

# জিওগ্রাফিক ইনফরমেশন সিস্টেম (GIS)

## ১) ‘জিআইএস’ কি?

সবার প্রথমেই আমাদেরকে জানতে হবে ‘জিআইএস’ এর সংজ্ঞা। ‘GIS’ হল তিনটি অক্ষরের সমন্বয়। ‘G’, ‘I’ এবং ‘S’। আমরা পর্যায়ক্রমে এই তিনটি অক্ষরের অর্থ বুঝতে চেষ্টা করবঃ

### ১.১) ‘G’ কি?

আমাদের কোর্সের ‘G’ হল ‘Geographic’। এবার একটু ভেঙ্গে ভেঙ্গে বোঝার চেষ্টা করি। ‘Geo’ মানে ‘ভূ’। আর ‘Geographic’ মানে হল ‘ভৌগোলিক’। একটা ব্যাপার আমরা প্রায়ই ভুল করি। আর তা হল, ‘Space’ এবং ‘Geo-Space’ এই দুইটা শব্দের মধ্যকার পার্থক্য। আমি যদি ‘Space’ বলি এর মানে হল, মহাজাগতিক সকল বস্তুর আধার অথবা মহাশূন্য অথবা আকাশগঙ্গা (Milky Way)। ‘Space’ বললে এর পরিসর হয়ে যাবে এই মহাবিশ্বের সকল গ্রহ, নক্ষত্র, উপগ্রহ ইত্যাদি সকল কিছু। আর আমরা যদি ‘Geo-Space’ বলি, তাহলে আমাদের পরিসর হয়ে যাবে শুধুমাত্র ‘পৃথিবী’। ‘Space’ বললে ‘পৃথিবী’ আসতে পারে আবার ‘মঙ্গল’ গ্রহও আসতে পারে। কিন্তু ‘Geo-Space’ বললে শুধুমাত্র ‘পৃথিবী’ বুঝায়। সহজ কথায়, আমাদের কোর্সের ‘Geographic’-এর আওতায় আসতে পারবে পৃথিবীর- স্থলভাগ, জলভাগ এবং বায়ুমণ্ডল। এর বাইরের আর কোন কিছুই আমাদের ধর্তব্যের বিষয় নয়। অর্থাৎ আমাদের পরিসর শুধুমাত্র পৃথিবীর মধ্যেই সীমাবদ্ধ হয়ে গেল। আমি তো মনে করি, লেকচারের শুরুতেই এইটা একটা ‘শুভ’ সংবাদ!

### ১.২) ‘I’ কী?

আমাদের কোর্সের ‘I’ হল ‘Information’; ‘Information’-এর বাংলা হল ‘তথ্য’। কিন্তু আমি এইখানেই বলে শেষ করব না। কিছু বিষয় ব্যাখ্যা করা দরকার। যেমন আমাদেরকে বুঝতে হবে ‘Data’ এবং ‘Information’-এর মধ্যকার পার্থক্য।

‘Data’ মানে হল ‘উপাত্ত’। শুধুমাত্র ‘উপাত্ত’ (Data) নিজে থেকে কোনো অর্থ বহন করে না। উপাত্তকে কোন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে যদি অর্থবহভাবে ব্যাখ্যা করা যায়, তবেই তা তথ্যে পরিণত হয়। যেমন, নিচের উদাহরণটা দেখি। এইখানে কোন দফতরের ৫ জন কর্মচারীদের লিঙ্গ এবং বয়স দেখানো হয়েছে। এই ধরনের তালিকাকে ‘উপাত্ত’ (Data) বলে।

ক্রমিক সংখ্যা	লিঙ্গ	বয়স (বছর)
১	মহিলা	২৬
২	পুরুষ	৩২
৩	পুরুষ	৪৮
৪	মহিলা	৫১
৫	মহিলা	৩৭

এইবার আমরা উপরের তালিকা থেকে পরিসংখ্যান-সংক্রান্ত বিশ্লেষণ (Statistical Analysis) করে নিম্নলিখিত ‘তথ্য’ (Information) বের করতে পারিঃ

মহিলা-পুরুষ অনুপাত = ৩:২

সকলের গড় বয়স = ৩৮.৮ বছর

সহজ কথায়, ‘উপাত্ত’ (Data) থেকে প্রক্রিয়ার মাধ্যমে ‘তথ্য’ (Information) আহরণ করা হয়ে থাকে। আমার মনে হয়, ‘তথ্য’ বা ‘Information’ অর্থাৎ কোর্সের ‘I’ নিয়ে আমাদের ধারণা এখন অনেকটাই পরিষ্কার।

## ১.৩) ‘S’ কী?

GIS-এর এই ‘S’ খুবই ঝামেলায় একটি ব্যাপার। বিভিন্ন গবেষক এবং প্রতিষ্ঠান এই ‘S’-কে বিভিন্নভাবে সংজ্ঞায়িত করেছেন। বর্তমানে ‘S’-এর চারটি অর্থ প্রচলিত আছে। ‘S’ হতে পারে Science/ System/ Service/ Studies। অর্থাৎ ‘GIS’ হতে পারেঃ

- **Geographic Information Service (GIService)**

‘Service’ হল সেবা। আর ‘সেবা’ হল অন্যের জন্য সম্পাদিত কোন কর্ম বা দায়িত্ব। যেমনঃ চিকিৎসা সেবা বা সরকারি চাকরি। এইটা আবার বাণিজ্যিক সেবাও হতে পারে। যেমনঃ কোন বাণিজ্যিক প্রতিষ্ঠানে চাকরি বা ব্যবসা করা। আজকাল অনেকেই বিভিন্ন সফটওয়্যার বা অন্যান্য বিভিন্ন প্রতিষ্ঠানে ‘GIS’ নিয়ে কর্মরত আছেন। আবার সাম্প্রতিক সময়ে নতুন এক ধারণার জন্ম হয়েছে, যাকে বলা হয়ে থাকে-‘Crowd-Sourcing’ বা ‘Volunteered Geographic Information (VGI)’। এইগুলো হল স্বৈচ্ছাসেবামূলক ‘জিআইএস’। এর উদাহরণ হলঃ ‘Wikimapia’ বা ‘OpenStreetMap’। এইধরনের নানাবিধ ‘GIS’ ভিত্তিক সেবা-সমূহকেই বিভিন্ন গবেষকেরা ‘GIService’ হিসাবে অভিহিত করে আসছেন।

- **Geographic Information Studies (GISudies)**

‘Study’ হল পাঠ বা অধ্যয়ন। বর্তমানে বিশ্বের বিভিন্ন প্রতিষ্ঠান বা বিশ্ববিদ্যালয়ে ‘GIS’-কে ঘিরে অসংখ্য শিক্ষক, ছাত্র এবং গবেষকরা কর্মরত আছেন। সচরাচর ‘GISudies’ বলতে বোঝানো হয়ে থাকে, সমাজের ভৌগলিক তথ্যের নিয়মাবদ্ধ (Systematic) ব্যবহারের মাধ্যমে জ্ঞান অর্জন। উদাহরণস্বরূপ বলা যায়ঃ একটি এলাকার কোন কোন ভবনগুলো ভূমিকম্পে অরক্ষিত, তা নানাবিধ মানদণ্ডের ভিত্তিতে বিশ্লেষণ করে বের করা। এই ধরনের বাস্তবধর্মী গবেষণা বা কর্মকাণ্ডকে অনেকেই ‘GISudies’ বলতে চাচ্ছেন।

- **Geographic Information Science (GIScience)**

ভৌত বিশ্বের যা কিছু পর্যবেক্ষণযোগ্য, পরীক্ষণযোগ্য ও যাচাইযোগ্য, তার সুশৃঙ্খল, নিয়মতান্ত্রিক গবেষণা ও সেই গবেষণালব্ধ জ্ঞানভাণ্ডারের নাম বিজ্ঞান (Science)। সর্বোপরি, ‘জিআইএস’কে বর্তমান সময়কার গবেষকেরা ‘বিজ্ঞান’ বলে অভিহিত করছেন। ‘GIS’ আসলে ভূগোল, মানচিত্রাঙ্কনবিদ্যা (Cartography), Photogrammetry, Remote Sensing, ভূ-গণিত (Geodesy), জরিপ (Surveying), কম্পিউটার বিজ্ঞান, স্থান-সংক্রান্ত পরিসংখ্যান (Spatial Statistics), উপাত্ত-ভাণ্ডার ব্যবস্থাপনা (Database Management) ইত্যাদি নানাবিধ জ্ঞানের শাখার বা পাঠ্য বিষয়ের (Discipline) সমন্বয়ে গঠিত প্রযুক্তি। সহজ কথায়, ‘GIScience’ হল ভৌগোলিক তথ্য এবং প্রযুক্তির মৌলিক বিষয়সমূহ নিয়ে উদ্ভূত হওয়া অর্জিত জ্ঞান।

- **Geographic Information System (GISystem)**

‘System’ হল ‘ব্যবস্থা’ বা ‘পদ্ধতি’। ‘GISystem’ হল হার্ডওয়্যার, সফটওয়্যার, উপাত্ত, জনসাধারণ (People), সংগঠন ও প্রতিষ্ঠান সম্বলিত এমন একটি সুবিন্যস্ত-ব্যবস্থা যা পৃথিবীর এলাকা/অঞ্চল-সমূহের তথ্য সংগ্রহ, সংরক্ষণ, বিশ্লেষণ এবং প্রচার করে থাকে।

‘GISystem’-এর চারটি উপাদান বা অংশ (Sub-System) রয়েছেঃ

- **সম্ভরণ (Input):** উপাত্ত সংগ্রহ করা। যেমনঃ মানচিত্র, পরিক্রমিত মানচিত্র (Scanned Map), আকাশস্থ ছবি (Aerial Photos), উপগ্রহ চিত্র (Satellite Images), জরিপ (Survey) ইত্যাদি।
- **সংরক্ষণ (Storage):** উপাত্ত-ভাণ্ডারে (Database) উপাত্ত সংগ্রহ করে রাখে। দরকার হলে ইহা হালনাগাদ (Update), সম্পাদন (Edit), অনুসন্ধান (Query) এবং পুনরুদ্ধার (Retrieval) করা হয়।
- **বিশ্লেষণ (Analysis):** বিভিন্ন ধরনের বিশ্লেষণের মাধ্যমে উপাত্ত থেকে তথ্য বের করা। যেমনঃ রূপান্তর (Transformation), প্রতিমালপ (Modelling), Spatial Statistics ইত্যাদি।

- উৎপাদ (Output): বিশ্লেষণের মাধ্যমে অর্জিত ফলাফলকে মানচিত্র, সারণী, তালিকা, ছক, জ্যামিতিক চিত্র (Figure), রেখাচিত্র (Diagram), বিবরণী, প্রতিবেদন (Report) ইত্যাদির মাধ্যমে প্রকাশ করাই হল উৎপাদ (Output)। সঠিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে অর্জিত ‘উৎপাদ’ বিভিন্ন ধরনের সিদ্ধান্ত গ্রহণে (Decision Making) সহায়তা করে।

যাইহোক, ‘GIS’-এর এই ‘S’ নিয়ে অনেক কথা হল। চাইলে আরও অনেক কিছু বলা যায়। আসল কথা হল, আমরা আমাদের বাকি লেকচারগুলোতে ‘GIS’ বলতে ‘Geographic Information System’ বুঝব। কেননা বর্তমানে ‘GISystem’ এই পরিভাষাটি (Terminology) সবচেয়ে বেশি প্রচলিত এবং গ্রহণযোগ্য। একটা কথা জেনে রাখা ভাল। আর তা হল, ‘রজার টমলিনসন’কে ‘Father of GISystem’ হিসাবে স্বীকার করা হয়। আর ‘Father of GIScience’ বলা হয়ে থাকে ‘মাইকেল ফ্র্যাঙ্ক গুডচাইল্ড’কে। ১৯৯২ সালে ‘মাইকেল ফ্র্যাঙ্ক গুডচাইল্ড’ সর্বপ্রথম ‘GIScience’ পরিভাষাটি উত্থাপন করেন।

## ‘GIS’-এর সংক্ষিপ্ত ইতিহাস

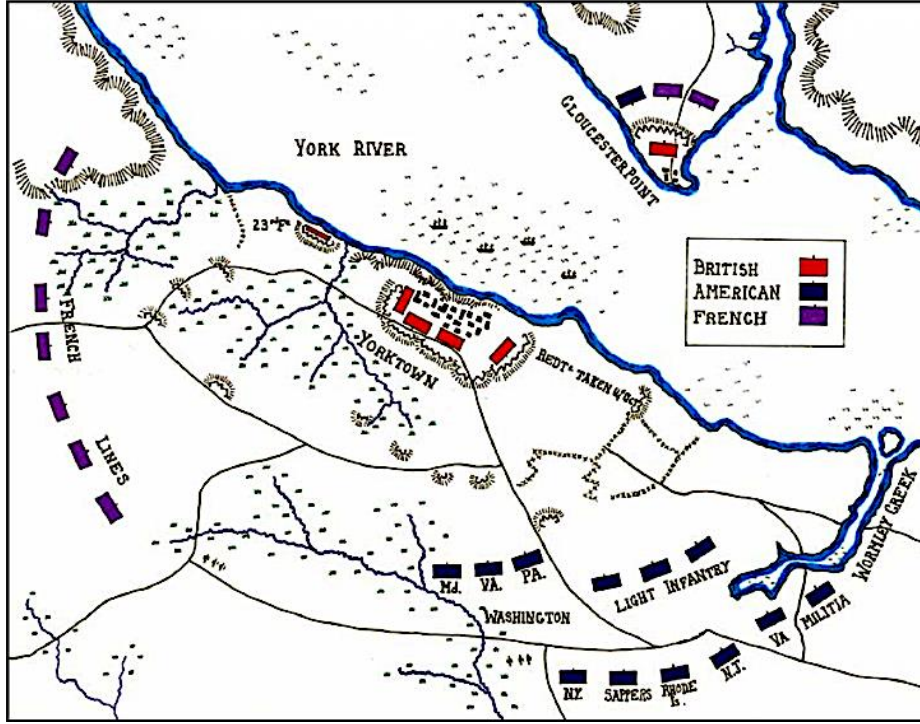
এখন আমরা ‘জিআইএস’ এর ইতিহাস খুবই সংক্ষিপ্ত আকারে জানার চেষ্টা করব। তবে শুরুতেই বলে রাখি, ‘ইতিহাস বর্ণনা করা একটি কঠিন কাজ’। কেননা বিভিন্ন প্রকাশিত বই/ প্রবন্ধ/ সংক্ষিপ্ত রচনা/ দলিল/ অনুচ্ছেদ/ গবেষণা নিবন্ধে ‘জিআইএস’ এর ইতিহাসে কিছুটা পার্থক্য খুঁজে পাওয়া যায়। তাই কিছু কিছু বিষয়ে অনেকেরই দ্বিমত থাকতে পারে। তবে আমি সর্বাঙ্গিক চেষ্টা করব, সঠিক ইতিহাস তুলে ধরতে।

খুবই প্রাথমিকভাবে ‘জিআইএস’ বলতে আমরা মানচিত্রে তথ্য উপস্থাপন বুঝে থাকি। এই হিসাবে বলা যেতে পারে যে প্রায় ৩৫,০০০ হাজার বছর আগে ‘GIS’ এর সূত্রপাত। কেননা ঐ সময়কার ‘Cro-Magnon’ শিকারিরা তাদের গুহার ভিতরের দেয়ালে শিকার করা জীবজন্তুর প্রতিকৃতি, হিসাবরক্ষণের জন্য প্রতীক/ চিহ্ন (Tally), ওইসব জীবজন্তুর দৈনন্দিন চলাচল এবং দেশান্তরে গমন পথের (Migration Route) বিস্তারিত ঐক্যে রাখতেন। এতে করে তাদের শিকার করার সুবিধা হত। এই ধরনের ঐতিহাসিক লিপি/ চিত্রাঙ্কন থেকেই ‘জিআইএস’ ধারণার উদ্ভব (ছবি-১) বলে অনেকে বিশ্বাস করেন।

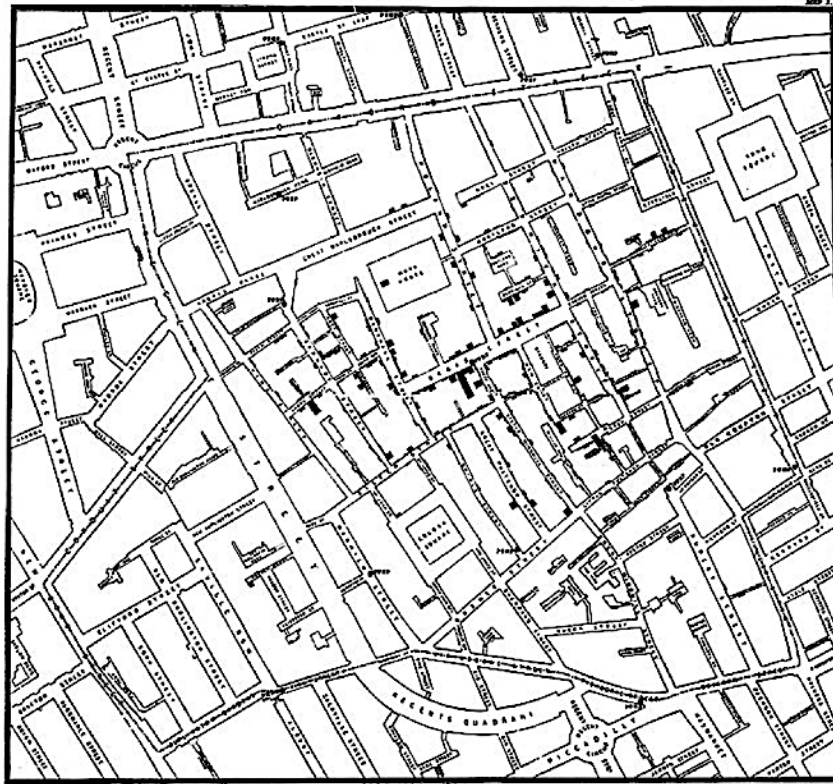


ছবি: প্রায় ৩৫,০০০ বছর (মতান্তরে ১৭,০০০ বছর) আগের শিকারিদের আঁকা জীবজন্তু এবং তাদের দেশান্তরে ভ্রমণ পথের গুহা চিত্রাঙ্কন। স্থানঃ Lascaux গুহা, ফ্রান্স।

পরবর্তীতে অনেকেই মানচিত্রের মাধ্যমে ভৌগলিক তথ্য প্রকাশ/ উপস্থাপন করার চেষ্টা করেছেন। এর মধ্যে ১৭৮১ সালে ফরাসি মানচিত্রকার 'Louis-Alexandre Berthier' এর অঙ্কিত 'ইয়র্ক টাউন' যুদ্ধের মানচিত্র অন্যতম (ছবি-১)। এই হাতে আঁকা মানচিত্রের মাধ্যমে যুদ্ধের সময় 'ব্রিটিশ', 'আমেরিকান' এবং 'ফরাসি' সৈন্যদলের গতিবিধি পর্যবেক্ষণ করা হত।



ছবি: ১৭৮১ সালে ফরাসি মানচিত্রকার 'Louis-Alexandre Berthier' এর অঙ্কিত 'ইয়র্ক টাউন' যুদ্ধের মানচিত্র। ১৮৫৪ সালে লন্ডন শহরে 'কলেরা' মহামারি আকারে ছড়িয়ে পড়ে। তখন 'জন স্নো' নামক একজন ব্রিটিশ চিকিৎসক কলেরা আক্রান্ত এলাকার তথ্যচিত্র তুলে ধরেন হাতে আঁকা একটি মানচিত্রের মাধ্যমে (ছবি-৩)। বলা হয়ে থাকে, আধুনিক যুগের 'জিআইএস' এর সূত্রপাত এইধরনের স্থানিক বিশ্লেষণী (Spatial Analysis) মানচিত্র থেকেই।





**ছবি:** ১৮৫৪ সালে ‘জন স্মো’-এর আঁকা লন্ডনের আংশিক মানচিত্র। কলেরা আক্রান্ত এলাকাসমূহ গাঢ় কালো রঙে চিহ্নিত।

এইভাবে বিভিন্ন সময়ে ‘হাতে আঁকা’ মানচিত্র থেকে আধুনিক যন্ত্রগণক/ কম্পিউটার-ভিত্তিক ‘জিআইএস’-এর সূত্রপাত হয় ১৯৬০-এর দশকে উত্তর-আমেরিকায়। এইবার তাহলে কম্পিউটার-ভিত্তিক আধুনিক ‘জিআইএস’-এর ইতিহাস নিয়ে কিছু কথা বলা যাকঃ

১. ১৯৬৩ সালে ‘Roger Tomlinson’ কানাডার সরকারের জন্য প্রতিষ্ঠা করেন ‘Canada Geographic Information System (CGIS)’। সম্ভবত এটাই ছিল ‘জিআইএস’-এর প্রথম এবং প্রকৃত গবেষণাগার। এইখানে ‘Tomlinson’, অন্যান্য ‘International Business Machines Corporation (IBM)’ কর্মকর্তাদের সাথে মিলিত হয়ে ভূমি জরিপ এবং পরিসংখ্যানপত্র (Land Inventory) সংক্রান্ত অসংখ্য কম্পিউটার-সৃষ্ট মানচিত্র উদ্ভাবন/ প্রকাশ করেন। তিনি কম্পিউটারে মানচিত্র অঙ্কনের (Map Digitization) জন্য ‘ড্রাম স্ক্যানার’ (Drum Scanner) তৈরিতে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করেন। ‘জিআইএস’ —এর প্রচার এবং প্রসারে অক্লান্ত পরিশ্রম এবং অবদানের জন্য ‘Roger Tomlinson’-কে ‘জিআইএস-এর জনক’ বা ‘Father of GIS’ বলা হয়ে থাকে।

২. এরপর ১৯৬৫ সালে ‘Howard Fisher’ হার্ভার্ড বিশ্ববিদ্যালয়ে ‘Harvard Laboratory for Computer Graphics (LCG)’ প্রতিষ্ঠা করেন। এইখানে উনি এবং কতিপয় কম্পিউটার বিজ্ঞানী মিলে বেশ কয়েকটি মানচিত্র প্রযুক্তির (Mapping Technology) সফ্টওয়্যার (SYMAP, CALFORM, SYMVU, GRID, POLYVRT and ODYSSEY) আমাদেরকে উপহার দেন। পরবর্তীতে ১৯৮০ সালে নানাবিধ কারণে এই কম্পিউটার গবেষণাগারটি বন্ধ হয়ে যায়। তবে ইহা অনস্বীকার্য যে এই পরীক্ষাগার, ‘জিআইএস’-এর উন্নয়নের জন্য, ভবিষ্যতে গুরুত্বপূর্ণ অবদান রাখে। এই উদ্যোগ ‘জিআইএস’ এর প্রসারের ক্ষেত্রে সবার মধ্যে ব্যাপক সচেতনতা তৈরি করে।

৩. ১৯৬৬-৬৭ সালে ‘David P. Bickmore’, ইংল্যান্ডের ‘Royal College of Art’-এ মানচিত্র-নির্মানবিদ্যায় স্বয়ংক্রিয়তা (Automation of Cartography) আনার জন্য ‘Experimental Cartography Unit (ECU)’ নামে একটি গবেষণাগার প্রতিষ্ঠা করেন। এছাড়াও ‘Bickmore’ পৃথিবীর প্রথম ‘Free-Cursor Digitizer’ এবং মানচিত্র তৈরির জন্য উচ্চ স্পষ্টতা-সম্পন্ন ‘Plotting Table’ উদ্ভাবন করার ক্ষেত্রে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখেন। ‘ECU’-এর মূল উদ্দেশ্য ছিল কম্পিউটারের সাহায্যে উচ্চ-গুণমানসম্পন্ন মুদ্রিত মানচিত্র উৎপাদন করা।

৪. পরবর্তীতে আমেরিকা সরকারের অনেক প্রতিষ্ঠান ‘জিআইএস’ প্রয়োগ-বিষয়ক কার্যক্রম ব্যাপকভাবে পরিচালনা করে। যেমনঃ ‘US Bureau of Census’, ‘United States Geological Survey (USGS)’, ‘Central Intelligence Agency (CIA)’, ‘US Forest Service’, ‘Fish and Wildlife Service’, ‘Department of Housing and Urban Development’ ইত্যাদি।

৫. ১৯৬৯ সালে ‘Jack এবং Laura Dangermond’ যুক্তরাষ্ট্রের ক্যালিফোর্নিয়ায় প্রতিষ্ঠা করেন ‘Environmental Systems Research Institute (ESRI)’। এই প্রতিষ্ঠান গড়ে ওঠে হার্ভার্ড গবেষণাগারে প্রাপ্ত কৌশল ও ধারনার উপর ভিত্তি করে। শুরুতে ‘ESRI’ একটি অ-লাভজনক ভূমি-ব্যবহার পরিকল্পনা (Land-Use Planning) ভিত্তিক পরামর্শক ও গবেষণা প্রতিষ্ঠান হিসাবে কর্মকাণ্ড আরম্ভ করে। কিন্তু পরবর্তী সময়ে তা একটি বাণিজ্যিকভাবে সফল ব্যবসা-প্রতিষ্ঠানে পরিণত হয়।

‘ESRI’ ১৯৮২ সালে ‘ARC/INFO’ সফটওয়্যার দিয়ে প্রথমবারের মত ‘জিআইএস’ ব্যবসায় প্রবেশ করে। এরপর ১৯৯১ সালে ‘ArcView’ বাজারে আসে। ২০০৪ সালে ‘ArcGIS ৯’ মুক্তি পায়, যা ‘ESRI’-কে নিয়ে যায় ব্যবসায়িক সফলতার শিখরে। সর্বশেষ ২০১২ সালে ‘ArcGIS ১০.১’ মুক্তি পেয়েছে।

বর্তমানে বিশ্ব-বাজারে অসংখ্য বাণিজ্যিক (Commercial) এবং মুক্ত সোর্স (Open Source) ‘GIS’ সফটওয়্যার রয়েছে।

সবশেষে বলে রাখা ভাল, ১৯৮০’র দশকের ‘জিআইএস’-এর বাস্তবিক প্রয়োগের এই উন্নয়নের ধারাকে আরও ত্বরান্বিত/বিস্তীর্ণ করেছে বাণিজ্যিকভাবে প্রাপ্য নিম্নলিখিত পণ্যসমূহঃ

১. Computer-Aided Design (CAD)
২. Database Management System (DBMS)
৩. Remote Sensing

## ৪. Global Positioning System (GPS) এবং

### ৫. সহজলভ্য Digital তথ্য।

পরবর্তীতে ইন্টারনেট প্রযুক্তির আবির্ভাব ঘটলে ‘জিআইএস’-এর জগতে নতুন মাত্রা যুক্ত হয়। যেমনঃ Web-GIS, Web Mapping, Google Earth, WikiMapia, OpenStreetMap, Google Maps, Participatory GIS, Google Map Maker, Volunteered Geographic Information (VGI) ইত্যাদি।

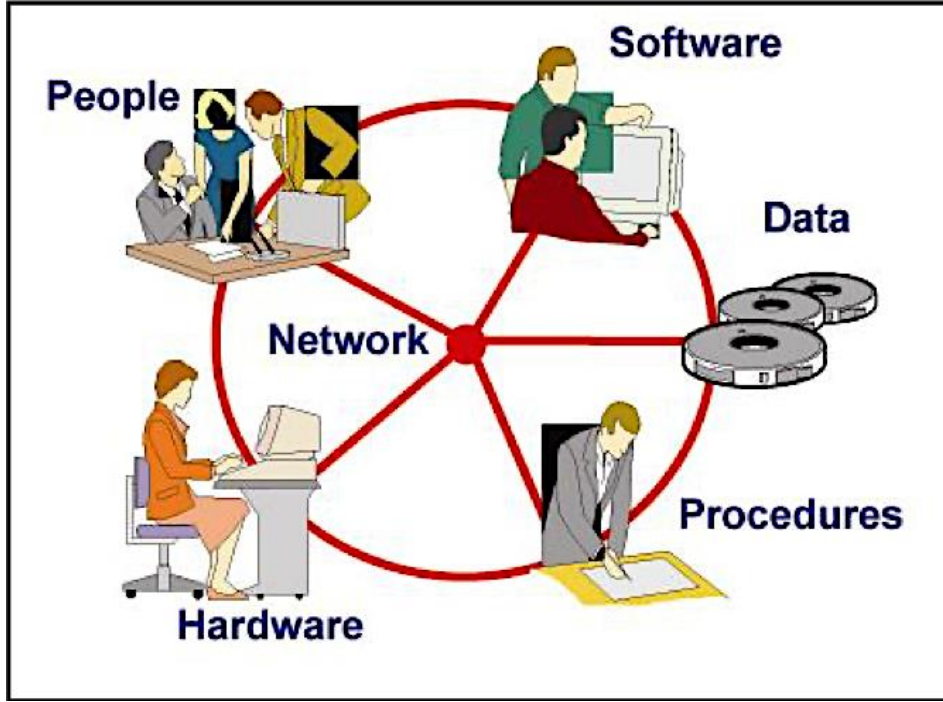
## বাংলাদেশে ‘জিআইএস’-এর আবির্ভাব

বাংলাদেশে আধুনিক ‘জিআইএস’-এর ব্যবহার শুরু হয়েছে ১৯৯১ সালে ‘ISPAN (Irrigation Support Project for Asia and the Near East)’ নামক প্রকল্প থেকে। FAP-19 (Flood Action Plan-19) প্রকল্পের একটি অংশ ছিল ‘ISPAN’। এইখানেই ‘জিআইএস’-এর ইতিহাস পর্বের ইতি টানছি। তবে একটা ব্যাপারে আমরা যেন বিভ্রান্ত হয়ে না যায়, আর তা হল ‘জিআইএস’ মাত্রই মানচিত্র তৈরি করা। এটি ঠিক নয়। কোন দেশ/ অঞ্চল/ এলাকার মানচিত্র অঙ্কনের ইতিহাস কিন্তু সেই ব্যাবিলনিয়া/ গ্রীক/ রোমান/ মিশরীয়/ চীনা/ আরব/ মোঘল সভ্যতা থেকেই আছে। শুধুমাত্র মানচিত্র অঙ্কন মানচিত্রনির্মানবিদ্যার (Cartography) কাজ। সাধারণ অর্থে, ভৌগলিক মানচিত্রের মাধ্যমে বিশেষ কোন তথ্য উপস্থাপন করাকেই ‘GIS’ বলে।

## ‘জিআইএস’-এর উপাদানসমূহ

‘জিআইএস’-এর প্রধান উপাদান ছয়টিঃ

১. হার্ডওয়্যার (Hardware): যন্ত্রপাতি যা ‘জিআইএস’ কার্যকলাপে ব্যবহৃত হয়। যেমন- কম্পিউটার, Digitizer, Plotter ইত্যাদি।
২. সফটওয়্যার (Software): ভৌগলিক তথ্য সঞ্চয় (Storage), বিশ্লেষণ (Analysis) এবং প্রদর্শনের (Display) জন্য প্রয়োজনীয় সরঞ্জাম (Tools) এবং অপেক্ষক (Functions) সরবরাহ করে থাকে।
৩. নেটওয়ার্ক (Network): ইহা ‘ডিজিটাল’ তথ্য দ্রুত আদান-প্রদান (Sharing) এবং বিতরণকে (Distribution) অনুমোদন করে। যেমনঃ ইন্টারনেট।
৪. উপাত্ত (Data): ‘জিআইএস’-এর সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ উপাদান। এটা হতে পারে স্থান-সংক্রান্ত (Spatial) এবং অ-স্থানিক (Non-Spatial)। যেমনঃ রাস্তার নাম, অক্ষাংশ ও দ্রাঘিমাংশ ইত্যাদি।
৫. নির্দিষ্ট দল/ গোষ্ঠী (People): সবচেয়ে সক্রিয় উপাদান। যেমনঃ ‘জিআইএস’ ব্যবহারকারী (Users), প্রযুক্তিগত বিশেষজ্ঞ (Technical Specialists), গবেষক ইত্যাদি।
৬. পদ্ধতি (Procedures): ইহা অনেকটা ব্যবস্থাপনা দৃষ্টিভঙ্গি (Management Aspect) সম্পর্কিত। যেমনঃ সু-পরিকল্পিত ব্যবসা পরিকল্পনা এবং নিয়ম, তথ্য অর্জন (Acquisition)/ নিবেশ (Input)/ ধারণ (Storage)/ বিশ্লেষণ (Analysis) ইত্যাদি।



ছবি: 'জিআইএস'-এর উপাদানসমূহ

#### 'GIS'-এর উপকারিতা

'জিআইএস'-এর সুবিধাগুলো সাধারণত পাঁচটি মৌলিক বিভাগে বিভক্ত (উৎস-'ESRI'):

১. খরচ সঞ্চয় এবং বর্ধিত কার্যকারিতা (Cost Savings and Increased Efficiency)
২. উত্তম সিদ্ধান্তগ্রহণ (Better Decision Making)
৩. উন্নত যোগাযোগ (Improved Communication)
৪. উত্তম নথি/ দলিল সংরক্ষণ (Better Recordkeeping)
৫. ভৌগোলিকভাবে নিয়ন্ত্রণ করা (Managing Geographically)

#### বাংলাদেশের প্রেক্ষাপটে 'GIS' প্রয়োগের ক্ষেত্রসমূহ

'GIS' শিখতে হলে সবার প্রথমেই আমাদেরকে জানতে হবে এর প্রয়োগসমূহ কি কি। 'জিআইএস' এর বাস্তবিক প্রয়োগ নিয়ে বলতে গেলে অসংখ্য উদাহরণ দেয়া সম্ভব। কিন্তু নিম্নে আমি ছোট পরিসরে কিছু উদাহরণ দিলামঃ

১. ভূমি পরিসংখ্যানপত্র (Land Inventory)
২. আদমশুমারি
৩. নগর পরিকল্পনা
৪. কৃষি (Agriculture) এবং অরণ্যবিদ্যা (Forestry)
৫. খনিজ তেল এবং গ্যাস উত্তোলন
৬. জন-উপযোগমূলক সেবা (Utilities)
৭. পরিবহন ব্যবস্থা (Transportation System)
৮. দুর্যোগ ব্যবস্থাপনা (Disaster Management)
৯. শিক্ষা এবং স্বাস্থ্য খাত
১০. জলানুসন্ধান বিজ্ঞান (Hydrology)

এখন নিচের লিঙ্কে গিয়ে আমরা বাংলাদেশের প্রেক্ষাপটে 'জিআইএস' এর কিছু প্রয়োগ দেখতে পারিঃ

\*\* লিঙ্কে গিয়ে ‘Click to read’-এ ‘ক্লিক’ করুন। তারপর উপরের বামপাশের ‘Zoom’-এ গিয়ে পছন্দমত ‘ছোট’ বা ‘বড়’ করে পড়ুন। আরও অনেক সুবিধা আছে (Single Page), একটু অনুসন্ধান/ বিশ্লেষণ করলেই বুঝবেন।

### বাংলাদেশে ‘জিআইএস’ এর বাস্তবিক প্রয়োগ।

এই মুহূর্তে উপরের লিঙ্কে ব্যবহৃত ২৫ টি মানচিত্রের যথাযথ ব্যাখ্যা করা সম্ভব না হলেও, আমি ১ টির ব্যাখ্যা দেয়ার চেষ্টা করব (পৃষ্ঠা-১১)।

#### ব্যাখ্যাঃ ‘ম্যালেরিয়া কবলিত জেলা’

এই মানচিত্র থেকে স্পষ্টতই দৃশ্যমান যে বাংলাদেশের খাগড়াছড়ি, রাঙ্গামাটি এবং বান্দরবান অঞ্চলে ম্যালেরিয়ার প্রকোপ সর্বাধিক। আর কিছুটা প্রকোপ দেখা যাচ্ছে কক্সবাজার, চট্টগ্রাম, সিলেট, মৌলভি-বাজার এবং কুড়িগ্রাম জেলায়। এছাড়া বাংলাদেশের অন্যান্য জেলা/ অঞ্চল ম্যালেরিয়া-মুক্ত। এই ধরনের মানচিত্র থেকে খুব ভালভাবেই অবগত হওয়া যাচ্ছে, সাধারণত পাহাড়ি অঞ্চলে ম্যালেরিয়ার প্রকোপ বেশি। আর আমরা এটাও জানি যে, পাহাড়ি অঞ্চলে মশার উপদ্রপও সবচেয়ে বেশি। সব মিলিয়ে বলা সম্ভব, “পাহাড়ি অঞ্চলে মশার উপদ্রপ বেশি বিধায়, এইসব অঞ্চলে ম্যালেরিয়ার প্রকোপও অনেক বেশি”। সর্বোপরি বলা যায়, এই ধরনের ‘জিআইএস’ ভিত্তিক মানচিত্র নানাবিধ তথ্য খুব সহজ উপায়ে উপস্থাপনে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

বর্তমানে বাংলাদেশের সংশ্লিষ্ট প্রায় সকল প্রতিষ্ঠান এবং বিশ্ববিদ্যালয়ে ‘জিআইএস’ প্রযুক্তি ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হচ্ছে। আসলে ‘জিআইএস’-এর ব্যবহার এবং প্রয়োগ আরও অনেক অনেক বেশি বিস্তৃত। এই বিষয়ে আমরা ক্রমাগতভাবে আরও জানতে ও শিখতে চেষ্টা করব।

## পৃথিবীর আকৃতি এবং স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা

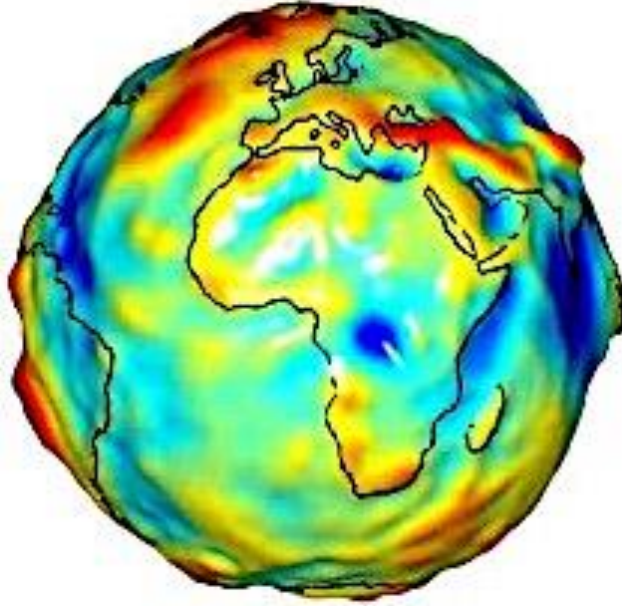
‘জিআইএস’ নিয়ে কাজ শুরু করার আগে একটি অন্যতম গুরুত্বপূর্ণ বিষয় হল, পৃথিবীর আকার-আকৃতি নিয়ে সঠিক ধারণা রাখা। এছাড়াও কোন কিছু (ব্যক্তি/ বস্তু) ভৌগোলিক অবস্থান নির্ণয় করার জন্য আমাদেরকে ‘ভৌগোলিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা (Geographic Coordinate System)’ সম্পর্কেও জানতে হবে। যদিও এই বিষয়গুলো ‘ভূগণিত (Geodesy)’, ‘মানচিত্রনির্মাণবিদ্যা (Cartography)’ এবং ‘ভূপদার্থবিদ্যা (Geophysics)’-এর ছাত্র-ছাত্রী/বিশেষজ্ঞদেরকে আরও বিস্তারিতভাবে জানতে হয়, তবুও এই সম্পর্কে আমাদেরকেও সম্যক ধারণা রাখতে হবে।

## পৃথিবীর আকার-আকৃতি



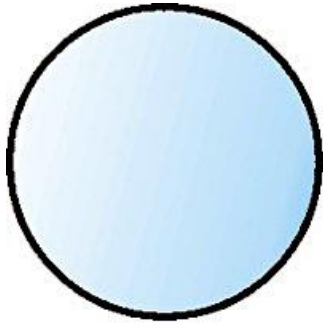


পৃথিবী (Earth) বলতেই আমাদের সামনে ভেসে ওঠে উপরের ছবির মতো সুন্দর এবং বৃত্তাকার কোন কিছু। কিন্তু পাহাড়-পর্বত, উপত্যকা এবং সমতল-ভূমি ইত্যাদি নিয়ে পৃথিবীর আকৃতি অসম (Irregular)। প্রকৃতপক্ষে পৃথিবী অনেকটা নিচের এই ছবিটার মতো দেখতে (মহাকর্ষ বলের কারণে)।

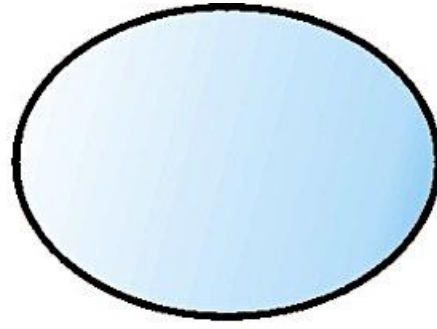


পৃথিবীর এই ত্রিমাত্রিক (3-Dimensional) অনিয়মিত আকৃতি, বিভিন্ন হিসাব-নিকাশের জন্য (যেমনঃ ভূপৃষ্ঠে কোন বস্তুর অবস্থান নির্ণয়) গাণিতিক উপায়ে সঠিকভাবে বর্ণনা করা জটিল। সহজ কথায়, পৃথিবীর একটি নিখুঁত জ্যামিতিক আকৃতি নেই। এমতাবস্থায়, পৃথিবীর এই অনন্য (Unique) এবং অনিয়মিত আকৃতি বর্ণনা করতে ‘ভূগোলক (Geoid)’ ব্যবহার করা হয়। ‘ভূগোলক’ বলতে গড় সমুদ্র সমতলের (Mean Sea Level) প্রায়-সদৃশ একটি সমবিভব তলকে (Equipotential Surface) বোঝায়। এইটা মনে রাখতে হবে যে, ‘ভূগোলক’ এবং ‘গড় সমুদ্র সমতল’ কিন্তু এক নয়। কিন্তু পৃথিবী অবশ্যই শুধুমাত্র সমুদ্র (গড় সমুদ্র সমতল) নয়। পৃথিবীর বেশিরভাগ অংশই গড় সমুদ্র সমতলের উপরে অবস্থিত (যেমনঃ ‘মাউন্ট এভারেস্ট’- যা গড় সমুদ্র সমতলের প্রায় ৯,০০০ মিটার উপরে)। মহাসাগরের তলদেশের ‘মারিয়ানা খাত’- যা গড় সমুদ্র সমতলের প্রায় ১১,০০০ মিটার গভীরে/ নিচে অবস্থিত। তাই পৃথিবীর প্রকৃত আকৃতি হল এর ভূখণ্ড (Terrain)।

পৃথিবীর ‘ভূগোলক’ (Geoid)-এর এই ধরনের অসমতার (Irregularity) জন্য ভূগণিতবিদগণ (Geodesists) কোন কিছুর অবস্থান নির্ণয়ের (অক্ষাংশ এবং দ্রাঘিমাংশ) জন্য, পৃথিবীকে একটি ‘উপবৃত্ত’ (Ellipsoid) বা ‘গোলক’ (Sphere) হিসাবে কল্পনা করেন। যদিও পৃথিবী ‘উপবৃত্ত’ (Ellipsoid/Spheroid) দিয়েই সবচেয়ে ভালভাবে উপস্থাপিত হয়, তবুও প্রায় সময়ই পৃথিবীকে একটি গোলক (Sphere) হিসাবে বিবেচনা করা হয় শুধুমাত্র গাণিতিক হিসাব সহজে করার জন্য।

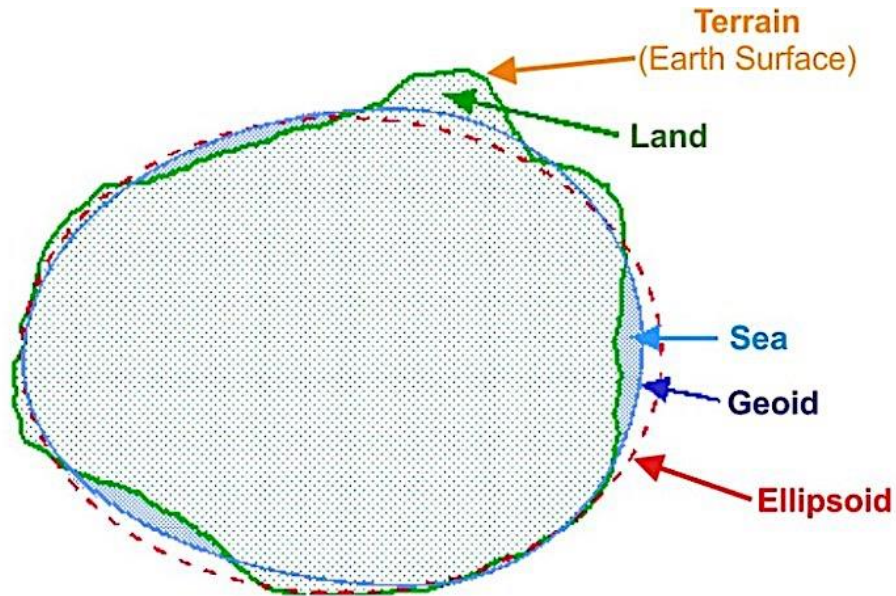


Sphere

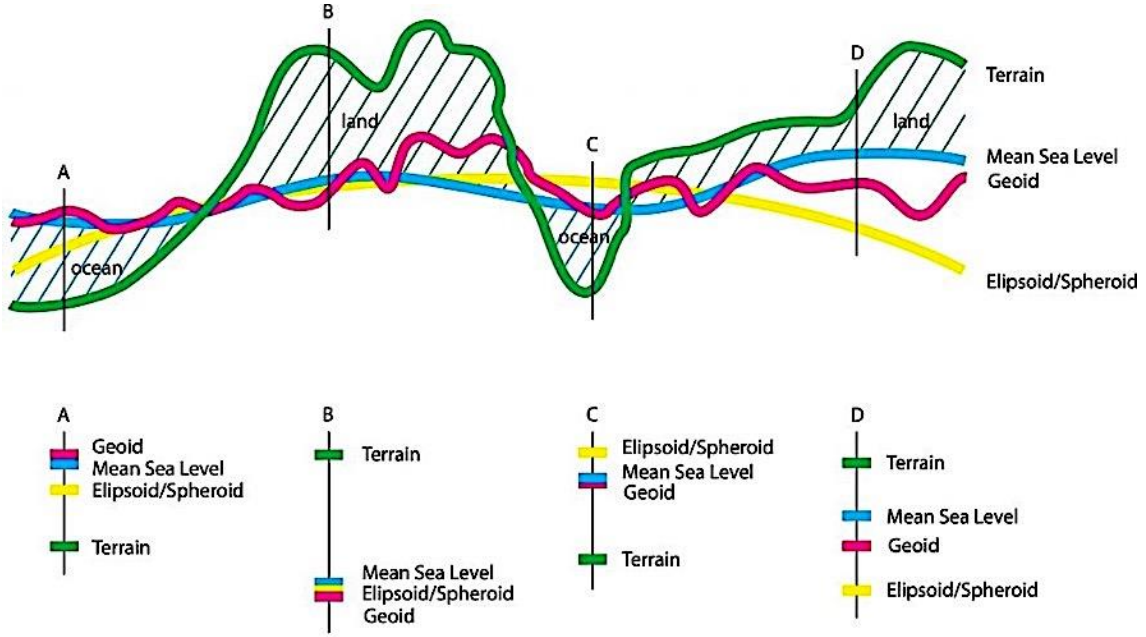


Spheroid  
(Ellipsoid)

‘ভূখণ্ড’ (Terrain), ‘ভূগোলক’ (Geoid), ‘উপবৃত্ত’ (Ellipsoid) এবং ‘গড় সমুদ্র সমতল’ (Mean Sea Level)-এই চারটি পৃষ্ঠভাগ/তলের (Surface) মধ্যে সম্পর্ক যে একই না তা নিম্নের ছবিটি থেকে স্পষ্ট।



আরও ভালভাবে এই চারটি পৃষ্ঠ-তলের মধ্যকার পার্থক্য বুঝতে হলে নিচের রেখাচিত্রটি (Cross-Sectional Diagram) গুরুত্বপূর্ণঃ



‘A’ এবং ‘C’-এর ক্ষেত্রে দেখা যাচ্ছে যে, ‘Terrain’ গড় সমুদ্র সমতলের নিচে অবস্থিত। ইহা সামুদ্রিক-এলাকার (Ocean) সমতুল্য। আবার ‘B’ এবং ‘D’-এর ক্ষেত্রে দেখা যাচ্ছে যে, ‘Terrain’ গড় সমুদ্র সমতলের উপরে অবস্থিত। ইহা ভূমি-এলাকার (Land) সমতুল্য।

## স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা

‘স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা’ (Coordinate Systems) হল, কোন নির্দিষ্ট স্থানে কোন কিছুর আপেক্ষিক অবস্থান (Relative Location) নির্ণয়ের একটি কাঠামো (Framework)। ‘জিআইএস’-এ সাধারণত দুই ধরনের ‘স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা’ ব্যবহৃত হয়ঃ

- ভৌগোলিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা (Geographic Coordinate System)
- অভিক্ষিপ্ত স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা (Projected Coordinate System)

এখন আমরা এই দুই ধরনের ‘স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা’ নিয়ে জানতে চেষ্টা করবঃ

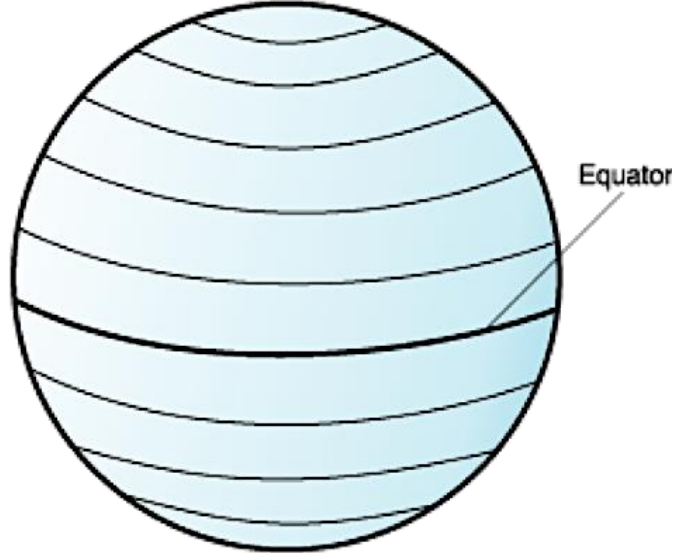
## ১. ভৌগোলিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা

পৃথিবীতে কোন কিছুর অবস্থান নির্ণয় করার জন্য, ভৌগোলিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা, একটি ত্রিমাত্রিক পৃষ্ঠতল (Spherical Surface) ব্যবহার করে। ‘ভৌগোলিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা’ তিনটি স্থানাঙ্ক মানের সাহায্যে পৃথিবীর যেকোন স্থানের অবস্থান সুনির্দিষ্ট করার একটি ব্যবস্থা। এই ব্যবস্থার ফলে পৃথিবীর যেকোন স্থানের একটি ‘অনন্য স্থানাঙ্ক’ (Unique Coordinate) থাকে। স্থানাঙ্ক ব্যবস্থার তিনটি মাত্রা হচ্ছে- ‘অক্ষাংশ’, ‘দ্রাঘিমাংশ’ এবং ‘সমুদ্রপৃষ্ঠ থেকে উচ্চতা বা গভীরতা’। ‘জিআইএস’-এ একটি কৌণিক পরিমাপক একক (Angular Unit), একটি মূল-মধ্যরেখা (Prime Meridian), এবং একটি ‘Datum’ নিয়ে একটি ‘ভৌগোলিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা’ গঠিত হয়। ভৌগোলিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থায়, একটি বিন্দু/ কোন কিছুর অবস্থান তার ‘দ্রাঘিমাংশ’ এবং ‘অক্ষাংশ’-এর মান দ্বারা উল্লিখিত হয়।

### অক্ষাংশ

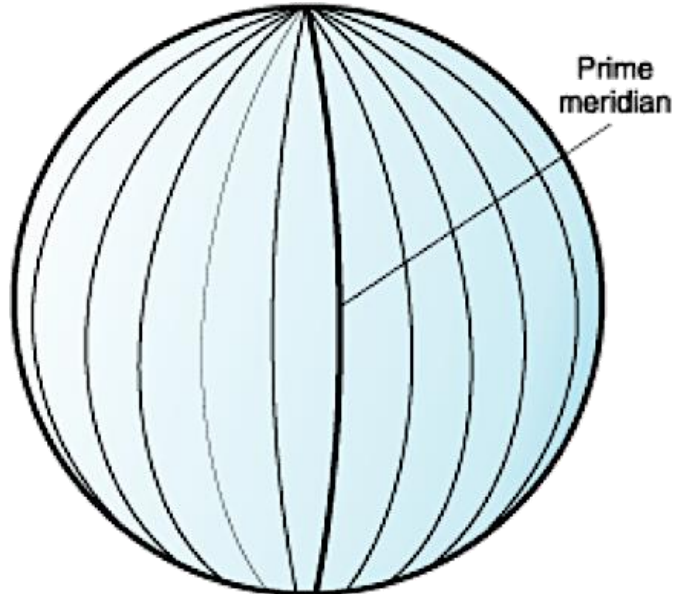
‘অক্ষাংশ’ (Latitude) হল একটি কৌণিক পরিমাপ যা নিরক্ষরেখা (Equator) থেকে উত্তরে বা দক্ষিণে কোন বস্তুর অবস্থান নির্দেশ করে। এটিকে গ্রিক বর্ণ ‘ $\phi$ ’ (Phi=ফাই) দিয়ে সাধারণত নির্দেশ করা হয়। প্রতিটি মেরুর (Pole) অক্ষাংশের পরিমাপ হচ্ছে ৯০ ডিগ্রী: উত্তর মেরু ৯০° উ এবং

দক্ষিণ মেরু  $90^\circ$  দ।  $0^\circ$  সমান্তরাল অক্ষাংশকে ‘বিষুব বা নিরক্ষরেখা’ (Equator) বলা হয়। এই রেখাটিই পৃথিবীকে উত্তর ও দক্ষিণ গোলাধে বিভক্ত করেছে।



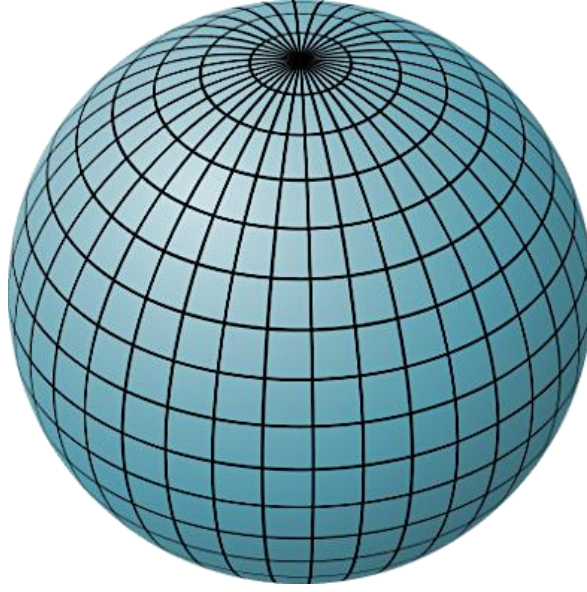
### দ্রাঘিমাংশ

‘দ্রাঘিমাংশ’ (Longitude) হল একটি কৌণিক পরিমাপ যা পৃথিবীর মূল মধ্যরেখা (Central/ Prime Meridian) থেকে পূর্বে বা পশ্চিমে কোন বস্তুর অবস্থান নির্দেশ করে। এটিকে গ্রিক বর্ণ ‘ $\lambda$ ’ (Lambda=ল্যাম্বডা) দিয়ে সাধারণত নির্দেশ করা হয়। এর প্রতিটি রেখা উত্তর ও দক্ষিণ মেরুতে মিলিত হয়। ঐতিহাসিকভাবে যে ভূ-মধ্য রেখাটি ‘রয়াল অবজারভেটরি, গ্রীনউইচ’ (যুক্তরাজ্যের লন্ডনের কাছে) এর মধ্যে দিয়ে গেছে সেটিকে ‘শূন্য-দ্রাঘিমাংশ’ বা ‘প্রামাণ্য ভূ-মধ্য রেখা’ (Prime Meridian) ধরা হয়।



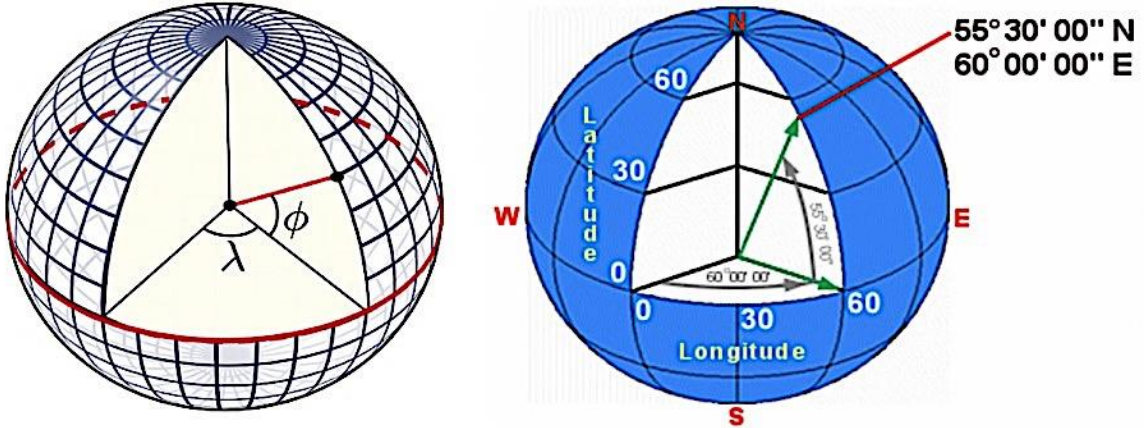
সহজ কথায়, এই ধরনের বৃত্তুল পদ্ধতিতে (Spherical System), অনুভূমিক বা পূর্ব থেকে পশ্চিমের রেখাগুলো হল ‘অক্ষাংশ’, এবং উল্লম্ব বা উত্তর থেকে দক্ষিণের রেখাগুলো হল ‘দ্রাঘিমাংশ’। পৃথিবীরকে ঘিরে অক্ষাংশ ও দ্রাঘিমাংশের এই সকল কাল্পনিক ছেদক-রেখাগুলো (Intersecting Lines), জালের ন্যায় যা (Network) তৈরি করে তাকে ‘Graticule’ বলে। নিচের ছবিটি দেখুনঃ





এই দুইটি কোণের (অক্ষাংশ এবং দ্রাঘিমাংশ) মাধ্যমে ভূপৃষ্ঠের যেকোন স্থানের ‘আনুভূমিক অবস্থান’ (Horizontal Location) নির্ণয় করা সম্ভব [দ্রাঘিমাংশ = ‘X’-অক্ষ এবং অক্ষাংশ = ‘Y’-অক্ষ]। অক্ষাংশের মানসমূহ (Values) নিরক্ষরেখার সাপেক্ষে  $-৯০^\circ$  (দক্ষিণ মেরু) থেকে  $+৯০^\circ$  (উত্তর মেরু) পর্যন্ত বিস্তৃত। আর দ্রাঘিমাংশের মানসমূহ মূল মধ্যরেখার সাপেক্ষে  $-১৮০^\circ$  (পশ্চিম) থেকে  $+১৮০^\circ$  (পূর্ব) পর্যন্ত বিস্তৃত। আমাদেরকে খুব ভালভাবে মনে রাখতে হবে, দক্ষিণ এবং পশ্চিম গোলাধ্বের ‘স্থানাঙ্ক’ (Coordinate)-এর মানসমূহ সবসময় ঋণাত্মক (-) হয়। আবার অক্ষাংশ ও দ্রাঘিমাংশ বিভিন্ন স্থানাঙ্ক ব্যবস্থার (Coordinate System) জন্য বিভিন্ন হতে পারে।

অক্ষাংশ ও দ্রাঘিমাংশ ব্যবস্থা,  $৩৬০^\circ$  ডিগ্রীর উপর ভিত্তি করে প্রতিষ্ঠিত। আবার প্রতিটি ডিগ্রী ৬০ মিনিট এবং প্রতিটি মিনিট ৬০ সেকেন্ড করে বিভক্ত। ‘জিআইএস’-এ আমরা “ডিগ্রীঃমিনিটঃসেকেন্ড”কে “দশমিক ডিগ্রী”তে রূপান্তরিত করে কাজ করি। কেননা এর ফলে হিসাব-নিকাশ করা সহজ হয়।



উদাহরণস্বরূপ কোন স্থানের অক্ষাংশ  $৫৫^\circ ৩০' ০''$  উত্তর ও দ্রাঘিমাংশ  $৬০^\circ ০০' ০০''$  পূর্ব বলতে বোঝায়, পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে বিষুবরেখার  $৫৫^\circ ৩০' ০''$  উত্তরে এবং গ্রীনউইচ/ মূল মধ্যরেখা থেকে  $৬০^\circ ০০' ০০''$  পূর্বে অঙ্কিত কোন ভেক্টর রেখা উক্ত স্থানের মাঝ দিয়ে যাবে (নিচের ছবিটি দেখুন)।

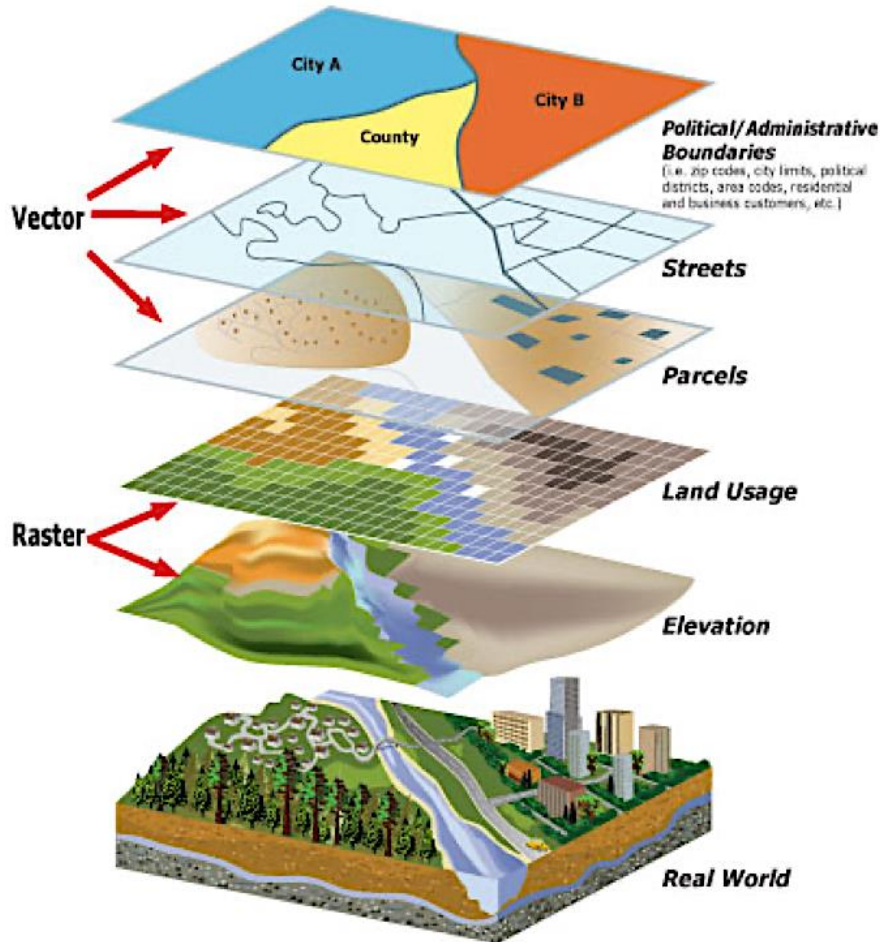
আমরা আগেই বলেছি, ‘ভৌগোলিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা’র মাত্রা হচ্ছে তিনটি- ‘অক্ষাংশ’, ‘দ্রাঘিমাংশ’ এবং ‘সমুদ্রপৃষ্ঠ থেকে উচ্চতা বা গভীরতা’। ‘অক্ষাংশ’ এবং ‘দ্রাঘিমাংশ’ নিয়ে আমরা এখন কিছুটা জানি। আর ‘সমুদ্রপৃষ্ঠ থেকে উচ্চতা বা গভীরতা’ নিয়ে আলোচনা করা হয়েছে এই লেকচারের উপর থেকে নিচের দিকের ৫ নম্বর ছবিটাতে [চারটি পৃষ্ঠতলের মধ্যকার পার্থক্য দেখানো রেখাচিত্র (Cross-Sectional Diagram)]।



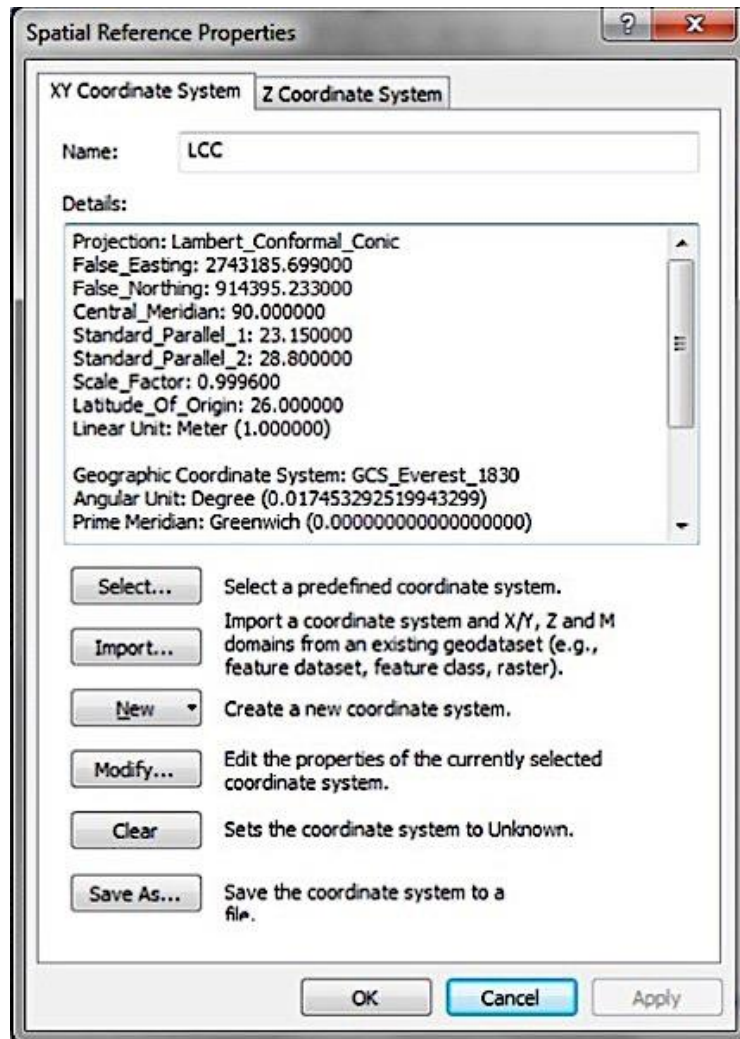
আপনারা অনেকেই হয়তবা ভাবছেন, “আমাদেরকে ‘স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা’ নিয়ে কেন এতো জানতে হবে”? আমি মনে করি, আসলেই আমাদেরকে জানতে হবে। কেননা ‘জিআইএস’-এর প্রত্যেকটি ‘Dataset’-এর একটি করে ‘স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা’ আছে, যা ঐ ‘Dataset’-কে অন্যান্য ভৌগোলিক তথ্য স্তরের (Geographic Data Layers) সঙ্গে একটি সাধারণ স্থানাঙ্ক কাঠামোর (Common Coordinate Framework) আওতায় একীভূত (Integrate) করে। সহজ কথায়, ‘স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা’ ‘জিআইএস’-এ নিম্নলিখিত ২ টি কারণে খুবই প্রয়োজনীয়ঃ

- মানচিত্রের মধ্যে ডেটাসেট (Dataset) সংহত (Integrate) করতে।
- বিভিন্ন সমন্বিত বিশ্লেষণাত্মক (Integrated Analytical) ক্রিয়াকাণ্ড (Operations) সম্পাদন করতে। যেমনঃ অসম-উত্স (Disparate Sources) এবং ‘স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা’ থেকে সংগৃহীত তথ্য স্তরসমূহকে (Data Layers) পরস্পরের উপরে বিস্তৃত/ স্থাপন করা (Overlay)।

‘Overlaying’ বুঝার জন্য নিচের ছবিটি দেখুনঃ



‘জিআইএস’-এ প্রত্যেকটি ‘Dataset’-এর (যা ‘Shapefile’ নামেও পরিচিত) নিজস্ব একটি করে ‘স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা’ থাকে। এই প্রত্যেকটি স্থানাঙ্ক ব্যবস্থার আবার অনেকগুলো পরামিতি (Parameters)/ বিশিষ্টতা (Properties) থাকে। নিচের ছবিটি দেখুনঃ



নিম্নে 'জিআইএস'-এর একটি স্থানাঙ্ক ব্যবস্থায় সাধারণত কি কি পরামিতি থাকে, তা আরও বিস্তারিতভাবে দেয়া হলঃ

**Geographic Coordinate System:** GCS\_Everest\_1830

**Angular Unit:** Degree (0.017453292519943299)

**Prime Meridian:** Greenwich (0.000000000000000000)

**Datum:** D\_Everest\_1830

**Spheroid:** Everest\_1830

**Semimajor Axis:** 6377299.3600000003000000000

**Semiminor Axis:** 6356098.3516280400000000000

**Inverse Flattening:** 300.8016999999999980000

**Projection:** Lambert\_Conformal\_Conic

**False\_Easting:** 2743185.699000; **False\_Northing:** 914395.233000; **Central\_Meridian:** 90.000000

**Standard\_Parallel\_1:** 23.150000; **Standard\_Parallel\_2:** 28.800000

**Scale\_Factor:** 0.999600; **Latitude\_Of\_Origin:** 26.000000; **Linear Unit:** Meter (1.000000)

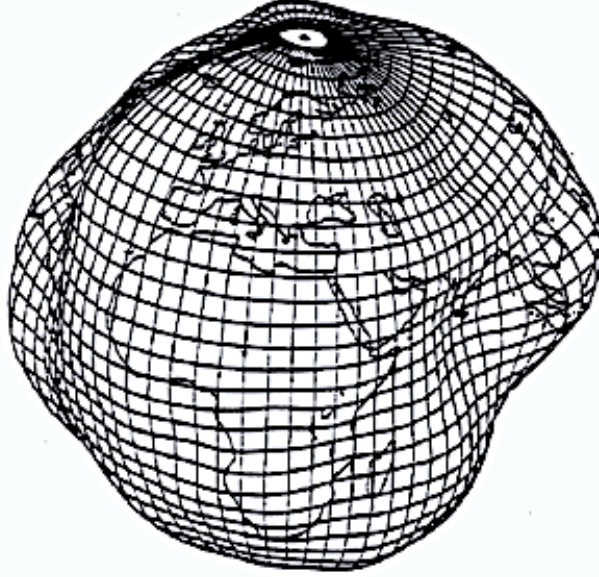
তাই ভালভাবে 'জিআইএস' বুঝতে গেলে আমাদেরকে কোন স্থানাঙ্ক ব্যবস্থার প্রত্যেকটি পরিভাষার (Terminology) অগ্র-পশ্চাৎ (A-Z) জানতে হবে। আমরা ইতিমধ্যে, 'Geographic Coordinate System', 'Angular Unit', 'Prime Meridian' এবং 'Spheroid' কি তা জেনে গেছি। পর্যায়েক্রমে বাকি পরিভাষাগুলো জানার চেষ্টা করব।

## স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা (পর্ব-২)

গত লেকচারে আমরা 'স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা' নিয়ে আলোচনা শুরু করেছি। এই লেকচারে আমরা আরও নতুন কিছু জানতে চেষ্টা করব।

### পূর্ব কথাঃ

যেহেতু পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানের ভর (Mass) ভিন্ন এবং মাধ্যাকর্ষণ (Gravity) এর অভিমুখ (Direction) পরিবর্তনশীল তাই ‘ভূগোলক (Geoid)’-এর আকার অনিয়মিত।

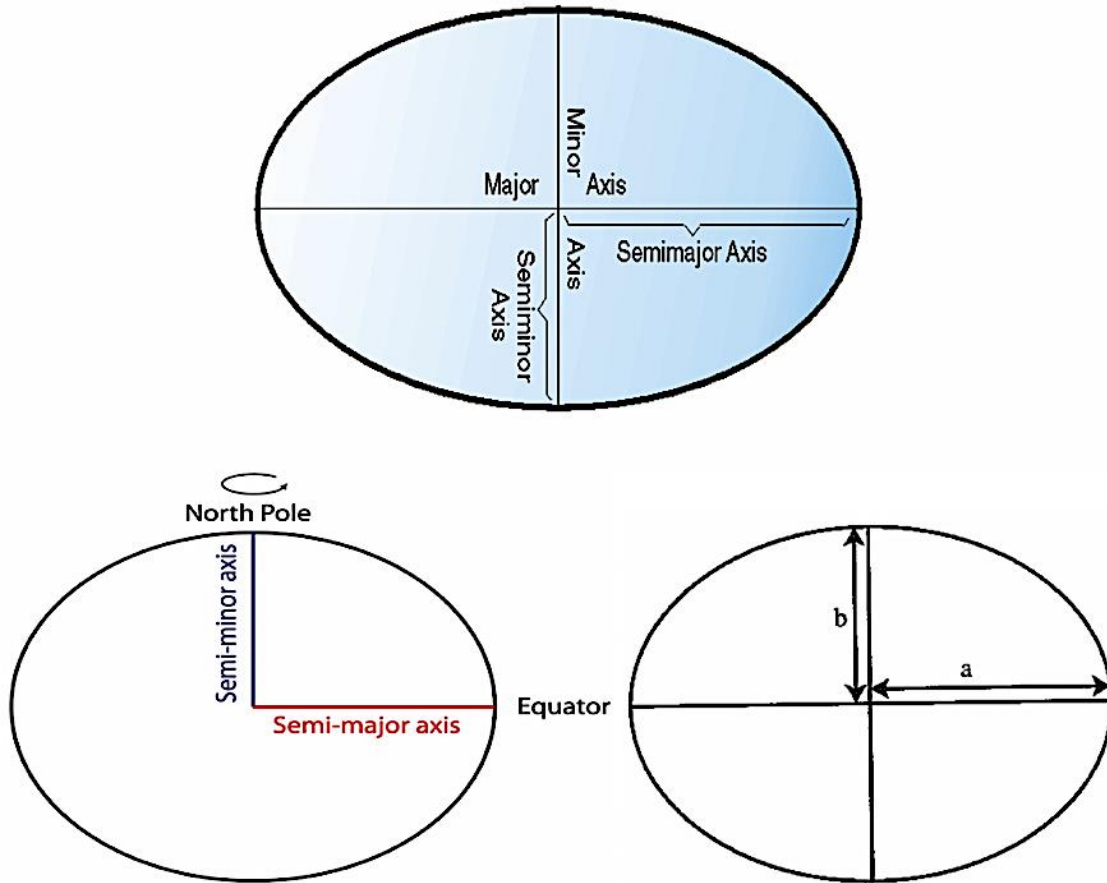


তাই গাণিতিক হিসাব সহজে করার জন্য, একটি ভৌগোলিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থায় পৃথিবী পৃষ্ঠের (Surface) আকার ও আকৃতি, একটি ‘গোলক’ (Sphere) বা ‘উপগোলক’ (Ellipsoid/Spheroid) দ্বারা সংজ্ঞায়িত করা হয়। এখন প্রশ্ন হল, কখন আমরা পৃথিবীকে ‘গোলক’ এবং কখন ‘উপগোলক’ হিসাবে বিবেচনা করব? এটি নির্ভর করে, মানচিত্র তৈরির উদ্দেশ্য এবং নির্ভুল তথ্যের (Data Accuracy) উপর। উদাহরণস্বরূপ বলা যায়, যদি আমরা অনেক বড় বা বিশাল এলাকা (Area) একটি ছোট স্থানে উপস্থাপন করতে চায় তাহলে পৃথিবীকে ‘গোলক’ হিসাবে বিবেচনা করা হয়। যেমনঃ ‘বিশ্বের মানচিত্র’ (World Map) বা ‘আঞ্চলিক মানচিত্র’ (Regional Map)।

আবার যদি আমরা একটি ছোট এলাকাকে বিস্তারিতভাবে (more detail) দেখতে চায়, তাহলে পৃথিবীকে ‘উপগোলক’ হিসাবে বিবেচনা করা হয়। যেমনঃ একটি দেশের বা শহরের মানচিত্র (Country/City Map)। যেহেতু সচরাচর আমরা একটি ছোট এলাকা নিয়ে কাজ করে থাকি এবং মানচিত্রের সঠিকতা/ যথার্থতা (Precision/Accuracy) নিয়ে বেশি উদ্বিগ্ন থাকি; সেহেতু ‘জিআইএস’-এ সাধারণত পৃথিবীকে একটি ‘উপগোলক’ (Ellipsoid/Spheroid) হিসাবেই সংজ্ঞায়িত করা হয়। এইবার গোলক এবং উপগোলকের গঠনতন্ত্র নিয়ে কিছুটা আলোচনা করা যাক।

### পৃথিবী যখন উপবৃত্তাকার (Ellipsoid) বা উপগোলক (Spheroid)

নিচের ছবিতে আমরা একটি ডিম্বাকৃতি ‘উপবৃত্ত’ (Ellipse) দেখতে পারছি। এই উপবৃত্তের আকৃতি দুইটি অক্ষ দ্বারা নির্ধারিত হয়। এর প্রধান/বড় অক্ষকে বলা হয় ‘Major Axis’ এবং অপেক্ষাকৃত ছোট/খাটো অক্ষকে বলা হয় ‘Minor Axis’। ‘Semi-Major Axis’ দৈর্ঘ্যে ‘Major Axis’-এর অর্ধেক এবং ‘Semi-Minor Axis’ দৈর্ঘ্যে ‘Minor Axis’-এর অর্ধেক।



একটি 'Ellipsoid' এর নিম্নলিখিত পরামিতি (Parameters) আছেঃ

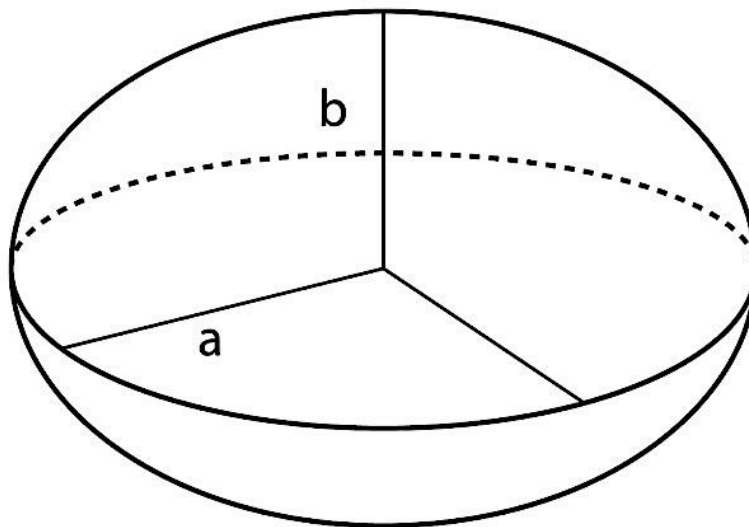
Semi-Major অক্ষ =  $a$ ; Semi-Minor অক্ষ =  $b$ ; যেখানে  $a > b$

সমরূপতা (Flattening),  $f = \text{['Flattening' এর পরিসর '0' থেকে '১' এর মধ্যে হয়]}$

বিপরীত সমরূপতা (Inverse Flattening) =  $1/f$

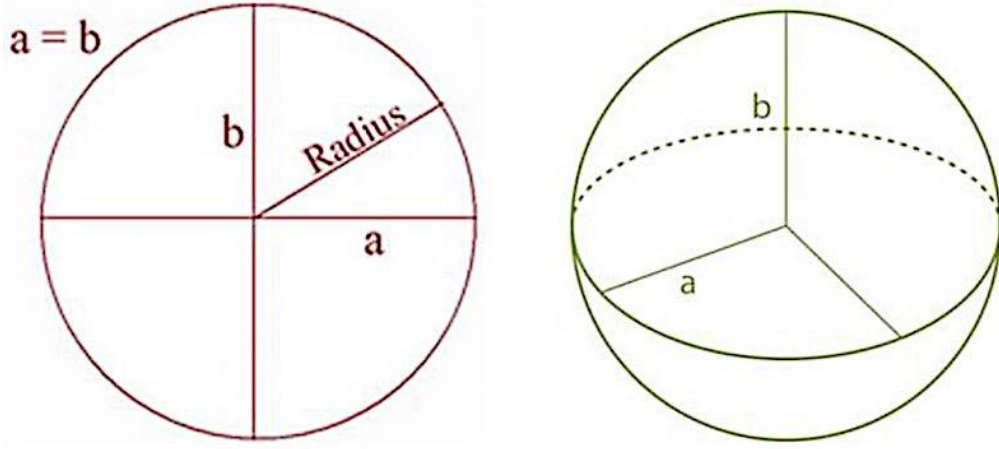
উত্কেদ্রতা (Eccentricity),  $e^2 = (a^2 - b^2) / a^2$ ;  $e^2 = 2f - f^2$

এই উপবৃত্তকে তার যে কোন একটি অক্ষ (Axis) বরাবর আবর্তিত (Rotate) করলে যে ত্রিমাত্রিক আকৃতি গঠিত হয় তাকেই 'Ellipsoid' বা 'Spheroid' বলে। সহজ কথায়, একটি 'উপগোলক' হল একটি ত্রিমাত্রিক আকৃতি যা একটি দ্বি-ত্রিমাত্রিক 'উপবৃত্ত' থেকে তৈরি। নিচের ছবিটি দেখুন।

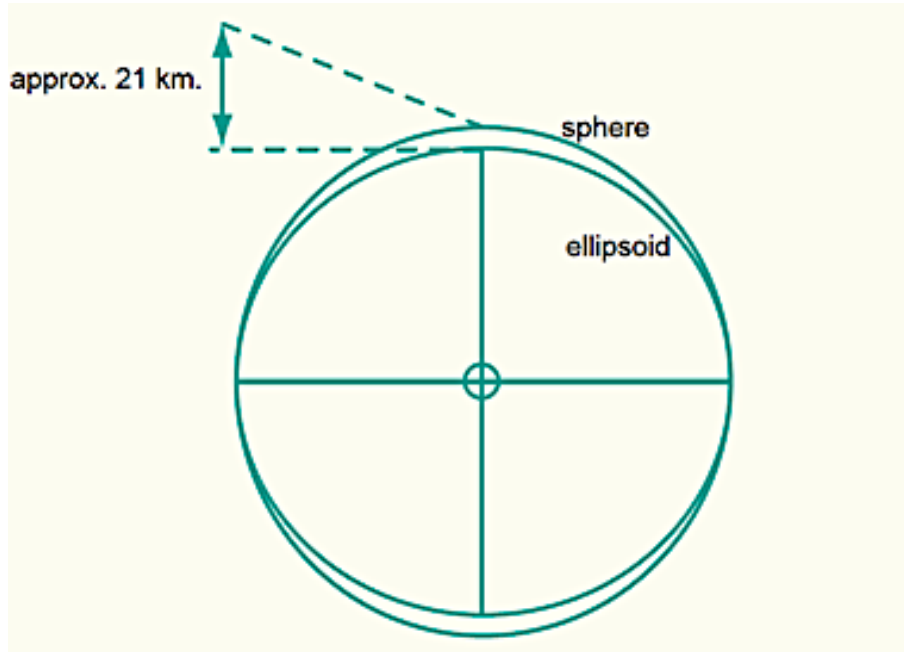


পৃথিবী যখন গোলক (Sphere)

যখন ' $a = b$ ', বা ২ টি অক্ষ সমান অর্থাৎ 'Flattening' শূন্য হয় তখন ফলাফল হবে একটি 'গোলক'। নিচের ছবিটি দেখুন।



এর মানে হল, 'Flattening' যত শূন্যের (০) কাছাকাছি হবে আকৃতি ততই গোলাকার হবে। আর 'Flattening' এর মান যতই '১'-এর কাছাকাছি হবে আকৃতি হবে ততই উপবৃত্তাকার। জেনে রাখা ভাল যে পৃথিবীর 'Flattening' হল আনুমানিক ০.০০৩৩৫৩। এর মানে হল পৃথিবীর আকৃতি গোলকের খুব কাছাকাছি হলেও কিছুটা উপবৃত্তাকার।

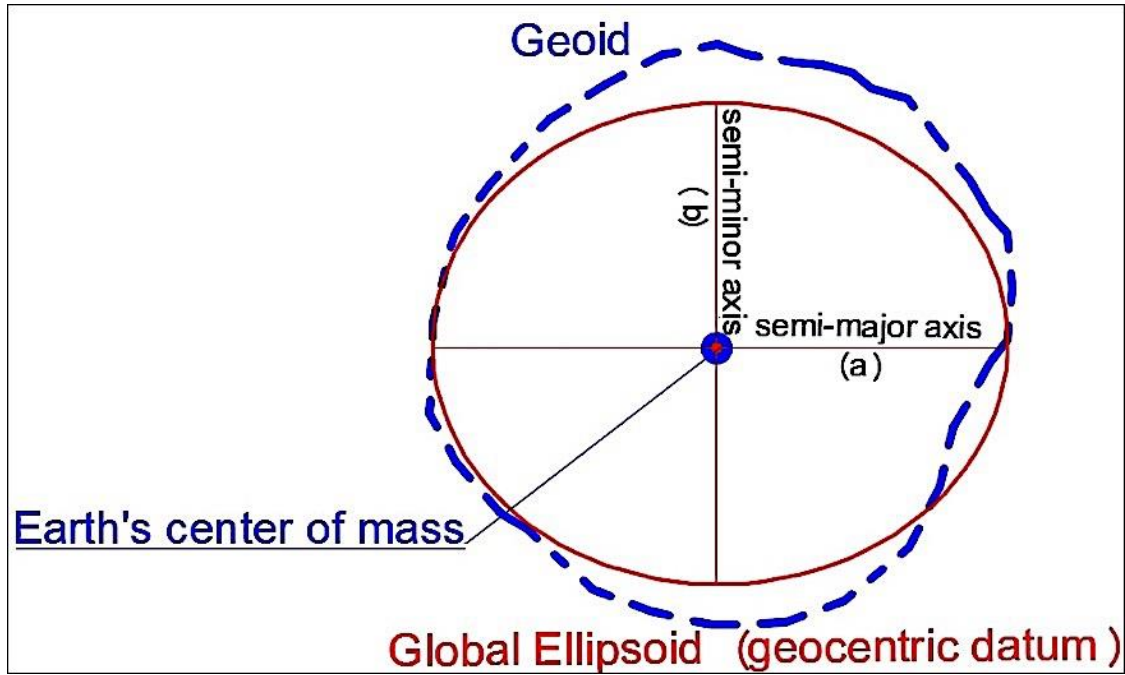


উপরের এই ছবিটি পৃথিবীর 'Ellipsoid' এবং 'Sphere'-এর মধ্যকার পার্থক্য বুঝতে সাহায্য করবে।

### একটাই পৃথিবী, কিন্তু 'Ellipsoid' অনেক

এইবার কাহিনী আছে, আসলে এককভাবে কোন 'Ellipsoid'-ই পৃথিবীর আকৃতির (Geoid) সাথে পুরোপুরি মিলে যায় না। কোথাও মিলে যায়, আবার কোথাও আংশিকভাবে মিলে। উদাহরণস্বরূপ নিচের ছবিটি দেখুন।





বিগত দুই শতাব্দী ধরে, পৃথিবীর সাথে খাপ খায় (Best-Fitting) এইরকম প্রায় কয়েকশত 'Ellipsoid' হিসাব করে বের করা হয়েছে। কিন্তু এর মধ্যে মাত্র কয়েকটি বর্তমানে মানচিত্রের কাজে ব্যবহৃত হচ্ছে। নিম্নে এইরকম বহুল ব্যবহৃত কয়েকটি 'Ellipsoid'-এর পরামিতিসমূহ উল্লেখ করা হলঃ

Name	Date	a (m)	b (m)	Use
Everest	1830	6377276	6356079	India, Burma, Sri Lanka
Bessel	1841	6377397	6356079	Central Europe, Chile, Indonesia
Airy	1849	6377563	6356257	Great brittain
Clarke	1866	6378206	6356584	North America, Philippines
Clarke	1880	6378249	6356515	France, Africa (parts)
Helmert	1907	6378200	6256818	Africa (parts)
International (or Hayford)	1924	6378388	6356912	World
Krasovsky	1940	6378245	6356863	Russia, Eastern Europe
GRS80	1980	6378137	6356752	North America
WGS84	1984	6378137	6356752	World (GPS measurements)

সহজ কথায়, একটি নির্দিষ্ট ভৌগোলিক এলাকার জন্য একটি নির্দিষ্ট 'উপগোলক' (Ellipsoid) ব্যবহার করা যেতে পারে। কিন্তু ঐ উপগোলক সমগ্র পৃথিবী বা অন্যান্য এলাকার জন্য উপযুক্ত নাও হতে পারে।

## Datum

এইবার আমরা 'Datum' বা 'Geodetic Datum' বা 'Reference Datum' কি তা জানতে চেষ্টা করব। 'Datum' হল এমন এক ধরনের পদ্ধতি (Mechanism) যার মাধ্যমে 'Ellipsoid' এবং 'Geoid'-এর মধ্যকার সম্পর্ক নিরূপণ করা হয়। 'Datum':-

১. পৃথিবীর কেন্দ্রে উপগোলকের (Ellipsoid) আপেক্ষিক অবস্থান নির্ধারণ করে।
২. অক্ষাংশ ও দ্রাঘিমাংশ রেখাসমূহের উৎপত্তি (Origin) এবং অভিযোজন (Orientation) নির্দেশ করে।

৩. একটি ত্রিমাত্রিক তল (Three Dimensional Surface) যার মাধ্যমে অক্ষাংশ, দ্রাঘিমাংশ এবং উচ্চতা (Elevation/Height) গাণিতিকভাবে হিসাব/ নির্ণয় করা যায়।

ভূপৃষ্ঠের সাথে খাপ খাওয়ানোর জন্য যেমন বিভিন্ন ধরনের গাণিতিক মডেল আছে, তেমনি বিভিন্ন ধরনের 'Datum'-ও আছে। 'Datum' এবং 'Ellipsoid' এক নয়। 'Datum'-এর জ্যামিতিক কাঠামোই হল 'Ellipsoid'। অর্থাৎ 'Ellipsoid' হল একটি জ্যামিতিক আকৃতি এবং 'Datum' হল ঐ নির্দিষ্ট আকৃতির উপাত্ত। কোন একটি স্থানের স্থানাঙ্ক, 'Ellipsoid' এবং 'Datum'-এর উপর নির্ভরশীল। 'Datum'-এর অবস্থান পরিবর্তন করা হলে 'X', 'Y' ও 'Z'-ও পরিবর্তিত হবে। সহজ কথায়, 'Datum' পরিবর্তন করা মানেই হল 'ভৌগোলিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা'র (Geographic Coordinate System) পরিবর্তন করা। তিনটি ভিন্ন ভিন্ন 'Datum'-এর জন্য একটি শহরের 'ভৌগোলিক স্থানাঙ্ক' ভিন্ন ভিন্ন হতে পারে। উদাহরণস্বরূপ, নিচের টেবিলটি দেখুনঃ

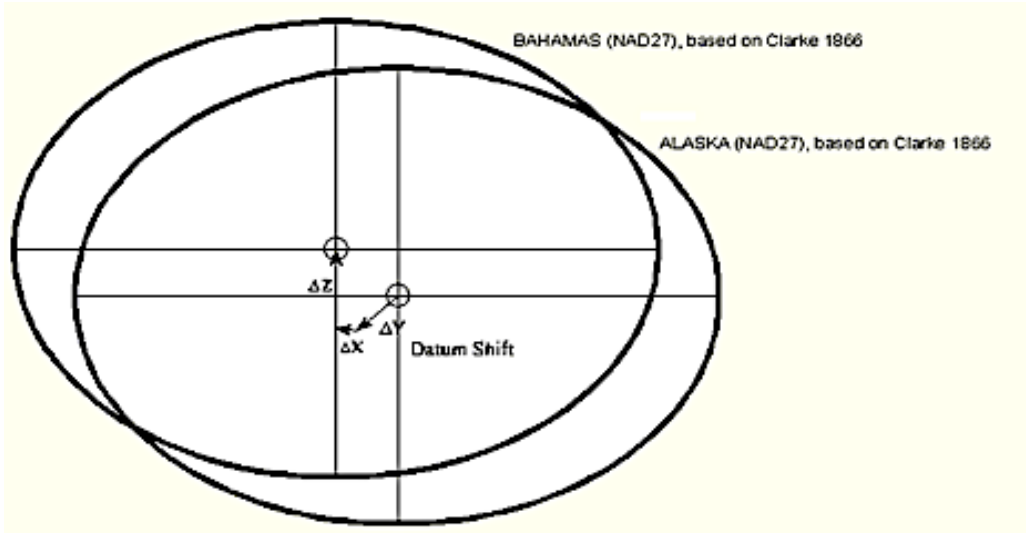
Datum	Longitude	Latitude
NAD 1927	-122.46690368652	48.7440490722656
NAD 1983	-122.46818353793	48.7438798543649
WGS 1984	-122.46818353793	48.7438798534299

আবার একই 'Ellipsoid' বিশিষ্ট ভিন্ন ভিন্ন 'Datum'-এর জন্য একটি নির্দিষ্ট স্থানের ভৌগোলিক স্থানাঙ্ক বিভিন্ন হতে পারে (Datum Shift)। নিচের ছবিটি দেখুনঃ

Datum	Ellipsoid	Datum shift (m)* ( Dx, Dy, Dz )
Alaska (NAD-27)	Clarke 1866	-5, 135, 172
Bahamas (NAD-27)	Clarke 1866	-4, 154, 178
Bermuda 1957	Clarke 1866	-73, 213, 296
Central America (NAD-27)	Clarke 1866	0, 125, 194
Bellevue (IGN)	Hayford	-127, -769, 472
Campo Inchauspe	Hayford	-148, 136, 90
Hong Kong 1963	Hayford	-156, -271, -189
Iran	Hayford	-117, -132, -164

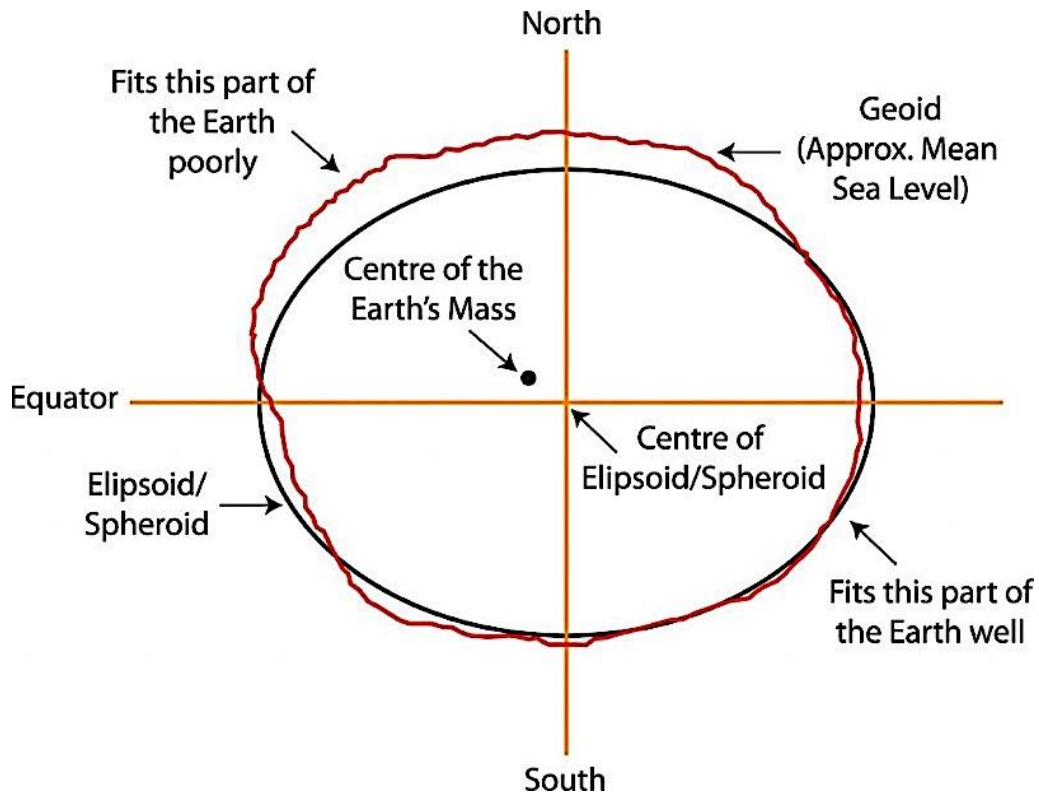
\* Positions compared to the WGS84

তাই এইটা বলা যায় যে শুধুমাত্র 'Ellipsoid' এর উপর ভিত্তি করে সঠিক 'Datum' বের করা সম্ভব না। অন্যভাবে বলা যায়, 'Datum' সম্পর্কে জানা থাকলে 'Ellipsoid' সহজেই নির্ধারণ করা সম্ভব। একইভাবে নিচের ছবিটি দেখে আমরা বুঝতে পারছি যে একই 'Ellipsoid' থাকা সত্ত্বেও (Clarke 1866), 'Datum' (= 'X', 'Y' ও 'Z') ভিন্ন হওয়ার কারণে (Bahamas NAD-27 এবং Alaska NAD-27) একটি নির্দিষ্ট স্থানের ভৌগোলিক অবস্থান পরিবর্তিত হয়েছে (Datum Shift)।



### স্থানীয়/ আঞ্চলিক Datum

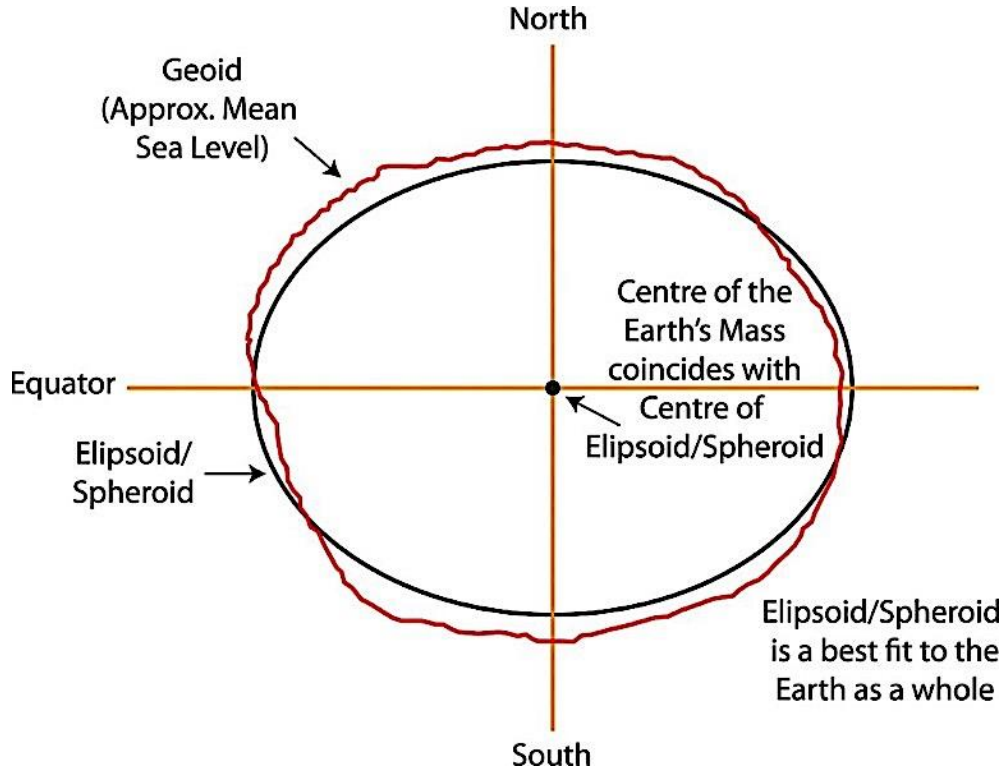
ভূপৃষ্ঠের কোন নির্দিষ্ট এলাকা বা অঞ্চলের সাথে উপগোলককে খুব কাছাকাছি মিলানোর জন্য “স্থানীয়/ আঞ্চলিক Datum” ব্যবহৃত হয়। এক্ষেত্রে উপগোলকের তলের কমপক্ষে একটি নির্দিষ্ট বিন্দুর সাথে ভূপৃষ্ঠের কোন নির্দিষ্ট অংশ মিলে যায়। যেই বিন্দুতে ভূপৃষ্ঠ এবং উপগোলক মিলিত হয় তাকে ঐ ‘Datum’-এর ‘Origin Point’/ ‘উৎস বিন্দু’ বলে। ‘Origin Point’-এর স্থানাঙ্ক অনড় (Fixed)। এই ‘Origin Point’-এর উপর ভিত্তি করেই গাণিতিকভাবে অন্যান্য সকল বিন্দুর স্থানাঙ্ক নির্ণয় করা হয়। নিচের ছবিটি “স্থানীয়/আঞ্চলিক Datum” এর একটি উদাহরণ। ছবিটিতে দেখা যাচ্ছে যে পৃথিবীর প্রকৃত ভরকেন্দ্র (Centre of the Earth’s Mass) এবং ‘Ellipsoid’-এর কেন্দ্র ভিন্ন। এছাড়াও ‘Ellipsoid’টি ভূপৃষ্ঠের একটি নির্দিষ্ট অংশের সাথে ভালভাবে মিশে গিয়েছে, কিন্তু অন্যান্য অংশের সাথে যথেষ্ট অসামঞ্জস্যপূর্ণ।



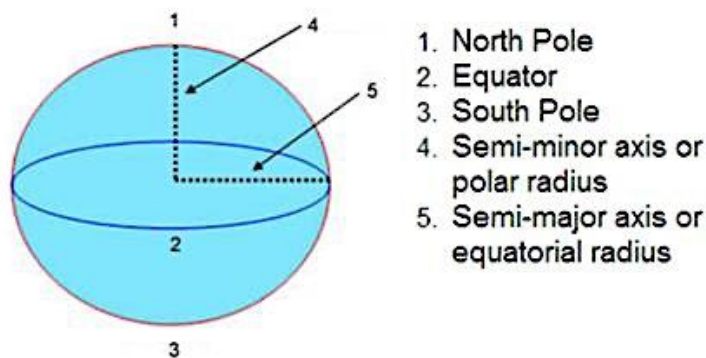
একটি নির্দিষ্ট স্থানের জন্য নির্ধারিত “স্থানীয়/আঞ্চলিক Datum” অন্য স্থানের জন্য ব্যবহার করলে তা ভুল স্থানাঙ্ক প্রদর্শন করবে।

### ভূকেন্দ্রিক Datum

‘ভূকেন্দ্রিক/Geocentric Datum’-এর ক্ষেত্রে পৃথিবীর প্রকৃত ভরকেন্দ্র এবং ‘Ellipsoid’-এর কেন্দ্র একই অবস্থানে থাকে। এক্ষেত্রে এমন একটি ‘Ellipsoid’ বেছে নেয়া হয়, যেটা সমগ্র পৃথিবীর আকৃতির সাথে যথাসম্ভব নিখুঁতভাবে মিশে যায়। নিচের ছবিটি ‘Geocentric Datum’-এর একটি সুন্দর উদাহরণ।



বর্তমান সময়ে বহুলভাবে ব্যবহৃত ‘Geocentric Datum’ হল- ‘World Geodetic System 1984’ বা ‘WGS84’। ‘Geocentric Datum’ পৃথিবীর যে কোন স্থানের ভৌগোলিক অবস্থান নির্ণয়ে ব্যবহৃত হতে পারে। নিচের চিত্রে আরও কিছু সংখ্যক ‘Datum’ এবং সংশ্লিষ্ট ‘Ellipsoid/Spheroid’-এর বর্ণনা তুলে ধরা হলঃ



Datum	Spheroid	Semi-major axis	Semi-minor axis
WGS 84	WGS84	6378137.0	6356752.3142451793
Everest Bangladesh	Everest Adjustment 1937	6377276.3449999997	6356075.4131402401
Gulshan 303	Everest Adjustment 1937	6377276.3449999997	6356075.4131402401
Kallanpur	Everest Adjustment 1937	6377276.3449999997	6356075.4131402401
Everest 1830	Everest 1830	6377299.3600000003	6356098.35162804
NAD83	GRS 1980	6,378,137.0	6356752.3141403561
Clark 1866	Clark 1866	6378206.4000000004	6356583.7999989809

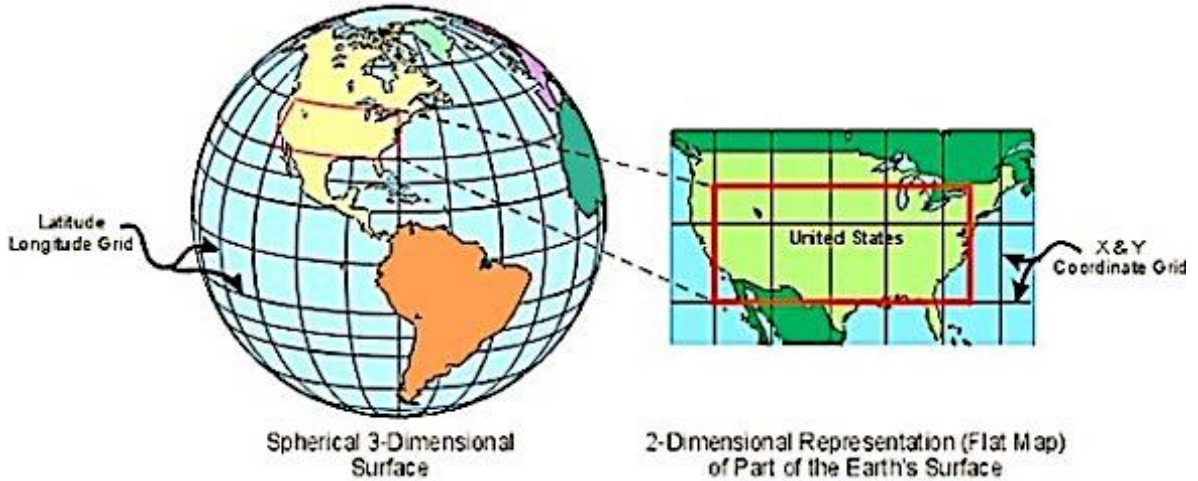


বর্তমান সময়ে জ্ঞান-বিজ্ঞানের প্রভূত উন্নয়ন এবং মানুষের মাঝে সচেতনতা বৃদ্ধির কারণে, সবাই ভূপৃষ্ঠে কোন কিছুর অবস্থার খুবই নির্ভুলভাবে বের করতে সচেষ্ট। ভৌগোলিক অবস্থান নির্ণয়ে সামান্য হের-ফের (Small Difference) বড় ধরনের সমস্যা সৃষ্টি করতে পারে। এইসব কারণে, খুবই নিখুঁতভাবে কোন কিছুর ভৌগোলিক অবস্থান নির্ণয়ের জন্য ভূ-বিজ্ঞানীরা বিভিন্ন ধরনের ‘Ellipsoid/Spheroid’ এবং ‘Datum’ ব্যবহার করেন। ‘ভৌগোলিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা’ (Geographic Coordinate System) নিয়ে কথা-বার্তা এখানেই শেষ করছি। আগামী লেকচারে ‘অভিক্ষিপ্ত স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা’ (Projected Coordinate System) নিয়ে বিস্তারিত আলোচনা করার ইচ্ছা আছে।

## অভিক্ষিপ্ত স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা

গত পর্বে (লেকচার ৪) আমরা ‘ভৌগোলিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা’ (Geographic Coordinate System) সম্পর্কে জেনেছি। আজকে আমরা ‘অভিক্ষিপ্ত স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা’ (Projected Coordinate System) নিয়ে জানতে চেষ্টা করব।

মানচিত্র অভিক্ষেপ (Map Projection) হল ভৌগোলিক অবস্থানের (অক্ষাংশ এবং দ্রাঘিমাংশ) বর্তুল (ত্রিমাত্রিক পৃষ্ঠ) থেকে পরিকল্পক (দ্বিমাত্রিক পৃষ্ঠ) স্থানাঙ্কে নিয়মানুগ (গাণিতিক) রূপান্তর। সহজ কথায়, মানচিত্র অভিক্ষেপ হল পৃথিবীর বাঁকা পৃষ্ঠকে (curved surface) মানচিত্রে সমতল পৃষ্ঠতলে (flat surface) উপস্থাপন করার একটি উপায়। বাস্তব বর্তুল (spherical) বিশ্বের কোন কিছুর অবস্থান কৌণিক দূরত্বের (অক্ষাংশ এবং দ্রাঘিমাংশ) মাধ্যমে বর্ণিত হয়। কিন্তু সমতল মানচিত্রে কোন কিছুর অবস্থান কার্ভেসীয় স্থানাঙ্ক ব্যবস্থার (‘X’ এবং ‘Y’) মাধ্যমে প্রকাশ করা হয় (নিচের ছবিটি দেখুন)।



কোন কিছুর অবস্থান নির্ণয় করার জন্য, ‘ভৌগোলিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা’ একটি ত্রিমাত্রিক পৃষ্ঠতল ব্যবহার করে এবং ‘অভিক্ষিপ্ত স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা’ একটি দ্বিমাত্রিক পৃষ্ঠতল ব্যবহার করে।

এখন সমস্যা হল, এই অনিয়মিত আকৃতির ত্রিমাত্রিক পৃথিবীর পৃষ্ঠকে একটি সমতল ও দ্বিমাত্রিক কাগজের টুকরায় (Map) স্থানান্তর করা। নানাবিধ গাণিতিক ও জ্যামিতিক উপায়ে, মানচিত্র অভিক্ষেপ, এই রূপান্তর করা হয়ে থাকে। কিন্তু জেনে রাখা ভাল যে, কোনরূপ বিকৃতি (Distortion) ব্যতীত এই রূপান্তর সম্ভব নয়। প্রতিটি অভিক্ষেপ (Projection)-এর নিজস্ব সুবিধা এবং অসুবিধাসমূহ আছে।

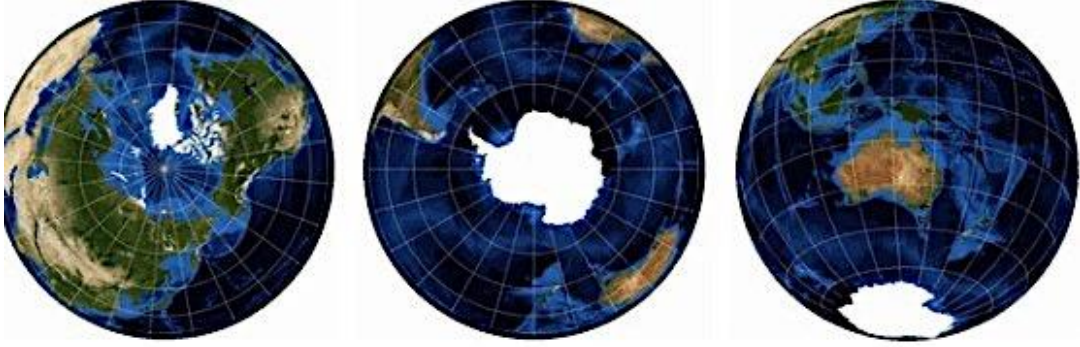
প্রতিটি সমতল মানচিত্রই কোন না কোনভাবে ভূপৃষ্ঠের ভুল বর্ণনা দিয়ে থাকে। আজ পর্যন্ত এমন কোন মানচিত্র অক্ষিত/ আবিষ্কৃত হয়নি, যা সমগ্র পৃথিবীকে ১০০% সঠিকভাবে উপস্থাপিত করে।



## কেন এই বিকৃতি?

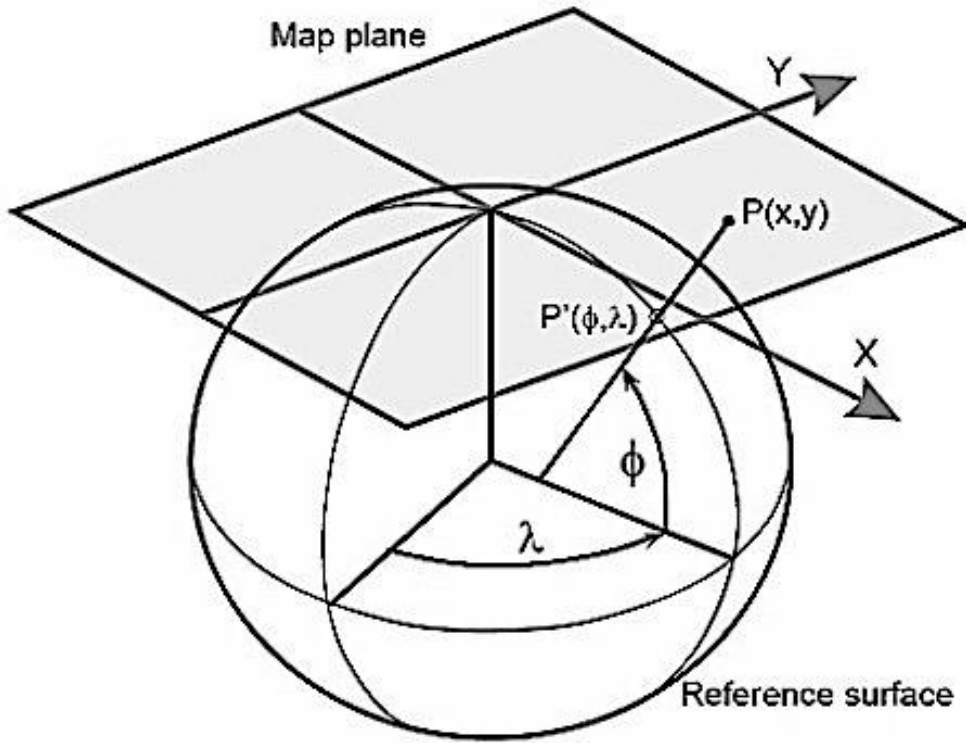


উপরের ছবিটিতে বিষুবরেখা বরাবর পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানসমূহ দেখা যাচ্ছে। এইখানে কেন্দ্রীয় (central) এলাকা যদিও পরিষ্কারভাবে দেখা যাচ্ছে, কিন্তু প্রান্তিক এলাকাসমূহ (edges shapes) বিকৃতরূপে দৃশ্যমান। আবার নিচের ছবিটিতে ‘এন্টার্কটিকা’ এবং ‘অস্ট্রেলিয়া’ দেখা যাচ্ছে ভিন্নভাবে। এ থেকে প্রতীয়মান হয় যে, একই স্থান বিভিন্ন দৃষ্টিকোণ এবং অবস্থান (Angle & Position) থেকে ভিন্নভাবে উপস্থাপিত হয়।

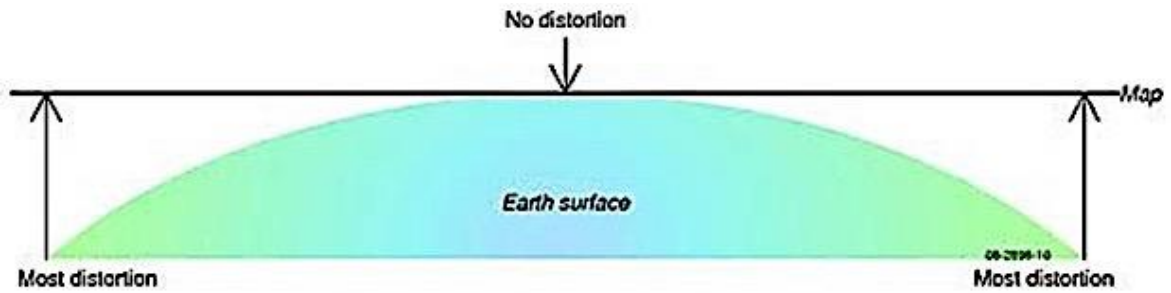


## মৌলিক অভিক্ষেপণ প্রযুক্তিঃ

সহজ কথায়, মানচিত্র অভিক্ষেপণের মাধ্যমে আমরা ভৌগোলিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থাকে (অক্ষাংশ ‘ $\phi$ ’ এবং দ্রাঘিমাংশ ‘ $\lambda$ ’) কার্তেসীয় স্থানাংক ব্যবস্থায় (‘x’ এবং ‘y’) রূপান্তর করব। এখন আসা যাক, এই মানচিত্র অভিক্ষেপ কিভাবে করা হয়?  
খুব সাধারণভাবে বলতে গেলে, প্রথমে এই পদ্ধতিতে একটি কল্পিত কাগজের টুকরাকে (যা পরবর্তীতে একটি মানচিত্রে পরিণত হবে) পৃথিবী পৃষ্ঠে অধিশায়িত (laid) করা হয় (নিচের ছবিটি দেখুন)।



এখন এই কল্পিত কাগজের টুকরাটি (Map Plane/ Developable Surface) ভূপৃষ্ঠের যেখানে স্পর্শ করবে, সেইখানে বিকৃতি (Distortion) হবে শূন্য এবং দূরত্ব বৃদ্ধির সাথে সাথে বিকৃতিও বৃদ্ধি পাবে (নিচের ছবিটি দেখুন)। এরপর কিছু প্রতিষ্ঠিত গাণিতিক সমীকরণের মাধ্যমে  $[(x, y) = f(\phi, \lambda)]$  এই রূপান্তর করা হয়।



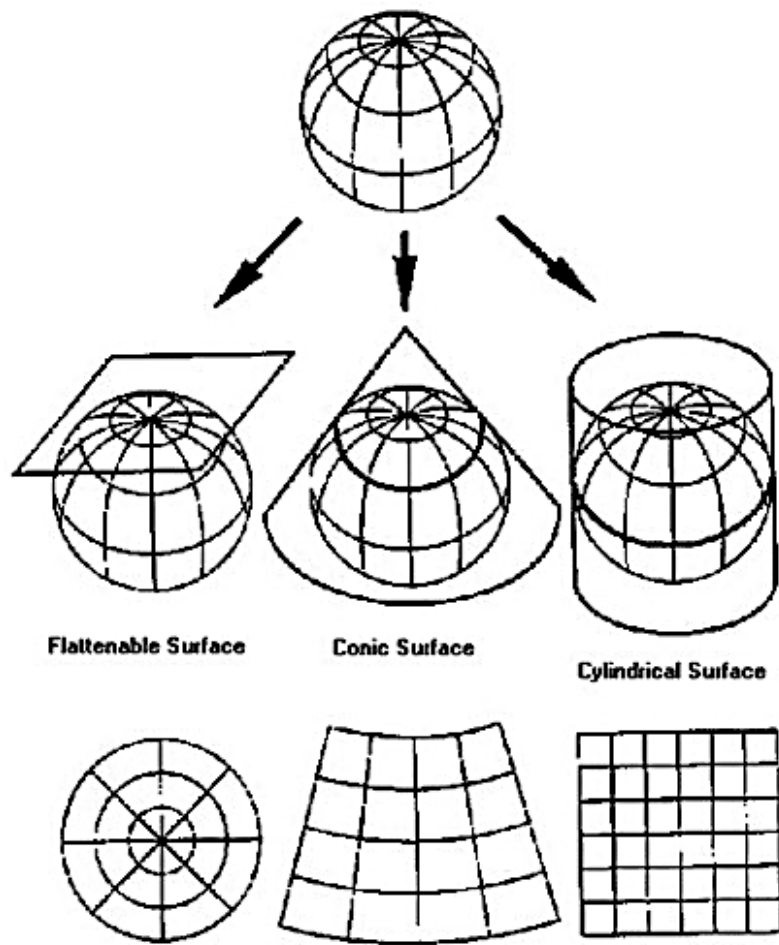
### মানচিত্র অভিক্ষেপণের শ্রেণীবিভাগঃ

মানচিত্র অভিক্ষেপ নিম্নলিখিত ৪টি উপায়ে শ্রেণীবিন্যাস করা যায়ঃ

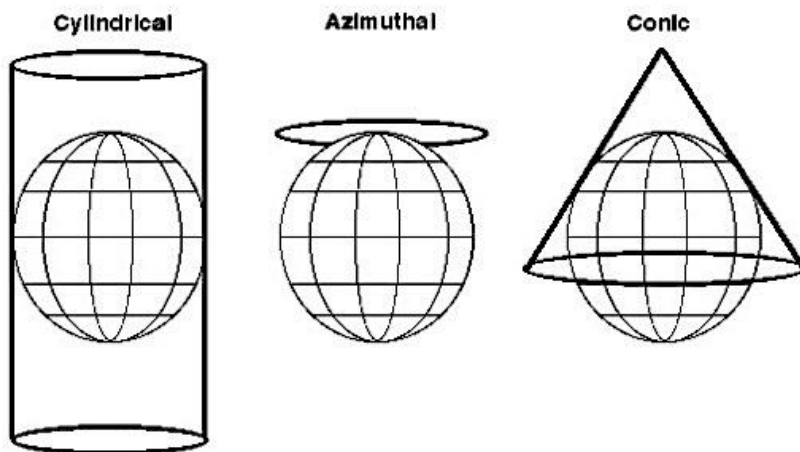
#### ১. Developable Surface:

এই তত্ত্বের উপর ভিত্তি করে মানচিত্র অভিক্ষেপণের মাধ্যমে মানচিত্র প্রস্তুতকরণের তিনটি মৌলিক পদ্ধতি আছে। এগুলো হল (নিচের ছবি তিনটি দেখুন):

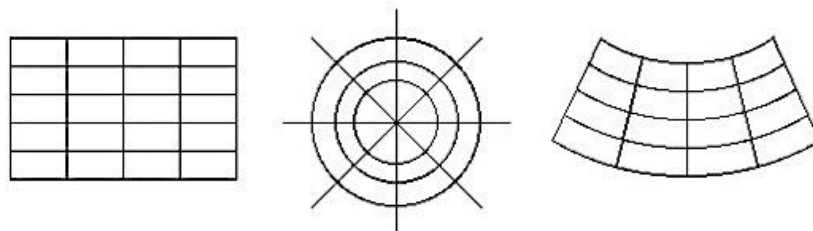
- Azimuthal/ Planar: এক্ষেত্রে কল্পিত কাগজের টুকরাটি হয় 'সমতল' আকৃতির।
- Conical: এক্ষেত্রে কল্পিত কাগজের টুকরাটি হয় 'মোচাকৃতি'।
- Cylindrical: এক্ষেত্রে কল্পিত কাগজের টুকরাটি হয় 'বেলনাকার'।

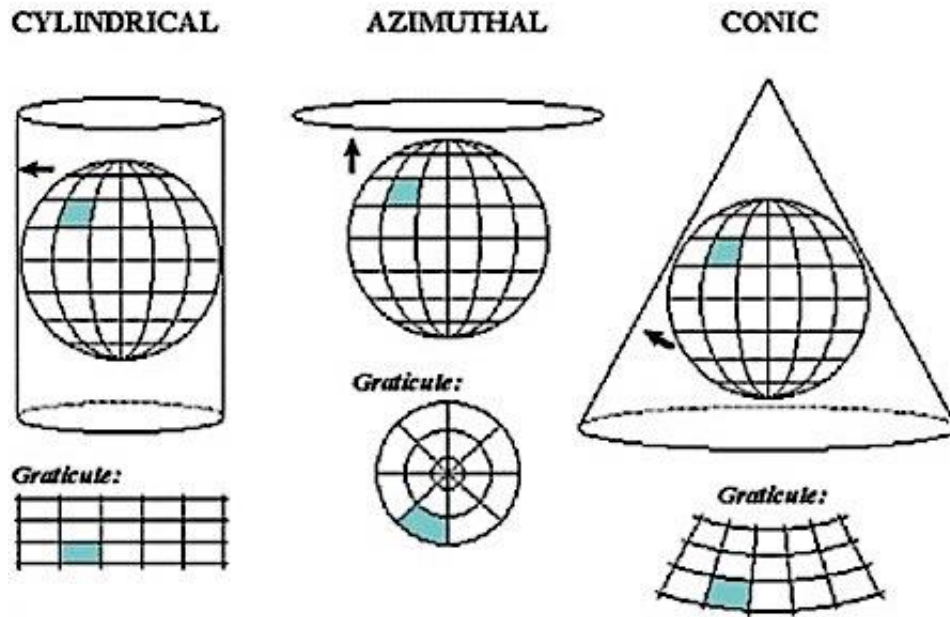


#### DEVELOPABLE SURFACES

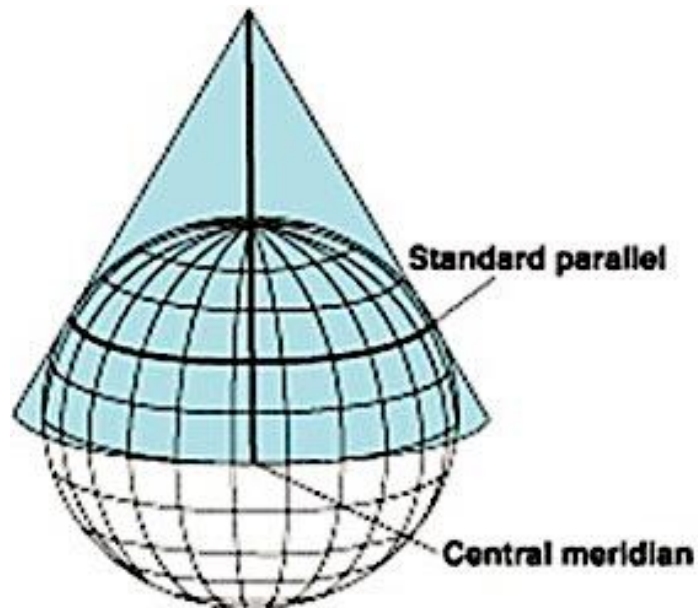


#### GRATICULES:





এই ক্ষেত্রে একটা কথা জেনে রাখা ভাল। কাল্পনিক এই তল (Developable Surface) পৃথিবীর যেখানে স্পর্শ করে, ঠিক সেখানকার অক্ষাংশকে- ‘Standard Parallel’ এবং দ্রাঘিমাংশকে- ‘Central Meridian’ বলা হয় (নিচের ছবিটি দেখুন)।

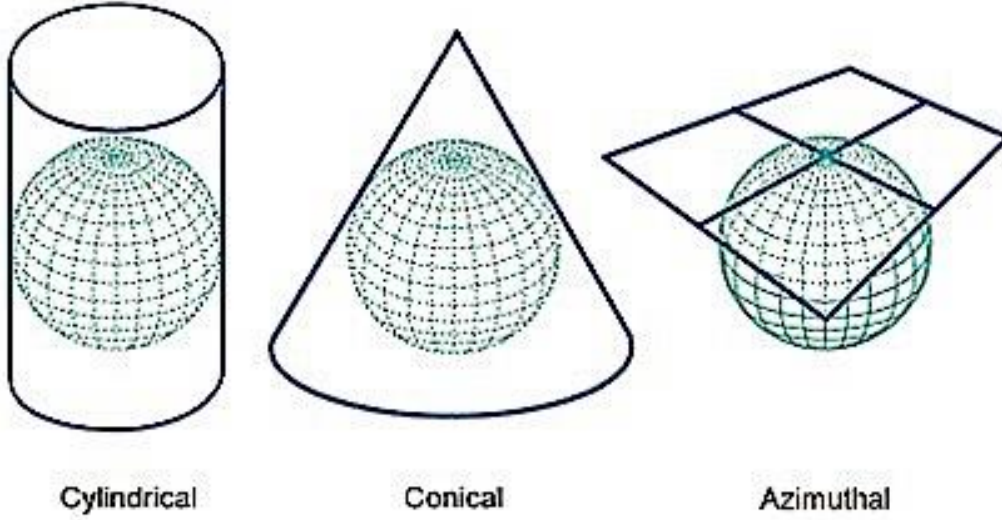


## ২. Point of Contact:

এইখানে দুই ধরনের শ্রেণী (Class) আছে।

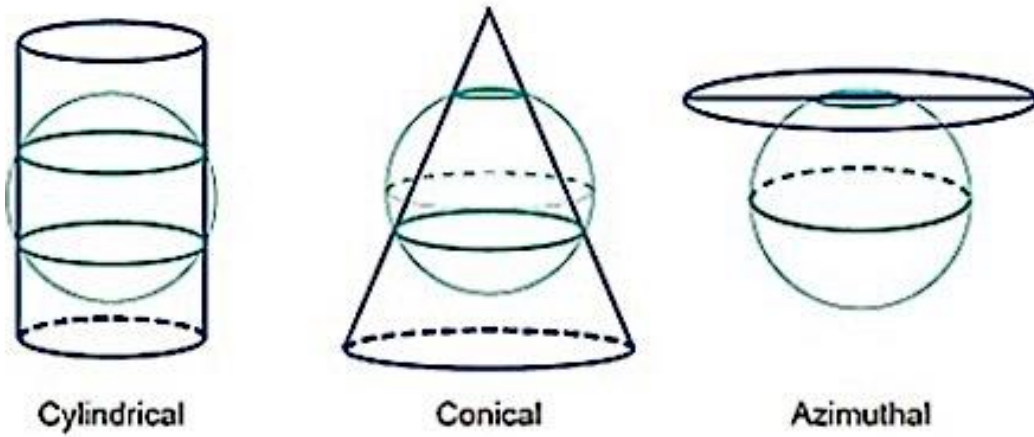
### ১. Tangent তলঃ

এই শ্রেণীর ‘Developable’ তলটি; ‘Azimuthal’-এর ক্ষেত্রে ভূপৃষ্ঠের একটি মাত্র বিন্দুকে স্পর্শ করে (Touch), আর ‘Conical’ এবং ‘Cylindrical’-এর ক্ষেত্রে ভূপৃষ্ঠের একটি রেখাকে স্পর্শ করে (নিচের ছবিটি দেখুন)।



## ২. Secant তলঃ

এই শ্রেণীর 'Developable' তলটি; 'Azimuthal'-এর ক্ষেত্রে ভূপৃষ্ঠকে একটি রেখা দ্বারা ছেদ করে (Intersect), আর 'Conical' এবং 'Cylindrical'-এর ক্ষেত্রে ভূপৃষ্ঠকে দুইটি রেখা দ্বারা আড়াআড়িভাবে ছেদ করে (নিচের ছবিটি দেখুন)।

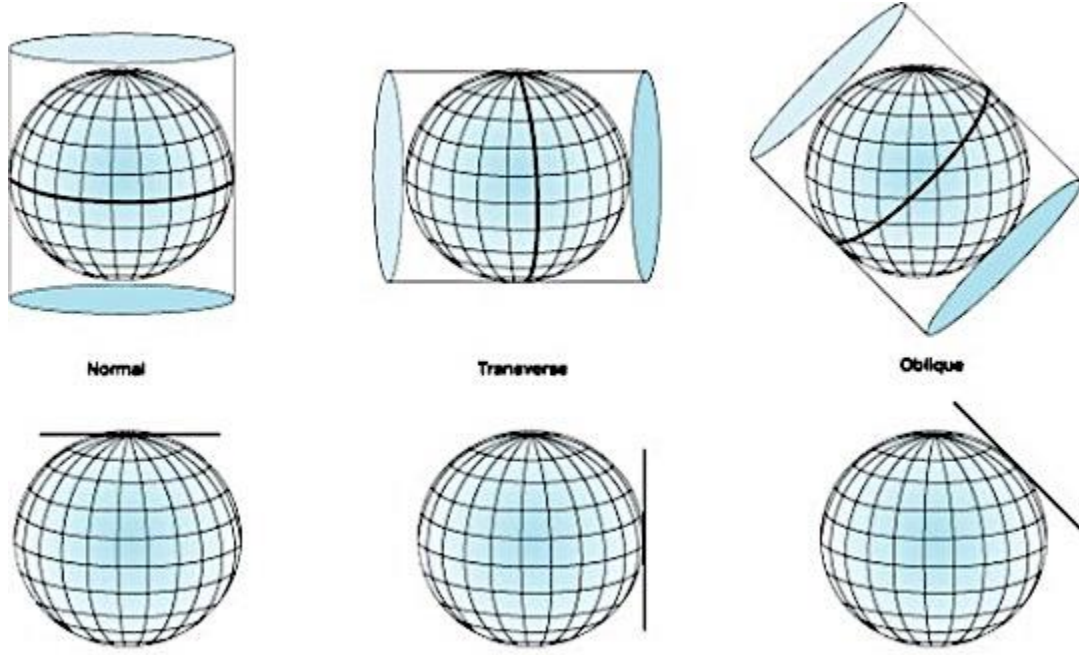


## ৩. অভিক্ষেপ সমতলের অভিমুখঃ

ভূগোলকের সাপেক্ষে অভিক্ষেপ সমতলের (Projection Plane's) অভিমুখ (Orientation) বিবেচনা করে তিন ধরনের শ্রেণীবিভাগ হতে পারেঃ

- Normal: এই ক্ষেত্রে অভিক্ষেপ সমতলের অভিমুখ পৃথিবীর অক্ষের সমান্তরালে (Parallel) থাকে।
- Transverse: এই ক্ষেত্রে অভিক্ষেপ সমতলের অভিমুখ পৃথিবীর অক্ষের সাথে সমকোণে (Perpendicular) থাকে।
- Oblique: সকল ধরনের অসমান্তরাল এবং তির্যক অভিমুখসম্পন্ন তল এই ধরনের শ্রেণীর অধীনে।





## ৪. বিকৃতির বৈশিষ্ট্যঃ

আমরা এতক্ষণে বুঝে গিয়েছি যে মানচিত্র অভিক্ষেপণের ফলে বিকৃতি ঘটবেই। এখন প্রশ্ন হল মূল বাঁকানো ভূগোলকের সাপেক্ষে কি ধরনের হবে এই বিকৃতি? মানচিত্র অভিক্ষেপণের ফলে সাধারণত নিম্নলিখিত ৪ টি মৌলিক বৈশিষ্ট্য সম্পন্ন বিকৃতি (Distortion) হয়ঃ

- অভিমুখ (Direction)
- দূরত্ব (Distance)
- আকার-আকৃতি (Shape)
- আয়তন/ ক্ষেত্র (Size/ Area)।

বিকৃতির এই বৈশিষ্ট্যের উপর ভিত্তি করে চার ধরনের উপশ্রেণী হতে পারেঃ

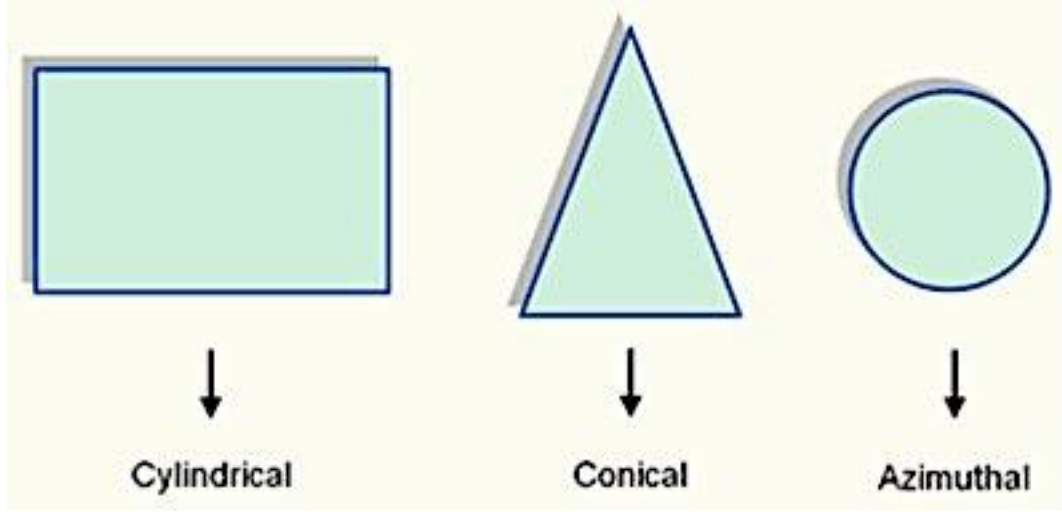
- Azimuthal: ইহা একটি নির্দিষ্ট কেন্দ্রীয় বিন্দু (Central Point) থেকে অন্য কোন বিন্দুর অভিমুখ (Direction) সঠিকভাবে প্রদর্শন করে।
- Conformal: ইহার প্রতিটি বিন্দুতে কোণ (Angle) সংরক্ষিত থাকে।
- Equal-Area: এই অভিক্ষেপ কোন কিছু (feature) ক্ষেত্র/ আয়তন ঠিক রাখে।
- Equidistant: ইহা দুইটি নির্দিষ্ট বিন্দুর মধ্যকার দূরত্ব অক্ষুণ্ণ রাখে।

## সঠিক মানচিত্র অভিক্ষেপ নির্বাচনঃ

যে কোন ধরনের মানচিত্র তৈরির প্রথম শর্ত হল, একটি যথাযথ মানচিত্র অভিক্ষেপ (map projection) এবং এর পরামিতিসমূহ (parameters) নির্ধারণ করা। এই কাজ একজন মানচিত্রকার (Cartographer) করে থাকেন। এখন প্রশ্ন হল, কিভাবে কোন একটি নির্দিষ্ট/ বিশেষ এলাকার জন্য যথাযথ মানচিত্র অভিক্ষেপ বাছাই করা সম্ভব? ইহা নিম্নলিখিত তিনটি বিষয়ের উপর ভিত্তি করে তৈরি করা যেতে পারে:

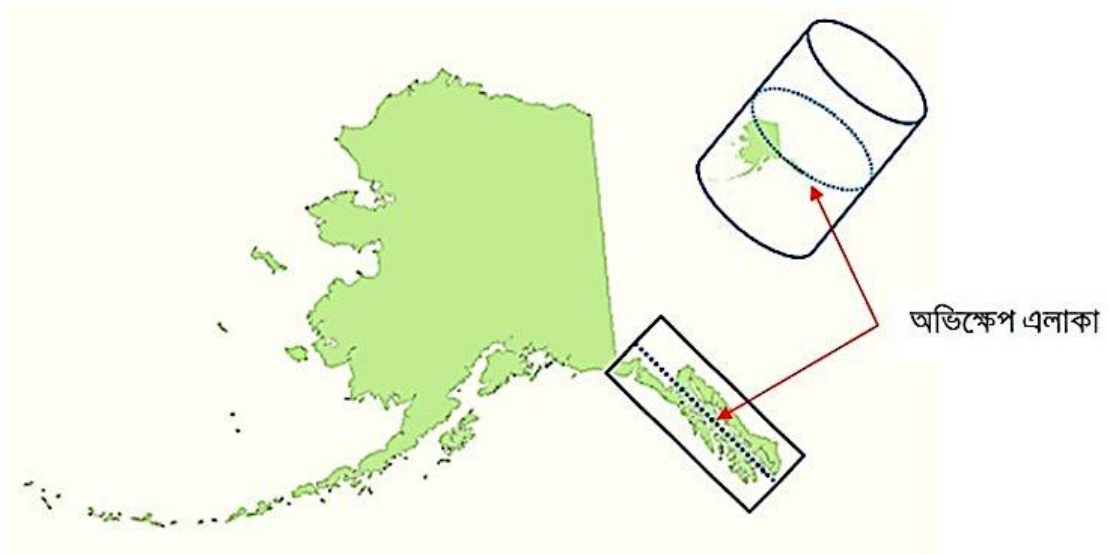
### ১. এলাকার আকার/আকৃতিঃ

অভিক্ষেপের ধরণ কি হবে তা নির্ভর করে ঐ নির্দিষ্ট এলাকার আকৃতির (Shape) উপর। 'Cylindrical' অভিক্ষেপ সাধারণত আয়তক্ষেত্রাকার (Rectangular) এলাকার জন্য, 'Conic' অভিক্ষেপ ত্রিকোণী (Triangular) এলাকা এবং 'Azimuthal' অভিক্ষেপ গোলাকার (Circular) এলাকার জন্য ব্যবহৃত হয় (নিচের ছবিটি দেখুন)।



## ২. এলাকার অবস্থানঃ

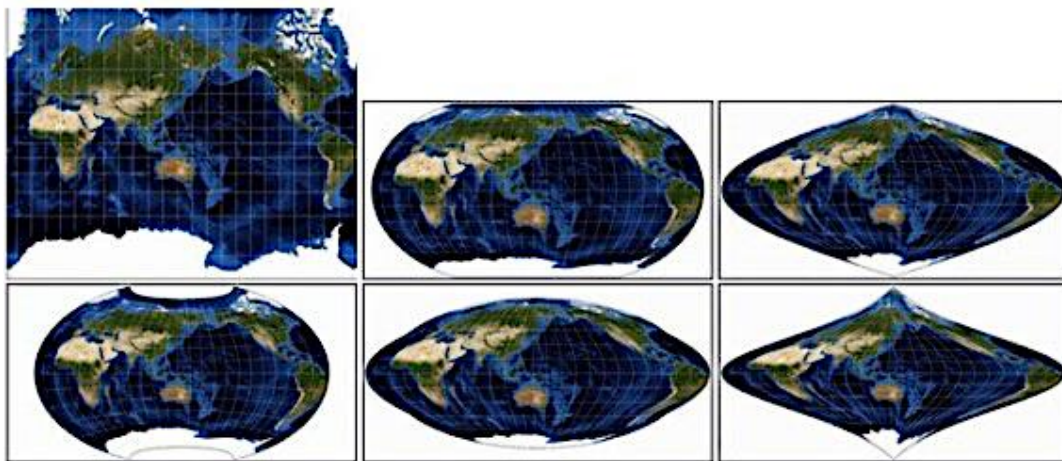
নির্দিষ্ট এলাকার অবস্থান (Location) এবং অভিযোজন (Orientation)-এর উপর নির্ভর করেও সঠিক মানচিত্র অভিক্ষেপ নির্ণয় করা হয়। সবচেয়ে উত্তম অবস্থা হল, যখন অভিক্ষেপ কেন্দ্র (Projection Centre) ঐ নির্দিষ্ট এলাকার কেন্দ্রের সঙ্গে সমানুপাতিকভাবে (Coincide) থাকে।



উপরের ছবিটি যদি আমরা ভালভাবে পর্যবেক্ষণ করি তাহলে দেখতে পারি যে, একটি 'Oblique Cylinder' অভিক্ষেপের কেন্দ্র আমাদের প্রত্যাশিত নির্দিষ্ট এলাকার কেন্দ্রের সাথে মিলে যাচ্ছে। তাই এই নির্দিষ্ট এলাকার মানচিত্র তৈরির জন্য 'Oblique Cylinder' অভিক্ষেপ বাছাই করা যৌক্তিক হয়েছে।

## ৩. মানচিত্রের উদ্দেশ্যঃ

অভিক্ষেপ নির্বাচনের সর্বশেষ নির্ণায়ক হল মানচিত্রের মূল উদ্দেশ্য। এই পর্যায়ে এসে আমাদেরকে বিবেচনা করতে হবে যে আমরা আসলে কোন ধরনের বিকৃতি (Distortion) সম্পন্ন মানচিত্র চাই। আমরা কি একটি মানচিত্রের নির্দিষ্ট এলাকার অভিমুখ (Direction) ঠিক রাখতে চাই, নাকি আয়তন (Area) ঠিক রাখতে চাই নাকি আকৃতি (Shape) ঠিক রাখতে চাই? এর উপর ভিত্তি করে মানচিত্র প্রস্তুত করতে হবে। নিচের ছবিটিতে বিভিন্ন অভিক্ষেপে পৃথিবীর অবস্থা দেখা যাচ্ছে।



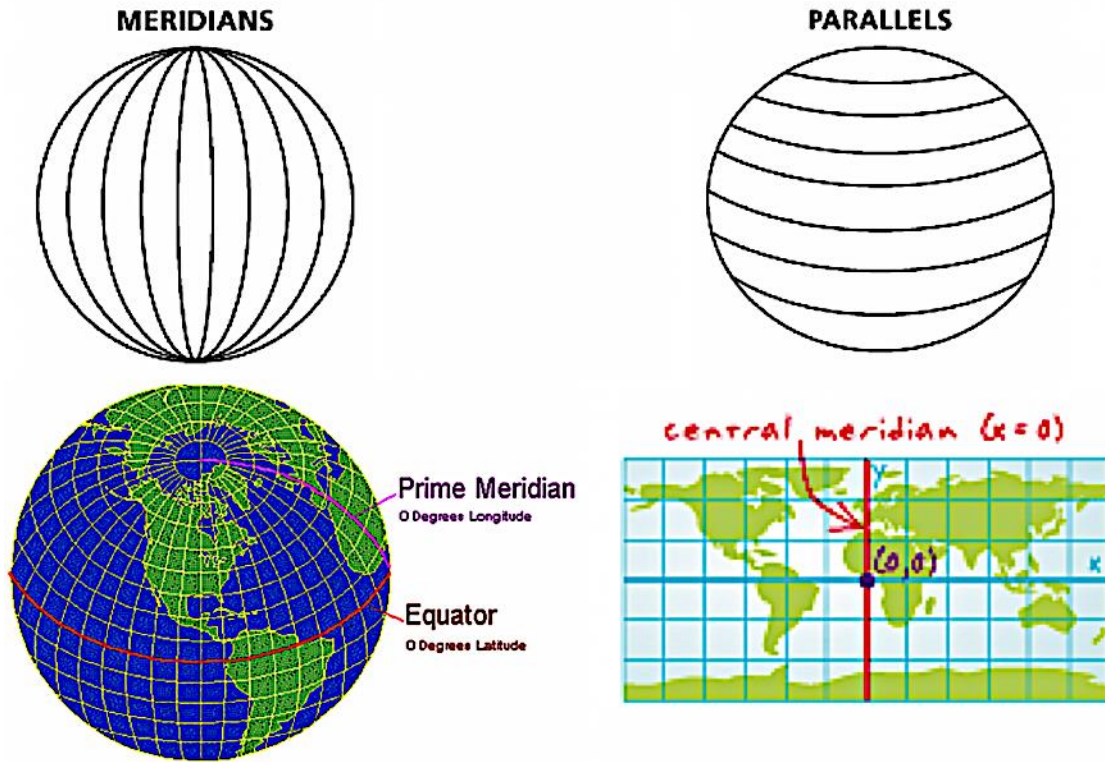
মানচিত্রের সঠিক এবং নিখুঁত অভিক্ষেপ বলে কিছু নাই, একজন মানচিত্রকার তাঁর চাহিদা মত সেরা অভিক্ষেপটি পছন্দ করেন। সর্বোপরি মানচিত্র প্রস্তুতকারকদেরকে জাতীয় নিয়মাবলী (National Convention) বিশেষভাবে বিবেচনা করা উচিত। ‘অভিক্ষিপ্ত স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা’ নিয়ে প্রথম পর্বের আলোচনা আজকের মত এইখানেই শেষ হল। এরপর আমরা আরও বিস্তারিত জানতে চেষ্টা করব। ধন্যবাদ!

## অভিক্ষেপ স্থিতিমাপসমূহ

গত লেকচারে আমরা ‘অভিক্ষিপ্ত স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা’ (Projected Coordinate System) সম্পর্কে প্রারম্ভিক আলোচনা শুরু করেছি। আজকে আমরা ‘অভিক্ষেপ স্থিতিমাপসমূহ (Projection Parameters)’ সম্পর্কে বিস্তারিতভাবে জানতে চেষ্টা করব।

### ১) Central Meridian/ Prime Meridian/ Greenwich Meridian:

ইহা হল একটি দ্রাঘিমাংশ রেখা (মূলত ‘ $x=0$ ’ থাকে), যা কোন অভিক্ষিপ্ত স্থানাঙ্ক ব্যবস্থার কেন্দ্র এবং  $x$ -স্থানাঙ্কের সূচনা বিন্দু (origin of  $x$ -values) নির্দেশ করে। নিম্নের চিত্রের মাধ্যমে আবারও বুঝে নেই।



### ১) Latitude of Origin/ Reference Latitude:

ইহা হল অক্ষাংশের মান (মূলত 'y=0' থাকে), যা কোন অভিক্ষিপ্ত স্থানাঙ্ক ব্যবস্থায়, y-স্থানাঙ্কের মানসমূহের উৎপত্তি/ সূচনা বিন্দু (origin of y-values) নির্দেশ করে।

### ৩) False Easting:

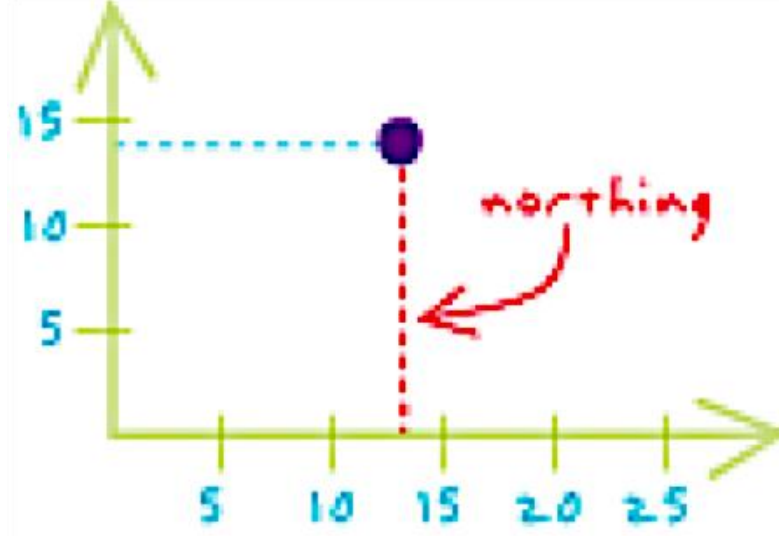
ক্ষেত্রবিশেষে মানচিত্র অভিক্ষেপের সময়, x-স্থানাঙ্কের সকল মানসমূহের সাথে একটি রৈখিক মান (Linear Value) যোগ করা হয়। যাতে করে একটি নির্দিষ্ট ভৌগলিক অঞ্চলের (যার মানচিত্র তৈরি করা হচ্ছে) কোন অংশের মান যেন ঋণাত্মক না হয়। সহজ কথায় ঋণাত্মক মানসমূহকে পরিহার করার জন্য, x-স্থানাঙ্কের সকল মানসমূহের সাথে কৃত্রিম কোন রৈখিক মান যোগ করাকে 'False Easting' বলে।



### ৪) False Northing:



ক্ষেত্রবিশেষে মানচিত্র অভিক্ষেপের সময়, **y-স্থানাঙ্কের** সকল মানসমূহের সাথে একটি রৈখিক মান (Linear Value) যোগ করা হয়। যাতে করে একটি নির্দিষ্ট ভৌগোলিক অঞ্চলের কোন অংশের মান যেন ঋণাত্মক না হয়। সহজ কথায় ঋণাত্মক মানসমূহকে পরিহার করার জন্য, **y-স্থানাঙ্কের** সকল মানসমূহের সাথে কৃত্রিম কোন রৈখিক মান যোগ করাকে ‘False Northing’ বলে।



#### ৫) Standard Parallel:

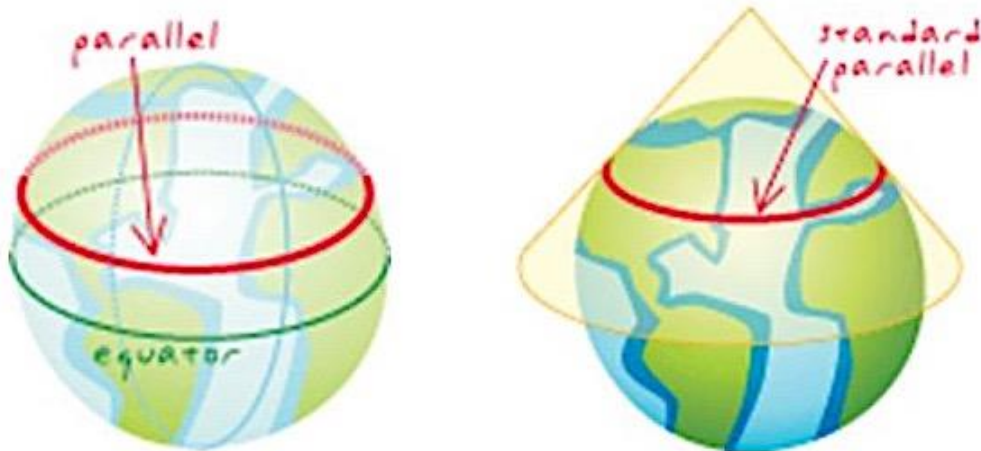
গত লেকচারে আমরা জেনেছি যে ‘Developable Surface’ নামক কাল্পনিক তলের উপর ভিত্তি করে মানচিত্র অভিক্ষেপের তিনটি মৌলিক পদ্ধতি আছে। এগুলো হল:

১. Azimuthal/ Planar: এক্ষেত্রে কল্পিত কাগজের টুকরাটি হয় ‘সমতল’ আকৃতির।

২. Conical: এক্ষেত্রে কল্পিত কাগজের টুকরাটি হয় ‘মোচাকৃতি’।

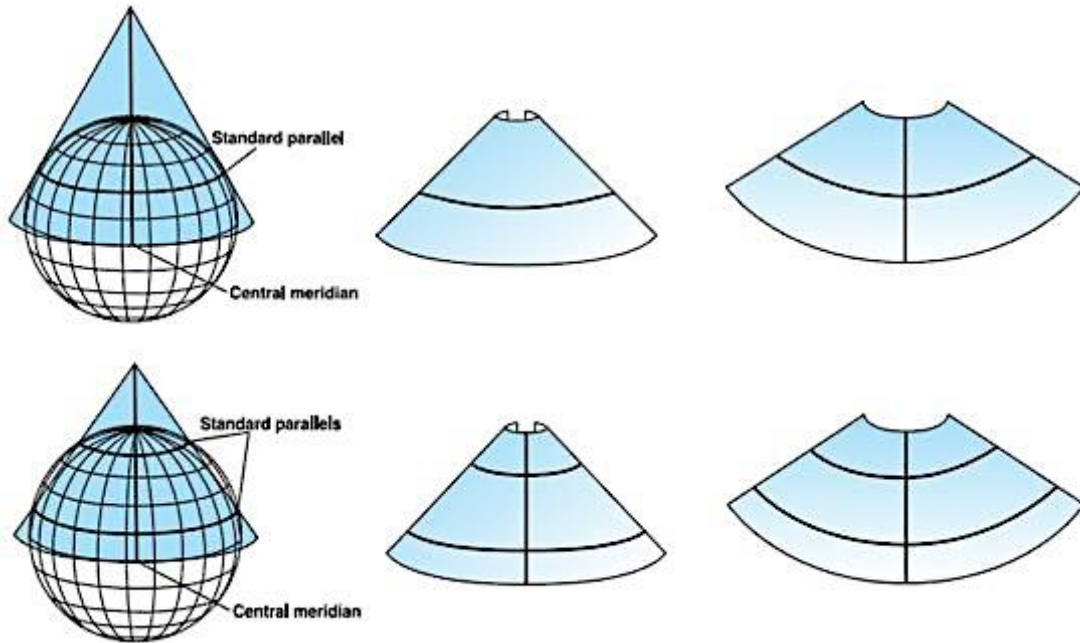
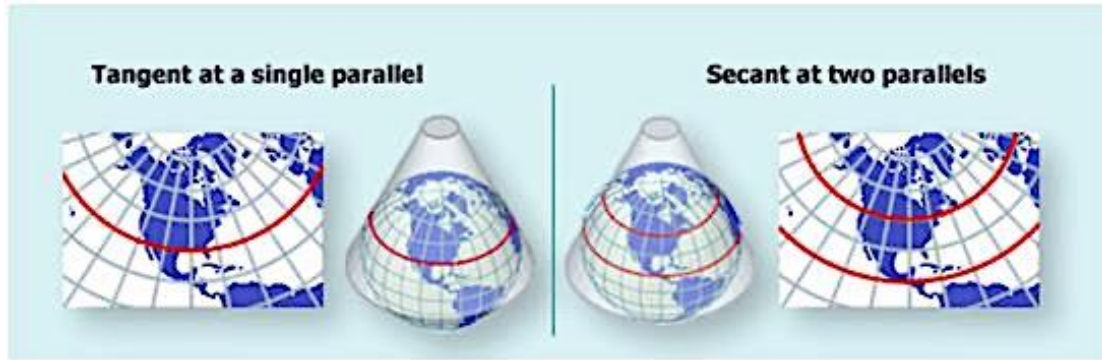
৩. Cylindrical: এক্ষেত্রে কল্পিত কাগজের টুকরাটি হয় ‘বেলনাকার’।

কাল্পনিক এই তল (Developable Surface) পৃথিবীর যেখানে স্পর্শ করে, ঠিক সেখানকার অক্ষাংশকে- ‘Standard Parallel’ বলে (নিচের ছবিটি দেখুন)।



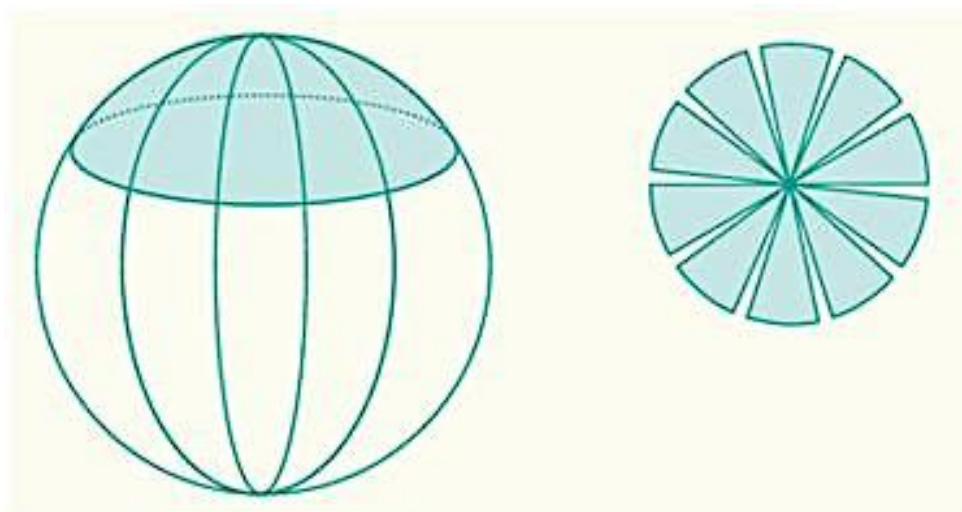
ইহা অক্ষাংশের (Latitude) সমান্তরাল হয়ে থাকে এবং গোলককে স্পর্শ করে। সাধারণত ‘Conic’ এবং ‘Cylindrical’ অভিক্ষেপে ‘Standard Parallel’ থেকে থাকে।

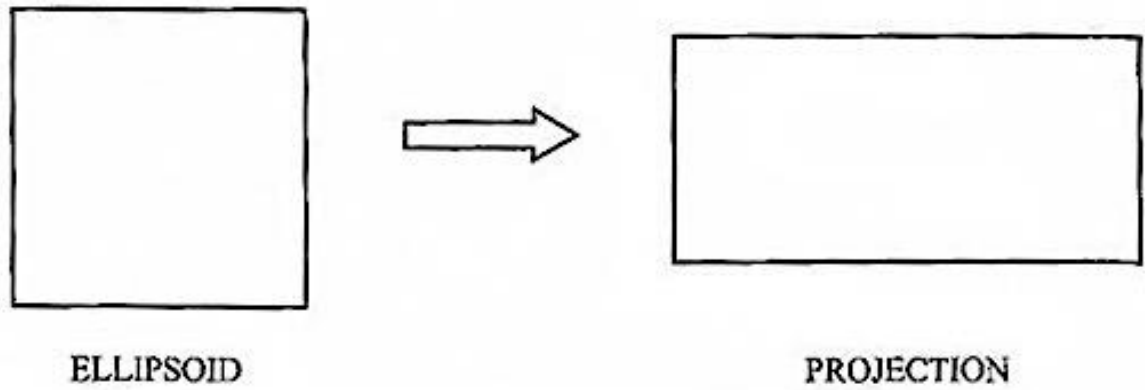
‘Tangent’-এর ক্ষেত্রে একটি এবং ‘Secant’-এর ক্ষেত্রে দুইটি ‘Standard Parallel’ থাকে। নিচের ছবিটি দেখুনঃ



### ৬) Scale Factor:

আমরা আগে জেনেছি, মানচিত্র প্রক্ষেপের ফলে ভূগোলকের (Ellipsoid/Sphere) উপর অবস্থিত কোন কিছুর (Feature) বিকৃতি (Distortion) ঘটে।

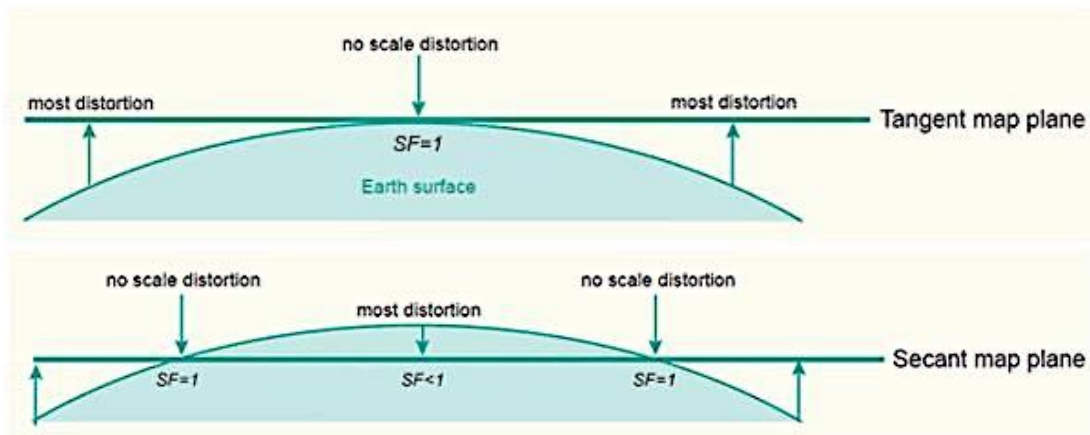




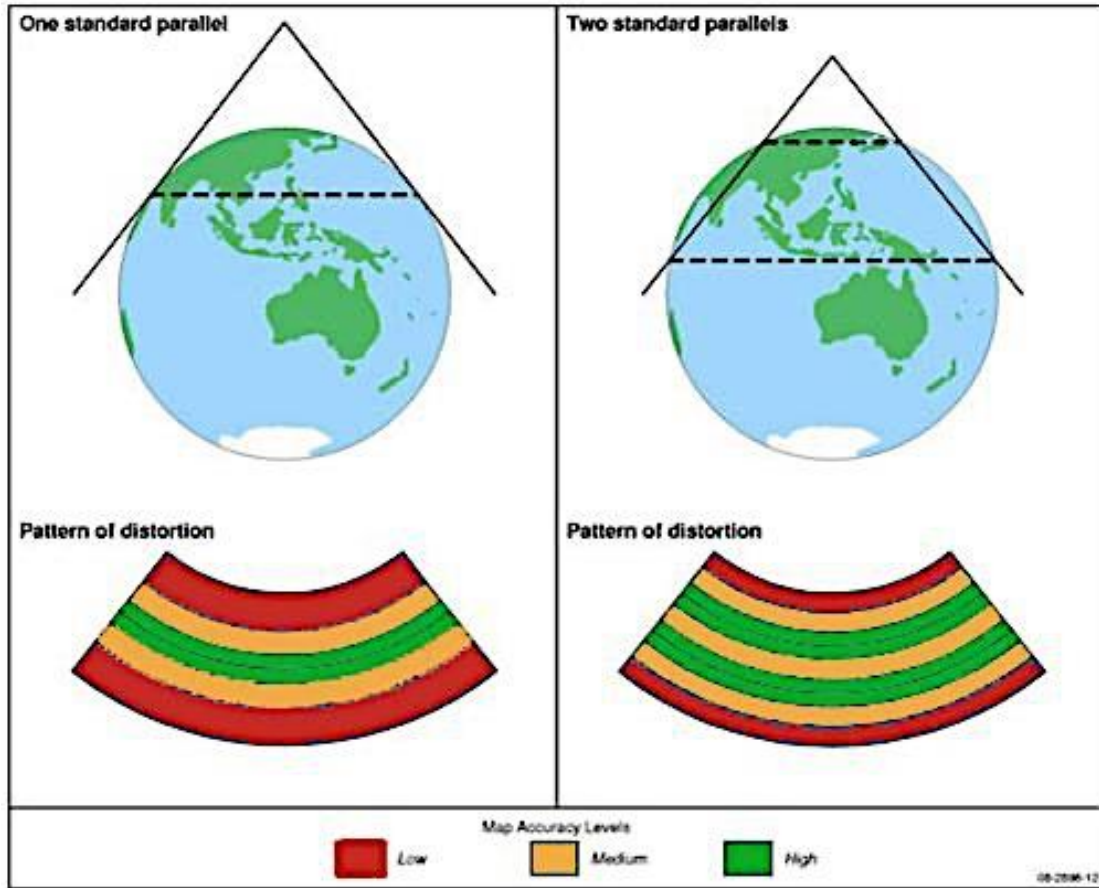
“Scale Factor”—কে নিচের সমীকরণ দ্বারা সংজ্ঞায়িত করা হয়ঃ

$$\text{Scale Factor (SF)} = \frac{\text{Projection এর দূরত্ব}}{\text{Ellipsoid এর দূরত্ব}}$$

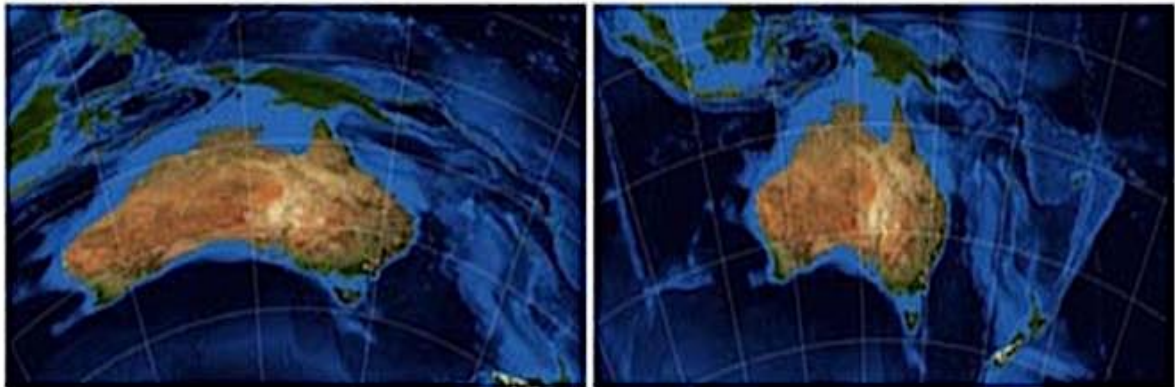
অর্থাৎ **Scale Factor = ১** হওয়া মানে, ঐ মানচিত্র অভিক্ষেপে কোন বিকৃতি নাই। আর ‘Scale Factor’ যদি ১-এর বেশি বা কম হয় তবে বুঝতে হবে যে বিকৃতি আছে। তবে মনে রাখতে হবে ‘Map Scale’ এবং ‘Scale Factor’ কিন্তু একই বিষয় নয়। ‘Scale Factor’ হল বিকৃতি নির্ণয়ের একটি অনুপাত মাত্র। উদাহরণস্বরূপ ‘Scale Factor’ = ০.৯৯৯৬০ মানে হল, যদিও ‘Ellipsoid’-এ মান ১০০০ মিটার কিন্তু মানচিত্রে তা ৯৯৯.৬ মিটার প্রদর্শন করছে। অর্থাৎ, অভিক্ষিপ্ত মানচিত্রটির প্রতি ১০০০ মিটারে অনুপাতিকহারে ০.৪ মিটার বিকৃতি (সঙ্কোচন) আছে। ‘Tangent’ এবং ‘Secant’ মানচিত্রের তলে, ‘Scale Factor (SF)’ নিম্নরূপ হয়ে থাকেঃ



উপরের চিত্রে ‘Tangent’-এর ক্ষেত্রে দেখা যাচ্ছে যে, কেন্দ্রে কোন বিকৃতি নেই এবং অন্যান্য স্থানে দূরত্ব বৃদ্ধির সাথে সাথে বিকৃতি বৃদ্ধি পাচ্ছে। অন্যদিকে, ‘Secant’-এর ক্ষেত্রে উভয়পাশে বিকৃতি নাই এবং সামগ্রিকভাবে বিকৃতি অনেক কম। অর্থাৎ ‘Two Standard Parallel’-এর ক্ষেত্রে (যা ‘Secant’-এর সমতুল্য) বিকৃতি অনেক কম থাকে। নিচের ছবিটি দেখুনঃ



নিচের ছবিটি হল 'Conic' অভিক্ষেপে অস্ট্রেলিয়ার মানচিত্র। বাম পাশেরটিতে 'One Standard Parallel' এবং ডান পাশেরটিতে 'Two Standard Parallel' ব্যবহার করা হয়েছে। এ থেকে খুব সহজেই বুঝা যাচ্ছে যে, 'Two Standard Parallel' ব্যবহারে ভাল ফলাফল এসেছে। অর্থাৎ 'Secant'-মানচিত্র অভিক্ষেপে বিকৃতি কম।

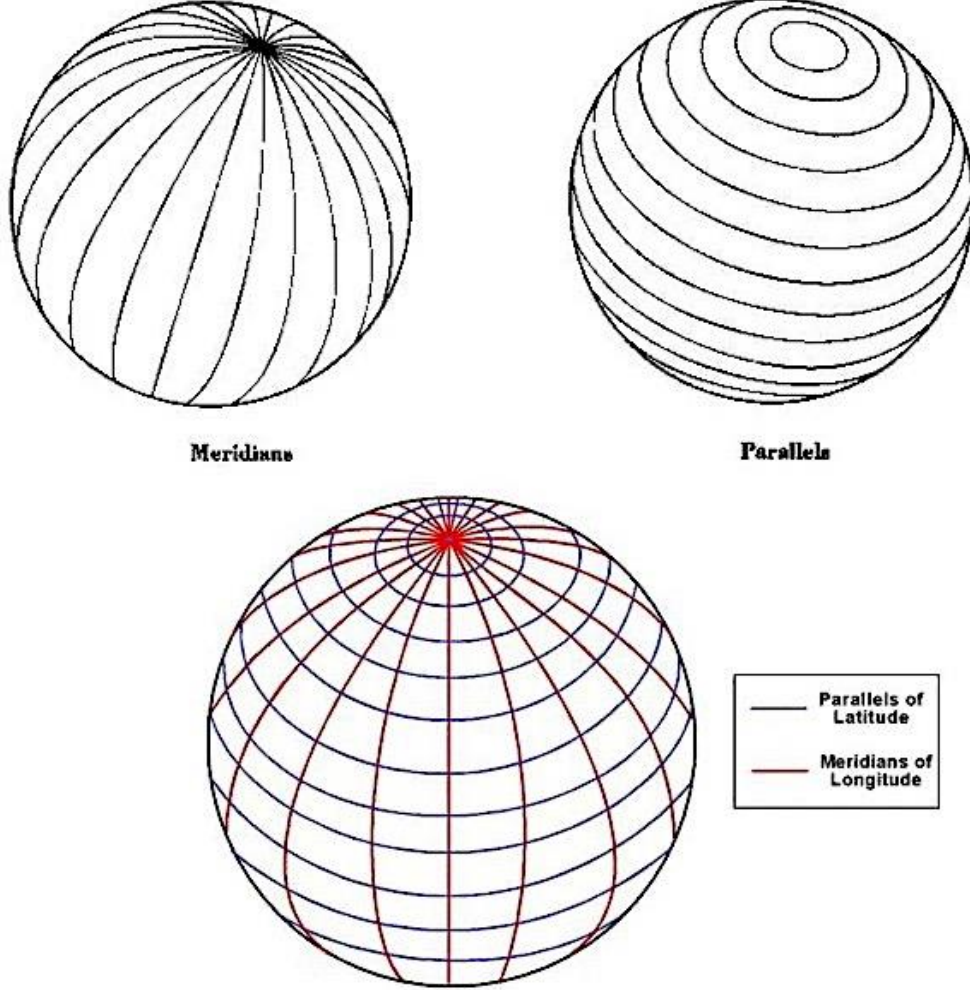


'অভিক্ষেপ স্থিতিমাপসমূহ (Projection Parameters)' সম্পর্কে আলোচনা এইখানে শেষ হল। এর পরের লেকচারে 'Azimuthal', 'Conical' এবং 'Cylindrical' অভিক্ষেপের প্রকারভেদ নিয়ে বিস্তারিত আলোচনা করা হবে। সবাই ভাল থাকবেন, ধন্যবাদ!



## মানচিত্র অভিক্ষেপের প্রকারভেদ (পর্ব- ১)

আজকের লেকচারের প্রথমেই ‘মধ্য-রেখা’ (Meridian) এবং ‘সমান্তরাল’ (Parallel) কি, তা আবার স্মরণ করার চেষ্টা করি নিম্নের ছবিটি দেখেঃ



আমাদেরকে প্রথমেই জানতে হবে, কেন ‘GIS’-এ বিভিন্ন ধরনের মানচিত্র অভিক্ষেপ ব্যবহার করা হয়? সহজ উত্তর হল- পৃথিবীর অসম আকৃতির (বৃত্তাকার/ গোলাকার) কারণে, বিভিন্ন এলাকার সঠিক ও নির্ভুল মানচিত্র-অঙ্কনের জন্যই এসব বিভিন্ন অভিক্ষেপ ব্যবহৃত হয়। প্রতিটি অভিক্ষেপেরই নিজস্ব সুবিধা এবং অসুবিধাসমূহ আছে। কোন অভিক্ষেপই পৃথিবীর সকল এলাকার জন্য প্রযোজ্য নয়। তাই নানাবিধ অভিক্ষেপ বিদ্যমান আছে।

মানচিত্র অভিক্ষেপ প্রধানত তিন প্রকারঃ-

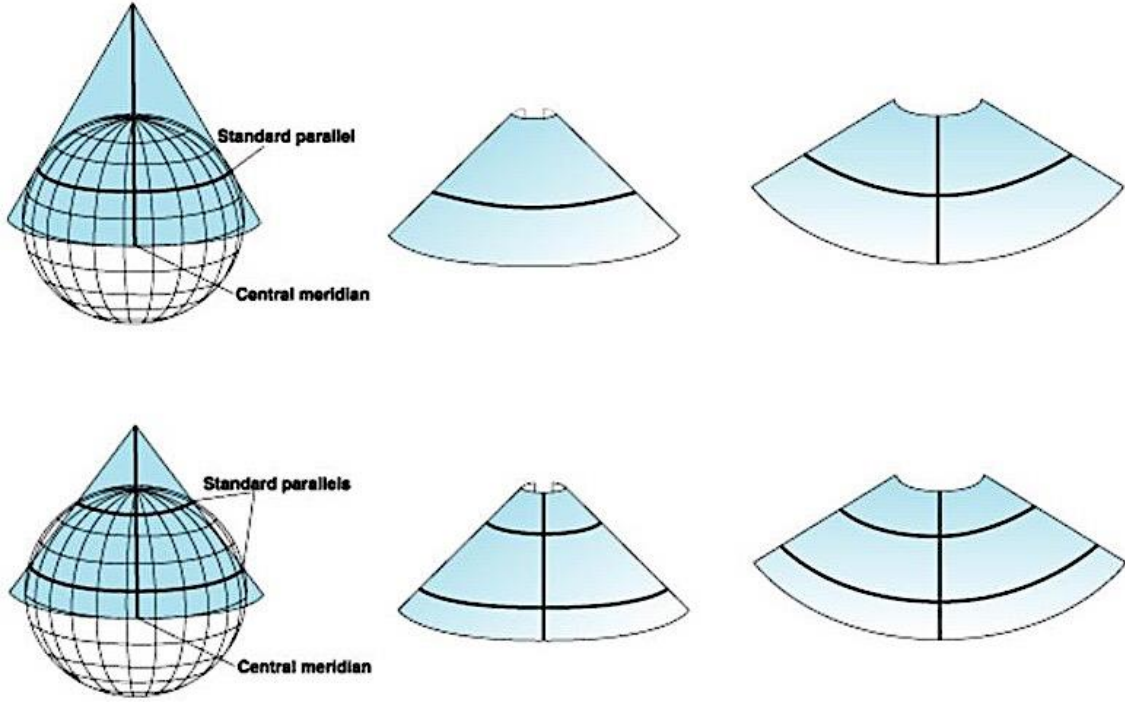
- Conical [মোচাকৃতি]
- Cylindrical [বেলনাকার]
- Planar [সমতল]

নিম্নে এদের বিস্তারিত বর্ণনা দেয়া হলঃ

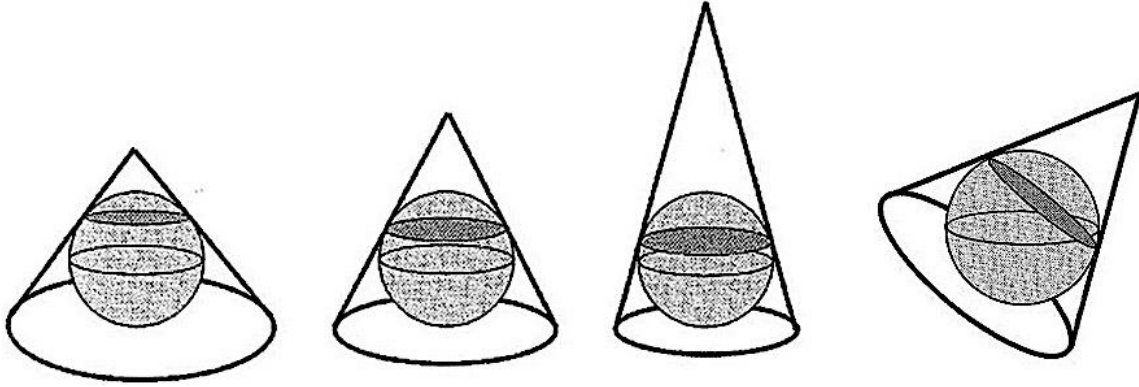
### **১) মোচাকৃতি অভিক্ষেপ (Conical Projections):**

এই অভিক্ষেপের ধারণাটি হল- একটি কাগজের টুকরাকে আবর্তিত করে ‘Cone’ আকৃতি দেয়া। এর ফলে মোচাটি পৃথিবীকে বৃত্তাকারভাবে স্পর্শ করে। যে অক্ষাংশ রেখায় ‘Cone’ এবং পৃথিবী পরস্পরকে স্পর্শ করে তাকে ‘Standard Parallel’ বলে। এরপর চূড়ান্ত অভিক্ষেপের জন্য মোচাটিকে

যে কোন মধ্য-রেখা (Meridian) বরাবর কর্তন করা হয়। একটি 'Standard Parallel' থাকলে তা হল, 'Tangent Conic Projection' এবং দুইটি 'Standard Parallel' থাকলে তা হল 'Secant Conic Projection'। নিচের ছবি দুইটি দেখুনঃ



আবার মোচার (Cone) আকৃতি বিভিন্ন ধরনের হতে পারে। এর ফলে বিভিন্ন ধরনের 'Standard Parallel' সৃষ্টি হয়। এই 'Cone'-এর আকৃতি নির্ধারণ করা হয় এমনভাবে যেন 'Standard Parallel' যেই এলাকার মানচিত্র অভিক্ষেপ/অঙ্কন করা হবে, তার মধ্য দিয়ে অতিক্রম করে। নিচের ছবিটি দেখুনঃ



মোচাকৃতি অভিক্ষেপের (Conical Projections) আবার প্রকারভেদ আছে। যেমনঃ

### ১.১) Equidistant Conic:

এই ক্ষেত্রে 'Standard Parallel' থেকে যতই দূরে যাওয়া যায়- অভিমুখ (Direction), ক্ষেত্র/ এলাকা (Area) এবং আকৃতি (Shape) ততই বিকৃত (Distort) হয়।



### ১.২) Albers Equal-Area Projection:

এই অভিক্ষেপে ক্ষেত্র/ এলাকার পরিমাপ ঠিক থাকে।



### ১.৩) Lambert Conformal Conic Projection:

এই ক্ষেত্রে 'Standard Parallel' থেকে যতই দূরে যাওয়া যায়- ক্ষেত্র/ এলাকা (Area) এবং আকৃতি (Shape) ততই বিকৃত (Distort) হয়। আর ক্ষেত্র বিশেষে অভিমুখ (Direction) ঠিক থাকে।



### ১.৪) Polyconic Projection:

এই ক্ষেত্রে মূল মধ্য-রেখা (Central Meridian) সোজা (Straight) এবং অন্যান্য মধ্য রেখাগুলো (Meridians) জটিল বক্র-রেখারূপে (Complex Curve) থাকে। এছাড়াও প্রতিটি সমান্তরাল (Parallel) এবং মূল মধ্য-রেখা বরাবর মানচিত্রের 'Scale' ঠিক থাকে।



### ১.৫) Pseudo-Conical Projections:

এক্ষেত্রে মধ্য রেখাসমূহ বক্রাকার এবং শুধুমাত্র মূল মধ্য-রেখা (Central Meridian) সোজা থাকে। তবে সমান্তরালগুলো সমানভাবে ব্যবধানযুক্ত এককেন্দ্রিক (Equally Spaced Concentric) বৃত্তাকার চাপ (Circular Arcs) হিসাবে থাকে।





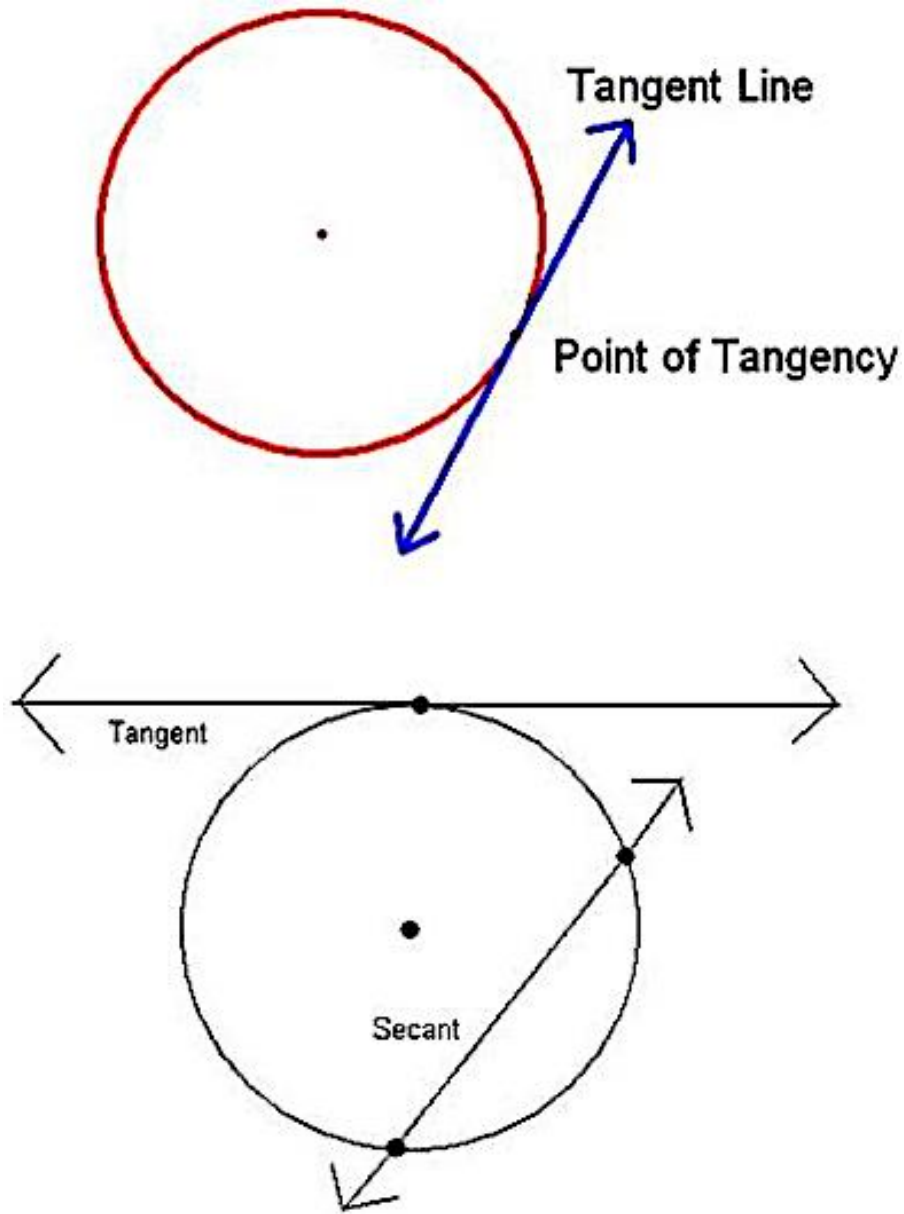
মোচাকৃতি অভিক্ষেপ (Conical Projections) সম্পর্কে আমরা এটুকুই জানব। আজকের মতো এইখানেই শেষ করছি। পরবর্তী লেকচারে বেলনাকার (Cylindrical) এবং সমতল (Planar) অভিক্ষেপ নিয়ে আলোচনা করার চেষ্টা করব। ভাল থাকবেন, ধন্যবাদ!

---

### মানচিত্র অভিক্ষেপের প্রকারভেদ (পর্ব- ২)

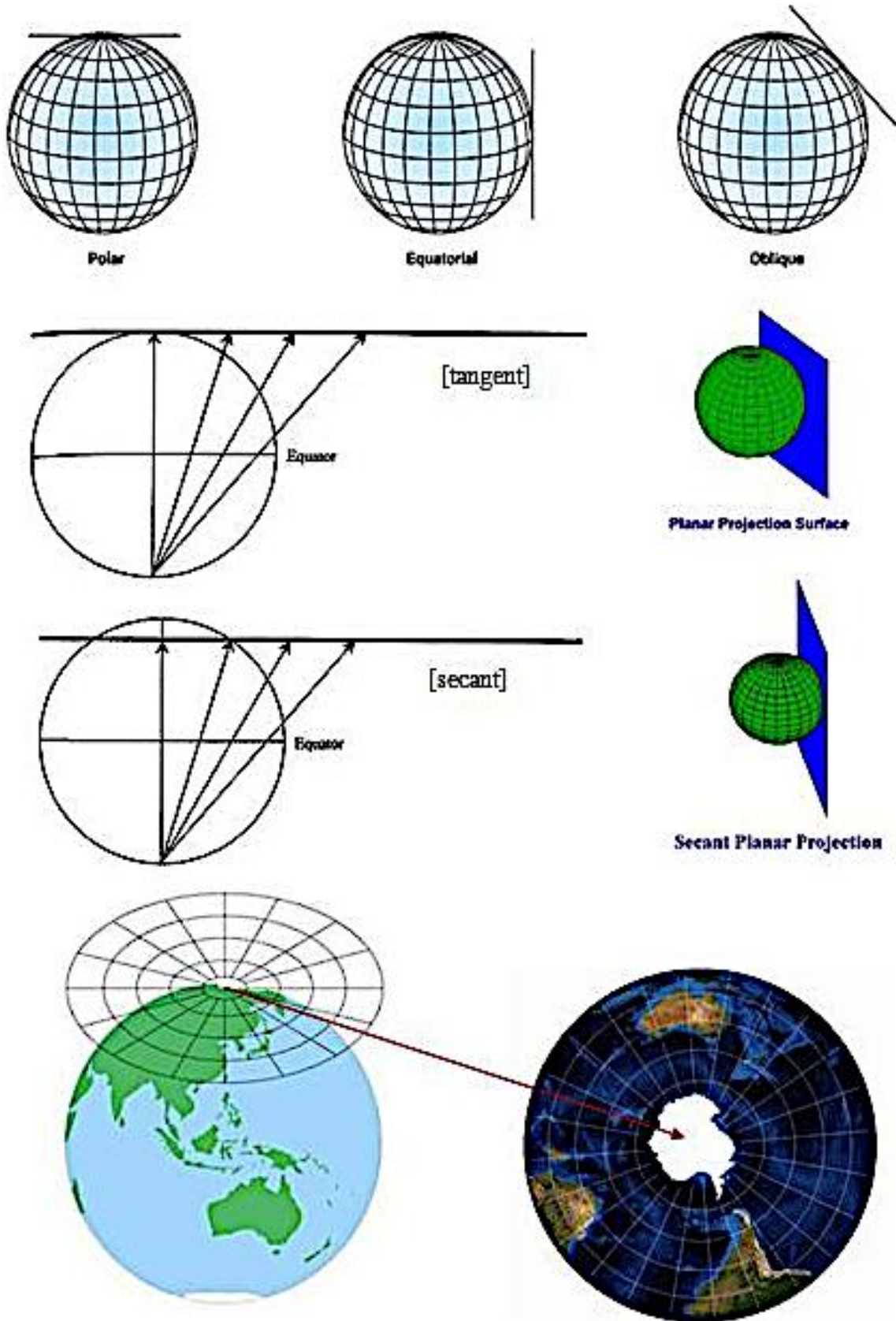
গত লেকচারে আমরা ‘মোচাকৃতি অভিক্ষেপ (Conical Projections)’ সম্পর্কে জেনেছি। আজকে Planar (সমতল) এবং Cylindrical (বেলনাকার) অভিক্ষেপ নিয়ে আলোচনা করব।

আজকে প্রথমেই আমরা জানতে চেষ্টা করব- স্পর্শক (Tangent Line), স্পর্শ বিন্দু (Point of Tangency) এবং ছেদক (Secant) কি? আশা করি, নিচের ছবিটি দেখেই আপনি বুঝতে পারছেন।



## ২) সমতল অভিক্ষেপ (Azimuthal/Zenithal/Planar Projections)

এই অভিক্ষেপের মূল ধারণাটি হল, একটি সমতল (flat surface)/ এক টুকরা কাগজ (flat piece of paper) পৃথিবীকে (Earth/Globe) এক (tangent)/একাধিক (secant) বিন্দুতে স্পর্শ করবে। এই অভিক্ষেপ সাধারণত কোণ (Angle) হিসাবে মাপা হয়। নিচের ছবিগুলো দেখুনঃ



নিম্নে বিভিন্ন প্রকার 'সমতল অভিক্ষেপ'-এর সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দেয়া হলঃ

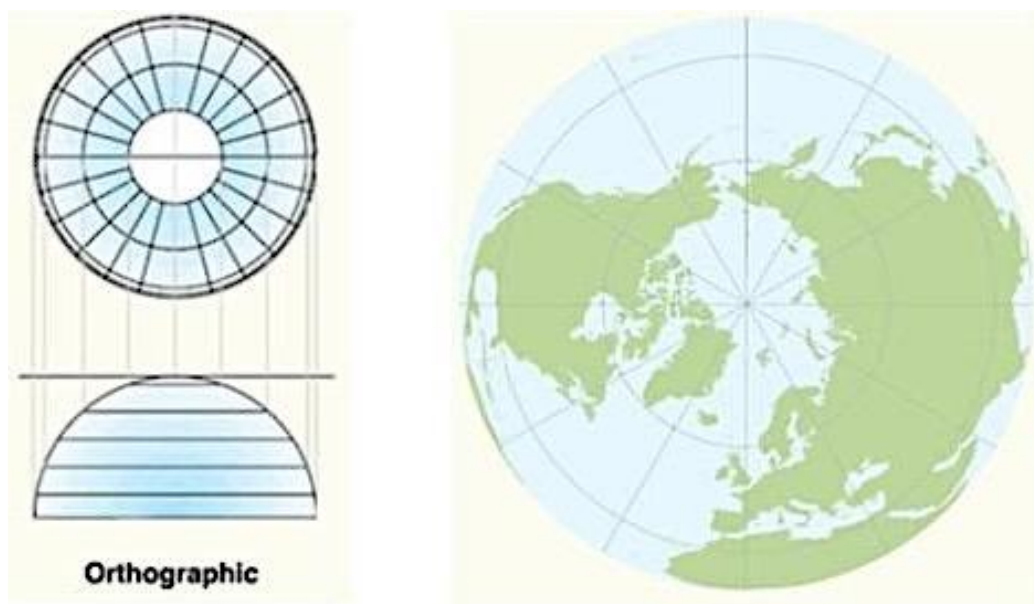
## ২.১) Gnomonic Projection

এই ধরনের অভিক্ষেপে, পৃথিবীর কেন্দ্র হল 'Perspective Point' (যা একগুচ্ছ আলোকরশ্মির মতো)। নিচের ছবিটি দেখুনঃ



## ২.২) Orthographic Projection

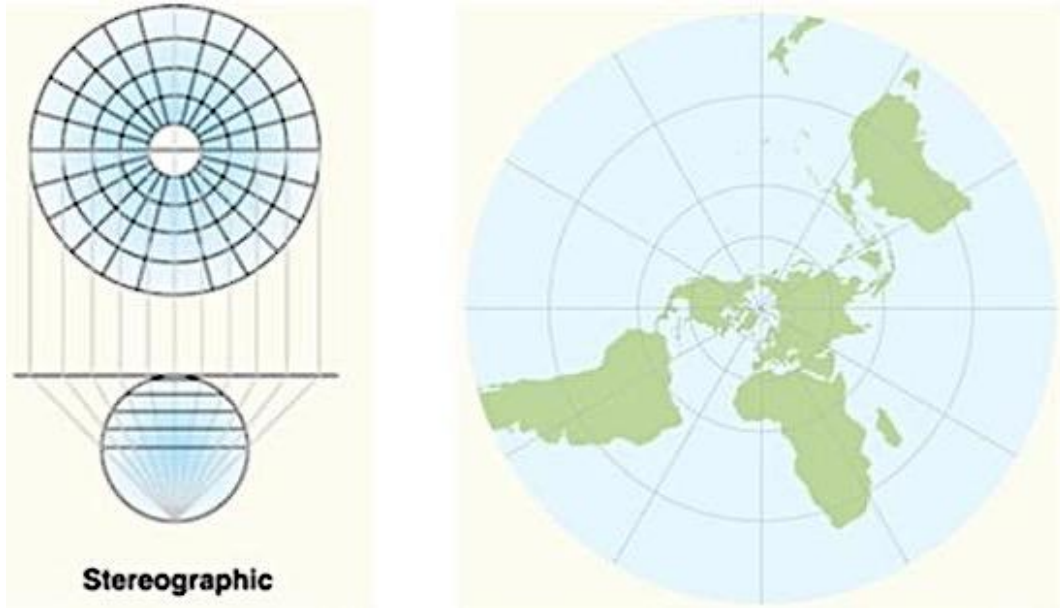
এই অভিক্ষেপ, পৃথিবীকে অসীম দূরত্ব থেকে অনুধাবন করে। এক্ষেত্রে 'Perspective Point' হল পৃথিবীর ও স্পর্শকের অপর-পার্শ্ব থেকে আগত অনন্ত-বিন্দু (Infinite Point)। নিচের ছবিটি দেখুনঃ



## ২.৩) Stereographic Projection

এক্ষেত্রে 'Perspective Point' হল স্পর্শক বিন্দুর (point of tangency) বিপরীত মেরু। নিচের ছবিটি দেখুনঃ





## ২.৪) Azimuthal Equidistant Projection

ইহা একপ্রকার সমদূরবর্তী (equidistant) অভিক্ষেপ। এই অভিক্ষেপে মানচিত্রের কেন্দ্র থেকে যে কোন বিন্দুর দূরত্ব (distance) সঠিক থাকে। নিচের ছবিটি দেখুনঃ



## ২.৫) Lambert Azimuthal Equal-Area Projection

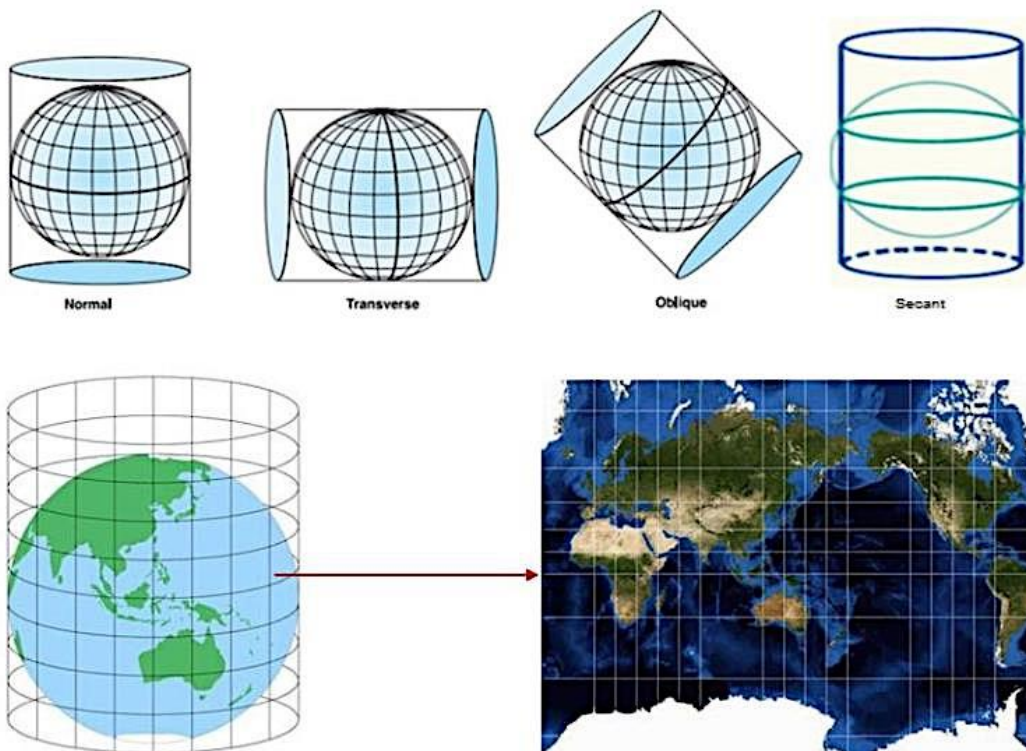
এই ধরনের অভিক্ষেপে এলাকা/ক্ষেত্রফল (Area) অপরিবর্তিত থাকে এবং কেন্দ্র থেকে একটি সঠিক অভিমুখ (true direction) বজায় রাখে। ইহার মূল-মধ্যরেখা (central meridian) হল সরলরেখা। নিচের ছবিটি দেখুনঃ



সমতল অভিক্ষেপ নিয়ে আলোচনা এখানেই শেষ করছি। এবার আমরা বেলনাকার (Cylindrical) অভিক্ষেপ নিয়ে সংক্ষিপ্ত আলোচনা করব।

### ৩) বেলনাকার অভিক্ষেপ (Cylindrical Projections)

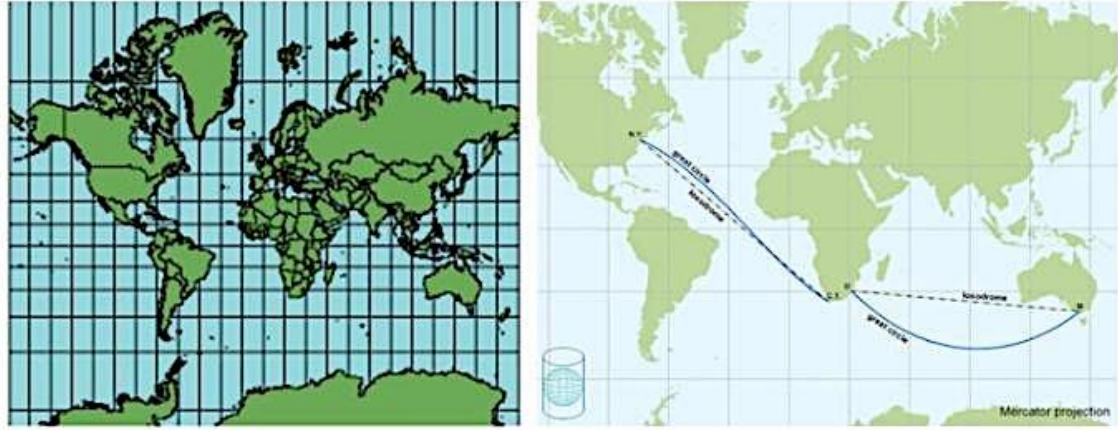
বেলনাকার অভিক্ষেপের মূল ধারণাটি হল, এক টুকরা কাজগকে আবর্তিত করে বেলনাকার আকৃতি দেয়া এবং পৃথিবীকে বৃত্তাকারভাবে স্পর্শ করা। নিচের ছবিটি দেখুনঃ



নিম্নে নানাবিধ বেলনাকার অভিক্ষেপ সম্পর্কে আলোচনা করা হলঃ

### ৩.১) Mercator Projection

এই অভিক্ষেপে ‘মধ্য-রেখা’ (Meridian) এবং ‘সমান্তরাল’ (Parallel) সমূহ সরলরেখায় থাকে এবং পরস্পরকে সমকোণে ছেদ করে। এছাড়া মধ্য-রেখাসমূহ সমদূরত্বে (equally spaced) থাকে। নিচের ছবিটি দেখুনঃ



### ৩.২) Transverse Mercator Projection

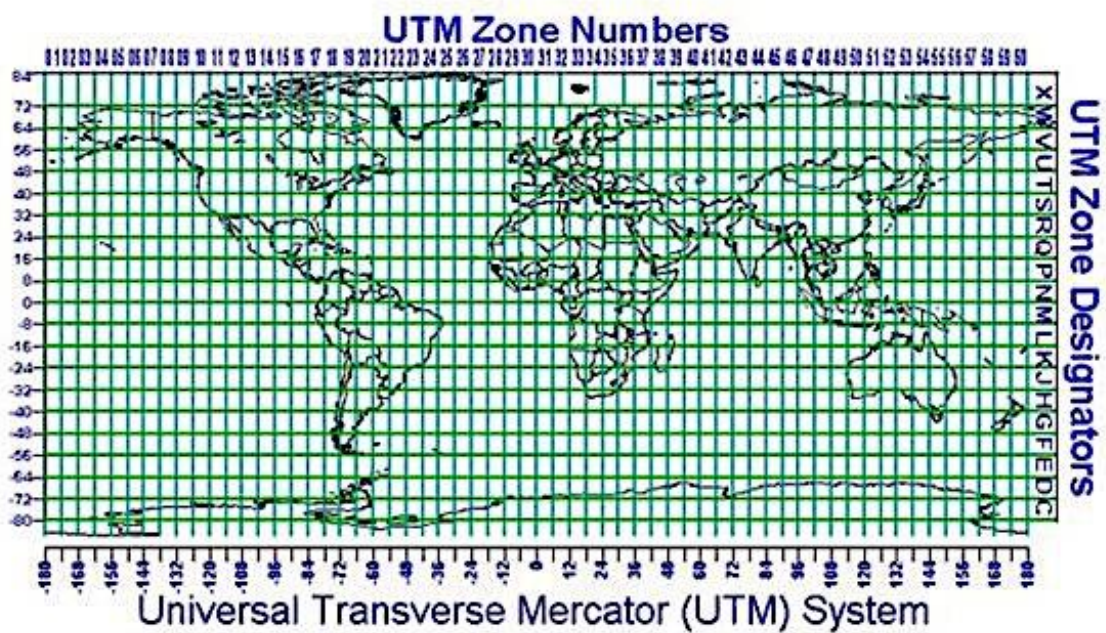
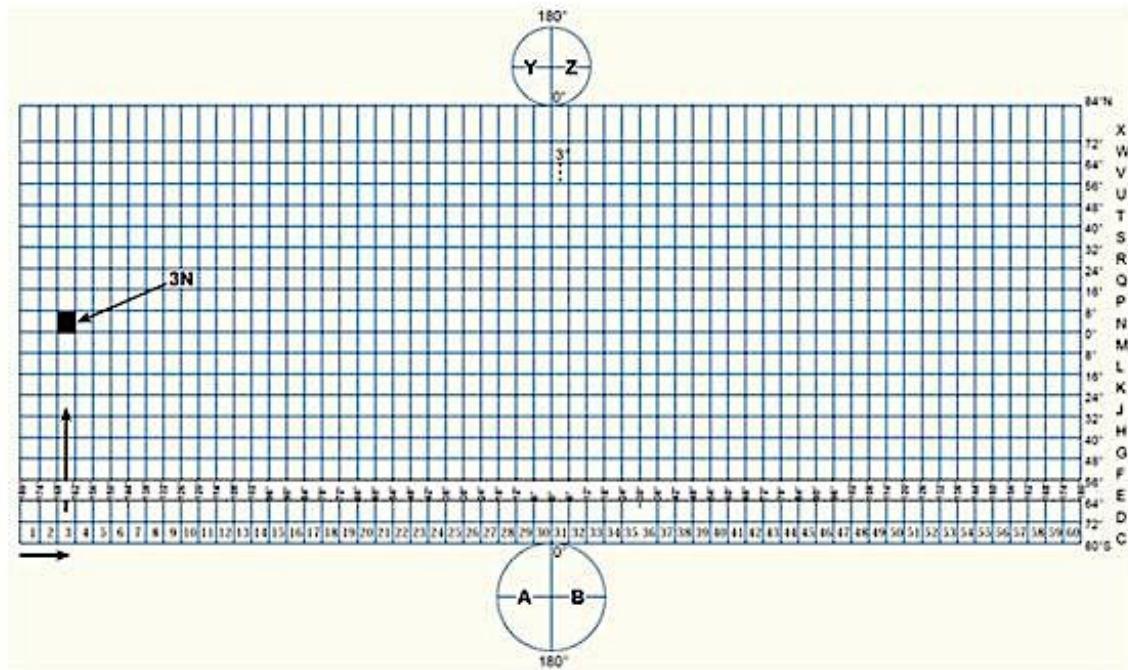
এক্ষেত্রে বেলনটি অনুপ্রস্থ (transverse) অবস্থানে থাকে। এর ফলে কোণ (Angle) এবং ক্ষুদ্র এলাকার (small area) আবৃত্তি সঠিক থাকে। নিচের ছবিটি দেখুনঃ



### ৩.৩) Universal Transverse Mercator (UTM) Projection

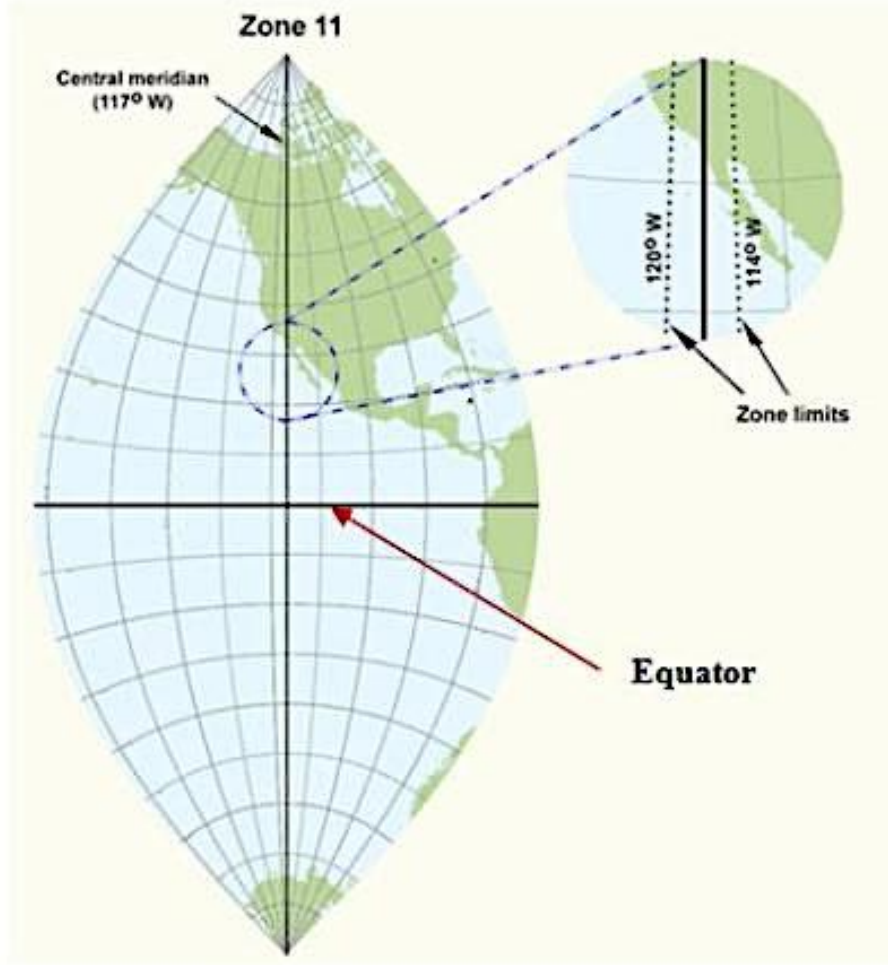
‘UTM’ বিশ্বব্যাপী একটি জনপ্রিয় এবং বহুল ব্যবহৃত মানচিত্র অভিক্ষেপ ব্যবস্থা। তাই ‘UTM’ অভিক্ষেপ নিয়ে বিস্তারিত আলোচনা করা হল। এক্ষেত্রেও অনুপ্রস্থ (transverse) চোঙ (cylinder) ব্যবহৃত হয়। ইহা পৃথিবীকে ৬ ডিগ্রির ( $6^\circ$ ), ৬০ টি সংকীর্ণ অনুদৈর্ঘ্য অঞ্চলে (narrow longitudinal zones/UTM Zone) বিভক্ত করে [ $86^\circ\text{N}$  থেকে  $80^\circ\text{S}$ ]। দক্ষিণের এই বিস্তৃতি  $80^\circ\text{S}$  পর্যন্ত না হয়ে  $80^\circ\text{S}$  পর্যন্ত হল, কারণ এই ‘UTM’ অভিক্ষেপে ‘Arctic’ এবং ‘Antarctic’ অঞ্চলকে অগ্রাহ্য (exclude) করা করা হয়েছে। নিচের ছবিটি দেখুনঃ





এর প্রতিটি অঞ্চলের (UTM Zone) নিজস্ব মূল-মধ্যরেখা (Central Meridian) আছে। যেমন নিচের ছবিতে দেখা যাচ্ছে যে Zone-১১,  $১২০^{\circ}\text{W}$  থেকে  $১১৪^{\circ}\text{W}$  পর্যন্ত বিস্তৃত। আরও ভালভাবে খেয়াল করলে দেখা যাবে যে, মূল-মধ্যরেখার দ্রাঘিমাংশের মান হল  $১১৭^{\circ}\text{W}$ ।

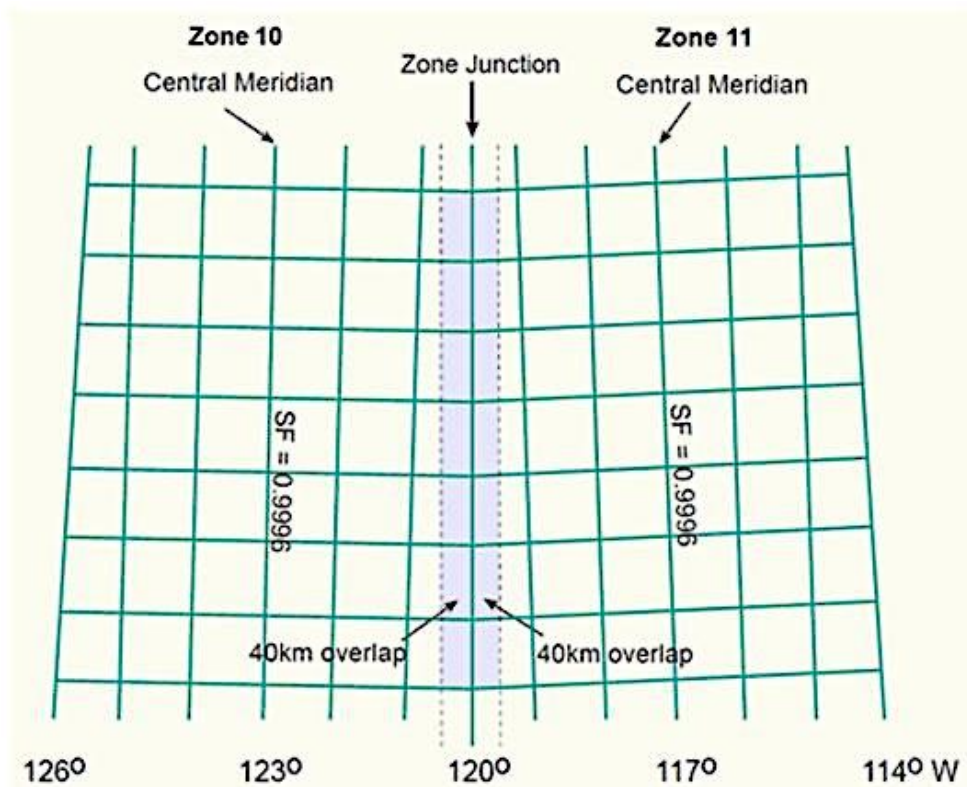
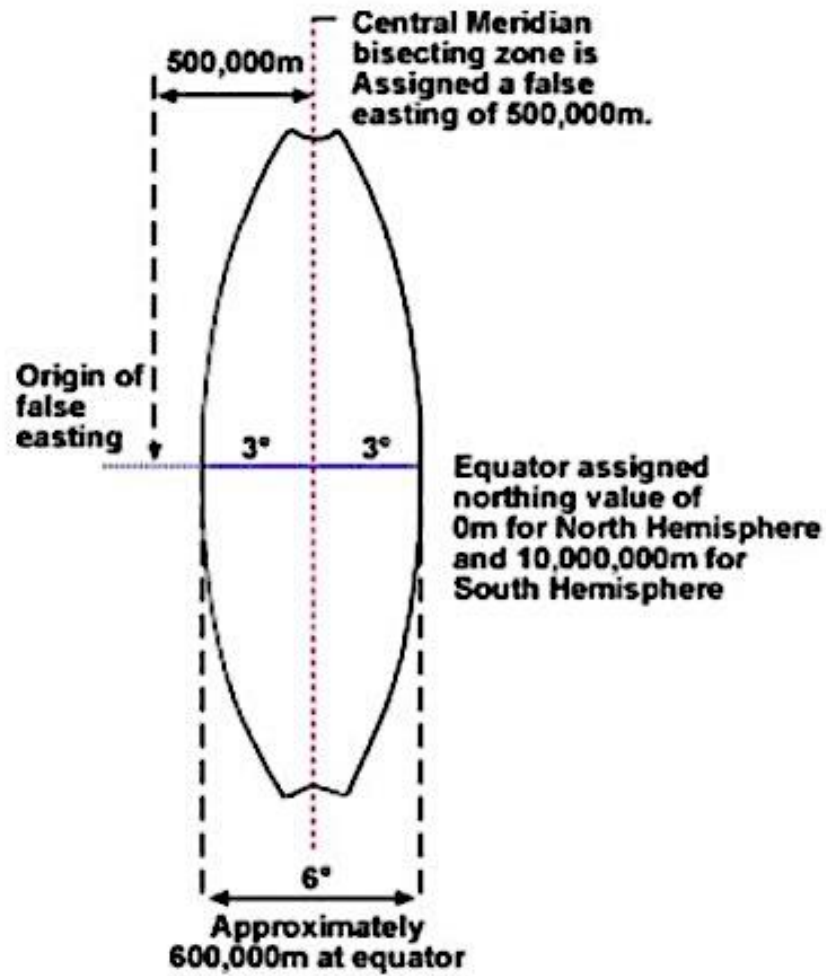




প্রতিটি ‘UTM Zone’-এর মূল-মধ্যরেখাকে ‘Scale Factor’ দেয়া হয়েছে ০.৯৯৯৬০। এই মূল-মধ্যরেখার পশ্চিমে অবস্থিত কোনকিছুর ঋণাত্মক মান এড়ানোর জন্য, মূল-মধ্যরেখার সাথে ৫০০,০০০ মিটার ‘False Easting’ মান যোগ করা হয়। এছাড়া বিষুবরেখা/ নিরক্ষরেখার (equator) দক্ষিণে অবস্থিত কোনকিছুর ঋণাত্মক মান এড়ানোর জন্য, নিরক্ষরেখার সাথে ১০,০০০,০০০ মিটার ‘False Northing’ মান যোগ করা হয় [উপরের ও নিচের ছবিটি পর্যায়ক্রমে খেয়াল করুন]।

\*\* পূর্বে ‘Scale Factor’, ‘False Easting’ এবং ‘False Northing’ নিয়ে সামান্য আলোচনা করা হয়েছে।

এখন কোন মানচিত্র যদি একাধিক ‘UTM Zone’ জুড়ে থাকে, তবে ঐ দুইটি ‘Zone’-এর সংযোগস্থলে ‘Eastings’ পরিবর্তন করা বামেনোপূর্ণ। এই কারণে এদের মধ্যবর্তী ‘সংলগ্ন অবস্থানে’ (adjacent zone) চল্লিশ কিলোমিটার অধিক্রমণ (overlap) অনুমোদিত। নিচের ছবিটি দেখুনঃ



### ৩.৪) Equidistant Cylindrical Projection

এই অভিক্ষেপে অক্ষাংশ (latitude) ও দ্রাঘিমাংশ (longitude) সরাসরি যথাক্রমে 'y' এবং 'x'-এর মধ্যে চিত্রাঙ্কিত করা করা হয়। এছাড়া 'মধ্য-রেখা' (Meridian) এবং 'সমান্তরাল' (Parallel) সমূহ সমকোণী-চতুর্ভুজ তৈরি করে একই দূরত্বের ব্যবধানে থাকে। আকৃতি (Shape) ও আয়তন (Area) উভয়ই যুক্তিসঙ্গতভাবে সংরক্ষিত হয় শুধুমাত্র মেরু অঞ্চল বাদে। নিচের ছবিটি দেখুনঃ



### ৩.৫) Lambert's Cylindrical Equal-Area Projection

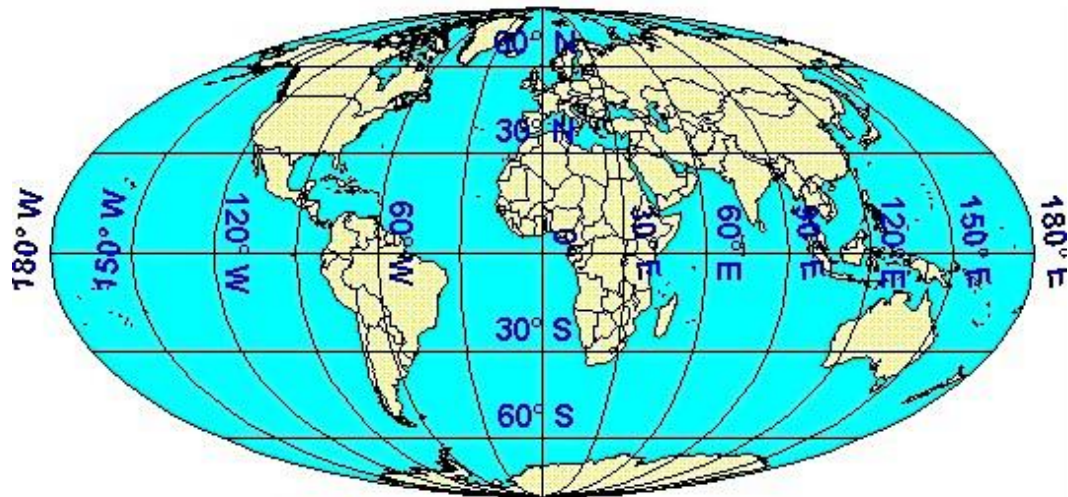
এই অভিক্ষেপে আয়তন (Area) সঠিকভাবে প্রতিফলিত হয়, কিন্তু উভয়-মেরুতে লক্ষণীয় মাত্রায় আকৃতির (Shape) বিকৃতি ঘটে। এছাড়া সমান্তরালসমূহ অসম ব্যবধানে থাকে। নিচের ছবিটি দেখুনঃ



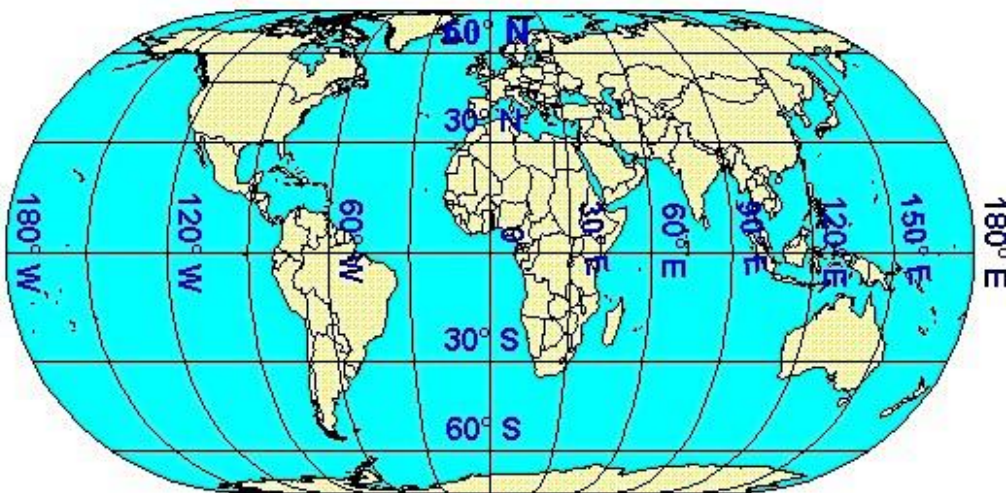
### ৩.৬) Pseudo-Cylindrical Projections

এই ধরনের অভিক্ষেপে সমান্তরালসমূহ (Parallels) এবং মূল-মধ্যরেখা (Central Meridian) সরলরেখায় থাকে, ইহা ব্যতীত বাকি সকল মধ্য-রেখাসমূহ (Meridians) বক্ররেখায় থাকে। নিম্নের ছবিগুলোতে কিছু উদাহরণ দেয়া হলঃ

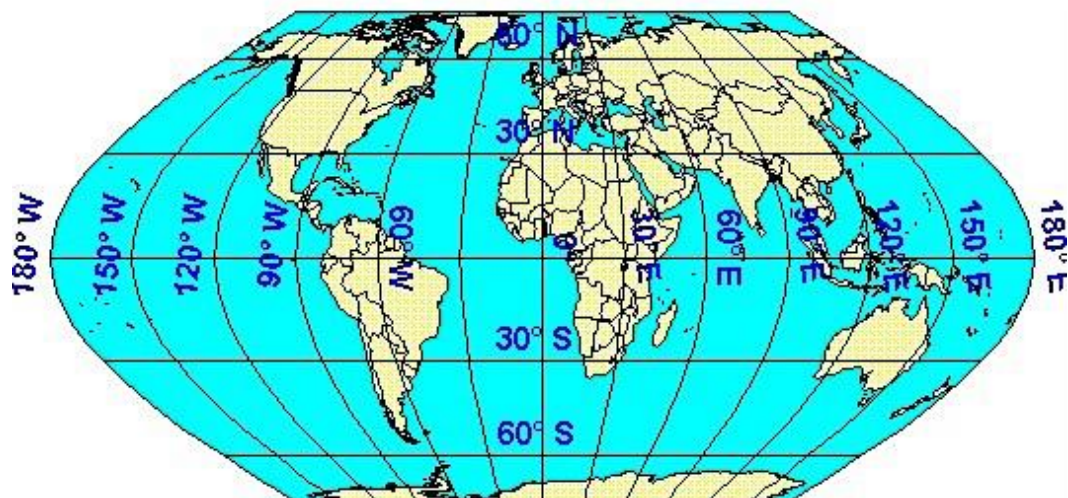




Mollweide Equal-Area

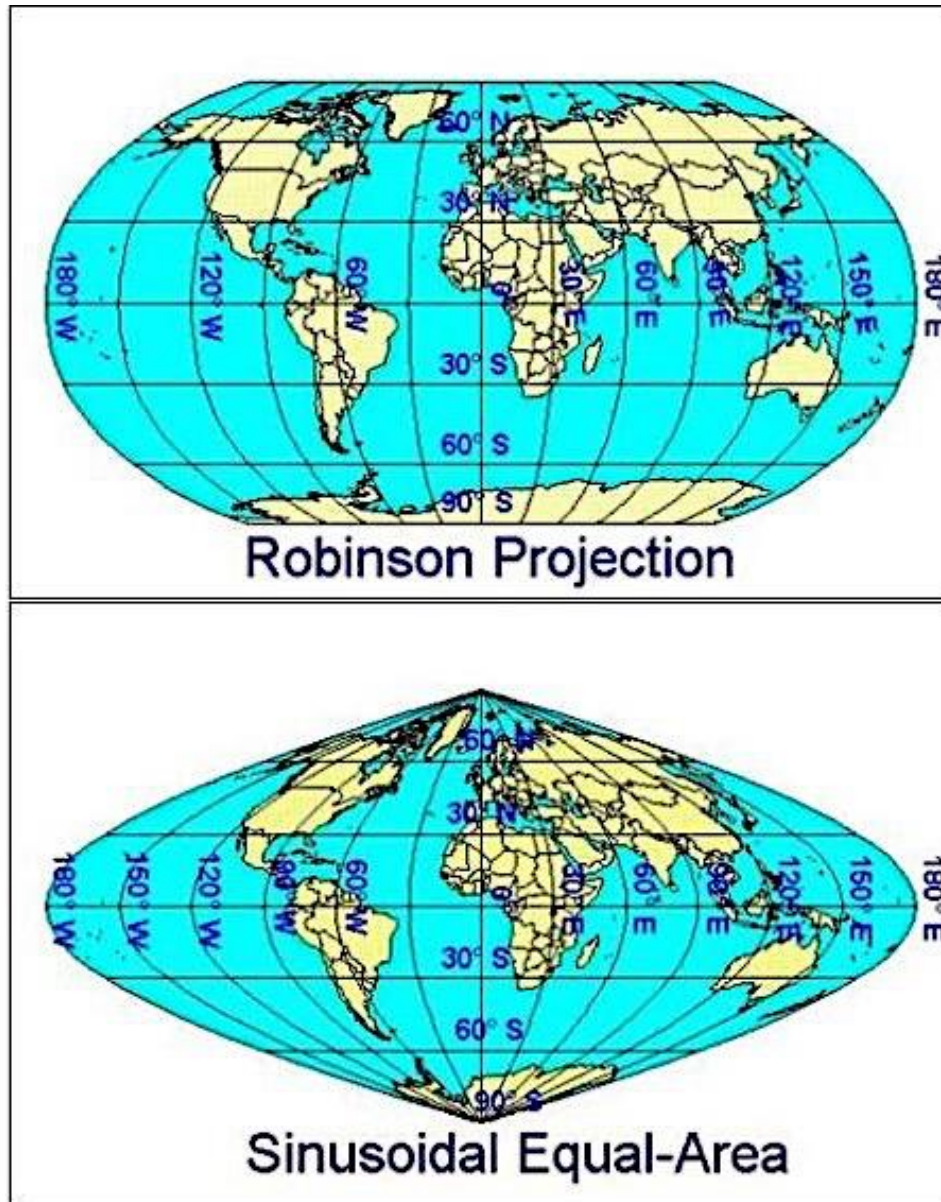


Eckert IV Equal Area



Eckert VI Equal Area





### ৩.৭) Interrupted Projections

এই অভিক্ষেপে সমগ্র পৃথিবীকে একটি ছিন্ন/বিচ্ছিন্ন/বাধাগ্রস্ত গঠনে (interrupted forms of graticules) প্রদর্শিত করা হয়। ইহা সাধারণত পৃথিবীর সকল মহাদেশ বা মহাসাগরগুলোকে একটিমাত্র মানচিত্রে চিত্রায়িত করার জন্য ব্যবহৃত হয়। নিচের ছবিটি দেখুনঃ



এ পর্যন্ত প্রধান তিনটি মানচিত্র অভিক্ষেপ [মোচাকৃতি, বেলনাকার এবং সমতল] নিয়ে আলোচনা করা হল। এর বাইরে, বিভিন্ন এলাকা ও অঞ্চলভেদে আরও শত শত মানচিত্র অভিক্ষেপ আছে। তবে আপাতত এই তিনটি মৌলিক অভিক্ষেপ সম্পর্কে ধারণা থাকলেই চলবে।

## ৪) বাংলাদেশে প্রচলিত স্থানাঙ্ক ব্যবস্থাসমূহ

বাংলাদেশে যে সকল ‘স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা’ (Coordinate Systems) বহুলভাবে প্রচলিত, নিম্নে সেগুলোর ‘অভিক্ষেপ স্থিতিমাপসমূহ’ (Projection Parameters) তুলে ধরা হলঃ

### ৪.১) Bangladesh Transverse Mercator (BTM)

Projection: Transverse Mercator  
False Easting: 500000.0; False Northing: -2000000.0  
Central Meridian: 90.0; Scale Factor: 0.9996  
Latitude of Origin: 0.0; Linear Unit: Meter  
Datum: Everest\_1830 or D\_Everest\_Bangladesh or D\_Gulshan\_303  
Spheroid: Everest\_1830 or Everest\_Adj\_1937

### ৪.২) Lambert Conformal Conic (LCC)

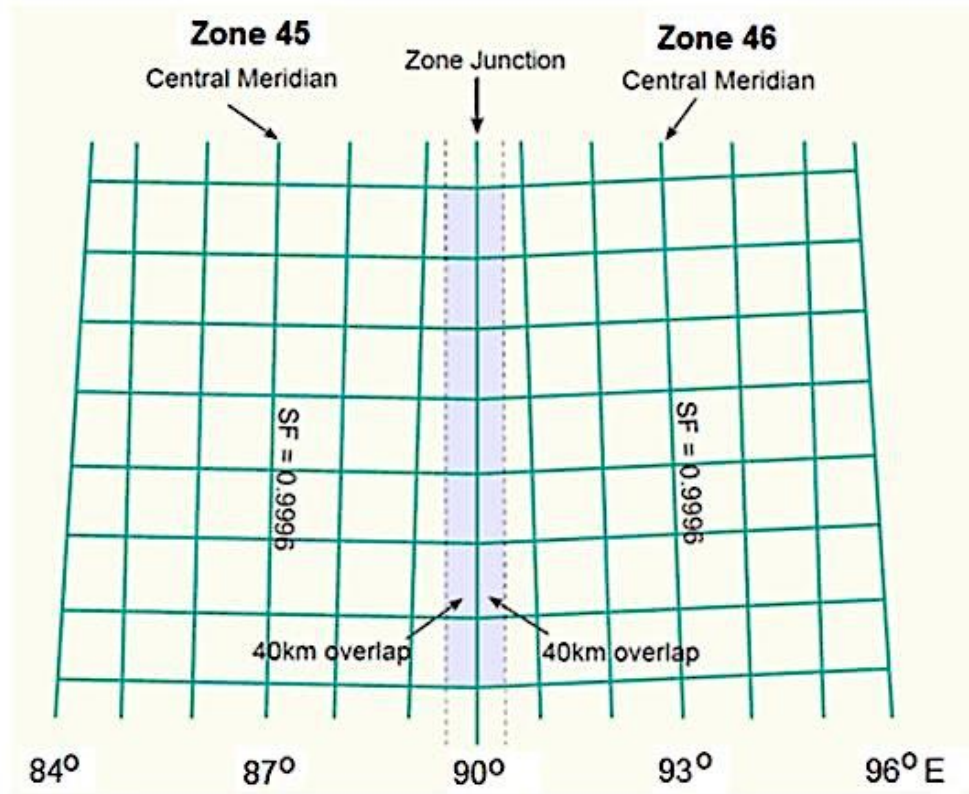
Projection: Lambert Conformal Conic  
False Easting: 2743185.699 Meters; False Northing: 914395.233 Meters  
Central Meridian: 90.0 (DD)  
First Standard Parallel: 23.15 (DD); Second Standard Parallel: 28.80 (DD)  
Latitude of Origin: 26.00 (DD); Linear Unit: Meter  
Datum: Everest\_1830 or D\_Everest\_Bangladesh  
Spheroid: Everest\_1830 or Everest\_Adj\_1937

### ৪.৩) Bangladesh Universal Transverse Mercator 2010 (BUTM 2010)

Projection: Transverse\_Mercator  
False\_Easting: 500000.0; False\_Northing: 0.0  
Central\_Meridian: 90.0; Scale\_Factor: 0.9996  
Latitude\_Of\_Origin: 0.0; Linear Unit: Meter  
Datum: WGS1984; Spheroid: WGS1984

### ৪.৪) Universal Transverse Mercator (UTM)

‘UTM’ অভিক্ষেপ ব্যবস্থায়, নিচের ছবিটির মতো, বাংলাদেশ ‘UTM Zone 45N’ এবং ‘UTM Zone 46N’- এই দুইটি অঞ্চলেই পড়েছে:



‘UTM Zone 45N’-এর ‘অভিক্ষেপ স্থিতিমাপসমূহ’ নিম্নরূপঃ

Projection: Transverse\_Mercator  
False\_Easting: 500000.0; False\_Northing: 0.0  
Central\_Meridian: 87.0; Scale\_Factor: 0.9996  
Latitude\_Of\_Origin: 0.0; Linear Unit: Meter  
Zone: Zone 45; Datum: WGS1984; Spheroid: WGS1984

অর, ‘UTM Zone 46N’-এর ‘অভিক্ষেপ স্থিতিমাপসমূহ’ নিম্নরূপঃ

Projection: Transverse\_Mercator  
False\_Easting: 500000.0; False\_Northing: 0.0  
Central\_Meridian: 93.0; Scale\_Factor: 0.9996  
Latitude\_Of\_Origin: 0.0; Linear Unit: Meter  
Zone: Zone 46; Datum: WGS1984; Spheroid: WGS1984

---

এরই সাথে শেষ করছি ‘জিআইএস’-এর তাত্ত্বিক (theoretical) আলোচনা। সবাই ভাল থাকবেন, ধন্যবাদ!

Reference: Different books and online sources.

Iliffe, J., 2000. Datums and map projections for remote sensing, GIS, and surveying. CRC Press.