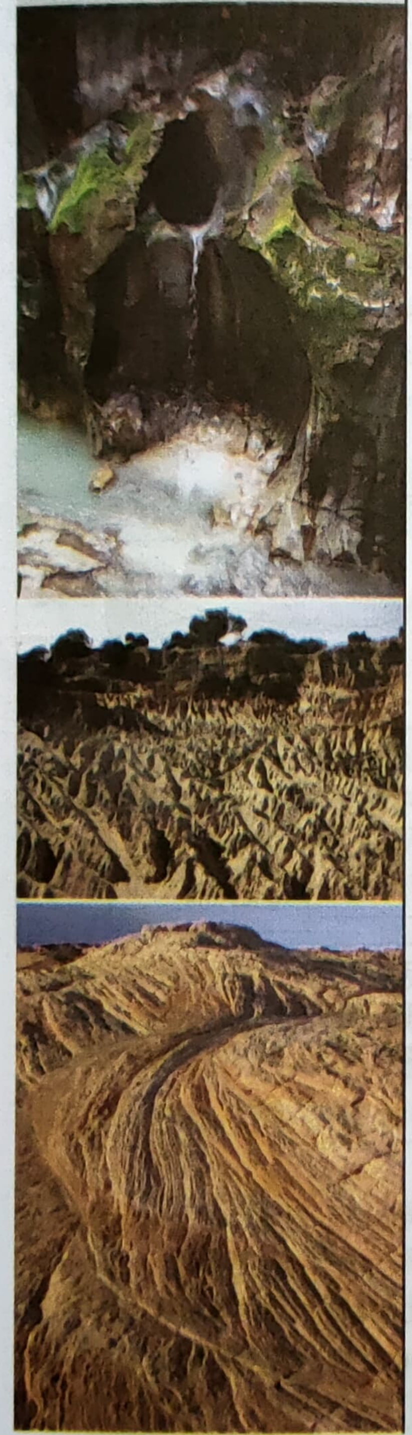
17

CHAPTER

ভূমিরূপবিদ্যায় প্রণালী বিশ্লেষণের ধারণা
(System Concept in Geomorphology)



17.1. ভূমিকা :

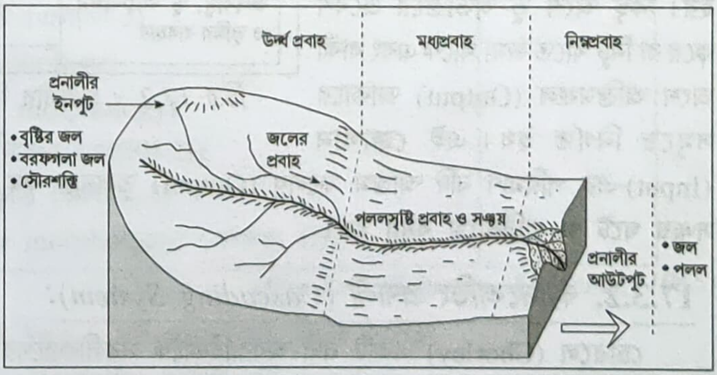
সাম্প্রতিক কালে ভূমিরূপবিদ্যার আলোচনায় প্রণালী বিশ্লেষণের ধারণাটি বিশেষ গুরুত্ব পেয়েছে। একাধিক পারস্পরিক সম্পর্কযুক্ত বিষয় নিজেদের মধ্যে ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়ার মাধ্যমে কিভাবে ভূমিরূপের গঠন ও বিবর্তন ঘটায়, তার পঠন-পাঠন এখন সর্বাধিক গুরুত্বপূর্ণ বিষয় হিসেবে বিবেচিত হচ্ছে।

17.2. প্রণালী (System) :

কোন কার্যপদ্ধতির, বিভিন্ন উপাদানের মধ্যে, যে পারস্পরিক সম্পর্ক রয়েছে এবং যেটি অন্তিম পর্যায়ে একটি ফলাফলে উপনীত হতে সাহায্য করে, তাকে **প্রণালী** (System) বলে।

"The interrelationship of the different parts of an organism when they are acting together ultimately guiding towards a result is called a system."

ভূমিরূপবিদ্যায় প্রণালী বিশ্লেষণ, বিভিন্ন ক্ষয়কারী শক্তিসমূহ ও ভূমিরূপের বিভিন্ন উপাদানের মধ্যে, পারস্পরিক ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়ার মাধ্যমে, একক বা সমবেত ভাবে একটি **ভূমিদৃশ্য সমন্বয়** (Landscape Complex) গঠন করে।


উর্দ্ধ প্রবাহ
মধ্যপ্রবাহ
নিম্নপ্রবাহ
প্রনালীর ইনপুট
• বৃষ্টির জল
• বরফগলা জল
• সৌরশক্তি
জলের প্রবাহ
পললসৃষ্টি প্রবাহ ও সঞ্চয়
প্রনালীর আউটপুট
• জল
• পলল

চিত্র 17.1 : প্রণালীর দৃষ্টিকোন থেকে নদী-অববাহিকার বিশ্লেষণ

"The Geomorphologic system is a structure of interacting processes and landforms that function individually and jointly to form a landscape complex." — Chorley *et.al,* 1985.

এ ক্ষেত্রে একটি উদাহরণ দেওয়া যেতে পারে ঃ একটি নদী-অববাহিকা— যেখানে (ক) উৎস অঞ্চলে বন্ধুর, উচ্চ ও ঢালু ভূ-প্রকৃতি; (খ) নদীর খাতসমূহ এবং বিভিন্ন রকমের ভূমিরূপ; (গ) জলপ্রবাহ; (ঘ) পলিসৃষ্টি, বহন ও সঞ্চয়; এ সব একত্রে ক্ষয়কারী শক্তিসমূহের সাথে ভূমির একটি ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া তৈরি করে। এ ক্ষেত্রে প্রনালীর (System) তিনটি অংশ রয়েছে :

(i) **জোগান** (Input), (ii) **উৎপাদন** (Processing) এবং (iii) **অন্তিমফল** (Output)

17.3. ভূমিরূপবিদ্যার প্রণালী (System in Geomorphology) :

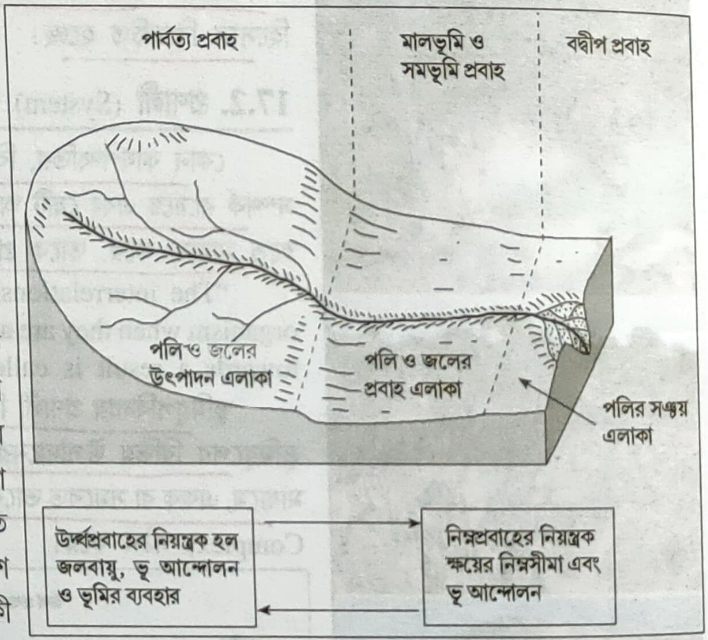
ভূমিরূপবিদ্যায় দু'ধরনের প্রণালী সম্পর্কে আলোচনা করা হয় :

(i) বিভিন্ন উপাদানের সাথে ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়ার মাধ্যমে বিবর্তন সংক্রান্ত ভূমিরূপবিদ্যা প্রণালী (Morphologic System)।

(ii) বিভিন্ন উপাদানের সঙ্গে ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়ার মাধ্যমে প্রণালীর একস্থান থেকে অন্যস্থানে **ভর** (Mass) হিসাবে **পলল** (Sediment) এবং **শক্তির** (Energy) প্রবাহসংক্রান্ত **ক্যাসকেডিং** (Cascading) প্রণালী।

একটি নদী অববাহিকার উদাহরণ নিয়ে নীচে এই দু-প্রকার প্রণালী সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে:

17.3.1. *ভূমিরূপবিদ্যা প্রণালী বা মরফোলোজিক সিস্টেম :*


পার্বত্য প্রবাহ
মালভূমি ও সমভূমি প্রবাহ
বদ্বীপ প্রবাহ
পলি ও জলের উৎপাদন এলাকা
পলি ও জলের প্রবাহ এলাকা
পলির সঞ্চয় এলাকা
উর্দ্ধপ্রবাহের নিয়ন্ত্রক হল জলবায়ু, ভূ আন্দোলন ও ভূমির ব্যবহার
নিম্নপ্রবাহের নিয়ন্ত্রক ক্ষয়ের নিম্নসীমা এবং ভূ আন্দোলন

চিত্র 17.2 : প্রণালীর নিয়ন্ত্রকের আলোকে নদী অববাহিকার অংশ বিশেষ

কোন নদী-অববাহিকায় জোগান হিসেবে বৃষ্টির জল এবং বরফগলা জল, অথবা অন্য নদী-অববাহিকার জল আসে। এই জল, প্রবাহ হিসাবে ঢাল বেয়ে, খাত ধরে প্রবাহিত হয়। এই প্রবাহের সময় জলের সঙ্গে ভূমিভাগের বা শিলার ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়ায় পলি গঠিত হয় এবং এই পলির কিছু অংশ খাতে জমা থাকে এবং বাকি অংশ মোহনা দিয়ে ব-দ্বীপ এলাকায় **অন্তিম ফল** (Output) হিসাবে নির্গত হয়। নদীর জলের কিছুটা বাষ্পীভবন, প্রস্বেদন-এর মাধ্যমে নির্গত হয়। কিছু অংশ ভূ-অভ্যন্তরে প্রবেশ করে বা নিচু খাতে জমা থাকে এবং বাকী অংশ অন্তিমফল (Output) আকারে সমুদ্রে নির্গত হয়। এই **জোগান** (Input)-এর পরিমাণ যদি অন্তিম ফলের (Output) তুলনায় কম হয়, তবেই **নদীখাতে জল বা পলির সঞ্চয় ঘটে ও পরিনামে বন্যা হয়।**

17.3.2. *ক্যাসকোডিং প্রণালী (Cascading System):*

চোরলে (Chorley) একটি নদী-অববাহিকাকে সরলীকরণের জন্য তিনটি অংশে ভাগ করেন : **ক. প্রথম অংশটি জলবিভাজিকা অংশ**— যেখান থেকে জল ও পলির যোগান হয়। প্রকৃতপক্ষে এই অংশে ক্ষয় বেশি হওয়ায় এখান থেকেই **পলির যোগান** বেশি হয় তাই একে **যোগান এলাকা** (Supply zone) বলে। **খ. দ্বিতীয় অংশটি স্থানান্তর বা পরিবহন অংশ** (Transfer zone), যেখানে প্রথম অংশ থেকে উদ্ভুত পলি ও জল তৃতীয় অংশে স্থানান্তরিত ও পরিবাহিত হয়। **গ.** তৃতীয় অংশে এই পলি সাধারণত জমা হয়।

একে **পলি-স্থিতি এলাকা** (Sediment Sink Zone) বলে। যদিও এই তিনটি অংশের যে-কোনো স্থান থেকে পলি বা জলের উদ্ভব, স্থানান্তর বা সঞ্চয় হতে পারে— তবুও আলোচনার সুবিধার জন্য এই ধরণের **সরলীকরণ** করা হয়। এইভাবে সরলীকৃত ধারণায় নদীর একস্থান থেকে অন্যস্থানে জল, পলল ও শক্তির স্থানান্তর ও সঞ্চয় হয়। এই ধারণা ক্যাসকেডিং প্রণালীর অন্তর্গত।

17.4. প্রণালীর নিয়ন্ত্রক :

এই ধরনের প্রণালীর অন্তর্গত ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়ার কিছু নিয়ন্ত্রক আছে। নদী-অববাহিকার বিভিন্ন পরিবর্তনশীল বৈশিষ্ট্য (Variables) ঐ নিয়ন্ত্রকগুলির দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। এই বৈশিষ্ট্যগুলির কিছু **স্বাধীন** (Independent) আবার কিছু **নির্ভরশীল** (Dependent)। এই নির্ভরশীল বৈশিষ্ট্যগুলি স্বাধীন সেগুলি **কারণ-সম্বন্ধীয়** (Cause) চালকের ওপর নির্ভর করে পরিবর্তিত হয়। সারণী-১৭.১তে এই পরিবর্তনশীল বৈশিষ্ট্যগুলিকে দেখান হল যাদের নির্ভরশীলতা ক্রমশ বৃদ্ধি পাচ্ছে। সময়, প্রাথমিক বন্ধুরতা (Intial relief),ভূ-তাত্ত্বিক গঠন (Geologic Structure), জলবায়ু (Climate) প্রভৃতি নদী-অববাহিকা প্রণালীর ক্ষেত্রে স্বাধীন বৈশিষ্ট্য। আবার নিয়ন্ত্রক হিসেবে **উদ্ভিদ-আচ্ছাদন, ভূ-প্রকৃতির বন্ধুরতা, জলের পরিমান, জলনির্গম প্রণালী, ঢালের প্রকৃতি, খাত বা উপত্যকার প্রকৃতি** এবং **সঞ্চয়ের প্রকৃতিকে** নিয়ন্ত্রণ করে।

এই ধরনের ভূমিরূপ বিদ্যার বৈশিষ্ট্যগুলি আবার **ক্যাসকেডিং প্রণালীকে** প্রভাবিত করে; পললের পরিমাণ ও প্রকৃতি, নদীর জলের পরিমান ও প্রবাহ প্রভৃতি নদীর খাতের (Channel) বৈশিষ্ট্যকে নির্ধারণ করে এবং অববাহিকার ওপরের অংশ থেকে (Zone-1) ঢাল বেয়ে নীচের অংশে (Zone-III) পললের পরিবহন ও সঞ্চয়কে নিয়ন্ত্রণ করে।

নদী-অববাহিকার পরিবর্তনশীল বৈশিষ্ট্য	প্রকৃতি
1. সময় (Time) 2. প্রাথমিক বন্ধুরতা (Initial Relief) 3. ভূ-তত্ত্ব, শিলা-লক্ষণ ও গঠন (Geology, Lithology & Structure) 4. জলবায়ু (Climate)	স্বাধীন
5. উদ্ভিদ-আচ্ছাদন (প্রকৃতি ও ঘনত্ব) (Vegetation cover) 6. বন্ধুরতা বা ক্ষয়ের নিম্নসীমা থেকে উচ্চতা (Relief or Height above base level) 7. জলের প্রবাহ ও পলির সৃষ্টি (এলাকা–I) 8. জলনির্গম (Drainage Morphology) 9. ঢালের প্রকৃতি (Hill slope morphology) 10. জলের প্রবাহ ও পলল স্থানান্তর (এলাকা–II) 11. খাত ও নদী উপত্যকার প্রকৃতি (এলাকা–I) 12. সঞ্চয়ের প্রকৃতি (Sediment morphology) (এলাকা–III)	নির্ভরশীল

(Source : Schumm & Lichty, 1965)

সারণী ১৭.১ : নদী-অববাহিকার বিভিন্ন বৈশিষ্ট্য

নদী-অববাহিকার প্রণালীতে এই পরিবর্তনশীল বৈশিষ্ট্যগুলির পার্থক্যের জন্য মরফোলজিক্যাল এবং ক্যাসকেডিং প্রণালীতে কি ধরনের পরিবর্তন আসে তা ব্যাখ্যা করা হল :

17.4.1. *প্রণালীর শিথিল সময় (Relaxation Time)* :

প্রণালীর কোন বৈশিষ্ট্য বা উপাদান বা জোগান পরিবর্তিত হলে প্রণালীর চরিত্র বদলে যায়। জোগান

পরিবর্তিত হলে প্রণালীর আভ্যন্তরীণ যেসব উপাদান আছে তাদের পরিবর্তন হয় এবং এ ভাবে সামগ্রিক পরিবর্তন সাধিত হয়। **মেল্টনের** (Melton 1958) মতে প্রণালীর প্রধান উপাদানের পরিবর্তনের যত সময় বাদে, কোনো প্রণালীর অন্যসব বৈশিষ্ট্য পরিবর্তিত হতে শুরু করে তাকে **শিথিল সময়** (Relaxation Time) বলে। উদাহরণ হিসাবে বলা যায়— নদীখাতে জলের পরিমাণ বেড়ে গেলে খাতের প্রস্থ ও গভীরতা তৎক্ষণাৎ পরিবর্তিত হয়, কিন্তু প্রথম শ্রেণির (1st order) খাতের সংখ্যা বা দৈর্ঘ্য ধীরে ধীরে পরিবর্তিত হয়। এ ভাবে কোন প্রণালীর স্পর্শকাতরতা (Sensivity) বিভিন্ন ক্ষেত্রে পৃথক হয়।

	উদাহরণ–1		উদাহরণ–2	
নিয়ন্ত্রক	পর্যায়	যৌবন	বার্ধক্য	
	বন্ধুরতা বা উচ্চতা	উচ্চ / অধিক	কম / নিচু	
	জলবায়ু	শুষ্ক	আর্দ্র	
উপাদান (Component)	মরফোলোজিক সিস্টেম	ক্যাসকেডিং সিস্টেম	মরফোলোজিক সিস্টেম	ক্যাসকেডিং সিস্টেম
এলাকা – I (Zone – I) • জল-বিভাজিকা : জল ও পললের উৎপাদন এবং যোগান (Production of Sediment & water)	• উচ্চমাত্রার নদী ঘনত্ব (High Drainage Density) • খাড়া নদী-ঢাল (Steep Stream gradient)	• একক বৃষ্টিপাত পিছু অধিক জলপ্রবাহ • উচ্চমাত্রার জলপ্রবাহ (High Peak Discharge) • নিম্নমাত্রার অন্তঃপ্রবাহ (Base flow) • উচ্চমাত্রার পলল-উৎপাদন (ক্ষয়)	• নিম্ন নদী-ঘনত্ব • মৃদু নদীঢাল	• একক বৃষ্টিপাত পিছু কম প্রবাহ • কম উচ্চ জলপ্রবাহ • উচ্চমাত্রার অন্তঃপ্রবাহ • নিম্নমাত্রার পলল-উৎপাদন (ক্ষয়)
এলাকা – II (Zone – II) • নদী খাত : বহন/স্থানান্তর (Transport)	• নদীর তলদেশ বরাবর গড়িয়ে চলা পলল (Bed load) বেশি • খাড়া নদীঢাল • উচ্চ প্রস্থ / গভীরতা অনুপাত • নিম্ন মাত্রার নদী-বাঁক	• উচ্চমাত্রার পলল উৎপাদন (ক্ষয়) • তলদেশ বরাবর গড়িয়ে চলা পলল (Bed load) বেশি • আকস্মিক ধৌতপ্রবাহ (Flash Flow)	• নদীতে ভাসমান বোঝা • মৃদু ঢাল • কম প্রস্থ/গভীরতা অনুপাত • উচ্চমাত্রার নদীবাঁক	• নিম্নক্ষয় • নিম্ন মাত্রায় গড়িয়ে চলা পলল • স্থির প্রবাহ
এলাকা – III (Zone – III) • পিডমন্ট : (পাদদেশীয় এলাকা) • উপকূল : এলাকা সঞ্চয়/অবক্ষেপন	• পলল-ব্যাজনী • বাজাদা • ব্যাজনী ব-দ্বীপ (Fan-Delta)	• দ্রুত সঞ্চয় • অনেক অসামঞ্জস্য তল	• প্লাবন ভূমি • ব-দ্বীপ	• ধীরে সঞ্চয় • স্থিত হারে সঞ্চয়

সারণী ১৭.২ : নদী অববাহিকার বিভিন্ন অংশের বৈশিষ্ট্য এবং তার সাথে মরফোলোজিক্যাল ও ক্যাসকেডিং সিস্টেমের সাড়া (Response)। *[উৎস : চোরলে-1985]*

17.4.2. *স্পর্শকাতরতা (Sensivity)* :

একটি প্রণালী তার জোগানের পরিবর্তনের কত পরে বা কতটা তীব্রতায় সাড়া (Response) দেয় তাকে তার স্পর্শকাতরতা (Sensivity) বলে। এটি শিথিল সময় এবং পৌনঃপুনিক অন্তর (Recurrence Interval)-এর অনুপাত।

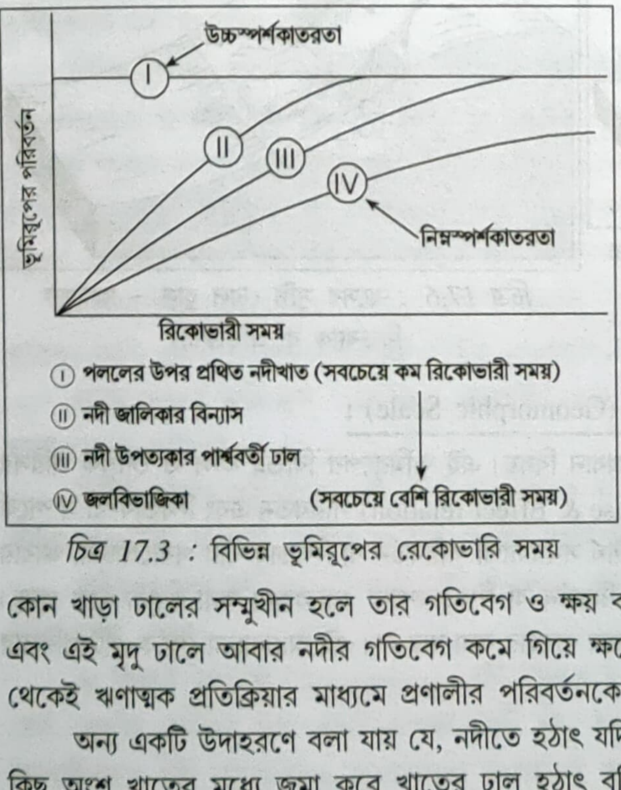
17.4.3. *পৌনঃপুনিক অন্তর (Recurrence Interval)* :

এটি একটি গড় সময়ের অন্তর, যে সময়ের শেষে, একটি নির্দিষ্ট তীব্রতার পরিবর্তন পরিলক্ষিত হয়। যেমন, প্রতি 10 বছর অন্তর একটি নদীতে মাঝারী মাপের বন্যা (ধরা যাক 1000m^3/sec জলপ্রবাহ) হলে বলা হয় যে ওই অববাহিকার বন্যার পৌনঃপুনিক অন্তর হল দশ বছর।

17.4.4. *পুনঃস্থাপন (Recovery)* :

উলম্যান এবং গারসনের (Wolman & Gerson, 1978) মতে কোনো অববাহিকায় হঠাৎ জলের জোগানের পরিবর্তনের (বন্যার সময়) ফলে নদীখাতের পরিবর্তন হয় এবং এর পরে ধীরে ধীরে জল কমার সঙ্গে সঙ্গে ওই নদীখাতের আগের অবস্থায় ফিরে আসার ঘটনাকে **পুনঃস্থাপন** বলে। শুধু নদীখাত নয় এরকম প্রণালী-জোগানের হঠাৎ পরিবর্তনের ফলে প্রণালীর অন্য বৈশিষ্ট্যগুলোর যে পরিবর্তন হল— ধীরে ধীরে সেই পরিবর্তনের উপশম ঘটিয়ে আগের অবস্থায় ফিরে আসার ঘটনাকে **পূর্ণ-পুনঃস্থাপন** বা Complete Recovery বলে। যে সময়ে এই পুনঃস্থাপন সংঘটিত হয় তাকে **পুনঃস্থাপন সময়** (Recovery Time) বলে। যেমন, হঠাৎ কোনো ঝড়-বৃষ্টির ফলে ভারী বর্ষায় নদীখাতের যে পরিবর্তন হয় তা পুনঃস্থাপন করতে নদীখাতের 1-2 বছর সময় লাগে। কিন্তু এর ফলে যে ছোট ছোট জলপ্রবাহ বা রিল (Rill) বা গালির (Gully) সৃষ্টি হল তা পুনঃস্থাপন বা উপশম করতেও অনেক সময় লাগে।

17.5. **ঋণাত্মক প্রতিক্রিয়ার ধারণা** (Negative Feedback Concept) :



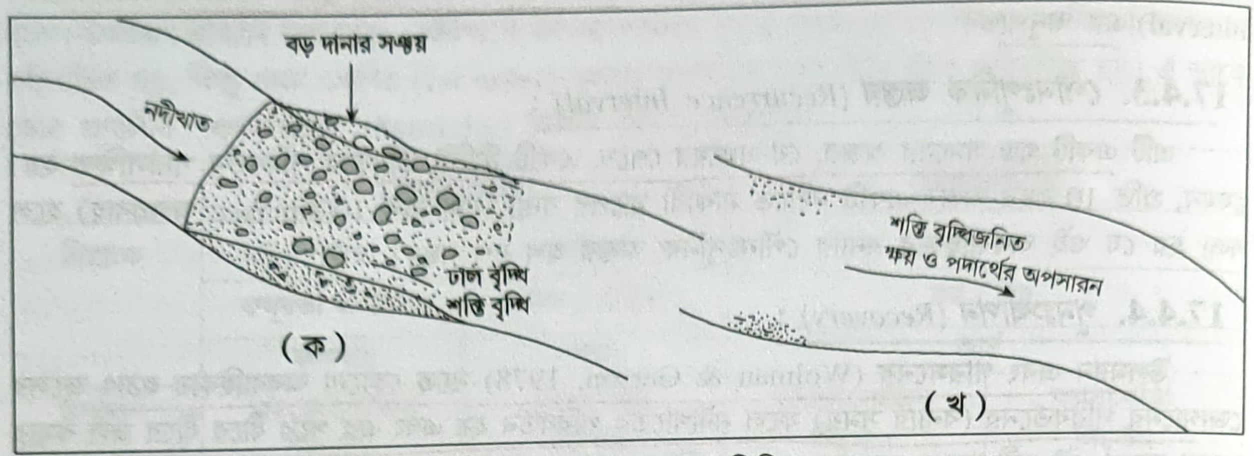
চিত্র 17.3 : বিভিন্ন ভূমিরূপের রেকোভারি সময়

1884 সালে ফরাসী বিজ্ঞানী হেনরী লুইস লে ক্যাটেলিয়ার (Henry-Louis-Le Chatelier) এই ধারণার প্রবর্তন করেন। তার মতে কোনো জোগানের পরিবর্তনের জন্য, প্রণালীতে পরিবর্তন এলে, সঙ্গে সঙ্গে এই পরিবর্তনের বিপরীতমুখী একটি ক্রিয়া কাজ করে এবং ফলে প্রাথমিক পরিবর্তনের উলটো পরিবর্তন শুরু হয় এবং তার জন্য প্রাথমিক পরিবর্তনের ফলটি আটকে গিয়ে শোষিত হয় এবং এর তীব্রতা কমে যায়।

গিলবার্ট তার পর্যায়িত ধারণায় এই ধরণের ঋণাত্মক প্রতিক্রিয়ার (Negative Feedback) ধারণা দিয়েছিলেন। তাঁর মতে, পর্যায়িত নদী হঠাৎ কোন খাড়া ঢালের সম্মুখীন হলে তার গতিবেগ ও ক্ষয় বাড়ে। এর ফলে কালক্রমে মৃদু ঢালের সৃষ্টি হয় এবং এই মৃদু ঢালে আবার নদীর গতিবেগ কমে গিয়ে ক্ষয়ের বদলে সঞ্চয় শুরু হয়। এইভাবে নদী নিজে থেকেই ঋণাত্মক প্রতিক্রিয়ার মাধ্যমে প্রণালীর পরিবর্তনকে মানিয়ে নেয়।

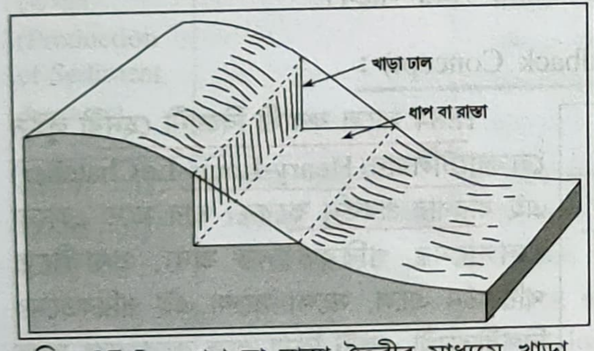
অন্য একটি উদাহরণে বলা যায় যে, নদীতে হঠাৎ যদি বড় দানার বোঝা এসে পড়ে তবে নদী বোঝার কিছু অংশ খাতের মধ্যে জমা করে খাতের ঢাল হঠাৎ বৃদ্ধি করে (চিত্র 17.4 ক)। ফলে তার গতিবেগ

এবং বহনক্ষমতা বাড়তে থাকে। এই অবস্থা চলতে থাকে যতক্ষণ না পর্যন্ত বড় দানার বোঝা ক্ষয় পেয়ে পূর্বের স্থিতাবস্থা ফিরে আসে। এইভাবে নদী তার ঋণাত্মক প্রতিক্রিয়া পদ্ধতির দ্বারা প্রণালীর স্থিতাবস্থা (Stedy State) বজায় রাখে (চিত্র 17.4 খ)।

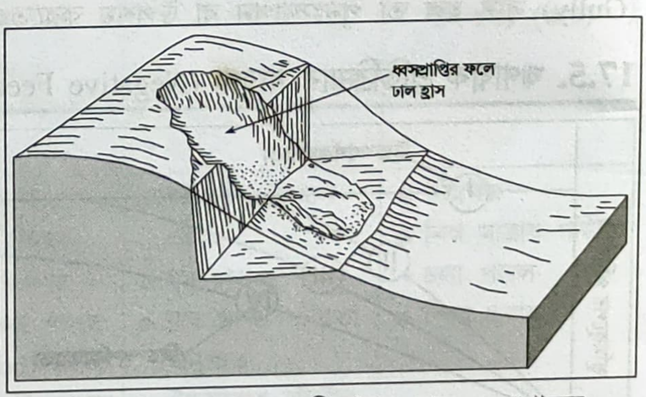


চিত্র 17.4 : ঋণাত্মক প্রতিক্রিয়া

এ প্রসঙ্গে পাহাড়ের ঢালের উদাহরণ দেওয়া যেতে পারে। মানুষ পাহাড়ের ঢাল কেটে ঘরবাড়ি, রাস্তাঘাট, ধানচাষ বা খনিজ আহরণ করতে পারে, এতে ঢালের মাত্রা বেড়ে যায়, কখনো-কখনো তা প্রায় 90° পর্যন্ত হয়। এতে ঢালের **স্থিতাবস্থা** (Stability) নষ্ট হয়। প্রকৃতি ঋণাত্মক প্রতিক্রিয়ার দ্বারা **ধস** (landslide) সৃষ্টি করে, এই ঢালের কৌণিক মান কমিয়ে নিয়ে, খাড়া ঢালকে মৃদু ঢালে রূপান্তরিত করে ও স্থিতাবস্থা ফিরে আসে (চিত্র 17.5 ও 17.6)।



চিত্র 17.5 : ধাপ বা রাস্তা তৈরীর মাধ্যমে খাড়া ঢাল তৈরী হয় এবং স্থিতাবস্থা নষ্ট হয়। (ঢালের মাত্রা বৃদ্ধি = ধনাত্মক প্রতিক্রিয়া)



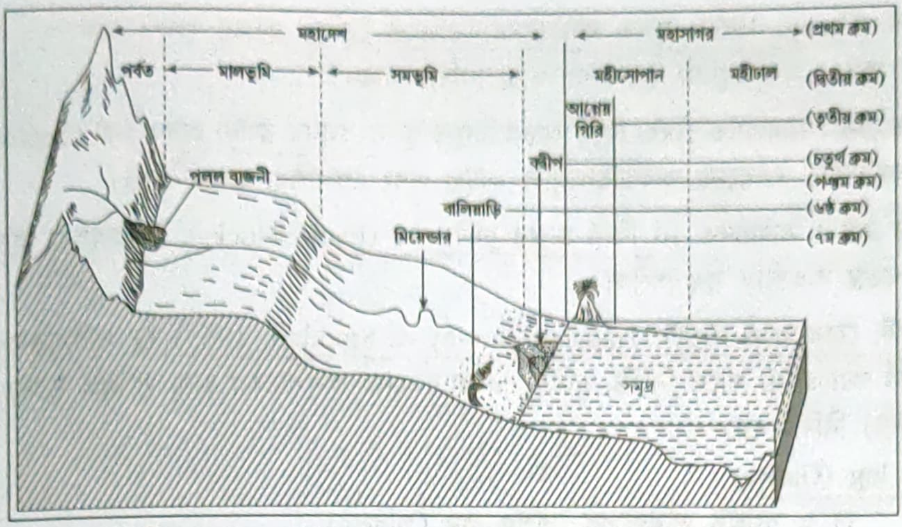
চিত্র 17.6 : ধসের সৃষ্টি (ঢাল হ্রাস = ঋণাত্মক ফিডব্যাক বা প্রতিক্রিয়া)

17.5. ভূমিরূপবিদ্যার আলোচনার পরিসর (Geomorphic Scale) :

ভূমিরূপবিদ্যার আলোচনায় ভূমিরূপ হল প্রধান বিষয়। এই ভূমিরূপের বিভিন্ন কাল ও দৈশিক পরিসর রয়েছে যার ভিত্তিতে কার্য-কারণ সম্পর্কের (Cause & Effect relation) পরিবর্তন এবং স্থিতাবস্থা সম্পর্কে আলোচনা করা হয়। কখনও বিশাল ভূমিরূপের দীর্ঘ সময়ব্যাপী পরিবর্তন বা স্থিতাবস্থার পর্যালোচনা, আবার কখনো ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র ভূমিরূপের স্বল্পসময়ব্যাপী পরিবর্তন বা স্থিতাবস্থার আলোচনা করা জরুরী হয়ে পড়ে। এক পরিসরের পর্যবেক্ষণের ফলাফল অন্য পরিসরে ব্যবহার করা যায় না। এই আলোচনা থেকে এটি পরিস্কার যে এই পরিসর মূলত দু'ধরনের—

(A) দৈশিক পরিসর (Spatial Scale)

(B) কাল পরিসর বা (Time Scale)



চিত্র 17.7 : বিভিন্ন প্রকার/পরিসরের ভূমিরূপ (দৈশিক ক্রম)

17.5.1. *দৈশিক পরিসর (Spatial Scale) :*

ভূমিরূপবিদ্যায় কত মাপের ভূমিরূপ নিয়ে আলোচনা করা হবে তা গুরুত্ব দিয়ে স্থির করতে হয়। কারণ, এটি পদ্ধতি ও গঠনের মধ্যেকার এমনি এক গূঢ় সম্পর্ক উন্মোচন করে, যার ওপর ভূমিরূপ সম্পর্কিত পঠন-পাঠনের প্রকৃতি, সমস্যা ও ধারণা সবই নির্ভর করে। বিভিন্ন দৈশিক মাপের ভূমিরূপের গবেষণায় বিভিন্ন রকমের **পরিবর্তনশীল বৈশিষ্ট্য** (Variables) বা উপাদান প্রকট হয়ে ওঠে, ভিন্ন রকমের সমস্যা উদ্ভুত হয় এবং ভিন্ন মাত্রার সরলীকরণের আশ্রয় নিতে হয়। একটি 10 বর্গ মিটারের গালি-অববাহিকা (Gully Basin) নিয়ে আলোচনা করা হলে— তার উপাদানের সঙ্গে 1000 বর্গ কিমি মাপের নদী-অববাহিকার গবেষণাযোগ্য পরিবর্তনশীল বৈশিষ্ট্যগুলি পৃথক হয়, গবেষণার পদ্ধতি ভিন্ন হয়, সরলীকরণের প্রকৃতিও ভিন্ন হয় এবং দুটি ক্ষেত্রে ভূমিরূপগত সমস্যাও ভিন্ন হয়।

বিভিন্ন দৈশিক স্কেলে ভূমিরূপবিদ্যার গবেষণা সুদূর অতীত থেকে চলে আসছে। 1914 সালে ফেনিম্যান (Fenneman) **ভূ-প্রাকৃতিক এলাকার** (Physiographic region) ধারণা দেন এবং বলেন আপালেশিয়ানের ভাঁজযুক্ত পার্বত্য এলাকাই (Apalachian's folded province) হল ভূমিরূপবিদ্যার গবেষণার ক্ষেত্রে সর্ববৃহৎ দৈশিক পরিসরের এলাকা। এরপর বিভিন্ন গবেষণার প্রয়োজনের ভিত্তিতে এই বৃহৎ এলাকাকে ছোটো-ছোটো মাপের এলাকায় ভাগ করে গবেষণা করা যেতে পারে।

স্যালিসবারী (Salisbury, 1919) দৈশিক ক্রমের (Spatial order) ধারণাটি ভূমিরূপবিদ্যায় ব্যবহার করেন। তিনি ভূ-সংস্থানিক এবং ভূমিরূপগত এককগুলিকে মূলত তিনটি ক্রমে ভাগ করেন :

প্রথম ক্রমের ভূমি-রূপ : মহাদেশ, মহাসাগর এবং পাত-সংস্থানতত্ত্ব অনুযায়ী বিভিন্ন পাতগুলি হল প্রথম ক্রমের ভূমিরূপ।

দ্বিতীয় ক্রমের ভূমিরূপ : এক একটি মহাদেশ ও মহাসাগরের বিশেষ বিশেষ ভূমিরূপ বৈশিষ্ট্য যেমন পর্বত, মালভূমি, সমভূমি, দ্বীপীয় বৃত্তচাপ, গভীর সমুদ্রখাত এবং মধ্য-সামুদ্রিক শৈলশিরা প্রভৃতি।

তৃতীয় ক্রমের ভূমিরূপ : পাহাড়, নদী উপত্যকা, খাড়াঢাল (Escarpment) আগ্নেয়গিরি এবং অনুরূপ ভূমিরূপগত একক।

ভূ-বিজ্ঞানী **উলরিজ** (Wooldridge), 1932 সালে **ভূ-প্রাকৃতিক অণুর** (Physiographic atom) ধারণা দেন, যেগুলি একত্রিত হয়ে একটি এলাকা তৈরি হয়। একাধিক ক্ষয়চক্র সমন্বিত এলাকায় **খাড়া-ঢাল** এবং **সমতলীকরণ পৃষ্ঠ** (Planation Surfaces) এ-ধরনের ভূ-প্রাকৃতিক অণুর উদাহরণ।

ক্যারে (Carey, 1963) মূলত আয়তনের ভিত্তিতে দৈশিক ক্রমের ধারণা দেন :

প্রথম ক্রম : মধ্যসামুদ্রিক শৈলশিরা দ্বারা নির্দিষ্ট পাতগুলি।

দ্বিতীয় ক্রম : সাধারণত 1000 কিমি অন্তর বিস্তৃত ভূ-সংস্থানত ক্রাটন অববাহিকা (Tectonic Craton Basins)। আফ্রিকার এধরনের অববাহিকাগুলি ফাটল এবং শৈলশিরা দ্বারা নির্দিষ্ট।

তৃতীয় ক্রম : সাধারণত 10 কিমি অন্তর চ্যুতি খন্ড (Fault Blocks), উদাহরণ : জাপানের চ্যুতি খন্ড, যারা স্বতন্ত্র অবস্থায় সঞ্চরণশীল।

হ্যাগেট, চোরলে ও স্টডার্ট (Hagget, Chorley & Stoddart, 1965) 'G' পরিসরের ধারণা দেন। সারা পৃথিবীর আয়তনের সাথে নির্দিষ্ট ভূমিরূপের আয়তনের অনুপাতের দ্বারা সংশ্লিষ্ট ভূমিরূপের দৈশিক 'ক্রম' (পরিসর) নির্দিষ্ট হয়।

$$G = \log (Ga/Ra)$$

G = সংশ্লিষ্ট ভূমিরূপের দৈশিক ক্রম (পরিসর)
Ga = সমগ্র পৃথিবীর ক্ষেত্রফল
Ra = সংশ্লিষ্ট ভূমিরূপের ক্ষেত্রফল

এই মত অনুযায়ী সমগ্র আমেরিকা যুক্তরাষ্ট্রের ভূমিরূপের পরিসর হবে 1.82। এক বর্গ কিমি মাপের কোন ভূমিরূপের দৈশিক পরিসর হবে 8.71, আবার 10 হেক্টর মাপের কোন ভূমিরূপের দৈশিক পরিসর হবে 10.1।

এরপর বিভিন্ন ভূমিরূপবিদগণ নদী-অববাহিকা ও উপ-অববাহিকার ভিত্তিতে বিভিন্ন পরিসরের এলাকার গবেষণা শুরু করেন এবং যার বেশ কিছু সুবিধা পরবর্তীকালে পাওয়া গেছে। বৃহদায়তন এলাকা নিয়ে ভূমিরূপবিদ্যার গবেষণায় কিছু অসুবিধা রয়েছে। কোন ক্ষয়কারী পদ্ধতি বৃহদায়তন এলাকায় সমহারে কার্যকর হয় না। উদাহরণ হিসাবে বলা যায়, কোনো তীব্রতর ঝড়বৃষ্টি (Cyclonic storm) বৃহদায়তন এলাকায় সমভাবে ছড়িয়ে পড়ে না বরং একটি সংকীর্ণ এলাকায় সীমাবদ্ধ থাকে। তাই প্রতি একক এলাকায় ক্ষয়ের হারও বৃহদায়তন এলাকার সর্বত্র সমান হয় না, তাই ভূমিরূপ গবেষণায় অসুবিধার সৃষ্টি হয়।

ভূমিরূপের আয়তনের নিরিখে দৈশিক স্কেল নির্ধারণ করা যুক্তিযুক্ত; যেমন, একটি তরঙ্গ চিহ্নের (Ripple Mark) দৈর্ঘ্য কয়েক সেন্টিমিটার, নদীতে পুল (Pool) এবং রিফ্‌ল (Riffle)-এর দৈর্ঘ্যের অন্তর কয়েকশত মিটার এবং নদীর বাঁকের তরঙ্গদৈর্ঘ্য কয়েক কিলোমিটার পর্যন্ত হতে পারে। তাই ভূমিরূপবিদকে এই দৈশিক স্কেল সম্পর্কে সচেতন হতে হবে। অতএব **কি ধরনের ভূমিরূপ নিয়ে এবং তার কি রকম সমস্যা নিয়ে গবেষণা করা হচ্ছে, তাদের উপর গবেষণার দৈশিক স্কেল বা পরিসর নির্দিষ্ট করা উচিত।**

এই ধরনের ক্রমবিন্যাসের ফলে বিভিন্ন আয়তনের ভূমিরূপ সম্পর্কে সঠিক ধারণা লাভ করা যায় এবং গবেষণার জন্য দৈশিক স্কেল নির্ধারণ করা সহজ হয়। পৃথিবীপৃষ্ঠের সমস্ত ভূমিরূপের মধ্যে একটি ক্রমিক সম্পর্ক স্থাপন সহজসাধ্য নয়। এই ক্রমবিন্যাসে **উৎপত্তিগত** (Genetic) শ্রেণিবিভাগের সঙ্গে **আকৃতিগত** (Generic) শ্রেণিবিভাগ একত্রিত করা হয়। এ ধরনের শ্রেণিবিভাগের ব্যবহারিক উপযোগিতা আছে। এখান থেকে বোঝা যায় যে, ভূমিরূপগত তত্ত্ব তৈরির জন্য কোন কোন পরিসরে, কী কী ধারনার ব্যবহার করা হচ্ছে। যেমন, **ভূ-তাত্ত্বিকরা** যেখানে প্রথম ক্রমের (1st order) ভূমিরূপ নিয়ে কাজ করেন, সেখানে **পলল বিশারদরা** (Sedimentologists) সাধারণ ক্ষেত্রে দশম ক্রমের (10th order) ভূমিরূপের উপর গবেষণা করেন। সাধারণ ক্ষেত্রে **ভূমিরূপবিদরা** তৃতীয় থেকে নবম ক্রমের ভূমিরূপ নিয়ে বেশি আলোচনা করেন।

ভূমিরূপের দৈশিক ক্রম (Spatial order of landforms)

দৈশিক স্কেল বা ব্যাপ্তি অনুসারে ভূমিরূপের ক্রম—

ক্রম / order	উদাহরণ
প্রথম ক্রম/1st order	মহাদেশ, মহাসাগর, পাত (Plates), অভিসারী পাত-সীমানা, অপসারী পাত-সীমানা।
দ্বিতীয় ক্রম/2nd order	ভূ-প্রাকৃতিক অঞ্চল, পর্বত, শিল্ড এলাকা, মালভূমি, নিম্ন-জলাভূমি, সঞ্চয়জাত সমভূমি, গাঠনিক নিম্নভূমি (Tectonic Depresion)।
তৃতীয় ক্রম/3rd order	মাঝারি মাপের ভূ-তাত্ত্বিক এলাকা, ভাঁজ, চ্যুতি, গম্বুজ গঠন, আগ্নেয়গিরি।
চতুর্থ ক্রম/4th order	বৃহদায়তন ক্ষয়জাত বা সঞ্চয়জাত ভূমিরূপ একক; যেমন— বৃহদায়তন উপত্যকা, ব-দ্বীপ বা দীর্ঘায়তন সৈকত তটভূমি।
পঞ্চম ক্রম/5th order	মাঝারি মাপের ক্ষয়জাত বা সঞ্চয়জাত ভূমিরূপ—ছোটো উপত্যকা, প্লাবনভূমি, পললব্যজনী, সার্ক, মোরেন।
ষষ্ঠ ক্রম/6th order	ক্ষুদ্রায়তন ক্ষয়জাত বা সঞ্চয়জাত ভূমিরূপ; যেমন— ক্ষুদ্র উপত্যকা, পুরাদেশীয় বাঁধ, বালিয়াড়ী প্রভৃতি।
সপ্তম ক্রম/7th order	নদীর আংশিক প্রবাহপথ বা মিয়েন্ডার, পাহাড়ের ঢাল।
অষ্টম ক্রম/8th order	ঢালু এবং সমতল ঢাল, পুল, রিফ্‌ল।
নবম ক্রম/9th order	নদীর তলদেশে এবং বায়ু সৃষ্ট বালির তরঙ্গ, পাহাড়ের ধাপ প্রভৃতি।
দশম ক্রম/10th order	বালির বা নুড়ির ব্যাসের মাপের ছোটো ছোটো ভূমিরূপ।

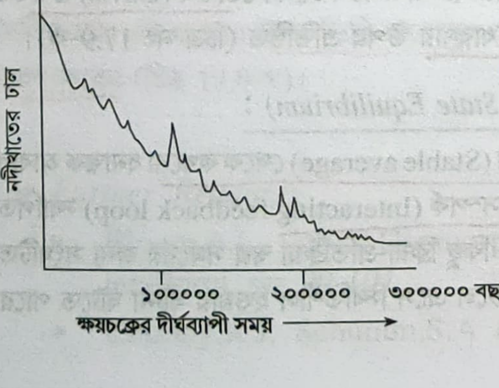
[Source : Chorley el.al. 1985]

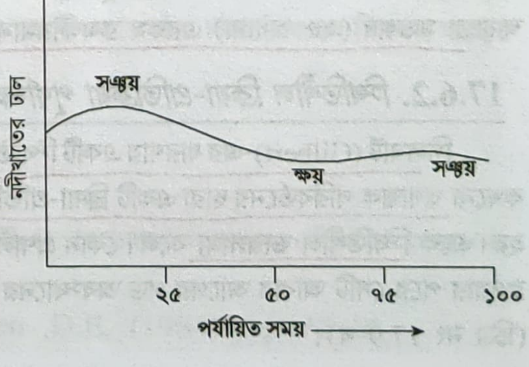
17.5.2. *সময় পরিসর (Time Scale) :*

ভূমিরূপবিদ্যায় সাধারণত তিন ধরনের সময় পরিসরের আলোচনা করা হয় :

(ক) ক্ষয়চক্রের সময় (Cyclic Time) : লক্ষ লক্ষ বছরব্যাপী ভূমিরূপের পরিবর্তনের মাধ্যমে ক্রমশ একটি সাম্যাবস্থায় উপনীত হওয়ার সময়কে **ক্ষয়চক্রের সময়** বলে। একটি ভূমিরূপের পর্যায়ক্রমিক পরিবর্তনের সময়,— (ক) প্রাথমিক বন্ধুরতা যা ভূমির ঢাল ও ক্ষয়ের হারকে প্রভাবিত করে, শিলালক্ষণ ও শিলার গঠন, (খ) জলবায়ু যা ভূ-পৃষ্ঠপ্রবাহ, উদ্ভিদ-আচ্ছাদন, জলের প্রবাহের পরিমাণ, জলনির্গমপ্রণালী, নদী-ঘনত্ব প্রভৃতি নিয়ন্ত্রনের মাধ্যমে ভূমিরূপের **পর্যায়ক্রমিক বিবর্তন** (Cyclic evolution) নিয়ন্ত্রণ করে।

(খ) পর্যায়িত সময় (Graded Time) : এটি একটি স্বল্প সময়ের ব্যবধান, যে সময়ে একটি ছোটো এলাকা বা নদী-অববাহিকার অংশ-বিশেষ, ঋণাত্মক প্রতিক্রিয়ায় (Negative feed back) তার আকস্মিক

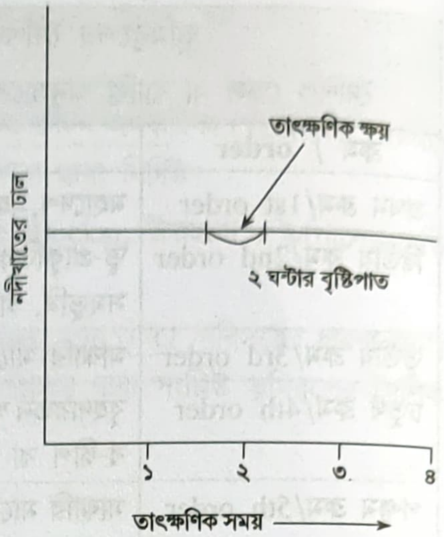




পরিবর্তনের উপশম ঘটিয়ে একটি স্থিতাবস্থায় (Steady state equilibrium) উপনীত হয়। এখানে স্থিতাবস্থা পাওয়ার জন্য প্রাথমিক বন্ধুরতা এবং সময়ের কোন ভূমিকা নেই। সময়টা এতই স্বল্পদৈর্ঘ্যের যে এইসময় উদ্ভিদ- আচ্ছাদন, প্রকৃত বন্ধুরতা, প্রতি একক ক্ষেত্রফলে জল ও পললের প্রবাহ প্রায় স্থির থাকে। কেবল জলনির্গম প্রনালী, পাহাড়ের ঢাল এবং সামগ্রিক এলাকার জল ও পলল প্রবাহের ওপর এদের প্রভাব দেখতে পাওয়া যায়।

(গ) তাৎক্ষনিক সময় (Steady / Instantaneous Time) : এটি অতি স্বল্প দৈর্ঘ্যের সময় এবং একটি ছোটো এলাকায়, যথা— নদী-উপত্যকার সংক্ষিপ্ত অংশে অথবা কোনো ঢালের অংশবিশেষে এর প্রভাব দেখা যায়। এখানে নদী-অববাহিকার অন্য সব পরিবর্তনশীল বৈশিষ্ট্যগুলি (Variables) স্বাধীন, কেবল পুরো এলাকার সামগ্রিক জল ও পললপ্রবাহ নির্ভরশীল ও পরিবর্তনশীল।

ছোট দৈশিক পরিসরের এলাকা বা ভূমিরূপ তাৎক্ষণিক সময়-এর নিরীখে যতটা ভালোভাবে পর্যবেক্ষণ করা সম্ভব, ততটা ক্ষয়চক্রের সময় দ্বারা সম্ভব নয়। আবার বড়ো দৈশিক পরিসরের ভূমিরূপ বা এলাকার সঠিক পর্যবেক্ষণ, ক্ষয়চক্রের সময়ের মাপকাঠিতে সুবিধাজনক।



চিত্র 17.8 : চোরলে এবং লিচি, 1965-এর অনুসরণে বিভিন্ন সময়ের পরিসর

17.6. ভূমিরূপবিদ্যায় ভারসাম্যের ধারণা (Equilibrium Concept in Geomorphology) :

ইনপুট-প্রসেশিং-আউটপুট (Input-Processing-Output) সমন্বিত ভূমিরূপবিদ্যায় প্রণালীর আউটপুট আলোচনার ক্ষেত্রে ভারসাম্য (equilibrium) ধারণাটি গুরুত্বপূর্ণ। কোন প্রণালীতে কি পরিমান পদার্থ স্থানান্তরিত (mass transfer) হচ্ছে এবং তার মধ্যে কতটা পরিমান শক্তি কার্যকরী (available energy) আছে তার উপর ভারসাম্য অবস্থা নির্ভর করে। যদি প্রণালীতে বা ভূমিরূপের কোন অংশে কার্যকরী শক্তির পরিমাণ কম থাকে এবং পদার্থের স্থানান্তর প্রায় হয় না বললেই চলে— এরকম অবস্থাকে **ভারসাম্য** বলে। ঠিক এ যেন মানুষের বার্ধক্য অবস্থায় ক্ষীণ শক্তিতে বেশী নড়াচড়ার ইচ্ছে না করার অবস্থা বা একটি স্থিতিশীল অবস্থা যেখানে পরিবর্তনের হার কম। এখানে ক্ষয়ের হারও কম এবং সঞ্চয়ের হারও কম এবং এভাবে ভূমিরূপের স্থিতিশীল অবস্থা বজায় থাকে। ভারসাম্য মূলত চার প্রকার :

17.6.1. *ক্রমক্ষীয়মান ভারসাম্য (Decay Equilibrium)* :

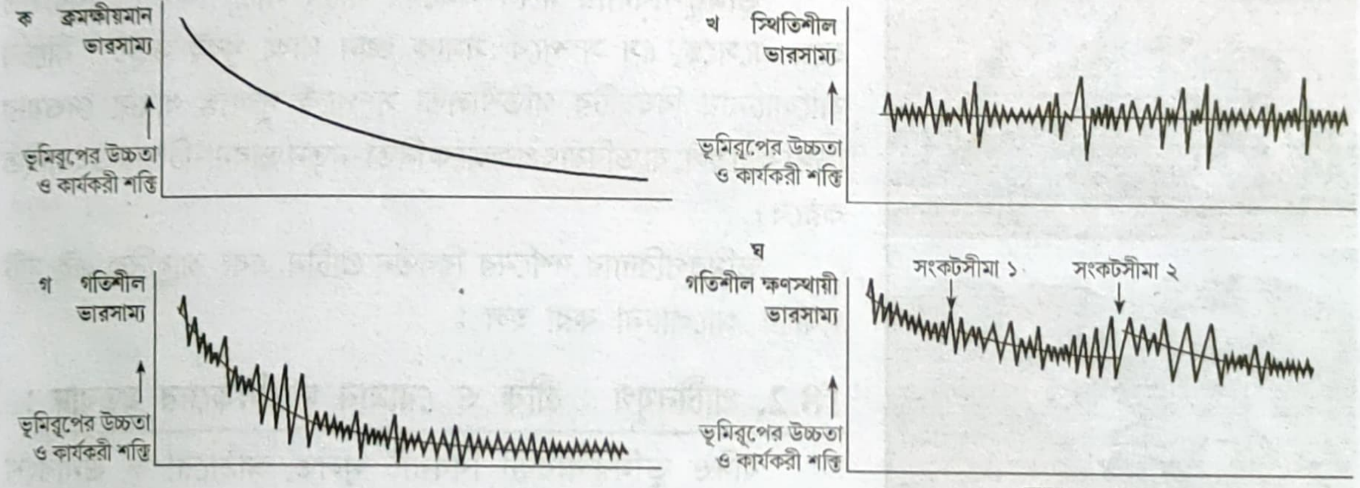
এক্ষেত্রে পদার্থের স্থানান্তর এবং কার্যকরী শক্তির হার সময়ের সাথে সাথে ক্রমশ কমে। অর্থাৎ ভূমিরূপের পরিবর্তনের হার ক্রমশ কমতে কমতে ক্ষয়ের নিম্নসীমার কাছে ভূমিরূপটি সমপ্রায়ভূমির আকারে স্থিতিশীল অবস্থা বা ভারসাম্য অবস্থা প্রাপ্ত হয়, যেখানে ভূমিরূপের পরিবর্তন প্রায় হয় না বললে চলে। **ডেভিস** (Davis) প্রবর্তিত ক্ষয়চক্র মতবাদ (২৫ অধ্যায়) এরকম ক্রমক্ষীয়মান ভারসাম্য ধারণার উপর প্রতিষ্ঠিত (চিত্র নং 17.9-ক)।

17.6.2. *স্থিতিশীল ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া পূর্ণাঙ্ক (Steady State Equilibrium)* :

গিলবার্ট (Gilbert)-এর ধারণায় একটি স্থিতিশীল গড়ের (Stable average) থেকে কখনো ধনাত্মক আবার কখনো ঋণাত্মক পরিবর্তনের দ্বারা একটি ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া মুলক সম্পর্ক (Interacting feedback loop) স্থাপিত হয়। একে **স্থিতিশীল ভারসাম্য** বলে। কোন প্রণালীতে জটিল কিছু ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া স্বল্প সময়ের জন্য সংঘটিত হওয়ার পরে সেটি আবার আগের গড় অবস্থানের কাছাকাছি চলে এসে স্থিতিশীল হওয়ার ঘটনা ঘটতে পারে (চিত্র নং 17.9-খ)।

17.6.3. *গতিশীল ভারসাম্য (Dynamic Equilibrium)* :

ক্রমক্ষীয়মান ভারসাম্য এবং স্থিতিশীল ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়ামূলক ভারসাম্যের মিলিত ফল হল গতিশীল ভারসাম্য। এক্ষেত্রে কোন ভূমিরূপ উচ্চশক্তি বা উচ্চহারে পদার্থের স্থানান্তরের অবস্থা থেকে ধীরে ধীরে কম শক্তি বা কম হারে পদার্থের স্থানান্তরের অবস্থার দিকে একমুখী (Unidirectional) ভাবে পবির্তিত হয় না। বরং ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়ামূলক কখনো ধনাত্মক আবার ঋণাত্মক পরিবর্তনের (Positive & Negative feedback) মাধ্যমে এই ভারসাম্যের দিকে অগ্রসর হয়। অতএব প্রণালীর বিভিন্ন অংশের মধ্যে ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়ায় ধনাত্মক বা ঋণাত্মক পরিবর্তন যখন ধীরে ধীরে একটি কম শক্তির অবস্থা বা পদার্থের কম স্থানান্তরের অবস্থার দিকে ধাবিত হয় তখন তাকে **গতিশীল ভারসাম্য** অবস্থা বলে। ধনাত্মক ও ঋণাত্মক ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়ার মাঝামাঝি যে গড় ভারসাম্য রেখা সেটিও স্থির নয়। এই ভারসাম্যও পরিবর্তনশীল ও গতিশীল এবং নিজেই একটি ভারসাম্য পরিণতির দিকে অগ্রসর হয় (চিত্র নং 17.9-গ)।



চিত্র 17.9 : বিভিন্নপ্রকার ভারসাম্যের ধারণা (Chorley and Beckinsale, 1980)

17.6.4. *গতিশীল ক্ষণস্থায়ী ভারসাম্য তত্ত্ব (Dynamic Meta-stable equilibrium)* :

গতিশীল ভারসাম্যে ধনাত্মক এবং ঋণাত্মক পরিবর্তন যদি হঠাৎ **বৈপ্লবিক পরিবর্তন** (Catastrophic change) এনে দেয়, তখনই গতিশীল ক্ষণস্থায়ী ভারসাম্যের ধারণা পাওয়া যায়। এক্ষেত্রে ধরা হয় যে ভূমিরূপের বিবর্তন কিছু সময় অন্তর অন্তর এধরনের হঠাৎ এবং সামগ্রিক পরিবর্তনের সাথে যুক্ত। যেসব ঘটনা যা ভূমিরূপের বিবর্তনে ব্যাপক পরিবর্তন আনে তাদের **ভূমিরূপবিদ্যাগত সংকটমাত্রা** (Geomorphic threshold) বলে।

ধরা যাক ভূমিরূপের বিবর্তন ধনাত্মক এবং ঋণাত্মক প্রতিক্রিয়ার মাধ্যমে একটি পরিণতির দিকে অগ্রসর হচ্ছে ঠিক তখনই ভূমিরূপের উচ্চতা বৃদ্ধি পেলে বিবর্তনের ক্ষেত্রে ব্যাপক পরিবর্তন ঘটে এবং একেই ভূমিরূপ বিদ্যাগত সংকট বলা হয়। খুব সুক্ষ্মভাবে ভূমিরূপের বিবর্তনের নিবিড় গবেষণায় দেখা যায় প্রতিটি ক্ষেত্রে এধরনের সংকট সৃষ্টির ফলে ব্যাপক পরিবর্তন এবং তার সাথে খাপ খাইয়ে নেওয়া (adjustment) ইত্যাদির মাধ্যমে ভূমিরূপ বিবর্তিত হয়। এই ধারণার উপর ভিত্তি করে **স্কুম** (Schumm) 1975 সালে তাঁর সাম্প্রতিকতম **বিবর্তন তত্ত্বের** উল্লেখ করেন (চিত্র 17.9-ঘ)।