

সিএ-মার্কভ মডেলের ভিত্তিতে চট্টগ্রাম সিটি করপোরেশন এলাকায় ভূমি ব্যবহার ও ভূমি আচ্ছাদন পরিবর্তনের পূর্বাভাস

শামসুন্নাহার^১, উম্মে সায়কা^২

^১ MSGED Student, Department of Geography and Environment, Jahangirnagar University, Dhaka 1342.

^২ Professor, Department of Geography and Environment, Jahangirnagar University, Dhaka 1342.

সারসংক্ষেপ: এই গবেষণার উদ্দেশ্য হল ২০০০ থেকে ২০২০ সাল পর্যন্ত চট্টগ্রাম সিটি করপোরেশন এলাকায় রিমোট সেন্সিং এবং জিওগ্রাফিক্যাল ইনফরমেশন সিস্টেম (জিআইএস) ব্যবহার করে ভূমি ব্যবহারের পরিবর্তনের দিকে নজর দেওয়া এবং সেলুলার অটোম্যাট মার্কভ মডেল ব্যবহার করে ২০৩০ সালের জন্য ভবিষ্যতের ভূমি ব্যবহারের ধরণ সম্পর্কে ভবিষ্যদ্বাণী করা। এই গবেষণায়, ভূমি ব্যবহারের শ্রেণিবিন্যাস নিম্নরূপ সংজ্ঞায়িত করা হয়েছেঃ নীল রং জলাশয়ের প্রতিনিধিত্ব করে, সবুজ রং গাছপালার আচ্ছাদন নির্দেশ করে, এবং ধূসর রং অন্তর্নির্মিত অঞ্চলগুলিকে নির্দেশ করে এবং অন্যান্য উন্মুক্ত স্থানগুলির আরেকটি বিভাগ রয়েছে, এগুলি সর্বাধিক সম্ভাব্যতা তত্ত্বাবধানকৃত শ্রেণিবিন্যাস ব্যবহার করে শ্রেণীবদ্ধ করা হয়। ২০০০, ২০১০ এবং ২০২০ সালে তোলা মাল্টি-টম্পোরাল ল্যান্ডস্যাট চিত্রের তিনটি সেট, যেখানে ল্যান্ডস্যাট ৮ অপারেশনাল ল্যান্ড ইমেজার (ওএলআই) থেকে একটি এবং ল্যান্ডস্যাট ৫ থিম্যাটিক ম্যাপার (টিএম) থেকে দুটি চিত্র নেওয়া হয়েছে। বিশ্লেষণে দেখা গেছে যে ২০০০ থেকে ২০২০ পর্যন্ত নির্মিত অঞ্চল এবং গাছপালার আচ্ছাদন যথাক্রমে ১৩% এবং ৬% বৃদ্ধি পেয়েছে যেখানে অন্যান্য উন্মুক্ত স্থান এবং জলাশয় যথাক্রমে ১৮% এবং ১% হ্রাস পেয়েছে।

মূলশব্দ: ভূমি ব্যবহার, জিআইএস, এলইউএলসি, পরিবর্তন সনাক্তকরণ, পরিবর্তন পূর্বাভাস, তত্ত্বাবধানে শ্রেণীবিভাগ।

ভূমিকা

নগরায়ণকে শহরাঞ্চলে বসবাসকারী মানুষের অনুপাত বৃদ্ধি হিসাবে সংজ্ঞায়িত করা হয়। এটি সেই প্রক্রিয়া বর্ণনা করে যার মাধ্যমে মানুষ একটি জাতির গ্রামীণ থেকে শহুরে অঞ্চলে চলে যায়, যা নতুন শহর ও শহরের জন্ম দেয়। এছাড়াও, নগরায়নের বৈশিষ্ট্যগুলির মধ্যে রয়েছে কর্মসংস্থান সৃষ্টি, শিল্পায়ন, জীবনযাত্রার মান পরিবর্তন এবং সামাজিক পরিষেবাগুলির প্রবেশযোগ্যতা। ভূমি ব্যবহার/ভূমি আচ্ছাদন (এলইউএলসি) পরিবর্তন হল মানুষের ক্রিয়াকলাপ দ্বারা তৈরি পৃথিবীর পৃষ্ঠের একটি পরিবর্তন। "ভূমি আচ্ছাদন" পৃথিবীর পৃষ্ঠের ভৌত বৈশিষ্ট্যের সাথে সম্পর্কিত, যা মাটির গঠন, উদ্ভিদের আচ্ছাদন, জলাশয় এবং অন্যান্য সুস্পষ্ট প্রাকৃতিক বৈশিষ্ট্যের মতো উপাদানগুলিকে অন্তর্ভুক্ত করে। অন্যদিকে, "ভূমি ব্যবহার" বলতে বহুবিধ উপায়ে জমি ব্যবহারকে বোঝায়। উদাহরণস্বরূপ, কৃষি, লবণ উৎপাদন, নগর উন্নয়ন, বনায়নের মতো কার্যক্রম। বিশ্বজুড়ে, পরিবর্তন সনাক্তকরণের জন্য বেশ কয়েকটি নামী মডেল ঐতিহাসিক ভূমি ব্যবহারের প্রবণতা বিশ্লেষণ করতে এবং ভবিষ্যতের পূর্বাভাস দেওয়ার জন্য সেই প্রবণতাগুলি প্রয়োগ করতে ব্যবহৃত হয়। মার্কভ মডেল এই ক্ষেত্রে একটি উল্লেখযোগ্য অংশগ্রহণকারী, বিশেষ করে যখন সিএ মার্কভের সাথে মিলিত হয়। সাম্প্রতিক দশকগুলিতে, বাংলাদেশের শহুরে জনসংখ্যা দ্রুত বৃদ্ধি পেয়েছে, ১৯৮১ সালে ১৪.১ মিলিয়ন থেকে ১৯৯১ সালে ২২.৫ মিলিয়ন হয়ে ২০০১ সালে ৩১.১ মিলিয়ন হয়ে ২০১১ সালে ৪২.১১ মিলিয়ন হয়েছে, অন্যান্য উন্নয়নশীল দেশগুলির মতো। পরিবেশ ও সম্পদের ওপর জনসংখ্যা বৃদ্ধির চাপ বাংলাদেশের টেকসই উন্নয়নকে উল্লেখযোগ্যভাবে প্রভাবিত করে।

আমাদের দেশের শহুরে জনসংখ্যার ১৯.৭% অংশ নিয়ে চট্টগ্রাম বাংলাদেশের দ্বিতীয় বৃহত্তম মহানগর এলাকা। পাহাড়ি ঢালে চাষাবাদের স্থান পরিবর্তন, পাহাড়ি বন অপসারণ এবং বসতি ও অন্যান্য প্রতিষ্ঠানের জন্য পাহাড় কেটে সমতল জমিতে রূপান্তরিত করার কারণে পাহাড়ি অঞ্চলে উল্লেখযোগ্য পরিবর্তন ঘটেছে। শহরটি যথেষ্ট পরিমাণে ভূমি ব্যবহারের পরিবর্তন অনুভব করেছে এবং গত চল্লিশ বছরে অপরিসীম ও বিশৃঙ্খলভাবে সমস্ত দিকে বৃদ্ধি পেয়েছে। ফলস্বরূপ, এটি জমির ব্যবহারের পরিমাণ বৃদ্ধির পাশাপাশি সময়ের সাথে সাথে জমির ব্যবহারের পরিবর্তন ঘটায়। কৃষি নিম্নভূমি এবং পার্বত্য অঞ্চলে, আবাসন প্রকল্পগুলি প্রায়শই অনুমোদন সহ এবং ছাড়াই শুরু করা হয়, যার ফলে অবকাঠামো বা সুযোগ-সুবিধার বিধানের জন্য কোনও মান ছাড়াই নির্বিচারে ভরাট, সমতলকরণ, মহকুমা এবং প্লট বিক্রি হয়।

প্রাথমিকভাবে নীল (জলাশয়) সবুজ (গাছপালার আচ্ছাদন) এবং ধূসর (বিল্ট-আপ) এলাকায় ২০০০ থেকে ২০২০ সালের মধ্যে চট্টগ্রাম সিটি করপোরেশনের ভূমি ব্যবহারের ধরণ কীভাবে পরিবর্তিত হয়েছে তা এই গবেষণায় পরীক্ষা করা হয়েছে। এটি ২০৩০ সালের জন্য এই ভূমি ব্যবহারের গতিশীলতার পূর্বাভাস দিতে সিএ-মার্কভ মডেল ব্যবহার করে। জিআইএস এবং ইডিআরআইএসআই সেলভা সফ্টওয়্যার ব্যবহার করে, এই গবেষণায় ভূমি ব্যবহার এবং ভূমি আচ্ছাদনের সাময়িক বৈচিত্র্যগুলি সনাক্ত করার চেষ্টা করা হয়েছে। সেলুলার অটোম্যাট এবং মার্কভ চেইন মডেলিংয়ের ধারণাগুলি অনেক বৈজ্ঞানিক ক্ষেত্রে প্রয়োগ করা হয় এবং রিমোট সেন্সিং এবং জিওগ্রাফিক ইনফরমেশন সিস্টেম প্রযুক্তির বিকাশের পাশাপাশি গণনামূলক এবং মডেলিং

ক্ষমতার সূচকীয় বৃদ্ধির সাথে মডেলটি তার প্রভাবকে প্রশস্ত করেছে। সেলুলার অটোম্যাটা মার্কভ মডেলের সংমিশ্রণকে মডেলিং এবং পূর্বাভাস পরিবর্তনের সক্ষমতার সাথে ভূমি ব্যবহারের পরিবর্তনের অনুকরণের জন্য কার্যকর হিসাবে বিবেচনা করা হয়। একটি যৌগিক সেলুলার অটোম্যাটা মার্কভ চেইন মডেলের ব্যবহার ভূমি ব্যবহারের পরিবর্তনের আরও পরিমার্জিত গতিশীল প্যাটার্ন (মন্ডোল এট আল; ২০১৬) তৈরিতে সক্ষমতা বাড়িয়েছে। বাংলাদেশের গবেষকরা ভূমি ব্যবহারের পরিবর্তন, নগর সম্প্রসারণ এবং পরিবেশগত গতিশীলতা সম্পর্কিত বিভিন্ন বিষয় পরীক্ষা করতে সিএ-মার্কভ মডেলটি ব্যবহার করেছেন। বিভিন্ন পরিবেশগত অবস্থার প্রতিক্রিয়ায় সিএ-মার্কভ মডেল ব্যবহার করে বাংলাদেশ সুন্দরবনে ম্যানগ্রোভের গঠন ও সমাবেশের পূর্বাভাস দেওয়া হয়েছে (মুখোপাধ্যায় ও অন্যান্য, ২০১৫)। সুতরাং, চট্টগ্রাম সিটি কর্পোরেশনের এলাকার ভবিষ্যতের নীল-সবুজ-ধূসর স্থানগুলি কী হবে তা ভবিষ্যদ্বাণী করার জন্য সিএ-মার্কভ মডেল স্থাপন বর্তমান গবেষণার জন্য উপযুক্ত প্রমাণিত হতে পারে।

এই গবেষণার লক্ষ্য হলো, সিএ-মার্কভ মডেল ব্যবহার করে একটি ভবিষ্যদ্বাণীমূলক মডেল তৈরি করা, যা অধ্যয়ন অঞ্চলের শহুরে সবুজ-নীল-ধূসর স্থানের অনুপাতের ভবিষ্যত ভূমি ব্যবহার পরিবর্তন এবং রূপান্তর বিশ্লেষণ ও পূর্বাভাস দিবে।

১) ২০০০, ২০১০ এবং ২০২০ সালে কিভাবে নির্মিত এলাকা, জলাশয় এবং উদ্ভিদের আচ্ছাদন পরিবর্তিত হয়েছে তা বিশ্লেষণ করা।

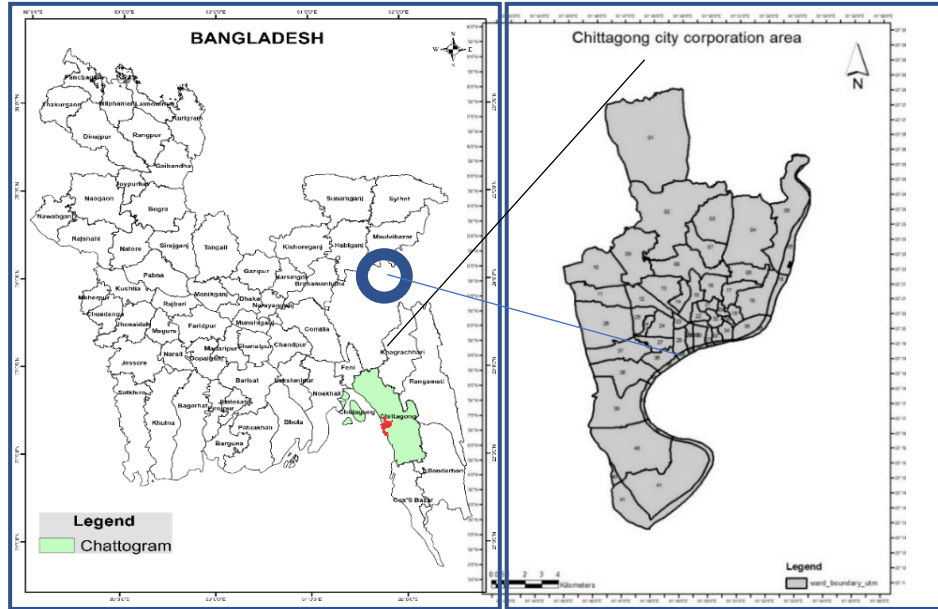
২) ২০৩০ সালে গবেষণা এলাকায় প্রত্যাশিত ভূমি ব্যবহারের স্থানিক বন্টন অনুমান করা।

৩) ভূমি ব্যবহারের ধরনে পরিবর্তনের কারণগুলো (দ্বিতীয় পর্যায়ের গবেষণার উপর ভিত্তি করে) মূল্যায়ন করা।

উপাত্ত ও গবেষণা পদ্ধতি

সমীক্ষা এলাকা

চট্টগ্রাম জেলা দক্ষিণ-পূর্ব বাংলাদেশের চট্টগ্রাম বিভাগের একটি প্রশাসনিক অঞ্চল। পাহাড়, সমুদ্র, উপত্যকা এবং বনের কারণে বাংলাদেশের অন্য যে কোনও জেলার তুলনায় চট্টগ্রামের ভৌগোলিক বৈচিত্র্য বেশি। চট্টগ্রাম শহর শুধুমাত্র জেলার প্রশাসনিক কেন্দ্রই নয়, এটি বাংলাদেশের দ্বিতীয় বৃহত্তম শহরও। এটি কণ্ঠুলি নদীর ডান তীরে ২২°১৪'এবং ২২°২৪' উত্তর অক্ষাংশ এবং ৯১°৪৬'এবং ৯১°৫৩' পূর্ব দ্রাঘিমাংশের মধ্যে অবস্থিত। ২০২২ সালের আদমশুমারি অনুসারে শহরে ৪১টি ওয়ার্ড রয়েছে, যার মোট জনসংখ্যা ৩,২২৭,২৪৬জন। চট্টগ্রাম সিটি কর্পোরেশনের মোট আয়তন ৪২৬৯৪.৩৯৩ একর। প্রায় ৬০০০ একর জুড়ে সবচেয়ে বড় এলাকা হল দক্ষিণ পাহাড়তলী এবং মাত্র ১০০ একর জুড়ে সবচেয়ে ছোট এলাকা হল দেওয়ান বাজার ওয়ার্ড।



চিত্র ১: বাংলাদেশের প্রেক্ষাপটে চট্টগ্রাম সিটি

[উৎসঃ লেখক দ্বারা তৈরি, ২০২৫]

চিত্র ২ : চট্টগ্রাম সিটি কর্পোরেশন এলাকা কর্পোরেশন

এলাকার অবস্থান [উৎসঃ লেখক দ্বারা তৈরি, ২০২৫]

স্যাটেলাইট চিত্রের তথ্য

মার্কিন যুক্তরাষ্ট্রের ভূতাত্ত্বিক জরিপ (ইউ. এস. জি. এস) আর্থ এক্সপ্লোরার থেকে রিমোট সেন্সিং চিত্রগুলি শীতকালে স্থল আচ্ছাদন, বালু-আপ এলাকা এবং জলাশয়ের পরিবর্তনগুলি সনাক্ত করতে সংগ্রহ করা হয়েছিল। এই ছবিগুলির সর্বোত্তম দৃশ্যমানতা এবং ন্যূনতম পরিমাণে মেঘের আচ্ছাদন রয়েছে, যা এগুলিকে চিত্র বিশ্লেষণের জন্য আদর্শ করে তোলে। ২০ বছরের মধ্যে পরিবর্তনগুলি সনাক্ত করতে ১০ বছরের ব্যবধানে তিন বছরের ছবি সংগ্রহ করা হয়েছিল। ২০০০, ২০১০ এবং ২০২০ সালের ছবিগুলি তাদের উপলব্ধতার ভিত্তিতে সংগ্রহ করা হয়েছিল। ডাউনলোড করা ছবিগুলি হল ৩০ মি পিক্সেল আকারের যা সারি কোড ৪৫ এবং পথ কোড ১৩৬ থেকে প্রাপ্ত হয়েছিল।

সারণী ১: সংগৃহীত উপগ্রহ চিত্র এবং তাদের বৈশিষ্ট্য

বছর	ল্যান্ডস্যাট সেন্সর	অধিগ্রহণের পথ/সারি মেঘের রেজুলেশন	তারিখ	আবরণ
২০০০	ল্যান্ডস্যাট টিএম ৫	১১/১১/২০০০	১৩৬/৪৫	৪% ৩০
২০১০	ল্যান্ডস্যাট টিএম ৫	২৩/১১/২০১০	১৩৬/৪৫	৪% ৩০
২০২০	ল্যান্ডস্যাট ওএলআই	২০/১২/২০২০	১৩৬/৪৫	৪% ৩০

[উৎস: ইউএসজিএস এবং লেখকদের দ্বারা সংকলিত, ২০২৫]

ভূমি ব্যবহারের মানচিত্র প্রস্তুতি এবং পরিবর্তন সনাক্তকরণ

বাংলাদেশের অসংখ্য শিক্ষাবিদ ভূমি ব্যবহার এবং ভূমি আচ্ছাদন নিয়ে গবেষণা করেছেন (এলইউএলসি ব্যাপকভাবে, বিশেষ করে রিমোট সেন্সিং এবং জিআইএস কৌশল ব্যবহার করে)। ছবির অনেক বৈশিষ্ট্য সম্পর্কে আরও ভাল ছবি এবং বোঝার জন্য সংশোধন এবং বৃদ্ধির জন্য স্যাটেলাইট চিত্রের ব্যাখ্যা প্রয়োজন। উপযুক্ত উপগ্রহ চিত্র বিশ্লেষণের জন্য, দুই ধরনের সংশোধন প্রয়োজন: রেডিওমেট্রিক সংশোধন এবং জ্যামিতিক সংশোধন। যাইহোক, এই তদন্তে ব্যবহৃত সমস্ত উপগ্রহ চিত্র ১ম স্তরে নেওয়া হয়েছিল, যা ইঙ্গিত করে যে জ্যামিতিক সংশোধনের জন্য কোনও তথ্য প্রক্রিয়া করা হয়নি এবং তথ্যটি ইতিমধ্যে অর্থোরেকটিফাই করা হয়েছে (শ্রীবাস্তব এট আল, ২০১২)

প্রথমে, সংগৃহীত উপগ্রহ চিত্রগুলি জোন ৪৬ -এন ডেটাম ওয়ার্ল্ড জিওডেটিক সিস্টেম-৮৪-এর মধ্যে ইউনিভার্সাল ট্রান্সভার্স

মার্কেটর (ইউটিএম)-এ রূপান্তরিত হয়। এর পরে, কম্পোজিট ব্যান্ড অ্যানালিসিস স্যাটেলাইট চিত্রগুলিকে একত্রিত করতে ব্যবহৃত হয়। তারপর, চট্টগ্রাম সিটি কর্পোরেশন এলাকাটি আর্কজিআইএস-এ আর্ক টুলবক্সের মাস্ক টুলস দ্বারা এক্সট্রাক্ট ব্যবহার করে কম্পোজিট ফাইল থেকে বের করা হয়। এই তদন্তে একটি তত্ত্বাবধানকৃত শ্রেণীবিভাগ পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়েছে। চিত্রগুলির ব্যান্ড গঠন ব্যবহার করে কাঠামো তৈরি করে, ডিজিটাল বহুভুজটি স্বাক্ষরের মান গণনা করেছে। এই ছবিগুলির স্বাক্ষর মানের জন্য একটি ডিএন মান রয়েছে। স্বাক্ষর উন্নয়ন পিক্সেল প্রতিফলন মানকে বোঝায়। এই কাজে, চিত্রের শ্রেণিবিভাগের জন্য সর্বাধিক সম্ভাব্যতা প্যারামেট্রিক নিয়মটি বিবেচনায় নেওয়া হয়েছিল।

একটি তত্ত্বাবধানে শ্রেণীবিভাগ বহুভুজ (প্রশিক্ষণ নমুনা) ব্যবহার করে যা বিভিন্ন ভূমি ব্যবহারের শ্রেণীবিভাগের পৃথক নমুনা ক্ষেত্রের প্রতিনিধিত্ব করে যা চিহ্নিত করা প্রয়োজন। নিম্নলিখিত চারটি বিভাগ ব্যবহার করে শ্রেণীবিভাগ করা হয়: নির্মিত এলাকা, গাছপালার আচ্ছাদন, জলাশয় এবং অন্যান্য উন্মুক্ত স্থান। শহুরে, গাছপালা এবং জলজ ভূমি সহ উপগ্রহ চিত্রকে শ্রেণীবদ্ধ করতে আর্কম্যাপ ১০.৬.১-এ সর্বাধিক সম্ভাব্যতা শ্রেণিবিভাগ ব্যবহার করে তদন্ত শুরু হয়েছিল। ছবিগুলিকে শ্রেণীবদ্ধ করার জন্য তত্ত্বাবধানে শ্রেণিবিভাগে সর্বাধিক সম্ভাব্যতা (এমএল) ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত অ্যালগরিদমগুলির মধ্যে একটি (জেনসেন, ২০০৫) শহুরে এবং পরিবেশগত পরিবর্তনগুলি তুলে ধরার জন্য তিনটি গুরুত্বপূর্ণ বছর, ২০০০, ২০১০ এবং ২০২০ -এর বিস্তারিত ভূমি আচ্ছাদন মানচিত্রগুলি তদন্ত করা হয়েছে।

২০০০, ২০১০ এবং ২০২০ সালের জন্য ভূমি ব্যবহারের মানচিত্র তৈরি করার পর, আমরা পরিবর্তনের ক্ষেত্রগুলি চিহ্নিত করতে শ্রেণিবিভাগ-পরবর্তী তুলনা কৌশলটি ব্যবহার করেছি। ভূমি ব্যবহারের পরিবর্তনগুলি মূল্যায়নের জন্য, আমরা এলাকা গণনা করেছি (বর্গ.কিমি) এবং প্রতিটি ভূমি ব্যবহারের প্রকারের জন্য পরিবর্তনের শতাংশ। শতাংশ পরিবর্তন নির্ধারণ করা হয়েছে প্রতিটি শ্রেণীর জন্য ক্ষেত্রফলের পরিবর্তনকে ভিত্তি বছরে সেই শ্রেণীর ক্ষেত্রফল দ্বারা ভাগ করে এবং তারপর ১০০ দ্বারা গুণ

করে। ২০০০, ২০১০ এবং ২০২০ সালের তথ্য ব্যবহার করে, আইডিআরআইএসআই সেলভা সফ্টওয়্যারটি ২০৩০ সালের ভূমি ব্যবহার/ভূমি আচ্ছাদন (এলইউএলসি) তথ্যের মডেল এবং ভবিষ্যদ্বাণী করতে ব্যবহৃত হয়েছে।

নির্ভুলতা মূল্যায়ন

রিমোট সেন্সিং চিত্রের শ্রেণিবিন্যাসের জন্য নির্ভুলতার মূল্যায়ন অপরিহার্য। কাপ্পা-ভিত্তিক সূচক এবং মোট নির্ভুলতা সাধারণত নির্ভুলতার মূল্যায়ন করতে এবং একটি শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতির সম্ভাব্যতা দেখানোর জন্য ব্যবহৃত হয়। ভূমি ব্যবহার এবং ভূমি আচ্ছাদন ম্যাপিংয়ের নির্ভুলতা প্রায়শই কাপ্পা থেকে উদ্ভূত একটি বিভ্রান্তি ম্যাট্রিক্স ব্যবহার করে চিত্রিত করা হয়। এই গবেষণায় উৎপাদিত কাপ্পাগুলি হল উৎপাদকের নির্ভুলতা, ব্যবহারকারীর নির্ভুলতা, মোট নির্ভুলতা এবং কাপ্পা সহগ। একটি শ্রেণীর জন্য "সত্য" ইতিবাচক রেটিং প্রয়োজকের নির্ভুলতার দ্বারা নির্ধারিত হয়। মিথ্যা নেতিবাচক রেটিং ব্যবহারকারীর নির্ভুলতার দ্বারা নির্ধারিত হয়। উপরন্তু, সমগ্র বিষয়ভিত্তিক মানচিত্রের প্রকৃত ইতিবাচক রেটিং সামগ্রিক নির্ভুলতার দ্বারা নির্ধারিত হয়।

নির্ভুলতা মূল্যায়নের সূত্র

ব্যবহারকারীদের নির্ভুলতা =

প্রতিটি ক্যাটাগরিতে সঠিকভাবে শ্রেণীবদ্ধ পিক্সেলের সংখ্যা
X ১০০.....(১)

সেই ক্যাটাগরিতে শ্রেণীবদ্ধ পিক্সেলের মোট সংখ্যা
(সারির মোট)

উৎপাদকদের নির্ভুলতা =

প্রতিটি ক্যাটাগরিতে সঠিকভাবে শ্রেণীবদ্ধ পিক্সেলের সংখ্যা
X ১০০(২)

সেই ক্যাটাগরিতে প্রতিটি ক্যাটাগরিতে রেফারেন্স পিক্সেলের
মোট সংখ্যা(কলামের মোট)

সামগ্রিক নির্ভুলতা =

সঠিকভাবে শ্রেণীবদ্ধ পিক্সেলের মোট সংখ্যা (তির্যক)
X ১০০ (৩)

মোট রেফারেন্স পিক্সেলের সংখ্যা

কাপ্পা সহগ =

= (টিএস X টিসিএস)- Σ(কলামের মোটX সারির মোট)
X ১০০(৪)

টিএস² Σ(কলামের মোট- সারির মোট)

সারণী ৩: বিভিন্ন সময়কালে ভূমি ব্যবহারের শ্রেণিগুলির নির্ভুলতা
মূল্যায়ন

জমির ব্যবহার	২০০০		২০১০		২০২০	
	পিএ	ইউএ	পিএ	ইউএ	পিএ	ইউএ
উদ্ভিদের আচ্ছাদন	১০০%	১০০%	১০০%	৮০%	৮১.৮১%	৯০%
নির্মিত এলাকা	১০০%	৭০%	১০০%	৮০%	৮১.৮১%	৯০%
জলাশয়	৯০%	৯০%	৯০%	৯০%	১০০%	১০০%
অন্যান্য উন্মুক্ত স্থান	৬৯.২৩%	৯০%	৬৪.২৮%	৯০%	১০০%	৮০%
সামগ্রিক নির্ভুলতা (%)	৮৭.৫%		৮৫%		৯০%	
সামগ্রিক কাপ্পা পরিসংখ্যান	৮৩.৩৩%		৮০%		৮৬.৬৬%	

* পিএ= উৎপাদকদের নির্ভুলতা এবং * ইউএ= ব্যবহারকারীর নির্ভুলতা;
[উৎসঃ লেখকদের দ্বারা সংকলিত, ২০২৫]

টেবিলটি নির্ভুলতা মূল্যায়নের ফলাফলের একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ প্রদান করে। সহগ মান ০.৮০বা উপরে ৮০%একটি গ্রহণযোগ্য নির্ভুলতা নির্দেশ করে। উপস্থাপিত তথ্য অনুসারে, ২০০০, ২০১০ এবং ২০২০ সালের মোট নির্ভুলতার হার যথাক্রমে ৮৭.৫%, ৮৫%এবং ৯০%পাওয়া গেছে এবং কাপ্পা সহগগুলি ০.৮৩, ০.৮০ এবং ০.৮৬।

সিএ-মার্কভ মডেলের মাধ্যমে ভূমি ব্যবহারের ভবিষ্যৎ পূর্বাভাস

সিএ-মার্কভ দুটি মডেলের সংমিশ্রণঃ সেলুলার অটোম্যাটা এবং মার্কভ মডেল। সিএ-মার্কভ মডেল ভূমি ব্যবহার/ভূমি আচ্ছাদন (এলইউএলসি) পরিবর্তনের সাময়িক এবং স্থানিক প্যাটার্ন অনুকরণ করতে পারে। সিএ-মার্কভ মডেলটি এলইউএলসি-র সাময়িক পরিবর্তন এবং স্থানিক বন্টন বিশ্লেষণের জন্য পরিকল্পনার সরঞ্জামগুলির মধ্যে একটি। এই মডেলটি এলইউএলসি, বন আচ্ছাদন, নগর উন্নয়ন, উদ্ভিদের বৃদ্ধি এবং জলবিভাজিকা ব্যবস্থাপনার মডেলিংয়ের গতিশীলতাব্যাপকভাবে বর্ণনা

করে সিএ (সেলুলার অটোম্যাটা) মার্কভ চেইন ভূমি ব্যবহারের পূর্বাভাসকে একত্রিত করে একটি স্থানিক ধারাবাহিকতা উপাদান এবং রূপান্তরগুলির প্রত্যাশিত স্থানিক বিতরণ সম্পর্কে জ্ঞান প্রদান করে। মৌলিক ভূমি ব্যবহারের মানচিত্রটি পরিবর্তনের দৃশ্যকল্পের জন্য প্রথম প্রসঙ্গ হিসাবে কাজ করে। একটি মার্কভ চেইন মডেল, যা সহজভাবে বর্ণনা করা হয়েছে, ব্যাখ্যা করে যে কীভাবে ভূমি ব্যবহার বিবর্তিত হয়, বর্তমান সময়কাল থেকে পরবর্তী সময়কাল পর্যন্ত বিস্তৃত, যাতে আসন্ন পরিবর্তনগুলি অনুমান করা যায়। একটি মার্কভ চেইন মডেল মূলত বর্তমান সময় থেকে ভবিষ্যতের সময় পর্যন্ত এলইউএলসি-র অগ্রগতিকে আলোকিত করার জন্য একটি কাঠামো সরবরাহ করে, যা আসন্ন পরিবর্তনের প্রত্যাশাকে অনুমতি দেয়। পরিবর্তিত ভূমি ব্যবহারের প্রত্যাশিত গতিপথ নির্ধারণ করতে ব্যবহৃত গাণিতিক অভিব্যক্তিটি সমীকরণ (১) দ্বারা প্রতিনিধিত্ব করা হয়। জমির আচ্ছাদন প্রকারের গঠন ও বন্টন সময়ের সাথে সাথে পরিবর্তিত হবে এবং এই পরিবর্তনগুলি মূল্যায়ন ও পূর্বাভাস দেওয়ার জন্য এই সমীকরণটি অপরিহার্য।

সারণী ৪ : গবেষণা অঞ্চলের বৈশিষ্ট্যসমূহ

$$S(t, t+1) = P_{ij} \times S(t) \dots \dots \dots (১)$$

S(t) সময় t এ সিস্টেমের অবস্থা নির্দেশ করে এবং S(t+1) সময় t+1 এ সিস্টেমের অবস্থা নির্দেশ করে। একটি অবস্থায় ট্রানজিশন সম্ভাব্যতা ম্যাট্রিক্স নিম্নলিখিত সূত্রটি ব্যবহার করে নির্ধারিত হয়ঃ

$$= \|P_{ij}\| = \begin{bmatrix} P_{1,1} & P_{1,2} & \dots & P_{1,N} \\ P_{2,1} & P_{2,2} & \dots & P_{2,N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{N,1} & P_{N,2} & \dots & P_{N,N} \end{bmatrix}$$

$$(0 \leq P_{ij} \leq 1)$$

P হল রূপান্তর সম্ভাবনা; P_{ij} হল পরবর্তী সময়ে বর্তমান অবস্থা i থেকে অন্য অবস্থা j তে রূপান্তরিত হওয়ার সম্ভাবনা; P_N হল যে কোনও সময়ের অবস্থা সম্ভাবনা। নিম্ন রূপান্তরের সম্ভাবনা (0) এর কাছাকাছি এবং উচ্চ রূপান্তরের সম্ভাবনা (১) এর কাছাকাছি থাকবে। মার্কভ মডেল নির্দিষ্ট ভূমি ব্যবহারের নিদর্শনগুলিকে স্বতন্ত্র শ্রেণীতে বিভক্ত করে, যা পরবর্তীকালে অতীতে একটি নির্দিষ্ট সময়কালে পর্যবেক্ষণ করা হয়। মার্কভ চেইন হিসাব করে যে সাম্প্রতিকতম তারিখ এবং প্রত্যাশিত তারিখের মধ্যে ঠিক কতটা জমি পরিবর্তন হবে বলে আশা করা হচ্ছে। এই পদ্ধতির আউটপুট হল একটি ম্যাট্রিক্স যাকে ট্রানজিশন সম্ভাব্যতা ফাইল বলা হয় যা প্রতিটি ল্যান্ড কভার ক্লাস একে অপরের শ্রেণীতে

পরিবর্তিত হওয়ার সম্ভাবনা ট্র্যাক করে। এই পর্যবেক্ষণগুলি তখন সংশ্লিষ্ট হয় এবং একটি ট্রানজিশন ম্যাট্রিক্সের আকারে প্রতিনিধিত্ব করা হয় (মোল্লা এট আল।, ২০২০) রূপান্তর সম্ভাব্যতা ম্যাট্রিক্স ম্যাট্রিক্স-ভিত্তিক গণনা (বার্নহাম, ১৯৭৩) ব্যবহার করে পরবর্তী সময় ফ্রেমে রূপান্তরের সম্ভাবনা গণনা করতে নিযুক্ত করা হয়। যাইহোক, চট্টগ্রাম সিটি করপোরেশন এলাকার ভবিষ্যৎ ভূমি ব্যবহারের পূর্বাভাস দেওয়ার জন্য এই গবেষণায়, একই ভূমি ব্যবহারের শ্রেণীগুলির সাথে ২০৩০ সালের জন্য পূর্বাভাসকৃত ভূমি ব্যবহারের মানচিত্র তৈরি করা হয়েছে।

সারণী ৪ : গবেষণা অঞ্চলের বৈশিষ্ট্যসমূহ

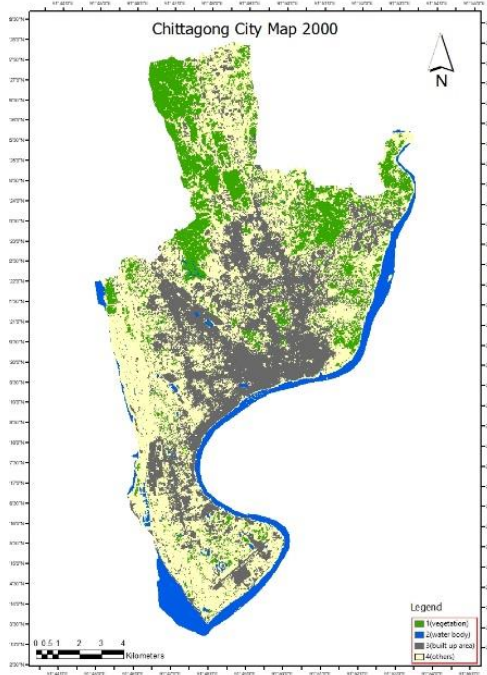
ফিচার ক্লাস	বর্ণনা
নির্মিত এলাকা	আবাসিক, বাণিজ্যিক ও পরিষেবা, শিল্প, পরিবহন, সড়ক, ফুটপাথ।
উদ্ভিদের আচ্ছাদন	মহাগোণী, খেজুর, সেগুন, বাবলা গাছ, ইউক্যালিপটাস, অন্যান্য ফসলের ক্ষেত্র, উদ্যান, বিরল গাছপালা এবং ঘাসের জমি।
জলাশয়	সমুদ্র, নদী, স্থায়ী খোলা জল, হ্রদ, খাল, পুকুর, গর্ত এবং জলাধার, স্থায়ী এবং মৌসুমী জলাভূমি, জলাভূমি, জলাভূমি।
অন্যান্য উন্মুক্ত স্থান	অনুর্বর জমি, উন্মুক্ত মাটি, বালি ভরাট, ল্যান্ডফিল সাইট এবং সক্রিয় খনন এলাকা, সমুদ্র সৈকত।



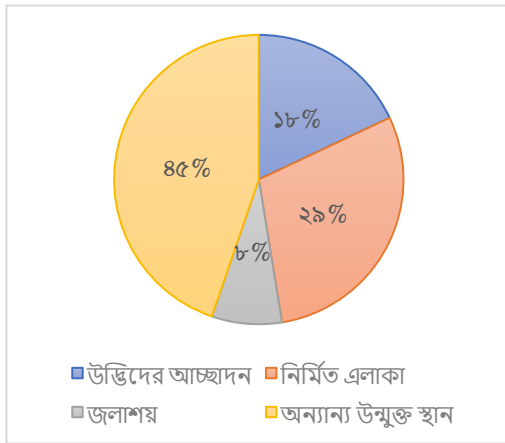
চিত্র ৩: সবুজ, নীল, ধূসর বৈশিষ্ট্যসমূহ

[উৎসঃ লেখকদের দ্বারা সংকলিত, ২০২৫]

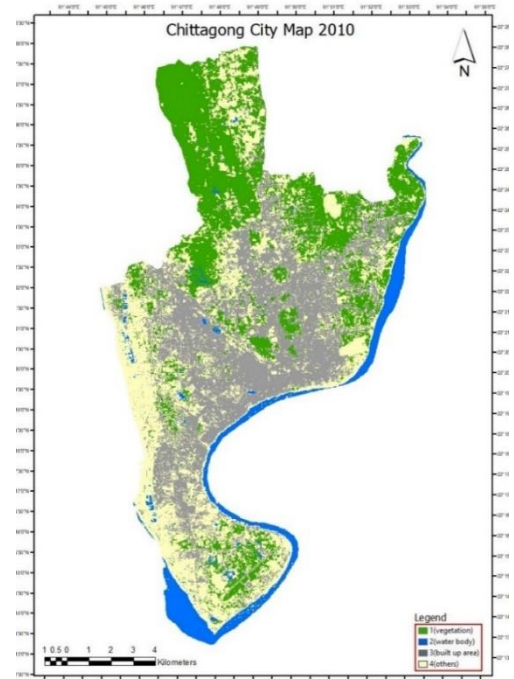
ফলাফল ও আলোচনা ভূমি ব্যবহার



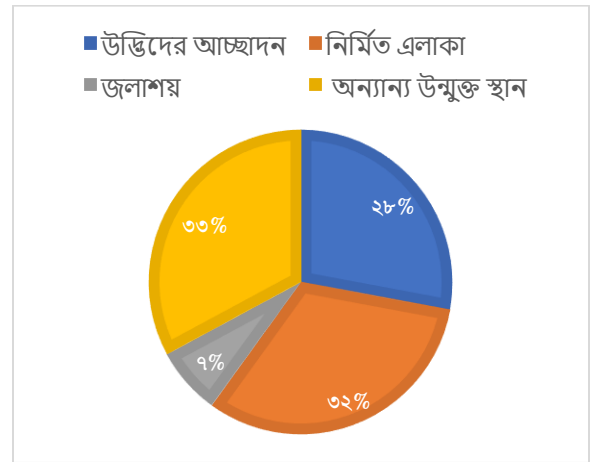
চিত্র ৪: ২০০০ সালে চট্টগ্রাম সিটি করপোরেশন এলাকার ভূমি ব্যবহারের মানচিত্র। [উৎসঃ লেখক কর্তৃক শ্রেণীবদ্ধ, ২০২৫]



চিত্র ৫: বৈশিষ্ট্য শ্রেণীর ক্ষেত্রফলের শতাংশ প্রদর্শনের চার্ট (২০০০)
[উৎসঃ লেখকদের দ্বারা সংকলিত, ২০২৫]

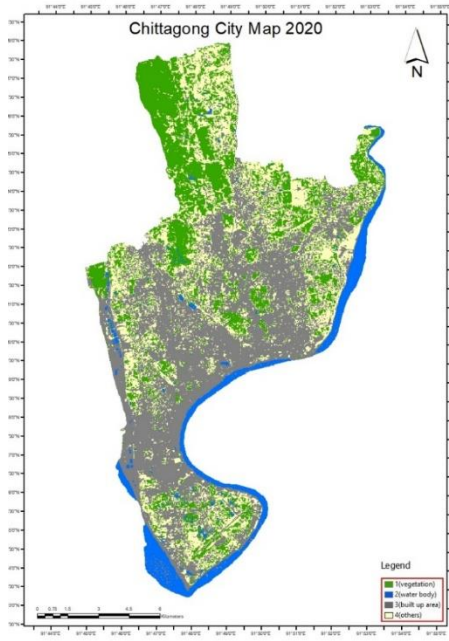


চিত্র ৬ : ২০১০ সালে চট্টগ্রাম সিটি করপোরেশন এলাকার ভূমি ব্যবহারের মানচিত্র। [উৎসঃ লেখকদের দ্বারা সংকলিত, ২০২৫]

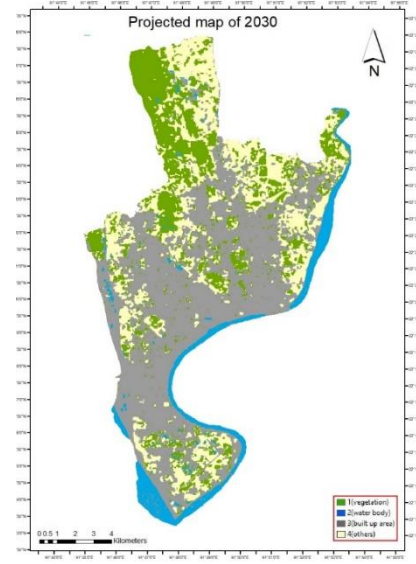


চিত্র ৭: বৈশিষ্ট্য শ্রেণীর ক্ষেত্রফলের শতাংশ প্রদর্শনের চার্ট (২০১০)। [উৎসঃ লেখকদের দ্বারা সংকলিত, ২০২৫]

সিএ-মার্কভ মডেলের ভিত্তিতে চট্টগ্রাম সিটি কর্পোরেশন এলাকায় এলইউএলসি পরিবর্তনের প্রবাস

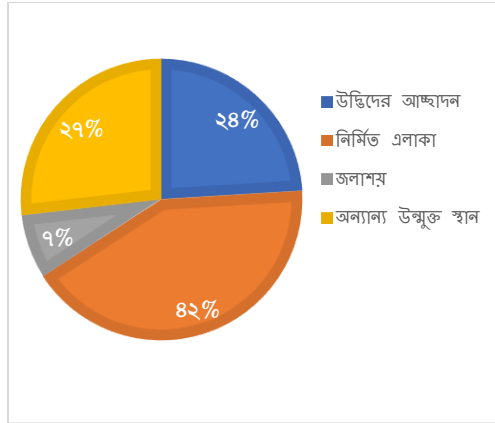


উৎস:
চিত্র
৮:



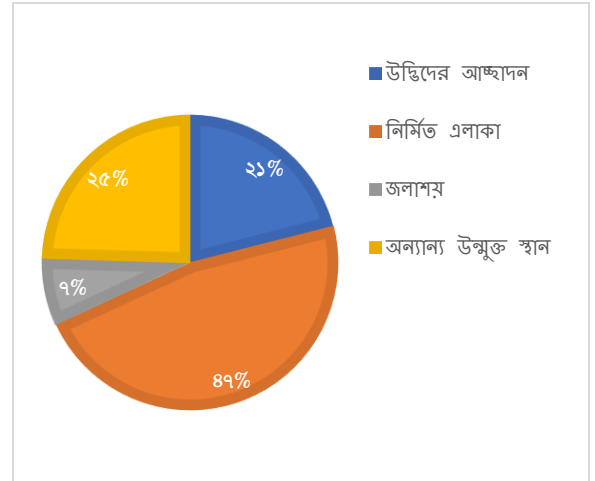
চিত্র ১০: ২০৩০ সালে চট্টগ্রাম সিটি কর্পোরেশন এলাকার প্রবাসসকৃত। [উৎসঃ লেখকদের দ্বারা সংকলিত, ২০২৫।]

২০২০ সালে চট্টগ্রাম সিটি কর্পোরেশন এলাকার ভূমি ব্যবহারের মানচিত্র। [লেখকদের দ্বারা সংকলিত, ২০২৫]



চিত্র ৯: বৈশিষ্ট্য শ্রেণীর ক্ষেত্রফলের শতাংশ প্রদর্শনের চার্ট (২০২০)

[উৎসঃ লেখকদের দ্বারা সংকলিত, ২০২৫।]



চিত্র ১১: বৈশিষ্ট্য শ্রেণীর ক্ষেত্রফলের শতাংশ প্রদর্শনের চার্ট (২০৩০) [উৎসঃ লেখকদের দ্বারা সংকলিত, ২০২৫।]

সারণী ৫: ২০০০ থেকে ২০১০ সালের মধ্যে পরিবর্তিত এলাকা।

ভূমি বৈশিষ্ট্য শ্রেণী	পরিবর্তিত এলাকা	শতাংশ	বৃদ্ধি/হ্রাস
উদ্ভিদের আচ্ছাদন	১৮.৩২	১০%	+
নির্মিত এলাকা	৪.৮১	৩ %	+
জলাশয়	১.২৩	১ %	-
অন্যান্য উন্মুক্ত স্থান	২১.৮১	১২ %	-

[উৎসঃ লেখকদের দ্বারা সংকলিত, ২০২৫।]

সারণী ৬: ২০১০ থেকে ২০২০ সালের মধ্যে পরিবর্তিত এলাকা।

ভূমি বৈশিষ্ট্য শ্রেণী	পরিবর্তিত এলাকা	শতাংশ	বৃদ্ধি/হ্রাস
উদ্ভিদের আচ্ছাদন	৭.১৬	৪%	-
নির্মিত এলাকা	১৭.৯৭	১০%	+
জলাশয়	০.৩৬	০%	অপরিবর্তিত
অন্যান্য উন্মুক্ত স্থান	১১.১৯	৬%	-

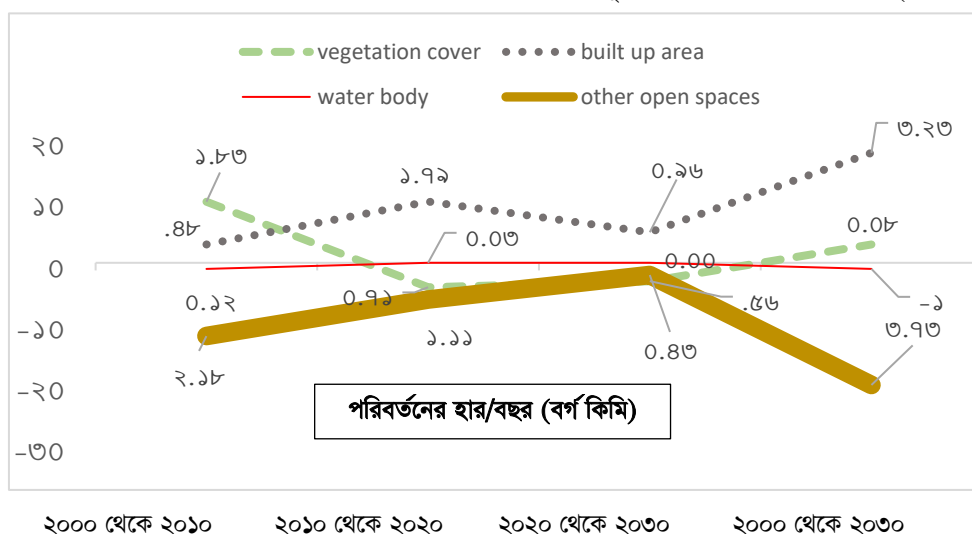
[উৎসঃ লেখকদের দ্বারা সংকলিত, ২০২৫।]

সারণী ৭ : ২০২০ থেকে ২০৩০ সালের মধ্যে এলাকার পরিবর্তন পূর্বাভাস

ভূমি বৈশিষ্ট্য শ্রেণী	পরিবর্তিত এলাকা	শতাংশ	বৃদ্ধি/হ্রাস
উদ্ভিদের আচ্ছাদন	উদ্ভিদের আচ্ছাদন	৩%	অন্যান্য উন্মুক্ত স্থান
নির্মিত এলাকা	৫.৬২	-	-
জলাশয়	৯.৬২	৫ %	+
অন্যান্য উন্মুক্ত স্থান	০.০৪	০ %	অপরিবর্তিত
	৪.৩৩	২%	-

[উৎসঃ লেখকদের দ্বারা সংকলিত, ২০২৫।]

চিত্র ১২ : ২০০০ থেকে ২০৩০ সাল পর্যন্ত চট্টগ্রাম সিটি কর্পোরেশনের বার্ষিক ভূমি ব্যবহারের পরিবর্তন নিদর্শন (বর্গ কিমি)।



[উৎসঃ লেখকদের দ্বারা সংকলিত, ২০২৫।]

এখানে আমরা ২০০০, ২০১০ এবং ২০২০ সালের ভূমি ব্যবহারের মানচিত্র এবং ২০৩০ সালের প্রাথমিক ভূমি ব্যবহারের মানচিত্র উপস্থাপন করা হয়েছে, যেখানে ল্যান্ডস্যাট চিত্র বিশ্লেষণ থেকে তৈরি করা হয়েছে, যেখানে চিত্র ৫,৭,৯,১১ বৈশিষ্ট্য শ্রেণীর ক্ষেত্রফলের শতাংশের জন্য। এছাড়া সারণীতে ২,৩,৪, এবং ৫ এ আয়তন সহ ভূমি শ্রেণী বর্গকিলোমিটারে দেখানো হয়েছে। সারণী ৬,৭ এবং ৮ এ ২০০০ থেকে ২০১০, ২০১০ থেকে ২০২০, এবং ২০২০ থেকে ২০৩০ সালের মধ্যে পরিবর্তিত এলাকা বর্গকিলোমিটারে এবং শতাংশ, বৃদ্ধি/হ্রাস দেখানো হয়েছে।

এই গবেষণায় দেখা গেছে যে ভূমি ব্যবহারের পরিবর্তন, প্রতিটি ছবির জন্য সর্বোচ্চ সম্ভাব্যতা তত্ত্বাবধানে শ্রেণীবিভাগ ব্যবহার করে, শ্রেণীবিভাগ পরবর্তী তুলনা পরিবর্তন সনাক্তকরণ পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়েছে। ফলাফলগুলি পূর্ববর্তী ২০ বছরে (২০০০-২০২০) উল্লেখযোগ্য পরিবর্তনগুলি দেখিয়েছে বিল্ট-আপ এলইউএলসি বিভাগটি উল্লেখযোগ্যভাবে ধীরে ধীরে বৃদ্ধি পেয়েছে এবং বেশিরভাগ এলইউএলসি শ্রেণিবিন্যাস তাদের নিজ নিজ আঞ্চলিক পরিসরে উল্লেখযোগ্য হ্রাস পেয়েছে। ২০০০ সালের সারণি অনুযায়ী, চট্টগ্রামের বিভিন্ন অংশে অনেক খোলা জায়গা রয়েছে যা ২০০০ বছরের মানচিত্রে দেখা যায় যার মধ্যে হাটহাজারি, পাছাডতলী, চাটগাঁও, বাকালিয়া, হালিশহর, পতেঙ্গা নামে এলাকা রয়েছে। অধ্যয়ন এলাকার অধিকাংশ অন্যান্য খোলা স্থান, ৮২.৩৯ বর্গ কিলোমিটার, যা সমগ্র অঞ্চলের ৪৫%। এছাড়াও, ২০১০ সালের সারণী অনুযায়ী, অধ্যয়ন এলাকার অধিকাংশ হলো অন্যান্য খোলা স্থান, ৬০.৫৮ বর্গ কিলোমিটার, সমগ্র অঞ্চলের ৩৩%। যাইহোক, ২০০০ থেকে ২০১০ সালের মধ্যে অন্যান্য উন্মুক্ত স্থানগুলি ১২% (২১.৮১ বর্গ.কিমি) এরও বেশি হ্রাস পেয়েছে। এবং ২০২০ সালের সারণী অনুসারে, যেখানে অন্যান্য উন্মুক্ত অঞ্চল ৪৯.৩৯ বর্গ কিলোমিটার বা ২৭%। ২০১০ - ২০২০ সাল থেকে উপরের সারণীটি দেখায় যে অন্যান্য উন্মুক্ত অঞ্চলগুলি ৬ % হ্রাস পেয়েছে।

উপরন্তু, ২০০০ সালের মানচিত্র এবং সারণী থেকে নির্মিত এলাকা (ধূসর স্থান) ৫৪.২৫ বর্গকিমি যা মোট জমির ২৯% নির্দেশ করে, কোতোয়ালি, খুলশি পাঞ্চলাইশ এবং বন্দরকে বিল্ট আপ এলাকার সংখ্যাগরিষ্ঠ হিসাবে দেখা হয়। এবং ২০১০ এর মানচিত্রে বিল্ট-আপ এলাকা ৫৯.০৬ বর্গ.কিমি দেখাচ্ছে, যা ৩২%। ২০০০ - ২০১০ সাল থেকে নির্মিত এলাকা (ধূসর স্থান) ৩ % বৃদ্ধি পেয়েছে। এবং তা বন্দর এবং চাটগাঁও এলাকায় ছড়িয়ে পড়ছিল। এবং ২০২০ সালের সারণী অনুসারে, যেখানে বেশিরভাগ অধ্যয়ন এলাকা নির্মিত এলাকা, ৭৭.০২ বর্গ কিলোমিটার, সমগ্র অঞ্চলের

৪২%, ২০১০ - ২০২০ সাল থেকে উপরের সারণী টি দেখায় যে নির্মিত এলাকা ১০% বৃদ্ধি পেয়েছে।

২০০০ সালের মানচিত্র এবং সারণী থেকে উদ্ভিজ্জ আচ্ছাদন ৩৩.১২ বর্গ কিলোমিটার, বা সমগ্র অধ্যয়ন অঞ্চলের ১৮% যেখানে হাটহাজারি চাটগাঁও সবুজ অঞ্চলের জন্য বিশিষ্ট এবং ২০১০ সালের মানচিত্রে উদ্ভিদের আচ্ছাদন ৫১.৪৪ বর্গ কিলোমিটার বা ২৮% দেখানো হয়েছে। ২০০০ - ২০১০ সাল থেকে উপরের টেবিলটি দেখায় যে গাছপালার আচ্ছাদন (সবুজ স্থান) ১০% বৃদ্ধি পেয়েছে যা হাটহাজারী অঞ্চলে ছড়িয়ে পড়েছিল। ২০২০ সালের পূর্ববর্তী টেবিল অনুসারে, যেখানে গাছপালার আচ্ছাদন ৪৪.২৮ বর্গ কিলোমিটার যা পুরো অঞ্চলের ২৪%, ২০১০ - ২০২০ সাল থেকে সারণী টি দেখায় যে গাছপালার আচ্ছাদন (সবুজ স্থান) ৪ % বৃদ্ধি পেয়েছে।

২০০০ সালের মানচিত্র এবং সারণী থেকে অবশিষ্ট এলাকা ১৪.৪২% বর্গ কিলোমিটার বা ৮% যা জলাশয় হিসাবে বিদ্যমান। জলাশয় (নীল স্থান) পুরো অঞ্চল জুড়ে ছড়িয়ে ছিটিয়ে রয়েছে প্রধানত হালিশহর খুলশি এবং পতেঙ্গাতে। ২০১০ সালের মানচিত্রে দেখা যাচ্ছে যে জলাশয়টি ১৩.১৮ বর্গ কিলোমিটার বা ৭%, যা পূর্ববর্তী জলাশয়ের ১% অনুপাত হ্রাস পেয়েছে। ২০২০ সালের মানচিত্র অনুসারে নীল অঞ্চলটি ১৩.৫৪ বা ৭%, যা জলাশয় হিসাবে আচ্ছাদিত। ২০১০ - ২০২০ সাল থেকে উপরের টেবিলটি দেখায় যে জলাশয়ের আয়তন প্রায় আগের মতোই।

উপরের সারণিতে ২০০০ থেকে ২০২০ সালের মধ্যে ভূমি ব্যবহারের গতিশীলতার পরিবর্তনগুলি বর্ণনা করা হয়েছে। নির্মিত এলাকা ধীরে ধীরে দ্রুত বৃদ্ধি পাচ্ছে এবং খোলা জায়গাগুলিও দ্রুত হ্রাস পাচ্ছে। একটি নির্দিষ্ট সময়ের মধ্যে গাছপালার আচ্ছাদন বৃদ্ধি পায়, তারপর আবার ধীরে ধীরে হ্রাস পায় এবং জলাশয় প্রায় আগের মতোই থাকে।

২০৩০ সালের জন্য ভূমি ব্যবহারের পরিবর্তন প্রাথমিক

২০৩০ সালের জন্য প্রাথমিক মানচিত্রটি একই ভূমি ব্যবহারের শ্রেণীবিভাগ হিসাবে রয়ে গেছে যা ২০০০, ২০১০ এবং ২০২০ সালের পূর্ববর্তী মানচিত্রে ব্যবহৃত হয়েছিল। ২০৩০ সালের জন্য চট্টগ্রাম সিটি কর্পোরেশন এলাকার প্রাথমিক ভূমি ব্যবহারের মানচিত্র এবং সামগ্রিকভাবে ৩০ বছরের মধ্যে চট্টগ্রাম সিটি কর্পোরেশন এলাকার বৃদ্ধির প্রবণতার প্রতিনিধিত্ব করে। ২০৩০ সালের জন্য ভূমি ব্যবহারের পরিবর্তন প্রাথমিক চাটটি দেখায় যে ৮৬.৬৩ বর্গ কিলোমিটার, যা মোট এলাকার ৪৭%%, ২০৩০ সালে নির্মিত এলাকা দিয়ে আচ্ছাদিত হবে। উপরন্তু, ৪৫.০৬ বর্গ কিলোমিটার বা অধ্যয়নের ২৫% এলাকা

উন্মুক্ত স্থান হিসাবে থাকবে, ৩৮.৬৭ বর্গ কিলোমিটার অধ্যয়ন এলাকা বা মোট এলাকার ২১% গাছপালা আচ্ছাদন হিসাবে থাকবে এবং বাকি ৭% এলাকা বা ১৩.৫৪% বর্গ কিলোমিটার এলাকা জলাশয় হিসাবে থাকবে। বেশিরভাগ নির্মিত এলাকা বন্দরের কাছাকাছি পতেঙ্গায় পাওয়া যাবে। বেশিরভাগ শ্রমিক প্রাথমিকভাবে বন্দরের আবাসিক ও বাণিজ্যিক এলাকার কাছাকাছি বসতি স্থাপন করে এবং ডক এলাকার চারপাশে বিকশিত হতে শুরু করে, যা চট্টগ্রাম শহরের কেন্দ্রস্থল গড়ে তুলতে সহায়তা করে। সেই কারণে ২০৩০ সালের মানচিত্রে উন্মুক্ত স্থানগুলি ধীরে ধীরে হ্রাস পাচ্ছে।

বিশ্লেষণে দেখা গেছে যে নির্মিত এলাকা ২০০০ সালে ৫৪.২৫ বর্গ কিলোমিটার থেকে বেড়ে ২০২০ এ ৭৭.০২ বর্গ কিলোমিটার হয়েছে যেখানে ২২.৭৭ বর্গ কিলোমিটার নিট বৃদ্ধি হয়েছে, যেখানে পূর্বাভাস এলাকা ৮৬.৬৩ বর্গকিলোমিটার ২০৩০ সালে হয়েছে। ২০০০ থেকে ৩০ বছরের মধ্যে ৩২.৩৮ বর্গকিলোমিটার নিট বৃদ্ধি হয়েছে। গাছপালার আরেকটি অবস্থা ২০০০ সালে ৩৩.১২ বর্গ কিলোমিটার থেকে ২০২০ সালে ৪৪.২৮ বর্গ কিলোমিটার। ১১.১৬ বর্গ কিলোমিটারের নিট বৃদ্ধি সহ যেখানে পূর্বাভাস এলাকা ৩৮.৬৭ বর্গ কিলোমিটার এবং অন্যান্য উন্মুক্ত স্থানে হ্রাস পেয়ে ২০০০ সালে ৮২.৩৯ বর্গ কিলোমিটার থেকে ২০২০ সালে ৪৯.৩৯ বর্গ কিলোমিটারের নিট হ্রাস সহ ৩৩ বর্গ কিলোমিটার; যেখানে পূর্বাভাস এলাকা ২০৩০ সালে ৪৫.০৬ বর্গ কিলোমিটার, ৩০ বছরের মধ্যে ২০০০ সাল থেকে ৩৭.৩৩ বর্গ কিলোমিটারের নিট হ্রাস সহ। জলাশয়টিও ২০০০ সালের মতো প্রায় একই রয়ে গেছে, জলাশয়টি ১৪.৪১ বর্গ কিলোমিটার যেখানে ২০২০ সালে ১৩.৫৪ বর্গ কিলোমিটার এবং পূর্বাভাস এলাকা ১৩.৫৪ বর্গ কিলোমিটার। সাম্প্রতিক সময়ে ভূমি ব্যবহারের দ্রুত বিবর্তন টেকসই ভূমি ব্যবস্থাপনা ও পরিকল্পনার ক্ষেত্রে গবেষক এবং সিদ্ধান্ত গ্রহণকারীদের জন্য উল্লেখযোগ্য চ্যালেঞ্জ তৈরি করেছে। বিভিন্ন কারণ এই বিবর্তনে অবদান রেখেছে।

উপসংহার

নগরায়ন, বা শহরগুলিতে জনসংখ্যার ঘনত্ব এবং এর ফলে শহরাঞ্চলে বসবাসকারী জনসংখ্যার শতাংশ বৃদ্ধি, এর সাথে সুবিধা এবং অসুবিধা উভয়ই নিয়ে আসে। চিট্রাগং-এর বর্তমান পরিকাঠামো শহরের দ্রুত নগরায়নের কারণে চাপের সম্মুখীন হতে পারে, যার ফলে দুর্বল গণপরিবহন, যানজটের রাস্তা এবং মৌলিক পরিষেবা সরবরাহে সমস্যার মতো সমস্যা হতে পারে। শহুরে সম্প্রসারণের ফলে সবুজ জায়গার ক্ষতি এবং বন উজাড় আরও বাড়তে পারে। অন্যান্য প্রাকৃতিক দুর্যোগের মধ্যে চট্টগ্রাম ঘূর্ণিঝড়

ও বন্যার ঝুঁকিতে রয়েছে। পর্যাপ্ত পরিকাঠামো উন্নয়ন ও পরিকল্পনা ছাড়া, দ্রুত নগরায়ণ মানুষকে প্রাকৃতিক দুর্যোগের প্রতি আরও বেশি সংবেদনশীল করে তুলতে পারে। শহুরে এলাকা সম্প্রসারণের ফলে কৃষিজমি আবাসিক বা শিল্প অঞ্চলে রূপান্তরিত হওয়ার ফলে স্থানীয় খাদ্য উৎপাদন প্রভাবিত হতে পারে। টেকসই নগর পরিকল্পনা, পরিকাঠামো উন্নয়ন, পরিবেশ সংরক্ষণ এবং সম্প্রদায়ের অংশগ্রহণ এই হুমকিকে হ্রাস করার প্রচেষ্টার অংশ হবে। এলইউএলসি বিশ্লেষণের মাধ্যমে নির্মিত অঞ্চল, সবুজ স্থান এবং গাছপালার পরিবর্তন সম্পর্কিত তথ্য সরবরাহ করা যেতে পারে। বন উজাড়, জীববৈচিত্র্য হ্রাস এবং ক্ষুদ্র জলবায়ু পরিবর্তনের মতো নগরায়নের পরিবেশগত প্রভাবগুলি মূল্যায়ন করা এই তথ্যের সাহায্যে সহজ করা হয়েছে। এলইউএলসি বিশ্লেষণের মাধ্যমে শহুরে এলাকার বৃদ্ধি পর্যবেক্ষণ করা যেতে পারে। জনসংখ্যা বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রণ, পর্যাপ্ত আবাসন সরবরাহের নিশ্চয়তা এবং পরিবেশগতভাবে নাজুক অঞ্চলগুলিতে নগর উন্নয়নকে দখল করা থেকে বিরত রাখার জন্য এটি অপরিহার্য। ঘন ঘন এলইউএলসি বিশ্লেষণ দীর্ঘমেয়াদী তুলনার জন্য বেসলাইন তথ্য প্রদান করে। এই সাময়িক বিশ্লেষণ প্যাটার্নগুলি চিহ্নিত করতে, যে নীতিগুলি স্থাপন করা হয়েছে তার সাফল্যের মূল্যায়ন করতে এবং প্রয়োজনীয় ভবিষ্যতের পরিকল্পনার কৌশলগুলি সংশোধন করতে কার্যকর। উপসংহারে বলা যায়, চট্টগ্রাম শহরের জমির ব্যবহার কীভাবে পরিবর্তিত হচ্ছে তা বোঝার জন্য এলইউএলসি বিশ্লেষণ একটি কার্যকর পদ্ধতি। এটি দায়িত্বশীল সিদ্ধান্ত গ্রহণ, পরিবেশবান্ধব শহুরে প্রবৃদ্ধি এবং জনগণের সাধারণ কল্যাণকে উৎসাহিত করে।

তথ্যসূত্র

- E.H. Wilson, J.D. Hurd, D.L. Civco, M.P. Prisloe, & C. Arnold, Development of a geospatial model to quantify, describe and map urban growth (2003). Remote Sensing of Environment, 86, 2003, 275–285.
- Hossain, A. 2005, Remote Sensing in Bangladesh, Department of Films and Publications, Ministry of Information:
- Government of the People's Republic of Bangladesh, pp. 56-62
- Hossain, M.S., Chowdhury, S.R., Das, N.G., Sharifuzzaman, S.M., Sultana, A. 2008.

- Hassan, M and Nazem, M.N.I. 2015. Examination of land use/land cover changes, urban growth dynamics, and environmental sustainability in Chittagong city, Bangladesh
<https://www.researchgate.net/publication/277943346> Retrieved on 15.07.2023
- Islam, J., Quadir, D.A. 1988, Madhapur forest map based on digital classification of Landsat TM data, SPARRO, Dhaka, Bangladesh
- Islam M. R., & Hassan M. Z., Land Use Changing Pattern and Challenges For Agriculture Land: A Study On Rajshahi District. J. Life Earth Sci., Vol. 6: 69-74, 2011.
- Islam Md. K. & Chowdhury S., Analysis of Changing Land Cover in Chittagong City Corporation Area (CCC) by Remote Sensing and GIS. International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol. 8 No. 3 Sep. 2014, pp. 1193-1203
- Jakubauskas, M.E. and K.P., Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 63, 1375-1381 (1997).
- K. Wilson, R.L. Pressey, A. Newton, M. Burgman, H. Possingham, C. Weston, Measuring and incorporating vulnerability into conservation planning Environ. Manag., 35 (5) (2005), pp. 527–543.
- Kikon N. & Singh P., Temporal Analysis of Land use Pattern Changes of Noida, NCR Using Geospatial Tools. 15th Esri India User Conference 2014.
- K. Wilson, R.L. Pressey, A. Newton, M. Burgman, H. Possingham, C. Weston, Measuring and incorporating vulnerability into conservation planning Environ. Manag., 35 (5) (2005), pp. 527–543.
- M. Herold, N.C. Goldstein, & K.C. Clarke, The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling. Remote Sensing of Environment, 86, 2003, 286-302.
- Mamun A. A., Mahmood A., Rahman M., Identification and Monitoring the Change of Land Use Pattern Using Remote Sensing and GIS: A Case Study of Dhaka City. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE) e-ISSN: 2278-1684, p-ISSN: 2320-334X, Volume 6, Issue 2 (Mar. - Apr. 2013), PP 20-28.
- Parsa, V.A.; Yavari, A.; Nejadi, A. Spatio-temporal analysis of land use/land cover pattern changes in Arasbaran Biosphere Reserve: Iran. Model. Earth Syst. Environ. 2016, 2, 1–13. [CrossRef]
- Q.H. Weng, Land use change analysis in the Zhujiang Delta of China using satellite remote sensing, GIS and stochastic modeling. Journal of Environmental Management, 64, 2002, 273–284.
- Rasul G., Thapa G. B., & Zoebisch M. A., Determinants of land-use changes in the Chittagong Hill Tracts of Bangladesh. Geography, Volume, July 2004, Pages 217–240.
- Reddy, C.S.; Singh, S.; Dadhwal, V.K.; Jha, C.S.; Rao, N.R.; Diwakar, P.G. Predictive modelling of the spatial pattern of past and future forest cover changes in India. J. Earth Syst. Sci. 2017, 126. [CrossRef]

- Roy, B. and Saha, P. 2016. Temporal Analysis of Land Use Pattern Changes in Chittagong District of Bangladesh using Google Earth and ArcGIS
- Samad, R. B., Chisty, K. U., and Rahman, A. Urbanization and Urban Growth Dynamics: A Study on Chittagong City, Bangladesh institute of planners
<https://www.bip.org.bd/admin/uploads/bip-publication/publication-15/paper/20170416090340.pdf>
 Retrieved on 30.06.2023
- Singh, S. K.; Mustak, S.; Srivastava, P. K.; Szabó, S.; Islam, T. Predicting spatial and decadal LULC changes through cellular automata Markov chain models using earth observation datasets and geo-information.
 Environ. Process. 2015, 2, 61–78. [CrossRef]
- United Nations
<https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html> retrieved on June 20, 2023
- W. M. F. Grey, A. J. Luckman, & D. Holland, Mapping urban change in the UK using satellite radar interferometry.
 Remote Sensing of Environment, 87, 2003, 16–22.
- Wikipedia
https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_cities_and_towns_in_Bangladesh retrieved on July 24, 2023
- Population and housing census 2011 preliminary result
https://bbs.portal.gov.bd/sites/default/files/files/bbs.portal.gov.bd/page/7b7b171a_731a_4854_8e0a_f8f7dede4a4a/PHC2011PreliminaryReport.pdf retrieved on 22.06.2023
- Yang, X.; Zheng, X.-Q.; Chen, R. A land use change model: Integrating landscape pattern indexes and Markov-CA. Ecol. Model. 2014, 283, 1–7. [CrossRef]
- Ye, B.; Bai, Z. Simulating land use/cover changes of Nenjiang County based on CA-Markov model. Comput. Technol. Agric. 2008, 1, 321–329.
- ADPC
https://www.adpc.net/igo/contents/iPrepare/iPrepare-news_id.asp?ipid=185 Retrieved on September 23, 2023
- https://www.academia.edu/35352160/Temporal_Analysis_of_Land_Use_Pattern_Changes_in_Chittagong_District_of_Bangladesh_using_Google_Earth_and_ArcGIS Retrieved on 12.08.2023
- ScienceDirect
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264275115000785> Retrieved on November, 2015
- Burnham, B. O. (1973). Markov intertemporal land use simulation model. Journal of Agricultural and Applied Economics, 5(1), 253–258.
- Wang, Y.; Zhang, X. A dynamic modeling approach to simulating socioeconomic effects on landscape changes.
 Ecol. Model. 2001, 140, 141–162. [CrossRef]

Predicting LULC Changes in Chittagong City Corporation Area Based On CA-Markov Model

Shamsunnaher¹, Ummeh Saika²

¹ MSGED Student, Department of Geography and Environment, Jahangirnagar University, Dhaka 1342.

² Professor, Department of Geography and Environment, Jahangirnagar University, Dhaka 1342.

Abstract: The aim of this research is to look over the land use change in the city corporation area of Chittagong from 2000 to 2020 using remote sensing and Geographical Information System (GIS) and to predict the likelihood of future land use pattern for 2030 using a Cellular Automata Markov model. In this study, land use classification is defined as follows: Blue represents water bodies, Green indicates vegetation cover, and Grey signifies built-up areas and there is another category the other open spaces, those are classified using the maximum likelihood supervised classification. Three sets of multi-temporal Landsat images taken in 2000, 2010 and 2020, where one image from the Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and two from the Landsat 5 Thematic Mapper (TM). The analysis showed that from 2000 to 2020 Built up area and vegetation cover increased respectively 13% and 6% where other open spaces and water body decreases 18% and 1% respectively.

Keywords: Land use, GIS, LULC, change detection, Change prediction, supervised classification.
