம மதிப்பீட்டுப் பகுப்பாய்வின் ஊடாக உள்ளார்ந்த பொருத்தப்படங்கள் தயாரிக்கப்பட்டன (உரு-3). இறுதியாக பாகுபாட்டுக்குப் பிந்திய நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றப் பகுப்பாய்வின் மூலம் பெறப்பட்ட ஒரு நிலப்பயன்பாடு இன்னொரு நிலப்பயன்பாடாக மாறும் நிகழ்தகவும் அவற்றின் பரப்பளவும் மற்றும் பல்நியம மதிப்பீட்டுப் பகுப்பாய்வின் ஊடாகப் பெற்றுக்கொள்ளப்பட்ட நிலப்பயன்பாட்டு வகைகளின் உள்ளார்ந்த பொருத்த நிலையும் மார்க்கோவ் செயின் - செலூாலர் ஓட்டோமற்றா மாதிரியாக்கச் செயற்பாட்டுக்கு உள்ளீடுகளாகச் செலுத்தப்பட்டு நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றப் போக்கு எதிர்வுகூறப்பட்டது. எதிர்கால நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றத்தை எதிர்வு கூறுவதற்கு முன்பாக 2014 ஆம் ஆண்டுக்குரிய நிலப்பயன்பாட்டு படம் எதிர்வுகூறப்பட்டு அப்படம் உண்மையான நிலப்பயன்பாட்டு படத்துடன் ஒப்பிடப்பட்டு நுட்பத்தன்மை பரிசோதிக்கப்பட்டது. நுட்பத்தன்மை திருத்தமாக காணப்பட்டதனால் 2024 ஆம் ஆண்டிற்கான நிலப்பயன்பாட்டுப் படம் எதிர்வுகூறப்பட்டது.

4. நிலப்பயன்பாட்டுமாற்றங்கள்

ஆய்வுப்பிரதேசத்தில் பிரதான ஏழு நிலப் பயன்பாட்டு வகைகளும் 1956, 2004, 2014 காலப்பகுதிகளில் எவ்வளவு அளவுகளில், எந்தப்



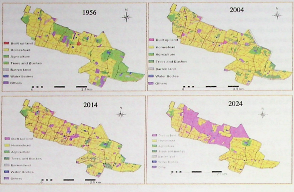
உரு.3 நிலப்பயன்பாட்டின் பொருத்தத்தன்மை (1-அதிகூடிய பொருத்தத்தன்மை, 0-பொருத்தமற்ற தன்மை)

பகுதிகளில் காணப்படுகின்றது என்பதும் ஒரு காலப்பகுதியிலிருந்து மற்றைய காலப்பகுதியில் எவ்வாறு மாற்றமடைந்துள்ளது என்பதுவும் அறியப்பட்டு மாதிரி நுட்பமுறையூடாக எதிர்காலத்தில் ஏற்படவுள்ள மாற்றம் தொடர்பிலும் எதிர்வுகூறப்பட்டுள்ளது. அந்தவகையில் முதலில் மூன்று காலப்பகுதிகளுக்குமான நிலப்பயன்பாட்டு படங்கள் உருவாக்கப்பட்டன. படமாக்கப்பட்ட நிலப்பயன்பாட்டு வகைகளது இடரீதியான பரம்பல் உரு 4 இலும் அவற்றின் அளவு சார்ந்த விடயங்கள் அட்டவணை 1 இலும் காட்டப்பட்டுள்ளன.

இடரீதியான பரம்பலின்படி மூன்று காலப்பகுதிகளிலும் ஆய்வுப்பகுதியின் வண்ணார்பண்ணை வடக்கு (J/98), அரியாலை வடமேற்கு (J/91), அரியாலை மத்திய வடக்கு (J/94) ஆகிய கிராம சேவகர் பிரிவுகளில் ஓரளவு கூடிய பரப்பில் விவசாய நிலப்பயன்பாடு காணப்படுகின்றது. கட்டுமான நிலங்கள் 1956 இல் கந்தர்மடம் வடமேற்கு (J/102), கந்தர்மடம் வடகிழக்கு(J/103), நல்லூர் மத்தி (J/107) ஆகிய பகுதிகளில் குறைந்தளவில் பரம்பியுள்ளது. 2004 இலும் இவ்வாறே காணப்பட்டது. மாறாக 2014 இல் குறிப்பாக நல்லூர் தெற்கு (J/108), கந்தர்மடம் வடகிழக்கு (J/103) போன்ற கிராம சேவகர் பிரிவுகளில் கட்டிட நிலங்கள் தொடர்ச்சியாக பெரிய பரப்பில் உள்ளடக்கப்பட்டுள்ளது. இது ஆய்வுப்பகுதியில் பரவலாக உள்ள போதிலும் வீதிகளின் சந்திப்புக்களில் பெரிய நிலப்பரப்பில் காணப்படுகின்றது. 1956, 2004 களில் மரங்களும்பற்றைகளும் அரியாலைவடமேற்கு (J/91), அரியாலை மத்தி (J/95), அரியாலை மத்தியவடக்கு(J/94), அரியாலை மத்திய தெற்கு(J/96) மிகவும் அதிகளவில் காணப்பட்டன. எனினும் 2014 இல் மரங்களும் பற்றைகளும் ஏறத்தாழ ஐந்து வீதமான நிலப்பரப்பில் மட்டுமே பரம்பியுள்ளன. குறிப்பாக ஆய்வுப்பகுதியின் தென்கிழக்கு விளிம்பு பகுதியில் காணப்படும் அரியாலை மத்தி (J/95) கிராம சேவகர் பிரிவிலும் வடமேற்கிலுள்ள வண்ணார்பண்ணை வடக்கு (J/98) கிராமத்திலும் மேற்படி நிலப்பயன்பாட்டு வகை கூடுதலாக காணப்பட்ட போதிலும் அரியாலை தென் மேற்கு (J/93), அரியாலை மத்திய மேற்கு (J/92), நல்லூர் தெற்கு (J/108) ஆகிய கிராம சேவகர் பிரிவுகளிலும் மரங்களும் பற்றைகளும் ஓரளவு காணப்படுகின்றது. வீட்டுத்தோட்ட நிலப்பயன்பாடு 1956, 2004 களில் அரியாலைப் பகுதி கிராமங்கள் தவிர்ந்த ஏனைய பகுதிகளில் பரவலாகக் காணப்பட்டன. இவை 2014 இல் ஆய்வுப்பகுதி முழுவதுமே பரம்பியுள்ளன

உரு 4 நிலப்பயன்பாட்டுப் பாங்கு(1956 – 2024)

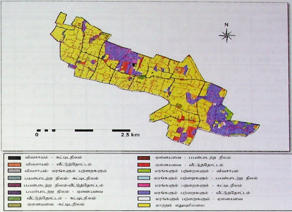
மேலும் வீட்டுத்தோட்ட நிலப்பயன்பாட்டு வகையானது மூன்று காலப்பகுதியிலும் 500 ஹெக்டேயருக்கு மேற்பட்டதாகவுள்ள அதேநேரம் அதிகரித்துச்செல்லுகின்ற தன்மையினையும் அவதானிக்கக்கூடியதாக உள்ளது. கட்டிட நிலங்கள் ஆரம்ப ஆண்டிலிருந்து தற்போதைய நிலை நோக்கி அதிகரித்துச்செல்கின்ற அதேநேரம் மரங்களும் பற்றைகளும் 1956 ஆம் ஆண்டிலிருந்ததனை விட தற்போதைய காலப்பகுதியில் குறைவடைந்துள்ளது.



அட்டவணை 1 நிலப்பயன்பாட்டுப் பாங்குகள்

நிலப்பயன்பாட்டு வகைகள்	1956		2004		2014		2024	
	பரப்பு (ஹெக்டேயர்)	வீதம்	பரப்பு (விட்ஹெக்டேயர்)	வீதம்	பரப்பு (ஹெக்டேயர்)	வீதம்	பரப்பு (ஹெக்டேயர்)	வீதம்
கட்டிடநிலம்	48.5	5.63	98.26	11.41	118.06	13.7	329.2	38.21
வீட்டுத்தோட்டம்	507.84	58.95	615.23	71.42	628.33	72.94	496.5	57.64
விவசாயம்	44.52	5.17	21.29	2.47	41.4	4.8	23.0	2.67
மரங்களும் பற்றைகளும்	194.55	22.58	100.79	11.7	43.61	5.06	2.7	0.32
பயன்பாட-ற்றநிலம்	15.3	1.79	7.93	0.92	5.13	0.6	0.1	0.02
நீர்நிலைகள்	6.55	0.76	3.01	0.35	3.9	0.45	4.0	0.45
ஏனையவை	44.14	5.12	14.89	1.73	20.97	2.45	5.9	0.69
மொத்தம்	861.4	100	861.4	100	861.4	100	861.4	100

அடுத்து நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றங்களின் இடம்சார்ந்த மற்றும் காலம் சார்ந்த போக்குகள் முறையே உரு 5 இலும் அட்டவணை 2 இலும் காட்டப்பட்டுள்ளன. அதாவது 1956 தொடக்கம் 2014 வரையான காலப்பகுதிகளுக்கிடையான அளவு சார் மற்றும் காலம் சார் மாற்றங்கள் அட்டவணை 2 இலும் பண்பு சார் மற்றும் இடம்சார் மாற்றங்கள் உரு 5 இலும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. குறிப்பாக 1956 ஆம் ஆண்டு 44 ஹெக்டேயராக காணப்பட்ட விவசாய நிலங்கள் 2014 ஆம் ஆண்டு 41 ஹெக்டேயராகக் குறைவடைந்துள்ளது. மேற்படி காலப்பகுதியில் 24 ஹெக்டேயர் எவ்வித மாற்றமும் அடையாமல் தொடர்ந்தும் விவசாய



உரு 5 நிலப்பயன்பாட்டு வகைகளுக்கு இடையிலான இடம்சார் மாற்றங்கள் 1956 - 2014

நிலங்களாகவே காணப்பட்டுள்ளது. அதே நேரம் மேற்படி காலப்பகுதியில் ஒரு ஹெக்டேயரான விவசாய நிலம் பயன்பாடற்ற நிலமாக மாற்றமடைந்துள்ளது.

இரண்டு ஹெக்டேயர் விவசாய நிலங்கள் கட்டுமான நிலங்களாகவும், 15 ஹெக்டேயர் விவசாய நிலங்கள் வீட்டுத் தோட்ட நிலங்களாகவும் ஒரு ஹெக்டேயர் விவசாய நிலங்கள் மரங்களும் பற்றைகளாகவும் ஒரு ஹெக்டேயர் விவசாய நிலங்கள் ஏனைய நிலப் பயன்பாட்டு வகைகளாகவும் மாற்றமடைந்துள்ளன. அதேநேரம் மேற்படி காலப்பகுதியினுள் 11 ஹெக்டேயர் மரங்களும் பற்றைகள் விவசாய நிலப் பயன்பாடாக மாற்றமடைந்துள்ளமை குறிப்பிடத்தக்கது. நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றத்தின் இடம்சார் பாங்கினை அவதானிக்கின்ற போது (உரு 5) ஆய்வுப்பகுதியின் தென் கிழக்கு மற்றும் வடபகுதிகளில் குறிப்பாக அரியாலை, கந்தர்மடம், ஐயனார்கோவிலடி ஆகிய பகுதிகளில் மரங்களும் பற்றைகளும் சார்ந்த நிலப் பயன்பாடு பெருமளவில் குடியிருப்பு மற்றும் கட்டிடங்கள் கொண்ட நிலப்பயன்பாடாக மாற்றமடைந்துள்ளமை குறிப்பிடத்தக்கது.

அட்டவணை 2 நிலப்பயன்பாட்டு வகைகளுக்கிடையேயான அளவுசார் மாற்றங்கள் 1956-2014

நிலப்பயன்பாட்டு வகைகள்	விவசாயம் (ha)	பயன்பாடற்ற நிலம் (ha)	கட்டிட நிலம் (ha)	வீட்டுத் தோட்டம் (ha)	ஏனையவை (ha)	மரங்களும் பற்றைகளும் (ha)	நீர் நிலைகள் (ha)	மொத்தம் (ha) 1956
விவசாயம் (ha)	24	0	2	15	1	1	1	44
பயன்பாடற்ற நிலம் (ha)	0	0	4	10	1	0	0	15
கட்டிட நிலம் (ha)	0	0	18	27	2	1	0	48
வீட்டுத் தோட்டம்(ha)	4	3	65	397	8	30	1	508
ஏனையவை (ha)	1	1	9	25	6	2	1	45
மரங்களும் பற்றைகளும் (ha)	11	1	19	151	3	9	0	194
நீர் நிலைகள் (ha)	1	0	1	2	0	0	3	7
மொத்தம் (ha) 2014	41	5	118	627	21	43	6	861

எதிர்வுகூறப்பட்ட நிலப்பயன்பாட்டு படமும் அவற்றின் பரப்பும் முறையே உரு 4, அட்டவணை 1 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன. இதனடிப்படையில் 2014 ஆம் ஆண்டு நிலப்பயன்பாட்டுடன் ஒப்பிடும் போது 2024 இல் கட்டிட நிலப்பயன்பாடு 178.84 வீதத்தினால் அதிகரித்த அதேநேரம் வீட்டுத்தோட்டம் 20.98 வீதத்தினால் குறைவடையும் என எதிர்வுகூறப்பட்டுள்ளது. இதில் கட்டிடநிலங்களின் அதிகரிப்பிற்கு சனத்தொகை, பிரதான வீதிகளிலிருந்தான தூரம், நிலப்பெறுமதி என்பன செல்வாக்கு செலுத்தும் என எதிர்பார்க்கப்படுகின்றது. மேலும்மரங்களும்பற்றைகளும், பயன்பாடற்ற நிலம், விவசாயம் என்பன முறையே 93.8, 98.05, 44.4 வீதங்களினால் குறைவடையும் என எதிர்வுகூறப்பட்டுள்ளது. இந்த நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றத்தில் குறிப்பாக நகரிலிருந்து தூரம், பிரதானவீதிகளிலிருந்தான தூரம் போன்றனதாக்கம் செலுத்தக்கூடும்.

கட்டிட நிலப்பயன்பாடு வண்ணார் பண்ணைகிழக்கு(J/100), கந்தர்மடம்வடமேற்கு (J/102), கந்தர்மடம் வடகிழக்கு(J/103), நல்லூர் வடக்கு(J/106), நல்லூர் தெற்கு (J/108), சங்கிலியன் தோப்பு(J/109)ஆகிய பகுதிகளில் மிக அதிகமாக காணப்படும். அரியாலை மத்திய மேற்கு(J/92),அரியாலை தென்மேற்கு (J/93),அரியாலை மத்திய வடக்கு (J/94),அரியாலை மத்தி (J/95),அரியாலை மத்திய தெற்கு (J/96)ஆகிய பகுதிகளில் முன்னைய ஆண்டினைவிட வீட்டுத்தோட்டம் அதிகரித்து செல்லும். அரியாலை மத்திய வடக்கு (J/94) அரியாலை மத்தி (J/95), வண்ணார்பண்ணை வடக்கு(J/98)ஆகிய பகுதிகளை சார்ந்த விவசாயநிலப்பயன்பாடு கணிசமானளவு குறைவடையும். அத்துடன் 2014ஆம் ஆண்டினை விட 2024இல் அரியாலை மத்திய மேற்கு (J/92),அரியாலை தென்மேற்கு (J/93), அரியாலை மத்தி(J/95),

ஐயனார் கோவிலடி(J/97), வண்ணார்பண்ணை கிழக்கு (J/100), நல்லூர் தெற்கு (J/108) ஆகிய பகுதிகளில் காணப்பட்ட மரங்களும் பற்றை களும் கூட கணிசமானளவு குறைவடையும். எதிர்காலத்தில் சனத்தொகை செறிவடைந்து செல்வதன் காரணமாக அதிகமான வீட்டுத்தோட்டங்கள் கட்டிடநிலங்களாக மாற்றமடைய கூடிய சாத்தியப்பாடு காணப் படுகின்றது. அதேநேரம் மரங்களும் பற் றைகளும், பயன்பாடற்றநிலம் என்பன வீட்டுத்தோட்டமாகவும் கட்டிட நிலங்க ளாகவும் மாற்றமடையும் எனவும் எதிர்வு கூறப்பட்டுள்ளது.

5. முடிவுரை

தெரிவுசெய்யப்பட்ட மூன்று காலப் பகுதிகளுக்கான நிலப்பயன்பாட்டு படங்க ளினை ஒன்றுடன் ஒன்று ஒப்பீடு செய்வதன் ஊடாக நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றம் அடை யாளம் செய்யப்பட்டது. இதனூடாக தெரிவு செய்யப்பட்ட காலப்பகுதியில் ஒரு நிலப்பயன்பாட்டு வகை என்ன நிலப்பயன் பாட்டு வகையாக எவ்வளவு அளவில் மாற்றமடைகிறது என்பதையும் அறியக் கூடியதாக இருந்தது. மேலும் எங்கே குறித்த நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றம் இடம்பெறுகிறது என்பதனை நிலப்பயன்பாட்டு மாற்ற படமாக்கலூடாக அறியக்கூடியதாக இருந் தது. அத்துடன் நிலப்பயன்பாட்டினைத் தூண்டும் காரணிகளின் அடிப்படையில் நிலப்பயன்பாட்டு பொருத்தத்தன்மை அறியப் பட்டு மார்க்கோவ் செயின் - செலுலார் ஓட்டோமற்றா மாதிரி நுட்ப முறைக்கூடாக எதிர் காலத்தில் எங்கே என்ன வகையான நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றங்கள் ஏற்படும் என்பதும் அறியப்பட்டுள்ளது. யுத்த காலத்தில் நிலப்பயன்பாட்டில் பெருமளவுமாற்றம் இடம்பெறவில்லை. அதாவது 2009 யுத்த நிறைவுக்கு பின்னர் ஆய்வுப் பிரதேசத்தில் நிலப்பயன்பாட்டில் துரித மாற்றம் இடம் பெற்று வருவதனையும் காணக்கூடியதாக இருந்தது. அத்துடன் சனத்தொகை செறிவான இடங்களில் பயன்பாடற்ற நிலங்கள், மரங்களும் பற்றைகளும் குறைவடைந்ததுடன் வீட்டுத்தோட்டம், கட்டிட நிலங்கள் அதிகரித்துள்ள தன்மையும் காணப்படுகிறது. இவ்வாறு அதிகரித்து வருகின்ற சனத் தொகைக்கேற்ப தேவைகளும் அதிகரித்து செல்வதால் வரையறுக்கப்பட்டதும் பெறுமதி மிக்கதுமான நிலவளம் உச்ச அளவில் பயன்படுத்தப்பட்டு வருவது குறிப்பிடத்தக்கதாகும். அத்துடன் பிரதான வீதிகளை அண்மித்தும், நகரப்பகுதிகளை அண்மித்தும், நிலப்பெறுமதியுள்ள இடங்களிலும் கட்டிடநிலங்கள் மற்றும் வீட்டுத்தோட்டம் என்பன அதிகரித்து செல்கின்றமையும் குறிப்பிடத்தக்கது. அதாவது திட்டமிட்ட ஒழுங்குபடுத்தப்பட்ட முறையிலான நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றங்களை விடுத்து சந்தைச் சக்திகளின் தன்னிச்சையான ஆதிக்கத்தின் விளைவே மேற்படி நிலப்பயன் பாட்டு மாற்றங்களுக்கு பிரதானமான காரணமாக இருக்கின்றன.

இவ்வாறான நிலப்பயன்பாட்டுத் தகவல்கள் ஊடாக ஆய்வுப்பகுதியின் பௌதிக பொருளாதார முக்கியத்துவத்தை அறிந்து பிரதேச அபிவிருத்தியை மேற்கொள்ளக் கூடியதாக இருக்கும். இதுவரை காலமும் இலங்கையில் நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றம் பற்றிய தகவல்கள் தொடர்பில் அதிக கவனம் செலுத்தப்படவில்லை. குறிப்பாக எதிர்கால நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றங்கள் தொடர்பில் எதிர்வு கூறல்கள் இதுவரை இடம்பெறவில்லை. இத்தகையதொரு ஆய்வு நாட்டினது நிலப்பயன்பாட்டில் எதிர்காலத்தில் எத்தகைய மாற்றங்கள் எங்கே ஏற்படும் என்பது தொடர்பான தகவல் களைப் பெறுவதற்கும் ஏற்படவிருக்கும் நிலப்பயன்பாட்டு மாற்றங்களுக்கேற்ப திட்டமிடல் முகாமைத்துவ செயற்பாடுகளை மேற்கொள்ளுவதற்கும் அதனூடாக நாட்டில் நிலைபேண்தகு அபிவிருத்தியை ஏற்படுத்தவும் வழிகோலுவதாக அமையும் என்பதில் ஐயமில்லை.

References

1. Aurambout,J., Endress, A. G. & Deal, B. M. (2005). A spatial model to estimate habitat fragmentation and its consequences on long-term persistence of animal populations. Environmental Monitoring and Assessment, 109, 199-225.
2. Berry, M. W., Flamm, R. O., Hazen, B. C., & MacIntyre, R. L. (1995).The Land Use Change Analysis System (LUCAS) for Evaluating Landscape Management Systems. Retrieved January 12, 2017, from http://web.eecs.utk.edu/~lucas/publications/ieee/ieee.html
3. Campbell, J.B. (1996). Introduction to remote sensing (2nded.). New York: The Guilford press.
4. Groeneveld, R.A., Kruseman, G., & van Ierland, E.C. (2003). Global warming and the economics of land-use and land-cover change. In A.J. Dolman, A. Verhagen, & C.A. Rovers (Eds.), Global Environmental Change and Land Use (pp.53-69). Kluwer Academic Publishers: Dordrecht.
5. Guan, D. et al. (2011).Modelling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model.Ecological Modelling, 222, 3761-3772.
6. Jensen, J. R. (1986). Introductory digital image processing: a remote sensing perspective. USA : Prentice-Hall.
7. Jie,M. Xiaoxiang,Z. Yan, X. Baohua,Y. (2010). Analysis and Prediction of Land Use and Land Cover Change: A Case Study of Minjiang River China. IEEE computer society.
8. Lambin, E. F., & Ehrlich, D. (1997). Land-cover change in Sub-Saharan Africa (1982-1991): application of change index based on remotely sensed surface temperature and vegetation indices at a continental scale. Remote Sensing & Environment, 61, 181-200.
9. Lee, C. P., Young, S. S., & Chen, h;. (2000, December 4-8). Land cover change in China using time series analysis, 1982-1999. Paper presented at the 21st Asian Remote Sensing Conference on Remote Sensing. Retrieved January 15, 2006, from http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/2000/ts12/ts12003.asp.
10. Lee,Y. & Chang, H. (2011). The simulation of land use by using CA-Markov Model: A case study of Tainan City, Taiwan. IEEE Computer Society.
11. Lopez, E., Bocco, G., Mendoza, M., Velazquez, A., Aguirre-Rivera, J. R. (2006). Peasant emigration and land-use change at the watershed level: A GIS-based approach in Central Mexico. Agricultural Systems, 90, 62–78.
12. Michalak, W. Z. (1993). GIS in land use change analysis: integration of remotely sensed data into GIS. Applied Geography, 13, 28-44.
13. Panday, A. C. & Nathawat, M.S. (2002).Land use-land cover mapping through digital image processing of satellite data- a case study from Panchkula, Ambala and Yamunagar district, h;aryana state, India. Paper presented at the Conference on Map Asia 2002. Retrieved September 12, 2004, from http://www.gisdevelopment.net/application/environment/overview/envo0009.htm.

14. Parker, D. C., Manson, S. M., Janssen, M. A., Matthew J. h;offmann, M. J. & Deadman, P. (2002). Multi-Agent Systems for the Simulation of Land-Use and Land-Cover Change: A Review. Retrieved January 12, 2017, from www.csiss.org/events/other/agent-based/papers/maslucc_overview.pdf
15. Petit, C. C., & Lambin, E. F. (2001). Integration of multi-source remote sensing data for land cover change detection. International Journal of Remote Sensing, 15 (8), 785-803.
16. Pontius, R. G. J., Cornell, J. D. & Hall, C. A. S. (2001).Modeling the spatial pattern of land use change with GEOMOD2: application and validation for Costa Rica.Agricultural Ecosystems and Environment, 1775, 1-13.
17. Prato, T., Barnett, Y., Clark, A. & Paveglio, T. (2012).Improving Simulation of Land Use Change in a Region of the Rocky Mountain West. In: C. Aubrecht, S. Freire and K. Steinnocher (Eds.), Land Use: Planning, Regulation and Environment (pp. 188-210). New York, Nova Science Publications.
18. Shalaby, A., & Tateishi, R. (2007). Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt. Applied Geography , 27(1), 28-41.
19. Wu, Q., Li, H.Q., Wang, R. S., Paulussen, J., He, Y., Wang, M., et al. (2006). Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS. Landscape and Urban Planning, 78, 322–333.
20. Yang, X., & Lo, C. P. (2002).Using a time series of satellite imagery to detect land use and land cover changes in the Atlanta, Georgia metropolitan area.International Journal of Remote Sensing,23 (9), 1775-1798.
21. Zheng, H.W.,et al. (2015). Simulating land use change in urban renewal areas: A case study in Hong Kong. Habitat International, 46, 23-34.