

স্থানীয় দুর্যোগ ঝুঁকি হ্রাস কর্মপরিকল্পনার আপদ বিশ্লেষণ ও
ঝুঁকি মূল্যায়ন নির্দেশিকা

এপ্রিল, ২০২৫

স্থানীয় দুর্যোগ ঝুঁকি হ্রাস কর্মপরিকল্পনা প্রণয়ন ও
বাস্তবায়নের সক্ষমতা বৃদ্ধি প্রকল্প

1.	ভূমিকা.....	1
1.1	নির্দেশিকার উদ্দেশ্য.....	1
1.2	নির্দেশিকার পরিধি.....	1
2.	আপদ বিশ্লেষণ ও ঝুঁকি মূল্যায়ন.....	2
2.1	বন্যা (মৌসুমী বন্যা, আকস্মিক বন্যা, নদীভাঙন).....	2
2.1.1.	বাংলাদেশে বন্যা আপদের বর্তমান অবস্থা.....	2
2.1.2.	UzDRRAP-এর জন্য বন্যা বিশ্লেষণের প্রস্তাবিত পদ্ধতি.....	7
4.1.1.	২.১.৩ বন্যা বিশ্লেষণের নমুনা আউটপুট.....	11
২.১.৪	UzDRRAP-এর জন্য প্রস্তাবিত নদীতীর ভাঙন বিশ্লেষণ পদ্ধতি.....	16
২.১.৫	নদীতীর ভাঙন বিশ্লেষণের নমুনা আউটপুট.....	19
২.১.৬	বন্যা সম্পর্কিত ঝুঁকি মূল্যায়ন.....	22
২.২	উপকূলীয় দুর্যোগ (জলোচ্ছাস, সুনামি).....	28
২.২.১	বাংলাদেশে উপকূলীয় দুর্যোগের বর্তমান অবস্থা.....	28
২.২.২	UzDRRAP-এর জন্য উপকূলীয় দুর্যোগ বিশ্লেষণের প্রস্তাবিত পদ্ধতি.....	39
২.২.৩	উপকূলীয় দুর্যোগ বিশ্লেষণের নমুনা ফলাফল.....	45
২.২.৩.১	মৌলিক তথ্য সংগ্রহ এবং লক্ষ্য জলোচ্ছাস নির্ধারণ.....	45
২.২.৪	উপকূলীয় দুর্যোগের ঝুঁকি মূল্যায়ন.....	54
২.৩	পলি জনিত দুর্যোগ (পাহাড়ের ধস) (Sediment Disasters- Slope Failure).....	59
২.৩.১	বাংলাদেশে পলির দুর্যোগের বর্তমান অবস্থা.....	60
২.৩.২	UzDRRAP-এর জন্য পলির দুর্যোগ বিশ্লেষণের প্রস্তাবিত পদ্ধতি.....	61
২.৩.৩	পলির দুর্যোগ বিশ্লেষণের নমুনা ফলাফল.....	62
২.৩.৪	পলি দুর্যোগের ঝুঁকি মূল্যায়ন.....	65
২.৪	ভূমিকম্প (Earthquake).....	67
২.৪.১	বাংলাদেশে ভূমিকম্পের বর্তমান অবস্থা.....	67
২.৪.২	UzDRRAP-এর জন্য ভূমিকম্প বিশ্লেষণের প্রস্তাবিত পদ্ধতি.....	67
২.৪.৩	ভূমিকম্প বিশ্লেষণের নমুনা ফলাফল.....	75
২.৪.৪	ভূমিকম্পের কম্পনে ঝুঁকি মূল্যায়ন.....	76

1. ভূমিকা

1.1 নির্দেশিকার উদ্দেশ্য

এই নির্দেশিকাটি উপজেলা দুর্ভোগ ঝুঁকি হাস কর্মপরিকল্পনা (UzDRRAP) প্রণয়নের অংশ হিসেবে উপজেলা পর্যায়ে বিপদ বিশ্লেষণ (hazard analysis) ও ঝুঁকি মূল্যায়নের (risk assessment) জন্য প্রয়োগযোগ্য পদ্ধতি (feasible methods) এবং বিশ্লেষণমূলক কার্যপ্রক্রিয়াগুলোর ওপর গুরুত্বারোপ করে। UzDRRAP-এর বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী, প্রতিটি উপজেলা দুর্ভোগ ব্যবস্থাপনা কমিটি (UzDMC) তাদের নিজ নিজ এলাকায় দুর্ভোগ ঝুঁকি কীভাবে ধাপে ধাপে হাস করা হবে তা নির্ধারণের জন্য দুর্ভোগ ঝুঁকি হাসের লক্ষ্য (DRR target) নির্ধারণ করে এবং উক্ত লক্ষ্য অর্জনের জন্য প্রয়োজনীয় কাঠামোগত ও অ-কাঠামোগত ব্যবস্থা নির্ধারণ করে, যা অগ্রাধিকারভিত্তিতে বাস্তবায়নযোগ্য। এই উদ্দেশ্যে, UzDMC-এর জন্য স্থানীয় বিপদের স্থানিক সম্ভাব্যতা (spatial potential of local hazards) মানচিত্র আকারে অনুধাবন করা এবং বিভিন্ন বিপদের কারণে নিজ এলাকায় কতটুকু ক্ষয়ক্ষতি প্রত্যাশিত তা বাস্তবভিত্তিক ও পরিমাণগত উপায়ে অনুধাবন করা প্রয়োজন। স্থানীয় বিপদ মানচিত্রায়ন (local hazard mapping) এবং সরলীকৃত ঝুঁকি মূল্যায়ন (simplified risk assessment) সংক্রান্ত কারিগরি নির্দেশিকা কেবলমাত্র জিআইএস প্রকৌশলী-এর মতো বিশ্লেষকের জন্য নয় বরং পরিকল্পনা প্রক্রিয়ায় এই ফলাফল ব্যবহারে সংশ্লিষ্ট ব্যবহারকারীদের জন্যও প্রদান বিবেচনায় নিয়ে, এই নির্দেশিকায় ব্যাখ্যা করা হয়েছে, কীভাবে বাংলাদেশের মধ্যে বিদ্যমান ডিজিটাল উচ্চতা উপাত্ত (digital elevation data) এবং স্থানিক (কোন একটি নির্দিষ্ট স্থানের বৈশিষ্ট্য) উপাত্ত (spatial data) ব্যবহার করে সম্ভাব্য বিপদের স্থানিক বণ্টন (spatial distribution of potential hazards) চিত্রিত করা যায় এবং বিপদ মানচিত্র (hazard maps)-এর ভিত্তিতে পরিমাণগতভাবে ক্ষয়ক্ষতি ও লোকসান অনুমান করা যায়।

1.2 নির্দেশিকার পরিধি

এই নির্দেশিকার ভিত্তিতে উপজেলা পর্যায়ে বিপদ বিশ্লেষণ ও ঝুঁকি মূল্যায়নের আউটপুট এমনভাবে উপস্থাপন করার উদ্দেশ্যে প্রণীত হয়েছে যাতে তাদের আশেপাশের এলাকায় কী ধরনের দুর্ভোগ ঝুঁকি বিদ্যমান তা বাস্তবভিত্তিক ও পরিমাণগত পদ্ধতিতে দৃশ্যমান হয় এবং কোন প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা (countermeasures) গ্রহণের প্রয়োজনীয়তা ও অগ্রাধিকারের বিষয়টি বিবেচনার জন্য এটি একটি প্রমাণভিত্তিক ভিত্তি (objective foundation) হিসেবে ব্যবহৃত হতে পারে। বিশ্লেষণ ও মূল্যায়নের সরলতা (simplicity) এবং বহুমুখিতা (versatility) নিশ্চিত করার লক্ষ্যে অনুমান করা হয়েছে যে বিশ্লেষকের দক্ষতার মাত্রা নির্বিশেষে অপেক্ষাকৃত সহজে সংগ্রহযোগ্য ইনপুট উপাত্ত (input data) যেমন ফ্রি ডিজিটাল উচ্চতা মডেল (free Digital Elevation Model - DEM), আদমশুমারির পরিসংখ্যান ইত্যাদি ব্যবহার করে সরলীকৃত জিআইএস-ভিত্তিক বিশ্লেষণ পদ্ধতি গ্রহণ করা হবে। সেই অনুযায়ী, বিশ্লেষণ ও মূল্যায়নের সীমিত নির্ভুলতার (limited accuracy) কারণে এই আউটপুটগুলো শুধুমাত্র UzDRRAP প্রণয়নের জন্য ব্যবহারের উদ্দেশ্যে প্রযোজ্য হবে এবং কাঠামোগত প্রতিকারমূলক ব্যবস্থার (structural countermeasures) জন্য সম্ভাব্যতা যাচাই (Feasibility Study - F/S) ও অন্যান্য বিস্তারিত মূল্যায়ন বাস্তবায়নের সময়ে আরও নির্ভুল বিশ্লেষণ পদ্ধতির প্রয়োগ আলাদাভাবে করা উচিত—এমন সুপারিশ করা হয়েছে।

UzDRRAP-এ সব ধরনের প্রাকৃতিক দুর্ভোগ অন্তর্ভুক্ত থাকবে। তবে, বিদ্যমান উপাত্ত ও বিশ্লেষণ পদ্ধতির সীমাবদ্ধতার কারণে, সব ধরনের দুর্ভোগের জন্য উপজেলা-ভিত্তিক বিপদের স্থানিক মূল্যায়ন (spatially assess the hazard potential) করা সম্ভব নয়। এছাড়াও, দুর্ভোগের ধরন অনুযায়ী অনেক ক্ষেত্রে প্রকৃত দুর্ভোগের রেকর্ড ছাড়া স্থানীয় আপদের বৈশিষ্ট্য (local hazard characteristics) নির্ধারণ করাও সম্ভব নয়। এই ধরনের বাস্তব প্রেক্ষাপট (actual status) এবং বাংলাদেশের ভৌগোলিক বৈশিষ্ট্য বিবেচনায় নিয়ে, এই নির্দেশিকায় প্রাথমিক লক্ষ্য হিসেবে ‘বন্যা’, ‘উপকূলীয় দুর্ভোগ’, ‘ভূমিকম্প’ (Sediment Disasters) এবং ‘ভূমিকম্প’ নির্ধারণ করা হয়েছে। বিপদ বিশ্লেষণ এবং ঝুঁকি মূল্যায়নের জন্য লক্ষিত দুর্ভোগের ধরন প্রয়োজনে বাড়ানো হবে।

2. আপদ বিশ্লেষণ ও ঝুঁকি মূল্যায়ন

2.1 বন্যা (মৌসুমী বন্যা, আকস্মিক বন্যা, নদীভাঙন)

2.1.1. বাংলাদেশে বন্যা আপদের বর্তমান অবস্থা

বাংলাদেশের পৃষ্ঠজল ব্যবস্থাটি প্রধান ও উপ-নদীসমূহের একটি বিশাল জালিকার মাধ্যমে গঠিত। দেশে মোট ৪০৫টি নদী বিদ্যমান, যার মধ্যে ৫৭টি আন্তঃসীমান্ত নদী। এর মধ্যে পদ্মা, যমুনা ও মেঘনা নদী সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ। এই তিনটি প্রধান নদীব্যবস্থা পাঁচটি দেশকে আচ্ছাদিত করে, যথা—ভারত (৬২.৯%), চীন (১৯.১%), নেপাল (৮%), বাংলাদেশ (৭.৪%) এবং ভুটান (২.৬%)। এই নদীগুলোর সব পানি প্রবাহ শেষ পর্যন্ত বাংলাদেশের মধ্য দিয়ে বঙ্গোপসাগরে নিঃসৃত হয়। ডেল্টার নদীব্যবস্থা বিগত কয়েক শতাব্দীতে বিভিন্ন পরিবর্তনের মধ্য দিয়ে গঠিত হয়েছে। নদীগুলো পূর্বের প্রবাহপথ ত্যাগ করে নতুন পথ অবলম্বন করেছে। জলবিদ্যুৎ প্ল্যান্ট স্থাপনের ফলে প্রধান নদীগুলোর প্রবাহপথ (avulsion) একাধিকবার পরিবর্তন হয়েছে।

বাংলাদেশ বিভিন্ন প্রকার বন্যার প্রবণতা রয়েছে, যা নিচে উপস্থাপন করা হলো:

মৌসুমী বন্যা (Seasonal flood) হলো একটি প্রাকৃতিক ঘটনা, যা বাংলাদেশের প্রধান নদীগুলোর বাঁধ উপচে পড়া পানি দ্বারা সৃষ্টি হয়। প্রধান নদীগুলোর বন্যা সাধারণত ধীরে ধীরে বৃদ্ধি পায় এবং ১০ থেকে ২০ দিন বা তারও বেশি সময় ধরে স্থায়ী হয়। মোট পানি প্রবাহের প্রায় ৮০% বর্ষাকাল (জুন থেকে অক্টোবর) অর্থাৎ ৫ মাসের মধ্যে ঘটে। বাংলাদেশ বর্ষাকালে অতিরিক্ত পানি প্রবাহের কারণে প্রায়শই বন্যার সম্মুখীন হয় এবং বছরের অন্যান্য সময়ে পানির স্বল্পতার কারণে খরার পরিস্থিতির সৃষ্টি হয়। জলবায়ু বৈজ্ঞানিকভাবে (climatologically), বাংলাদেশের ওপরের অববাহিকা থেকে পানি প্রবাহ বর্ষাকালের বিভিন্ন সময়ে ঘটে থাকে। যমুনা নদীতে সাধারণত সর্বাধিক প্রবাহ বর্ষার শুরুর দিকে, অর্থাৎ জুন ও জুলাই মাসে দেখা যায়; অন্যদিকে পদ্মা নদীতে সর্বাধিক প্রবাহ সাধারণত আগস্ট ও সেপ্টেম্বর মাসে ঘটে। এই দুটি নদীর সর্বোচ্চ প্রবাহের সময়কাল একযোগে সংঘটিত হলে তা বিধ্বংসী বন্যার কারণ হয়ে দাঁড়ায়। বাংলাদেশে এই ধরনের ঘটনা বিরল নয়। বাংলাদেশের নদীগুলো প্রায় ১৭.৬ লক্ষ বর্গকিলোমিটার এলাকায় পানি নিষ্কাশন করে, যার প্রায় ৯৩% দেশের সীমানার বাইরে অবস্থিত, যথা—ভারত, নেপাল, ভুটান এবং চীন।

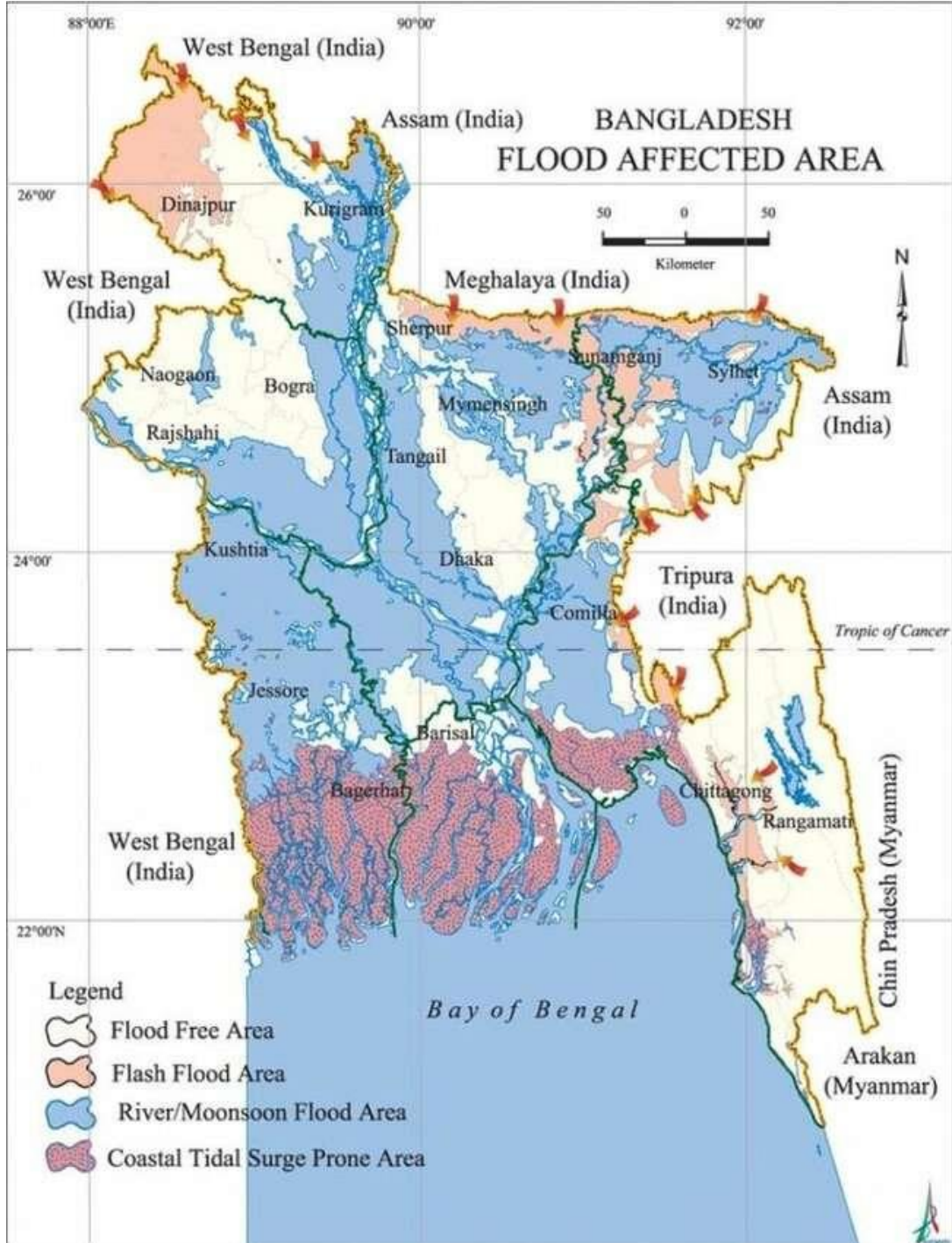
আকস্মিক বন্যা (Flash flood) সাধারণত বাংলাদেশের পূর্ব ও উত্তরাঞ্চলের পার্বত্য নদীগুলোর উপচে পড়া পানির ফলে এপ্রিল-মে এবং সেপ্টেম্বর-নভেম্বর মাসে ঘটে থাকে। আকস্মিক বন্যা প্রবণ এলাকার মধ্যে পাহাড়ের পাদদেশ ও হাওর অঞ্চল অন্তর্ভুক্ত। স্বল্প সময়ব্যাপী এবং স্থানীয়ভাবে তীব্র বৃষ্টিপাত আকস্মিক বন্যার প্রধান কারণ। আকস্মিক বন্যার বৈশিষ্ট্য হলো, সাধারণত নদীতে পানি দ্রুত বৃদ্ধি পায় এবং তুলনামূলকভাবে দ্রুত হ্রাস পায়, যা কয়েক ঘণ্টার মধ্যেই ঘটতে পারে। এপ্রিল ও মে মাসে, দেশের উত্তর-পূর্ব ও দক্ষিণ-পূর্ব অঞ্চলের জেলাগুলোতে গ্রীষ্মকালীন ফসল ধান কাটার সময়ে আকস্মিক বন্যা ক্ষতির কারণ হয়ে দাঁড়ায়।

ভূভাগীয় বন্যা (Inland flood) সাধারণত দেশের বহু অঞ্চলে ঘটে থাকে। এই ধরনের বন্যা ঘটে প্লাবনভূমিতে, যেখানে প্রাকৃতিক নিষ্কাশন ব্যবস্থায় বাঁধা/বিঘ্ন ঘটা — যা মানবসৃষ্ট হস্তক্ষেপ যেমন: অপরিচ্ছিন্ন গ্রামীণ সড়ক নির্মাণ, নদীপথ দখল ইত্যাদি অথবা প্রাকৃতিক নিষ্কাশন ব্যবস্থার ধীরে ধীরে অবক্ষয়ের কারণে হতে পারে। যখন এই এলাকাগুলোতে ভারী বৃষ্টিপাত ঘটে, তখন প্রাকৃতিক নিষ্কাশন ব্যবস্থা বৃষ্টিপাত থেকে সৃষ্ট অতিরিক্ত প্রবাহ বহন করতে পারে না এবং অনেক স্থানে সাময়িক জলাবদ্ধতা সৃষ্টি হয়। এই ধরনের বৃষ্টিনির্ভর বন্যা দক্ষিণ-পশ্চিমাঞ্চল এবং প্রধান নগর এলাকাগুলোতে ক্রমবর্ধমান হারে দেখা যাচ্ছে।

বন্যার পাশাপাশি, নদীভাঙন বাংলাদেশে অন্যান্য দুর্ভোগের তুলনায় কোনো অংশে কম বিপজ্জনক বা সমস্যাজনক নয়। বাংলাদেশের নদীগুলো ভূ-পৃষ্ঠের গঠন (Geomorphological) অত্যন্ত গতিশীল। প্রধান নদীগুলো বহুবিভক্ত এবং এই বিভক্ত প্রবাহপথগুলোর মধ্যে চরের সৃষ্টি হয়। নদীভাঙন প্রক্রিয়া অত্যন্ত অনিয়ন্ত্রিত এবং পুনরুদ্ধারযোগ্য নয়। এই প্রক্রিয়াগুলো ঐ অঞ্চলে

বসবাসরত মানুষের জীবনের ওপর গভীর প্রভাব ফেলে এবং অনেকক্ষেত্রে তা নাটকীয় রূপ ধারণ করে।

নদীতীর ভাঙ্গন (Riverbank erosion) বিভিন্ন উপাদানের ওপর নির্ভর করে, যেমন—বৃষ্টিপাতের পরিমাণ, নদীর গঠনগত বৈশিষ্ট্য (river morphology), মাটির গুণাগুণ এবং তীরবর্তী উপকরণ, পানিপ্রবাহের ধরণ ও পানির স্তরের পরিবর্তন, তীরবর্তী প্রবাহের বেগ, বড় ধরনের ভূমিকম্প বা হঠাৎ নদীসংযোগের কারণে সৃষ্ট অতিরিক্ত পলি প্রবাহ, জালের মতো প্রবাহপথের (reticulated channels) স্থিতিশীলতা, নদীর প্লাবনভূমির ভূপ্রকৃতি, নদীতীরবর্তী জনগোষ্ঠীর সামাজিক-অর্থনৈতিক অবস্থা এবং উজানে বৃহৎ হস্তক্ষেপ। নদীতীর ভাঙ্গনের ফলে নদী অঞ্চল (riverine area) বৃদ্ধি পাওয়া মানে কৃষিজমির পরিমাণ হ্রাস পাওয়া, বিশেষ করে বাংলাদেশের মতো দেশে, যা দেশের উন্নয়নের পথে একটি প্রতিবন্ধকতা সৃষ্টি করে।



সূত্র: জাতীয় এনসাইক্লোপিডিয়া বাংলাদেশ (https://en.banglapedia.org/index.php?title=Natural_Hazard)

চিত্র ২.১.১ বাংলাদেশে বন্যার বৈশিষ্ট্য

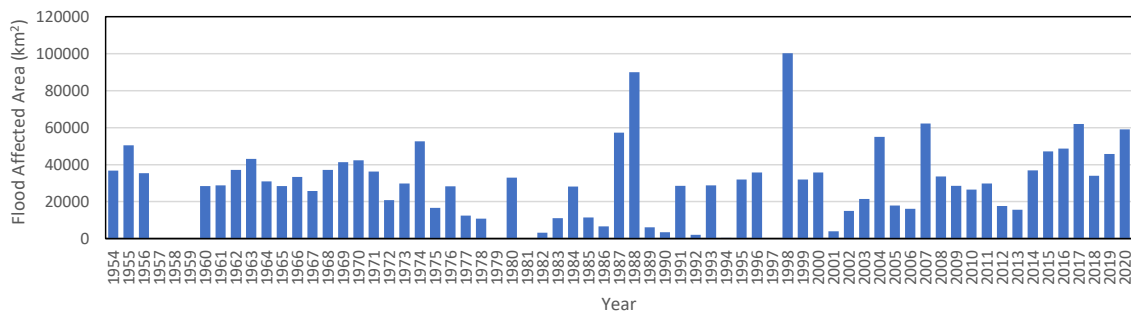
সারণি ২.১.১ ১৯৮০ সালের পর থেকে অতীতের প্রধান বন্যার ঘটনা

ক্রমিক	বন্যা	সারসংক্ষেপ
১	১৯৮৭ সালের বন্যা	• প্লাবিত এলাকা: ৫৭,০০০ বর্গকিমি (দেশের ৩৯%) • মৃত্যুর সংখ্যা: ২,০৫৫ জন • মোট ক্ষয়ক্ষতির পরিমাণ: ১.০ বিলিয়ন মার্কিন ডলার (World Bank, 2002)
২	১৯৮৮ সালের বন্যা	• প্লাবিত এলাকা: ৯০,০০০ বর্গকিমি (দেশের ৬১%) • মৃত্যুর সংখ্যা: ২,৩০০ জন • ক্ষতিগ্রস্ত জনসংখ্যা: প্রায় ৪৫ লক্ষ • মোট ক্ষয়ক্ষতির পরিমাণ: ১.২ বিলিয়ন মার্কিন ডলার (World Bank, 2002)
৩	১৯৯৮ সালের বন্যা	• প্লাবিত এলাকা: ১,০০,২৫০ বর্গকিমি (দেশের ৬৮%) • মৃত্যুর সংখ্যা: ১,১০০ জনের বেশি • ক্ষতিগ্রস্ত জনসংখ্যা: প্রায় ৩১ লক্ষ • ক্ষয়ক্ষতি: ঘর ৫ লক্ষ, সড়ক ২৩,৫০০ কিমি, বাঁধ ৪,৫০০ কিমি, কৃষিজমি ৫ লক্ষ হেক্টর • মোট ক্ষয়ক্ষতির পরিমাণ: ২.৮ বিলিয়ন মার্কিন ডলার (World Bank, 2002)
৪	২০০৪ সালের বন্যা	• প্লাবিত এলাকা: ৫৬,০০০ বর্গকিমির বেশি (দেশের ৩৮%) • মৃত্যুর সংখ্যা: ৭৫০ জন • ক্ষতিগ্রস্ত জনসংখ্যা: প্রায় ৩৬,০০,০০০ জন • ক্ষয়ক্ষতি: সড়ক ৫৮,০০০ কিমি, বাঁধ ৩,১০০ কিমি, কৃষি ১৩ লক্ষ হেক্টর • মোট ক্ষয়ক্ষতির পরিমাণ: ২.২ বিলিয়ন মার্কিন ডলার (ADB-World Bank, 2004)
৫	২০০৭ সালের বন্যা	• প্লাবিত এলাকা: ৬৩,০০০ বর্গকিমির বেশি (দেশের ৪৩%) • মৃত্যুর সংখ্যা: ৮৩১ জন • ক্ষতিগ্রস্ত জনসংখ্যা: প্রায় ১.৩৩ কোটি • ক্ষয়ক্ষতি: সম্পূর্ণ ধ্বংস ৮১,০০০ ঘর, আংশিক ক্ষতিগ্রস্ত ১০ লক্ষ, কৃষি ৮.৯ মিলিয়ন হেক্টর, বহু মৃত্যু, সম্পূর্ণ ক্ষতিগ্রস্ত সড়ক ৩,৬১৯ কিমি, আংশিক ক্ষতিগ্রস্ত ২৫,১০৪ কিমি, সম্পূর্ণ ক্ষতিগ্রস্ত বাঁধ ৮৮ কিমি, আংশিক ক্ষতিগ্রস্ত বাঁধ ১,০০২ কিমি, সেতু/কালভার্ট ১,৭৭০, সম্পূর্ণ ক্ষতিগ্রস্ত শিক্ষা প্রতিষ্ঠান ৫৫৭, আংশিক ক্ষতিগ্রস্ত ৭,৫৯২, আশ্রয়কেন্দ্র ১,৬৭৩ • মোট ক্ষয়ক্ষতির পরিমাণ: ১.৮ বিলিয়ন মার্কিন ডলার (DMIC SitRep, 22 Sept 2007)
৬	২০১৭ সালের বন্যা	• প্লাবিত এলাকা: ৬২,০০০ বর্গকিমির বেশি (দেশের ৪২%) • মৃত্যুর সংখ্যা: ১৪৪ জন • ক্ষতিগ্রস্ত জনসংখ্যা: প্রায় ৮০ লক্ষ • ক্ষয়ক্ষতি: সম্পূর্ণ ধ্বংস ১,০৩,৫১৬ ঘর, আংশিক ক্ষতিগ্রস্ত ৬,১৮,৫১৬, কৃষি ধ্বংস ১,০২,৮০৮ হেক্টর, আংশিক ক্ষতি ৫,০৪,১৪৭ হেক্টর

ক্রমিক	বন্যা	সারসংক্ষেপ
		মোট ক্ষয়ক্ষতির পরিমাণ: ৫.০ বিলিয়ন মার্কিন ডলার (Shelter Cluster, EM-DAT)
৭	২০১৯ সালের বন্যা	- প্লাবিত এলাকা: ৪৬,০০০ বর্গকিমি (দেশের ৩১%) - মৃত্যুর সংখ্যা: ১১৪ জন - ক্ষতিগ্রস্ত জনসংখ্যা: প্রায় ৭৬ লক্ষ - ক্ষয়ক্ষতি: সম্পূর্ণ ধ্বংস ৩৪,৭৩১ ঘর, আংশিক ক্ষতিগ্রস্ত ৫,৪৮,৬৭১, সড়ক ৬,৬৪১ কিমি, বাঁধ ১,৫১৫ কিমি, সেতু ও কালভার্ট ১,২৭৫, কৃষি জমি ১,৩৭,৭৯৮ হেক্টর - মোট ক্ষয়ক্ষতির পরিমাণ: ০.৭৫ বিলিয়ন মার্কিন ডলার (NDRCC, 2019)
৮	২০২২ সালের বন্যা	- প্লাবিত এলাকা: ৫,০০০ বর্গকিমির বেশি (সিলেট জেলার ৬০% এবং সুনামগঞ্জের ৮০%) - মৃত্যুর সংখ্যা: ৪০ জন - ক্ষতিগ্রস্ত জনসংখ্যা: প্রায় ৪৩ লক্ষ - ক্ষয়ক্ষতি: কৃষিজমি ২,৬৬,১৩৭ হেক্টর, বাঁধ ৩৮টি, সড়ক ৬০০ কিমি, কালভার্ট ২৮টি, শিক্ষা প্রতিষ্ঠান ৬০০, নলকূপ ১১,৬৪০, পানি সরবরাহ পাইপলাইন ৬.৫ কিমি - মোট ক্ষয়ক্ষতির পরিমাণ: প্রায় ১,১০০ কোটি টাকা (Sylhet District and Sylhet City Corporation)
৯	২০২৪ সালের বন্যা	- মৃত্যুর সংখ্যা: ৭১ জন - ক্ষতিগ্রস্ত জনসংখ্যা: প্রায় ৫৮.২ লক্ষ - ক্ষয়ক্ষতি: ১১ জেলায় আংশিক ক্ষতিগ্রস্ত ঘর ১,৫৩,৭৩৮ এবং সম্পূর্ণ ধ্বংস ৫৩,৫৮১ - মোট ২,৯৬,৮৫২ হেক্টর ফসল ক্ষতিগ্রস্ত ৭,০০০-এর বেশি স্কুল বন্ধ, ফলে ১৭.৫ লক্ষ প্রাথমিক শিক্ষার্থী ক্ষতিগ্রস্ত - মোট ক্ষয়ক্ষতির পরিমাণ: ১.২ বিলিয়ন মার্কিন ডলার (OCHA, 2024)

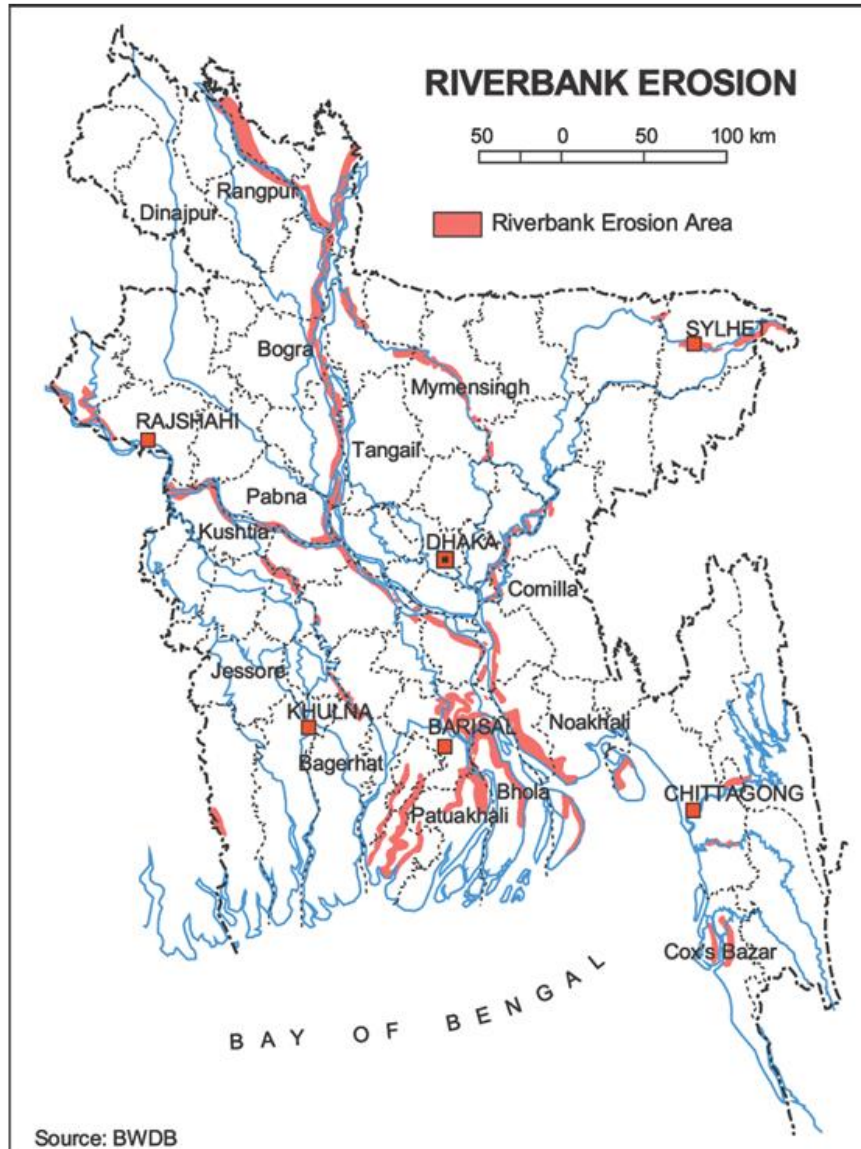
সূত্র: ১) ডিডিএম ২) UNOCHA,

৩) Data Collection Survey for Disaster Risk Reduction and Prevention in Bangladesh, 2022, JICA



সূত্র: Data Collection Survey for Disaster Risk Reduction and Prevention in Bangladesh, 2022, JICA, with Original Data from FFWC

চিত্র ২.১.২ বাংলাদেশে বন্যাকবলিত এলাকার পরিবর্তন



সূত্র: BWDB

চিত্র ২.১.৩ বাংলাদেশে বিডব্লিউডিবি কর্তৃক প্রণতি নদীভাঙনের মানচিত্র

2.1.2. UzDRRAP-এর জন্য বন্যা বিশ্লেষণের প্রস্তাবিত পদ্ধতি

বন্যা বিশ্লেষণের ধারণা

বন্যা বিশ্লেষণের উদ্দেশ্য হলো লক্ষিত উপজেলা ও এর আশপাশের এলাকায় সম্ভাব্য প্লাবনের ব্যাপকতা ও গভীরতা অনুমান করে বন্যা বিপদ সম্পর্কে বোধগম্যতা অর্জন করা।

বাংলাদেশ সরকার (GoB) এবং অন্যান্য সংশ্লিষ্ট সংস্থা যেমন ইনস্টিটিউট অব ওয়াটার মডেলিং (IWM), সেন্টার ফর এনভায়রনমেন্টাল অ্যান্ড জিওগ্রাফিক ইনফরমেশন সার্ভিসেস (CEGIS), একাডেমিক প্রতিষ্ঠানসমূহ অথবা আন্তর্জাতিক উন্নয়ন সহযোগীদের সহায়তায় পরিচালিত বিভিন্ন বন্যা বিশ্লেষণ সংক্রান্ত বিদ্যমান গবেষণা রয়েছে। বিদ্যমান উপলব্ধ সম্পদের সর্বোত্তম ব্যবহার নিশ্চিত করার দৃষ্টিকোণ থেকে, বন্যা বিপদ সম্পর্কে প্রাথমিকভাবে ধারণা নেওয়ার জন্য এসব গবেষণার ফলাফল সংগ্রহ ও বিবেচনায় নেওয়া উচিত। যদি এসব গবেষণার ফলাফল নির্ভুলতা এবং কভারেজ এলাকার দিক থেকে পর্যাপ্ত না হয়, তবে পরবর্তী অংশে প্রদত্ত বন্যা বিশ্লেষণ পদ্ধতি অনুসরণ করে নতুন বিশ্লেষণ সম্পাদন করা প্রয়োজন।

বিশ্লেষণের ধরনসমূহ

এই নির্দেশিকায় দুই ধরনের বন্যা বিশ্লেষণ প্রস্তাব করা হয়েছে। প্রথমটি হলো তুলনামূলকভাবে সহজ একটি বিশ্লেষণ, যেখানে বিদ্যমান বন্যা বিপদ মানচিত্র বা পানির স্তরের তথ্য ব্যবহার করা হয়। এই তথ্যসমূহকে সর্বশেষ এবং/অথবা অধিক নির্ভুল ডিজিটাল উচ্চতা মডেল (Digital Elevation Model - DEM)-এর ভিত্তিতে জিআইএস (GIS) সফটওয়্যারের মাধ্যমে হালনাগাদ করে নির্ভরযোগ্যতা বৃদ্ধি করা হবে। অপরটি হলো হাইড্রোলজিক্যাল ও হাইড্রোলিক বিশ্লেষণ, যা রেইনফল-রানঅফ-ইনান্ডেশন (Rainfall-Runoff-Inundation - RRI) মডেল এবং জিআইএস সফটওয়্যার ব্যবহার করে বৃষ্টিপাত, DEM ও অন্যান্য ইনপুট উপাত্তের সমন্বয়ে সম্পাদিত হয়।

এই বিশ্লেষণগুলোর সাধারণ বৈশিষ্ট্যসমূহ নিচের সারণিতে বর্ণনা করা হয়েছে। কোন পদ্ধতি ব্যবহৃত হবে তা নির্ধারণ নির্ভর করে সংশ্লিষ্ট অপারেটরের কারিগরি দক্ষতা এবং হাইড্রোলজিক্যাল, ভূ-প্রকৃতিগত ও অন্যান্য ইনপুট উপাত্তের প্রাপ্যতার উপর।

সারণি ২.১.২ : বন্যা আপদ বিশ্লেষণের বৈশিষ্ট্যাবলি

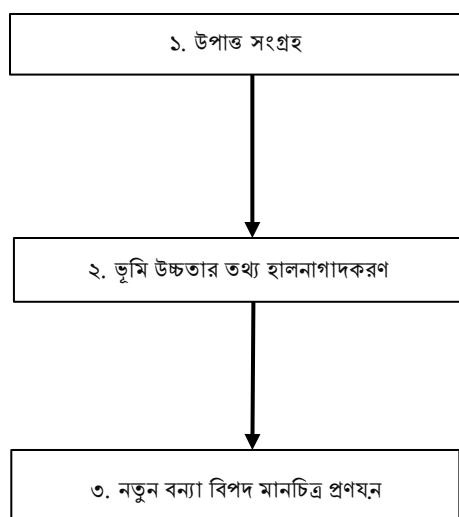
ক্রমিক নং	সরল পদ্ধতি: বিদ্যমান বন্যা তথ্যের সংকলন	উন্নত পদ্ধতি: হাইড্রোলজিক্যাল ও হাইড্রোলিক বিশ্লেষণ
ধারণা	সাম্প্রতিক ভূ-প্রকৃতিগত অবস্থান প্রতিফলিত করার জন্য সর্বশেষ ভূমি উচ্চতা মডেলের (DEM) ভিত্তিতে বিদ্যমান বিপদ মানচিত্র বা পানির স্তরের তথ্য হালনাগাদ।	নির্দিষ্ট বৃষ্টিপাত পরিস্থিতিতে প্লাবনের ব্যাপকতা ও গভীরতা অনুমান করতে হাইড্রোলজিক্যাল ও হাইড্রোলিক বিশ্লেষণ পরিচালনা।
প্রযোজ্য এলাকা	যেসব অঞ্চলে হাইড্রোলজিক্যাল অবজারভেশন নেটওয়ার্ক কিছুটা গড়ে উঠেছে। বিশাল নদী অববাহিকা যেখানে হাইড্রোলজিক্যাল/হাইড্রোলিক মডেল তৈরি করা কঠিন। (প্রধান নদী অববাহিকা)	যেসব অঞ্চলে নির্ভরযোগ্য বন্যা বিপদ সম্পর্কিত তথ্য নেই। যেসব নদী অববাহিকায় হাইড্রোলজিক্যাল অবজারভেশন নেটওয়ার্ক পুরোপুরি গড়ে উঠেনি। যেসব নদী অববাহিকার আকার ছোট। (প্রান্তিক এলাকা, দক্ষিণ-পূর্বাঞ্চল, আকস্মিক বন্যা প্রবণ এলাকা)
পদ্ধতি	বিদ্যমান বন্যা বিপদ মানচিত্র বা পানির স্তরের তথ্য থেকে পানির	লক্ষিত এলাকাভিত্তিক এক বা একাধিক

ক্রমিক নং	সরল পদ্ধতি: বিদ্যমান বন্যা তথ্যের সংকলন	উন্নত পদ্ধতি: হাইড্রোলজিক্যাল ও হাইড্রোলিক বিশ্লেষণ
	পৃষ্ঠ মানচিত্র তৈরি। পানির পৃষ্ঠ উচ্চতা অপরিবর্তিত রেখে GIS সফটওয়্যারে সর্বশেষ টোপোগ্রাফিক উপাত্ত (DEM) ব্যবহার করে ভূমির উচ্চতা হালনাগাদ করে বন্যার গভীরতা বিতরণ মানচিত্র তৈরি।	নদী অববাহিকায় RRI মডেল ব্যবহার করে হাইড্রোলজিক্যাল ও হাইড্রোলিক বিশ্লেষণ সম্পাদন। গণনা করা বন্যা এলাকা ও গভীরতা GIS সফটওয়্যারে বিপদ মানচিত্রে রূপান্তর।
বিশ্লেষণের জন্য প্রয়োজনীয় উপাত্ত	(প্রয়োজনীয়): • বিদ্যমান বন্যা বিপদ মানচিত্র বা পানির স্তর বিতরণ তথ্য (গেজিং স্টেশন, সরেজমিন তদন্ত, স্থানীয় সাক্ষাৎকার) • বিদ্যমান মানচিত্রে ব্যবহৃত ভূমির উচ্চতা উপাত্ত • সর্বশেষ ডিজিটাল উচ্চতা উপাত্ত (DEM) (প্রয়োজনীয় না হলেও সহায়ক): • সড়ক, বাঁধ ও স্থানীয় উচ্চতা তথ্য	(প্রয়োজনীয়): • বৃষ্টিপাত তথ্য বা বৃষ্টিপাত তীব্রতা সূত্র • ডিজিটাল উচ্চতা উপাত্ত (DEM) (প্রয়োজনীয় না হলেও সহায়ক): • ভূমি আচ্ছাদন তথ্য • নদীর মোহনায় পানির স্তর • নদী চ্যানেলের প্রস্থ ও গভীরতা • সড়ক, বাঁধ ও স্থানীয় উচ্চতা তথ্য
নোট	বিদ্যমান বন্যা বিপদ মানচিত্র বা পানির স্তরের তথ্য ব্যবহারের ক্ষেত্রে নিশ্চিত করতে হবে যে উক্ত তথ্য বন্যার সময় পানির সর্বোচ্চ উচ্চতা বা দ্রুত বৃদ্ধির অবস্থা প্রতিফলিত করে। এছাড়াও, পানির স্তরের সংঘটন সম্ভাবনা (বা পুনরাবৃত্তি সময়কাল) জানা আছে কিনা নিশ্চিত করতে হবে। না থাকলে UzDRRAP-এ লক্ষ্যমাত্রার নিরাপত্তা স্তর পরিমাণগতভাবে অনির্দিষ্ট থাকবে।	যদিও RRI মডেল তুলনামূলকভাবে সহজ ও ব্যবহারযোগ্য, তবে এটি পরিচালনার জন্য সফটওয়্যার ব্যবহারে নির্দিষ্ট কারিগরি দক্ষতা এবং হাইড্রোলজি ও হাইড্রোলিকস সংক্রান্ত জ্ঞান প্রয়োজন। সফটওয়্যার ব্যবহারের জন্য প্রশিক্ষণ প্রয়োজন হতে পারে।

প্রতিটি বিশ্লেষণের ধারা (flow) নিচে উপস্থাপন করা হলো।

1) বিদ্যমান বন্যা তথ্যের সংকলন (সরল পদ্ধতি)

নিম্নের চিত্রে বিদ্যমান বন্যা তথ্য সংকলনের প্রক্রিয়া উপস্থাপন করা হয়েছে। বিস্তারিত প্রক্রিয়ার জন্য অনুগ্রহ করে সংযুক্তি (প্রযুক্তিপত্ৰ নির্দেশিকা) দেখুন।

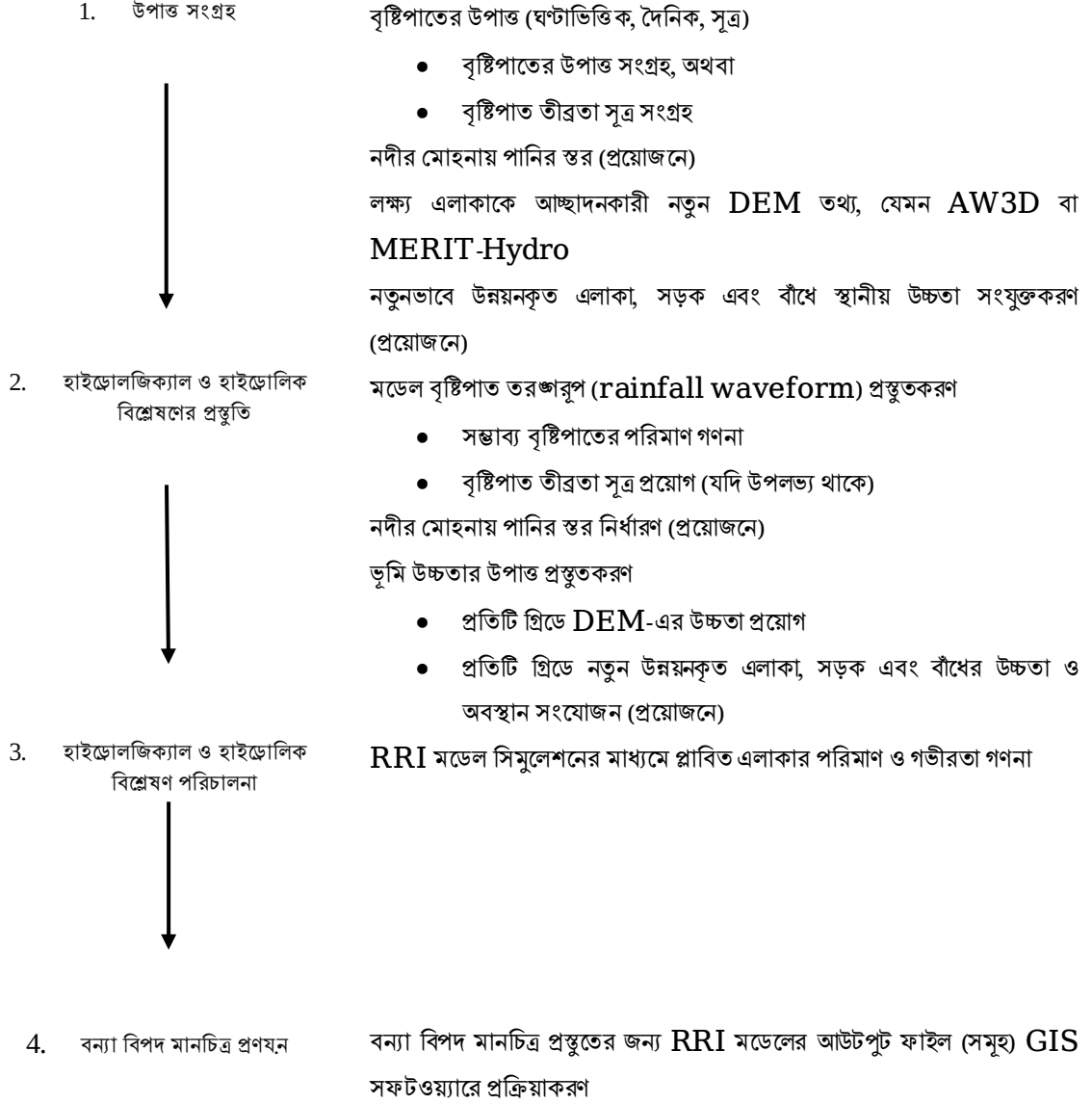


আপডেটের পূর্বে পানির পৃষ্ঠ মানচিত্র প্রস্তুতকরণ

- বিদ্যমান বন্যা বিপদ মানচিত্র, যেখানে ভূমি উচ্চতার তথ্য অন্তর্ভুক্ত অথবা,
 - গেজিং স্টেশনের পানির স্তরের ইন্টার/এক্সট্রাপোলেশন
- নতুন ডিজিটাল উচ্চতা মডেল (DEM) সংগ্রহ, যেমন AW3D বা MERIT-DEM (University of Tokyo, Japan কর্তৃক প্রদত্ত)
- ভূমি উচ্চতার হালনাগাদকরণ (পুরাতন উচ্চতার তথ্যের পরিবর্তে নতুন তথ্য প্রতিস্থাপন করা)
- নতুন DEM দ্বারা
 - নতুনভাবে উন্নয়নকৃত এলাকা, সড়ক, এবং বাঁধের তথ্য যুক্তকরণ (প্রয়োজনে)
- নতুন বন্যার গভীরতা হিসাব
- (বন্যার গভীরতা (মিটার) = বন্যার পৃষ্ঠ স্তর - ভূমি উচ্চতা)
- GIS সফটওয়্যারের মাধ্যমে নতুন বন্যা বিপদ মানচিত্র প্রণয়ন

2) হাইড্রোলজিক্যাল ও হাইড্রোলিক বিশ্লেষণ (উন্নত পদ্ধতি)

নিম্নের চিত্রে হাইড্রোলজিক্যাল ও হাইড্রোলিক বিশ্লেষণের প্রক্রিয়া উপস্থাপন করা হয়েছে। বিস্তারিত প্রক্রিয়ার জন্য অনুগ্রহ করে সংযুক্তি (প্রযুক্তিগত নির্দেশিকা) দেখুন।



চিত্র ২.১.৫ : হাইড্রোলজিক্যাল ও হাইড্রোলিক বিশ্লেষণের ধারা

২.১.২.৩ প্রয়োজনীয় উপাত্ত

উপরে উল্লেখিত প্রতিটি বিশ্লেষণের জন্য কিছু হাইড্রোলজিক্যাল উপাত্ত এবং ভূ-উচ্চতা সম্পর্কিত উপাত্ত প্রয়োজন। সেগুলো নিচের সারণিতে সংক্ষিপ্ত আকারে উপস্থাপন করা হলো।

সারণি ২.১.৩ বন্যা আপদ বিশ্লেষণের জন্য প্রয়োজনীয় তথ্য

	১. বিদ্যমান বন্যা তথ্যের সংকলন (সরল পদ্ধতি)	২. হাইড্রোলজিক্যাল ও হাইড্রোলিক বিশ্লেষণ (উন্নত পদ্ধতি)
উপাত্ত	১. পানির পৃষ্ঠ মানচিত্র প্রস্তুতকরণ (আপডেটের পূর্বে) • বিদ্যমান বন্যা বিপদ মানচিত্র, অথবা • লক্ষিত এলাকা আচ্ছাদনকারী গেজড পানির স্তর সম্পর্কিত তথ্য	১. বৃষ্টিপাত সংক্রান্ত উপাত্ত (ঘণ্টাভিত্তিক, দৈনিক, সূত্র) • বৃষ্টিপাতের উপাত্ত, অথবা বৃষ্টিপাত তীব্রতা সূত্র
	২. ভূমি উচ্চতা • বিদ্যমান বন্যা বিপদ মানচিত্রে ব্যবহৃত ভূমি উচ্চতা উপাত্ত • লক্ষ্য এলাকাকে আচ্ছাদনকারী নতুন DEM, যেমন AW3D বা MERIT-DEM	২. ভূমি উচ্চতা • লক্ষ্য এলাকাকে আচ্ছাদনকারী নতুন DEM, যেমন AW3D বা MERIT-HYDRO • নতুনভাবে উন্নয়নকৃত এলাকা, সড়ক ও বাঁধের তথ্য (প্রয়োজনে)

সারণি ২.১.৪ : প্রয়োজনীয় উপাত্তের প্রধান উৎসসমূহ

উপাত্তের ধরন	উপাত্তের উৎস
১. বিদ্যমান বন্যা আপদ মানচিত্রসমূহ	- মাল্টি হাজার্ড রিস্ক অ্যান্ড ভলনারেবিলিটি অ্যাসেসমেন্ট, মডেলিং অ্যান্ড ম্যাপিং (MRVAM) http://www.ddm.gov.bd/site/page/c2d881ae-fcfd-45bd-9f03-81b33d080aab/Multi-Hazard-Risk-and-Vulnerability-Assessment-Modeling-and-Mapping-- - IWM-এর বন্যা মানচিত্র (বাংলাদেশ ডেল্টা প্ল্যান ২১০০ বেইসলাইন স্টাডিজ: ভলিউম ১ ওয়াটার রিসোর্সেস ম্যানেজমেন্ট, Figure 3.13) http://www.plancomm.gov.bd/site/files/0adcee77-2db8-41bf-b36b-657b5ee1efb9/Bangladesh-Delta-Plan-2100 বি.দ্র.: এসব মানচিত্র Raw data নয়, বরং প্রক্রিয়াজাত চিত্র ফাইল। এগুলো থেকে Raw Data আহরণ সম্ভব নয়। ব্যবহারের জন্য GIS-ভিত্তিক প্রক্রিয়াকরণ প্রয়োজন।
২. পানির স্তরের উপাত্ত	- বিপজ্জনক স্তর এবং সর্বোচ্চ পানির স্তর: http://www.ffwc.gov.bd/ (FFWC) http://geo.iwmbd.com:4003/ (Flash Flood Early Warning System) - পুনরাবৃত্তিক সময়কালসহ সম্ভাব্য পানির স্তর (উত্তর-পূর্বাঞ্চলের জন্য): https://oldweb.lged.gov.bd/UploadedDocument/ProjectLibraryGallery/1393/Final%20Report.pdf আরও বিস্তারিত তথ্য: FFWC-তে আনুষ্ঠানিকভাবে অনুরোধ করতে হবে।
৩. বৃষ্টিপাতের উপাত্ত	- দৈনিক বৃষ্টিপাতের উপাত্ত: BMD বা FFWC-এর কাছে অনুরোধ করতে হবে। - কক্সবাজারে বৃষ্টিপাত তীব্রতার সূত্র: https://www.jica.go.jp/english/our_work/social_environmental/id/asia/south/bangladesh/c8h0vm0000bikdz-b-att/c8h0vm0000dqx3ly.pdf Preparatory Survey on Matarbari Port Development Project, JICA, 2019

	উপাত্তের ধরন	উপাত্তের উৎস
		- ঢাকায় বৃষ্টিপাত তীব্রতার সূত্র: https://dwasas.portal.gov.bd/sites/default/files/files/dwasas.portal.gov.bd/page/071726be_2cac_41f0_9412_be8936c47d2c/Drainage%20master%20Plan.pdf Updating/Preparation of the Stormwater Drainage Master Plan for Dhaka City, 2016
8	ডিজিটাল উচ্চতা মডেল (DEM)	-AW3D (NTT DATA Corporation and RESTEC) https://www.aw3d.jp/en/products/ -MERIT (University of Tokyo) (MERIT-DEM) http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamada/MERIT_DEM/ (MERIT-HYDRO) http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamada/MERIT_Hydro/ -GMTED2010 (U.S. Geological Survey) https://www.usgs.gov/coastal-changes-and-impacts/gmted2010 (Download) https://earthexplorer.usgs.gov/ -FABDEM (University of Bristol) https://data.bris.ac.uk/data/dataset/25wfy0f9ukoge2gs7a5mqpq2j7

4.1.1. ২.১.৩ বন্যা বিশ্লেষণের নমুনা আউটপুট

২.১.৩.১ সাধারণ

নমুনা চিত্রে প্রদর্শিত লেজেন্ড (legend) বাংলাদেশে প্রযোজ্য প্রমিত (standard) বন্যার গভীরতা শ্রেণিবিন্যাসের ভিত্তিতে নির্ধারণ করা হয়েছে। তবে, আউটপুট বন্যা বিপদ মানচিত্রের উদ্দেশ্যের উপর নির্ভর করে এটি ব্যবহারকারীর সুবিধার্থে পরিবর্তনযোগ্য।

Depth (m)	
<= 0.30	F0: ০.৩০ মিটারের কম পানির গভীরতা থাকলে বন্যাকবলিত হিসেবে বিবেচিত নয়
0.30 - 0.90	F1: বন্যার পানির গভীরতা ০.৩০ থেকে ০.৯০ মিটার
0.90 - 1.80	F2: বন্যার পানির গভীরতা ০.৯০ থেকে ১.৮০ মিটার
1.80 - 3.60	F3: বন্যার পানির গভীরতা ১.৮০ থেকে ৩.৬০ মিটার
> 3.60	F4: বন্যার পানির গভীরতা ৩.৬০ মিটারের বেশি

সাধারণভাবে, নিম্নোক্ত ভূ-প্রকৃতিগত বৈশিষ্ট্যবিশিষ্ট এলাকাগুলো বন্যাপ্রবণ হিসেবে বিবেচিত হয়:

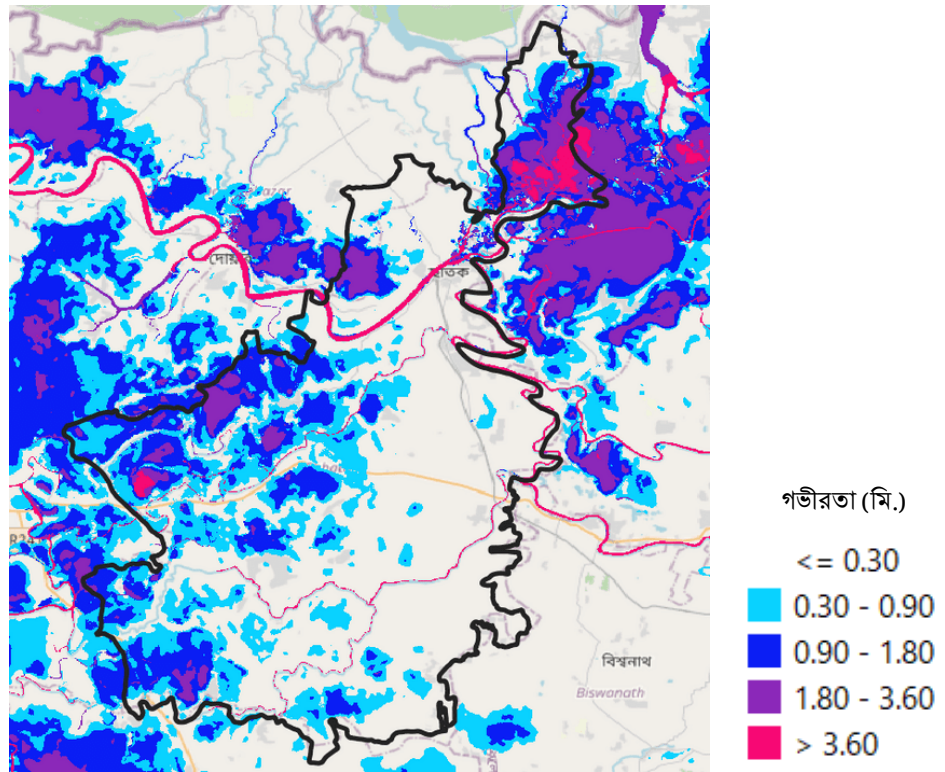
- নিচু এলাকা
- ভূ-প্রকৃতিগতভাবে নিম্নাঞ্চল
- নদী চ্যানেলের এমন অংশ, যেখানে পানির ধারণক্ষমতা কম (সংকীর্ণ বা অগভীর অংশ)
- নদীর সংঘর্ষস্থল (confluence)
- নদীতীরবর্তী অঞ্চল
- অপরিষ্কৃত নিষ্কাশন প্রবাহপথ (drainage outlet)

বিদ্যমান বন্যা তথ্য সংকলনের ভিত্তিতে সম্পন্ন নমুনা বিশ্লেষণের ফলাফল ২.১.৩.২ অনুচ্ছেদে উপস্থাপন করা হয়েছে।

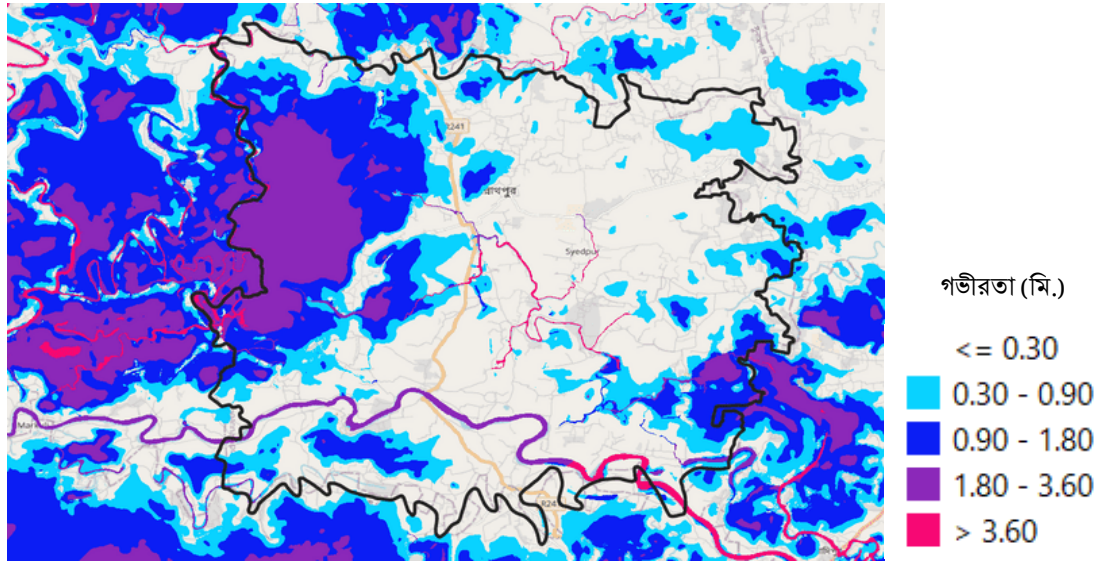
হাইড্রোলজিক্যাল ও হাইড্রোলিক বিশ্লেষণের ভিত্তিতে সম্পন্ন নমুনা ফলাফল ২.১.৩.৩ অনুচ্ছেদে দেখানো হয়েছে।

RRI মডেল ব্যবহার করে কিছু কাঠামোগত প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা বাস্তবায়নের পর বন্যা পরিস্থিতির পরিবর্তন সিমুলেট করা সম্ভব। এ ধরনের সিমুলেশনের মাধ্যমে, ব্যবহারকারীরা প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা সহ এবং ছাড়া উভয় অবস্থায় বন্যা পরিস্থিতির তুলনা করতে পারবেন এবং ব্যবস্থাগুলোর কার্যকারিতা বোঝা যাবে। RRI মডেলে কাঠামোগত প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা অন্তর্ভুক্ত করার বিস্তারিত প্রক্রিয়া সংযুক্তি (প্রযুক্তিগত নির্দেশিকা)-তে দেখুন।

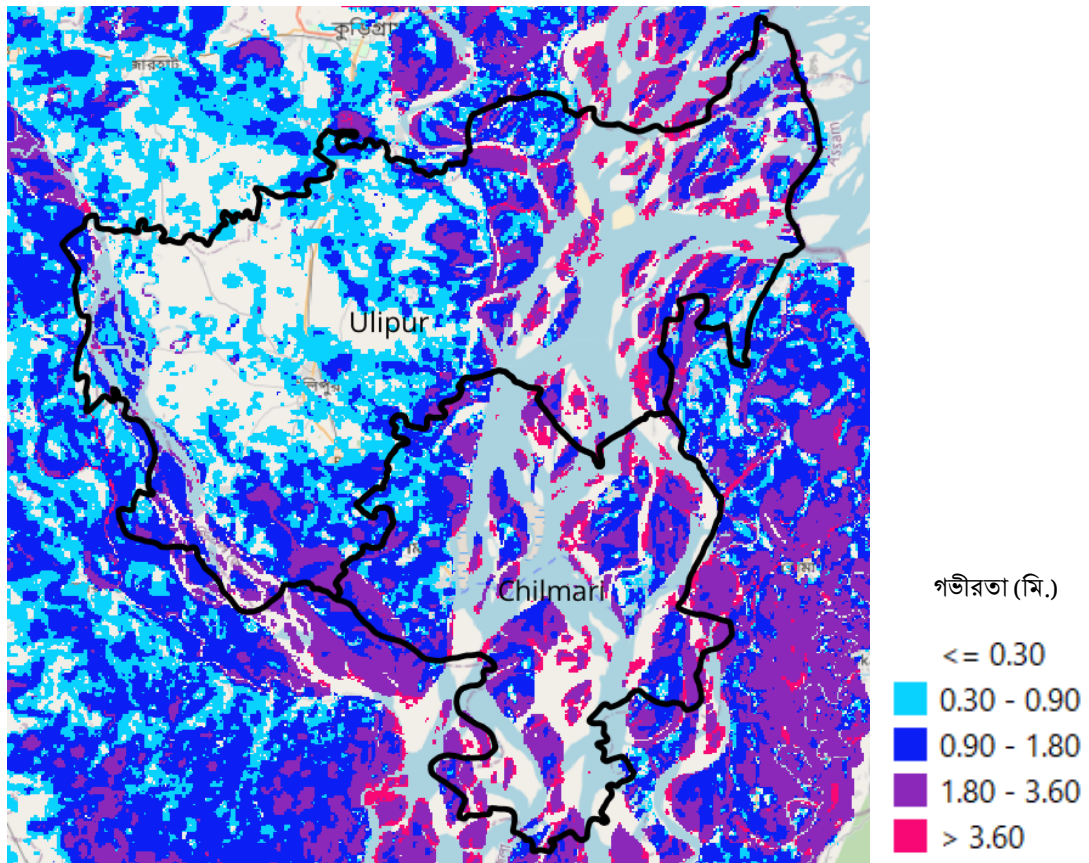
২.১.৩.২ বিদ্যমান বন্যা তথ্য সংকলনের ভিত্তিতে বন্যা বিশ্লেষণের নমুনা আউটপুট



চিত্র ২.১.৬ বন্যা বিশ্লেষণের নমুনা ফলাফল (হাতক উপজেলা)

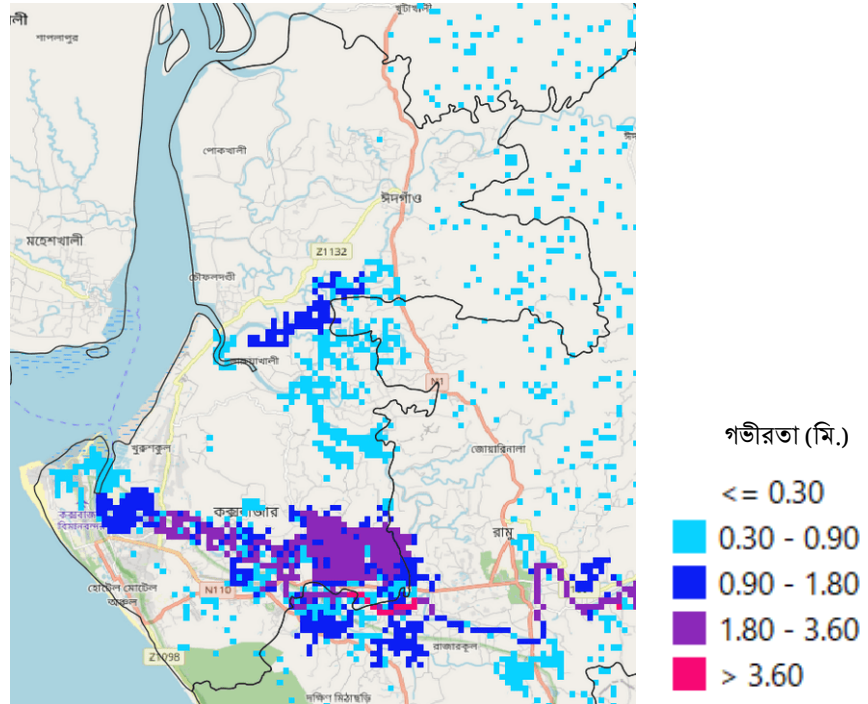


চিত্র ২.১.৭ বন্যা বিশ্লেষণের নমুনা ফলাফল (জগন্নাথপুর উপজেলা)

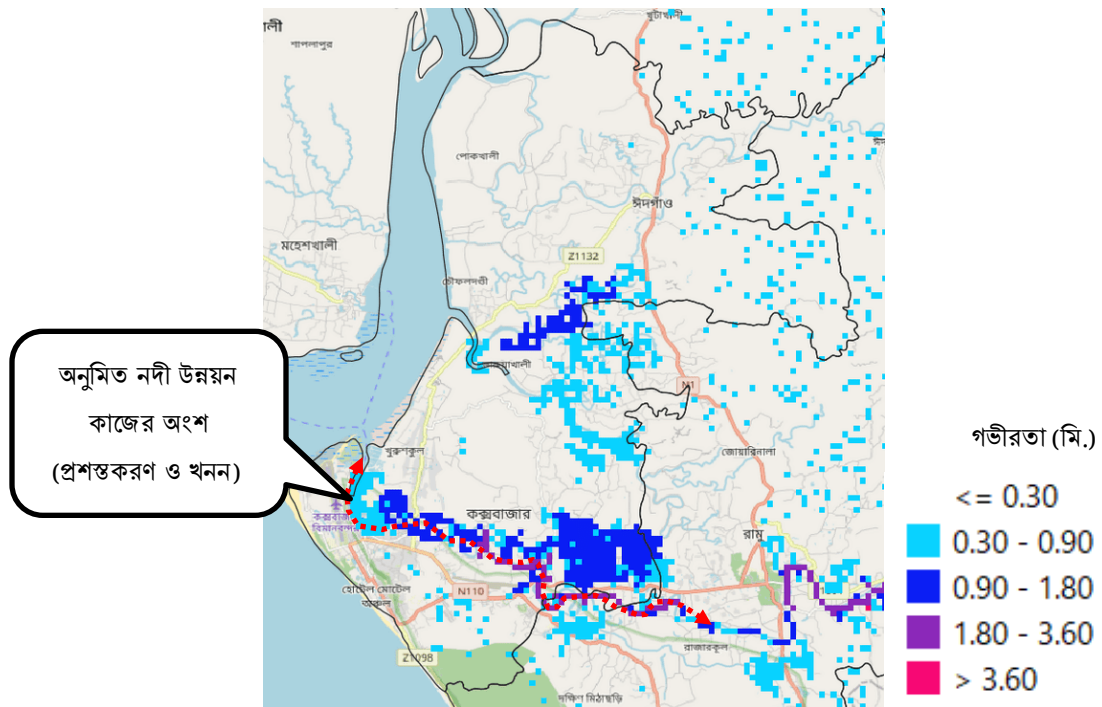


চিত্র ২.১.৮ বন্যা বিশ্লেষণের নমুনা ফলাফল (উলিপুর ও চিলমারি উপজেলা)

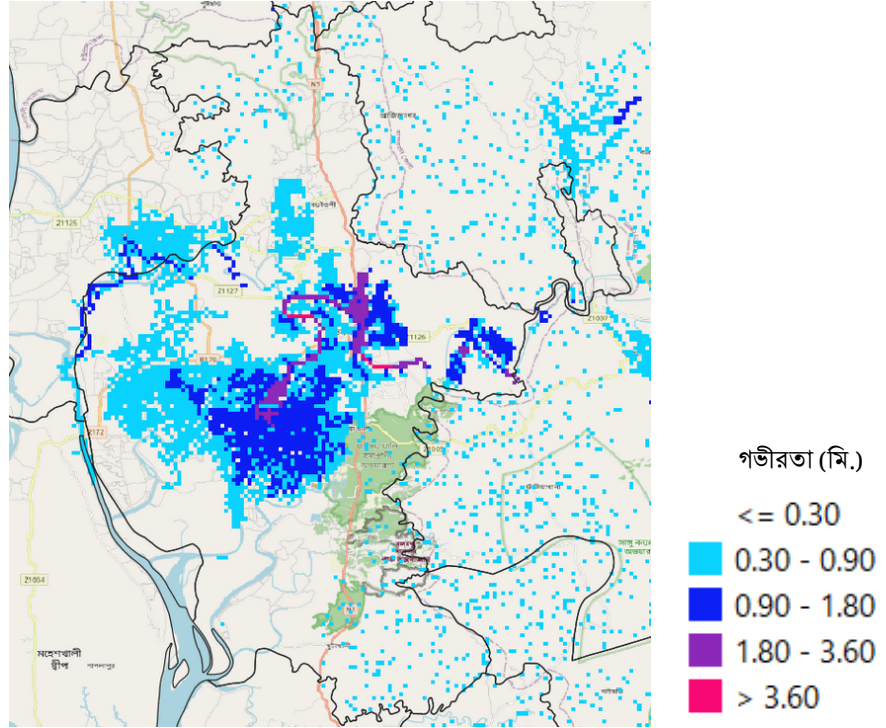
২.১.৩.৩ হাইড্রোলজিক্যাল ও হাইড্রোলিক বিশ্লেষণের ভিত্তিতে বন্যা বিশ্লেষণের নমুনা আউটপুট



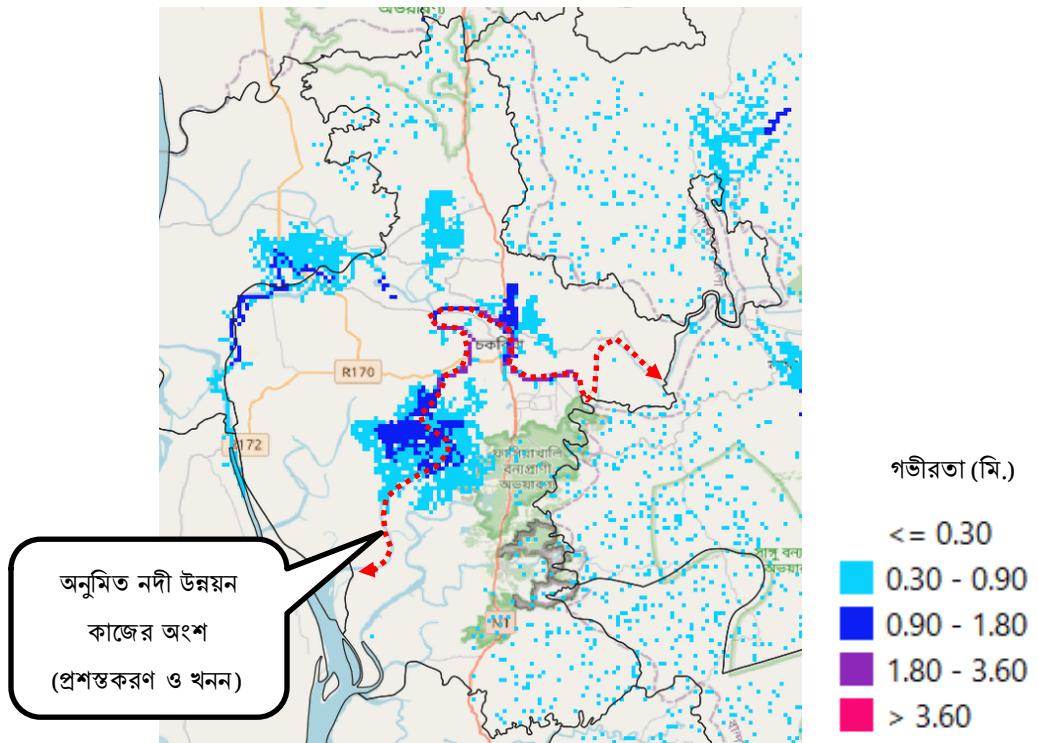
চিত্র ২.১.৯ বন্যা বিশ্লেষণের নমুনা ফলাফল (কস্জবাজার সদর উপজেলা)



চিত্র ২.১.১০ নদী উন্নয়ন কাজের ক্ষেত্রে বন্যা বিশ্লেষণের নমুনা ফলাফল (কস্জবাজার সদর)



চিত্র ২.১.১১ বন্যা বিশ্লেষণের নমুনা ফলাফল (চকরিয়া উপজেলা)



চিত্র ২.১.১২ নদী উন্নয়ন কাজের ক্ষেত্রে বন্যা বিশ্লেষণের নমুনা ফলাফল (চকরিয়া উপজেলা)

২.১.৪ UzDRRAP-এর জন্য প্রস্তাবিত নদীতীর ভাঙন বিশ্লেষণ পদ্ধতি

২.১.৪.১ নদীতীর ভাঙন বিশ্লেষণের ধারণা

নদীতীর ভাঙন বিশ্লেষণের উদ্দেশ্য হলো নদী চ্যানেলের গতিশীলতার প্রবণতা বোঝা এবং নদীতীর ভাঙনের কারণে উচ্চ-ঝুঁকিপূর্ণ এলাকা চিহ্নিত করা।

বাংলাদেশ সরকার (GoB) এবং অন্যান্য সংশ্লিষ্ট প্রতিষ্ঠান যেমন বাংলাদেশ পানি উন্নয়ন বোর্ড (BWDB) ও সেন্টার ফর এনভায়রনমেন্টাল অ্যান্ড জিওগ্রাফিক ইনফরমেশন সার্ভিসেস (CEGIS) কর্তৃক নদীতীর ভাঙন সম্পর্কিত কিছু বিদ্যমান গবেষণা রয়েছে, এছাড়াও আন্তর্জাতিক উন্নয়ন অংশীদারদের সহযোগিতায় পরিচালিত আরও কিছু গবেষণা রয়েছে। বিদ্যমান সম্পদের সর্বোত্তম ব্যবহার নিশ্চিত করার দৃষ্টিকোণ থেকে, এসব গবেষণার ফলাফল সংগ্রহ করা এবং নদীতীর ভাঙন ঝুঁকি বোঝার প্রাথমিক উৎস হিসেবে বিবেচনা করা উচিত। তবে, এই উপাত্তসমূহ কখনো কখনো সর্বসাধারণের জন্য উন্মুক্ত নয়, ফলে সহজবোধ্য বিশ্লেষণ পদ্ধতির প্রয়োজনীয়তা দেখা দেয়।

২.১.৪.২ বিশ্লেষণের ধরণসমূহ

এই নির্দেশিকায় নদীতীর ভাঙন বিশ্লেষণের জন্য দুটি পদ্ধতি প্রস্তাব করা হয়েছে। প্রথমটি হলো এক বা দুইটি প্রধান প্রবাহবিশিষ্ট নদীর জন্য, যেখানে গত ১০ থেকে ১৫ বছরের মধ্যে প্রধান নদী প্রবাহের গতিপথ পরিবর্তন নির্ণয়ে ফ্রি স্যাটেলাইট চিত্র ব্যবহারে গুরুত্ব দেওয়া হয়। অপর পদ্ধতিটি হলো এমন নদীগুলোর জন্য যেগুলোতে একাধিক প্রবাহপথ বিদ্যমান (braided river channels), যেগুলোর গতিপথ অনিয়মিত এবং পূর্বাভাসযোগ্য নয়—যেমন চরাঞ্চলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত প্রবাহ চ্যানেল। এ ধরনের বিশ্লেষণে বিগত কয়েক বছরের প্রবাহ গতিপথের পরিবর্তনের ওপর জোর দেওয়া হয়। এই বিশ্লেষণগুলোর ফলাফল প্রতি বছর হালনাগাদ করা প্রত্যাশিত, সর্বশেষ স্যাটেলাইট ছবির ভিত্তিতে GIS সফটওয়্যারের মাধ্যমে, যাতে করে সাম্প্রতিক ভূ-প্রকৃতিগত অবস্থা প্রতিফলিত হয়।

এই বিশ্লেষণগুলোর সাধারণ বৈশিষ্ট্য নিম্নের সারণিতে উপস্থাপন করা হলো। কোন পদ্ধতি ব্যবহার করা হবে, তা নির্ভর করে নদীর আকার ও প্রবাহের প্রবণতার উপর।

সারণি ২.১.৫ : নদীতীর ভাঙন বিপদ বিশ্লেষণের বৈশিষ্ট্যাবলি

	১. এক বা দুইটি প্রধান প্রবাহবিশিষ্ট নদীর জন্য	২. একাধিক প্রবাহবিশিষ্ট নদীর জন্য (চর অঞ্চল ইত্যাদি)
ধারণা	গত ১০-১৫ বছরে প্রধান প্রবাহের গতিপ্রবণতা পর্যবেক্ষণ করে ভবিষ্যৎ প্রবাহপথ পূর্বাভাস ও উচ্চ-ঝুঁকিপূর্ণ এলাকা চিহ্নিতকরণ।	বিগত তিন বছরের প্রবাহ গতিপথ বিশ্লেষণের মাধ্যমে আগামী কয়েক বছরের জন্য উচ্চ-ঝুঁকিপূর্ণ এলাকা নির্ধারণ।
প্রযোজ্য এলাকা	বৃহৎ নদীগুলি যেমন পদ্মা, যমুনা, মেঘনা, কর্ণফুলী, তিস্তা, বুড়িগঙ্গা, তুরাগ, বালু, শীতলক্ষ্যা নদী।	চরাঞ্চলসহ একাধিক প্রবাহবিশিষ্ট নদী চ্যানেল বিদ্যমান এলাকা।
পদ্ধতি	১. বিগত ১০-১৫ বছরের স্যাটেলাইট ছবি (Landsat 7, 8, এবং/অথবা 9) সংগ্রহ করে রঙিন চিত্র তৈরি ও GIS সফটওয়্যারের মাধ্যমে জলাশয় অঞ্চল নির্ধারণ। ২. এসব জলাশয় এলাকাগুলো ওভারলে করে প্রধান প্রবাহের গতিপ্রবণতা নির্ধারণ। ৩. যেখানে প্রধান প্রবাহ ভূমির দিকে অগ্রসর	১. বিগত ৪ বছরের স্যাটেলাইট ছবি (Landsat 8 বা 9) সংগ্রহ করে GIS সফটওয়্যারের মাধ্যমে জলাশয় নির্ধারণ। ২. জলাশয়গুলো ওভারলে করে বার্ষিক ভাঙনের এলাকা ও প্রবণতা নির্ধারণ। ৩. যেসব এলাকায় বার্ষিক ভাঙন ধারাবাহিকভাবে ঘটছে, সেগুলোকে উচ্চ-ঝুঁকিপূর্ণ হিসেবে নির্ধারণ।

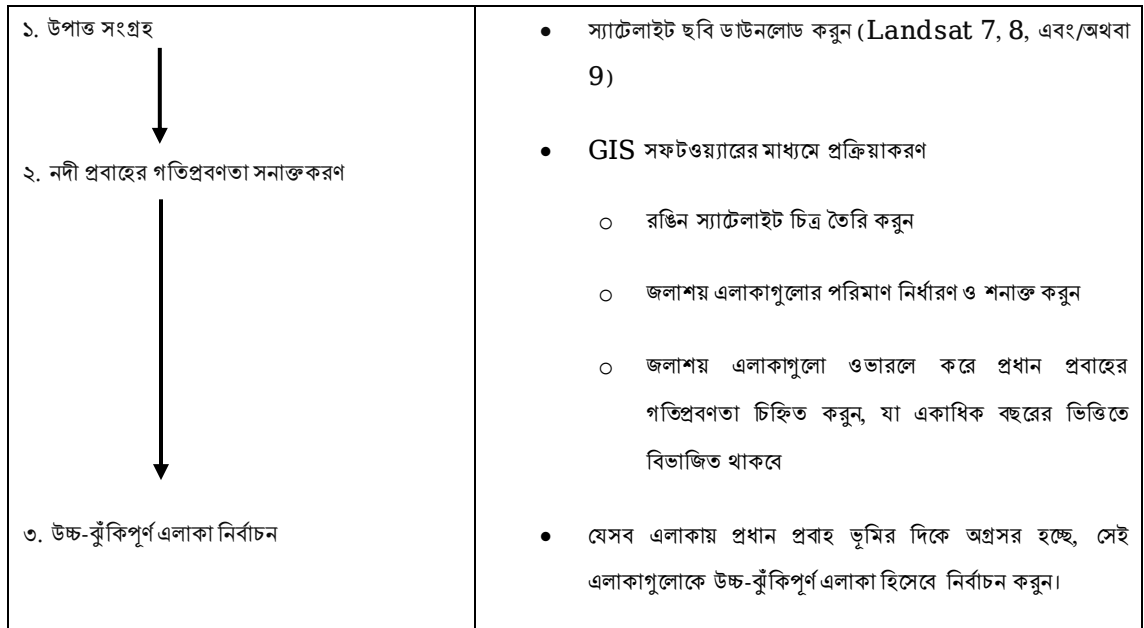
	হয়েছে, সেই এলাকাগুলোকে উচ্চ-ঝুঁকিপূর্ণ এলাকা হিসেবে নির্ধারণ।	
বিশ্লেষণের জন্য প্রয়োজনীয় উপাত্ত	(প্রয়োজনীয়): - বিগত ১০-১৫ বছরের স্যাটেলাইট ছবি (Landsat 7, 8, এবং/অথবা 9) (প্রয়োজনীয় না হলেও সহায়ক): - সড়ক, বাঁধ ও অন্যান্য কাঠামোর তথ্য যা নদীতীর ভাঙন প্রতিরোধে সহায়ক	(প্রয়োজনীয়): - বিগত ৪ বছরের স্যাটেলাইট ছবি (Landsat 8 বা 9) (প্রয়োজনীয় না হলেও সহায়ক): - সড়ক, বাঁধ ও অন্যান্য কাঠামোর তথ্য যা নদীতীর ভাঙন প্রতিরোধে সহায়ক
নোট	যদি নদীতীর ভাঙন সংক্রান্ত ঝুঁকি নিয়ে পূর্বে কোনো গবেষণা হয়ে থাকে এবং সে তথ্য সর্বসাধারণের জন্য উন্মুক্ত থাকে, তবে স্থানীয় দুর্যোগ ঝুঁকি হ্রাস ব্যবস্থাপনার পরিকল্পনায় তা সর্বপ্রথম বিবেচনায় নেওয়া উচিত। প্রধান প্রবাহের গতিপথ ও ঐতিহাসিক ভাঙনের তথ্য সর্বদা উচ্চ-ঝুঁকিপূর্ণ এলাকা নির্ধারণে ব্যবহৃত হওয়া উচিত।	চরাঞ্চলের নদীগুলোর জন্য নদীতীর ভাঙন সংক্রান্ত ঝুঁকি নিয়ে খুব কম গবেষণা হয়েছে। তবে যদি এমন কোনো তথ্য বিদ্যমান ও সর্বসাধারণের জন্য উন্মুক্ত থাকে, তবে স্থানীয় দুর্যোগ ঝুঁকি হ্রাস ব্যবস্থাপনার পরিকল্পনায় তা সর্বপ্রথম বিবেচনায় নেওয়া উচিত।

প্রতিটি বিশ্লেষণের ধারা নিয়ে উপস্থাপন করা হলো।

২.১.৪.৩ এক বা দুইটি প্রধান প্রবাহবিশিষ্ট নদীর ক্ষেত্রে

নিম্নের চিত্রে এক বা দুইটি প্রধান প্রবাহবিশিষ্ট নদী এলাকায় উচ্চ-ঝুঁকিপূর্ণ এলাকা শনাক্তকরণের প্রক্রিয়া উপস্থাপন করা হয়েছে।

বিস্তারিত প্রক্রিয়া জানতে অনুগ্রহ করে সংযুক্তি (প্রযুক্তিগত নির্দেশিকা) দেখুন।

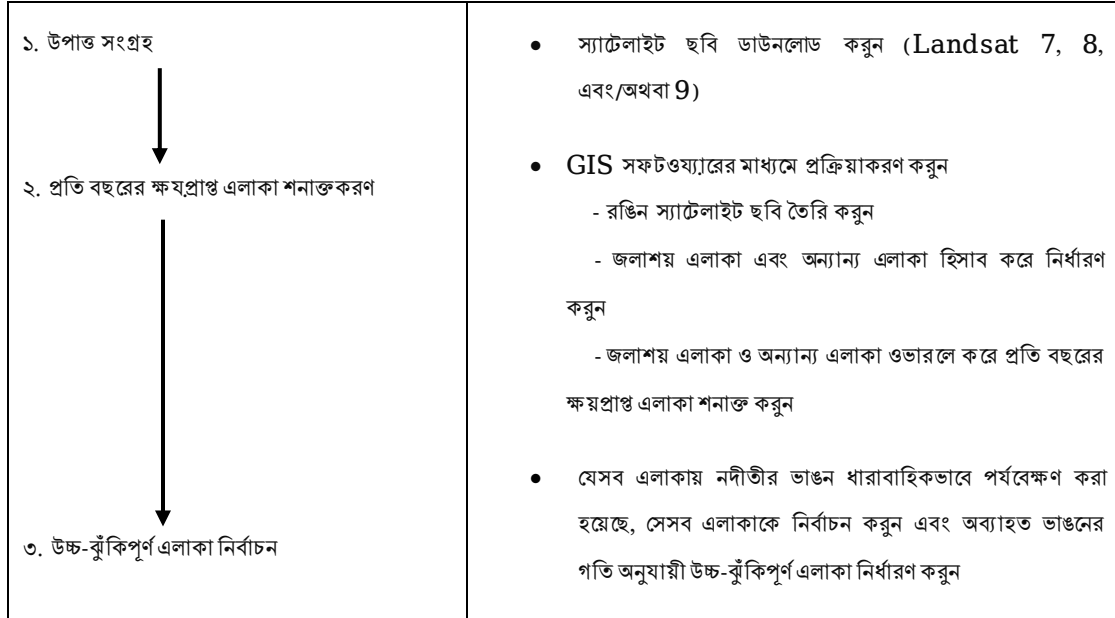


চিত্র ২.১.১৩ নদীভাঙন বিশ্লেষণের প্রবাহচিত্র (একটি বা দুটি প্রধান প্রবাহবিশিষ্ট এলাকা)

২.১.৪.৪. বহুপ্রবাহী নদী চ্যানেলের জন্য

নিম্নের চিত্রটি বহুপ্রবাহী নদী চ্যানেলবিশিষ্ট এলাকায় উচ্চ-আপদ অঞ্চল শনাক্ত করার পদ্ধতি প্রদর্শন করছে।

বিস্তারিত পদ্ধতির জন্য অনুগ্রহ করে পরিশিষ্ট (কারিগরি নির্দেশিকা) দেখুন।



চিত্র ২.১.১৪ নদীভাঙ্গন বিশ্লেষণের প্রবাহচিত্র (বহুপ্রবাহী নদী চ্যানেল বিশিষ্ট এলাকা)

২.১.৪.৫ প্রয়োজনীয় উপাত্ত

উপরোক্ত প্রতিটি বিশ্লেষণের জন্য কিছু হাইড্রোলজিক্যাল উপাত্ত প্রয়োজন। সেগুলো নিচের সারণিতে সংক্ষেপে উপস্থাপন করা হলো।

সারণি ২.১.৬ : নদীতীর ভাঙ্গ বিপদ বিশ্লেষণের জন্য প্রয়োজনীয় উপাত্ত

১. এক বা দুইটি প্রধান প্রবাহবিশিষ্ট নদীর জন্য		২. একাধিক প্রবাহবিশিষ্ট নদীচ্যানেলের জন্য	
উপাত্ত	স্যাটেলাইট ছবি (Landsat 7, 8 এবং/অথবা 9), Collection 2, Level 2	উপাত্ত	স্যাটেলাইট ছবি (Landsat 8 এবং/অথবা 9), Collection 2, Level 2
	• Landsat 7-এর জন্য ব্যান্ড রেঞ্জ: B1–B4		• Landsat 8 ও 9-এর জন্য ব্যান্ড রেঞ্জ: B2–B5
	• Landsat 8 ও 9-এর জন্য ব্যান্ড রেঞ্জ: B2–B5		

বি.দ্র.: এই স্যাটেলাইট ছবিগুলো বিনামূল্যে ডাউনলোডযোগ্য। ফাইলগুলো ডাউনলোডের বিস্তারিত ধাপ সংযুক্তিতে (Annex) ব্যাখ্যা করা হয়েছে।

২.১.৫ নদীতীর ভাঙ্গন বিশ্লেষণের নমুনা আউটপুট

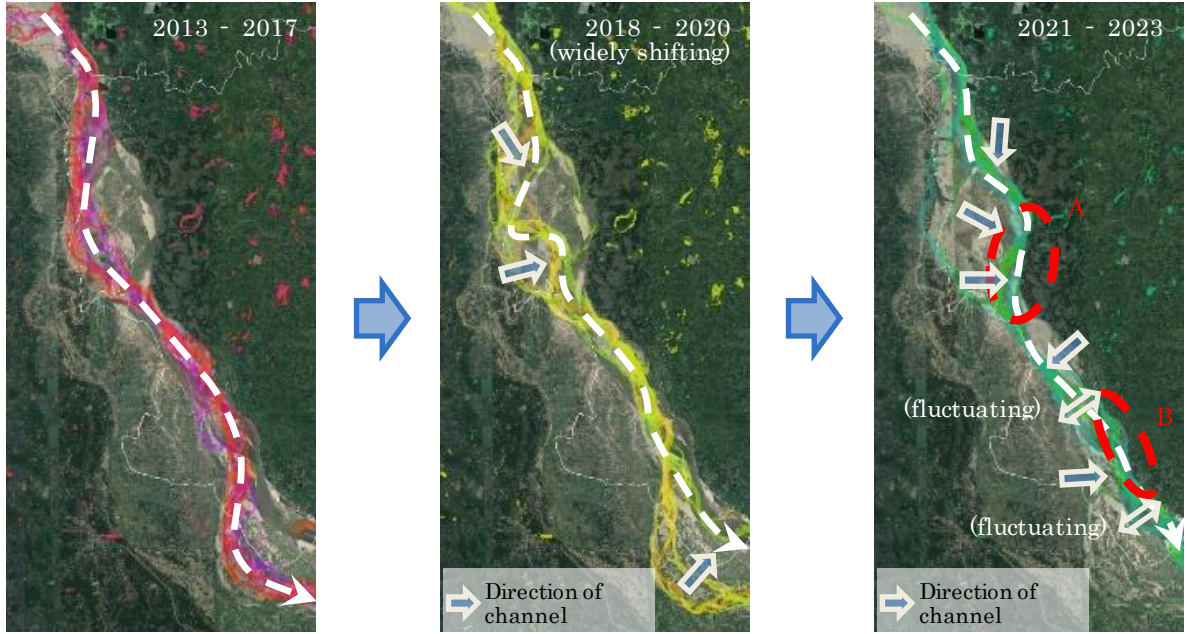
Landsat উপাত্ত থেকে তৈরি রঙিন স্যাটেলাইট চিত্র, জলাশয় নির্ধারণ এবং তিস্তা নদীর গতিপ্রবণতার উদাহরণ নিম্নের চিত্রসমূহে উপস্থাপন করা হয়েছে।



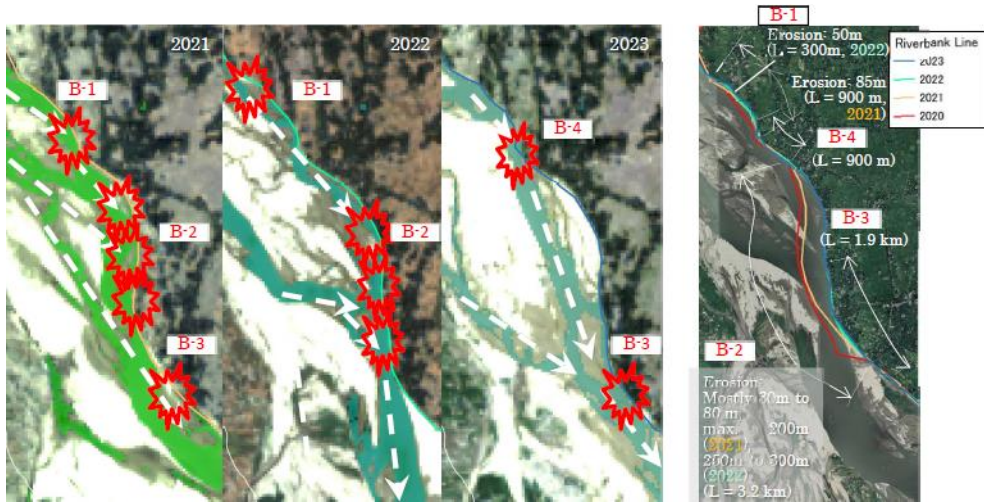
চিত্র ২.১.১৫ ল্যান্ডসেট ডেটা থেকে প্রস্তুতকৃত রঙিন স্যাটেলাইট ছবি



চিত্র ২.১.১৬ নির্ধারিত জলাশয় (লাল রঙে প্রদর্শিত) চিত্র



২.১.১৭ উলিপুর উপজেলায় তিস্তা নদীর গতিপথ পরিবর্তনের প্রবণতা (বৃহৎ পরিসরে)

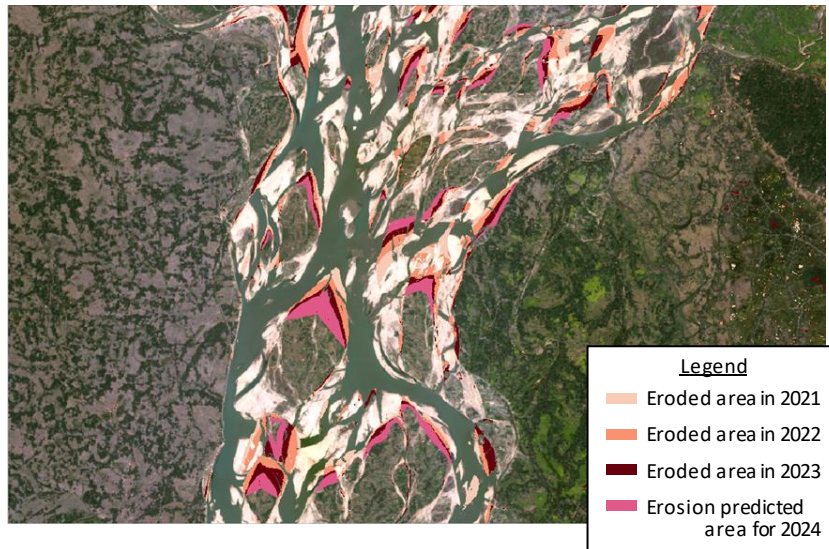


চিত্র ২.১.১৮ উলিপুর উপজেলায় তিস্তা নদীর গতিপথ পরিবর্তনের প্রবণতা (স্থানীয় পরিসরে)



চিত্র ২.১.১৯ উলিপুর উপজেলায় নদীভাঙনের জন্য নির্বাচিত উচ্চ-আপদ অঞ্চল (২০২৪ সালের জন্য)

চর অঞ্চলের একাধিক প্রবাহবিশিষ্ট নদীর বিশ্লেষণের উদাহরণ হিসেবে, চর এলাকায় বার্ষিক নদীতীর ভাঙনের হিসাব অনুযায়ী বস্টন এবং নির্বাচিত উচ্চ-ঝুঁকিপূর্ণ নদীতীর ভাঙন এলাকা চিত্র ২.১.২০-এ উপস্থাপন করা হয়েছে।



চিত্র ২.১.২০ চর এলাকায় নদীভাঙনের জন্য নির্বাচিত উচ্চ-আপদ অঞ্চল (২০২৪ সালের জন্য)

২.১.৬ বন্যা সম্পর্কিত ঝুঁকি মূল্যায়ন

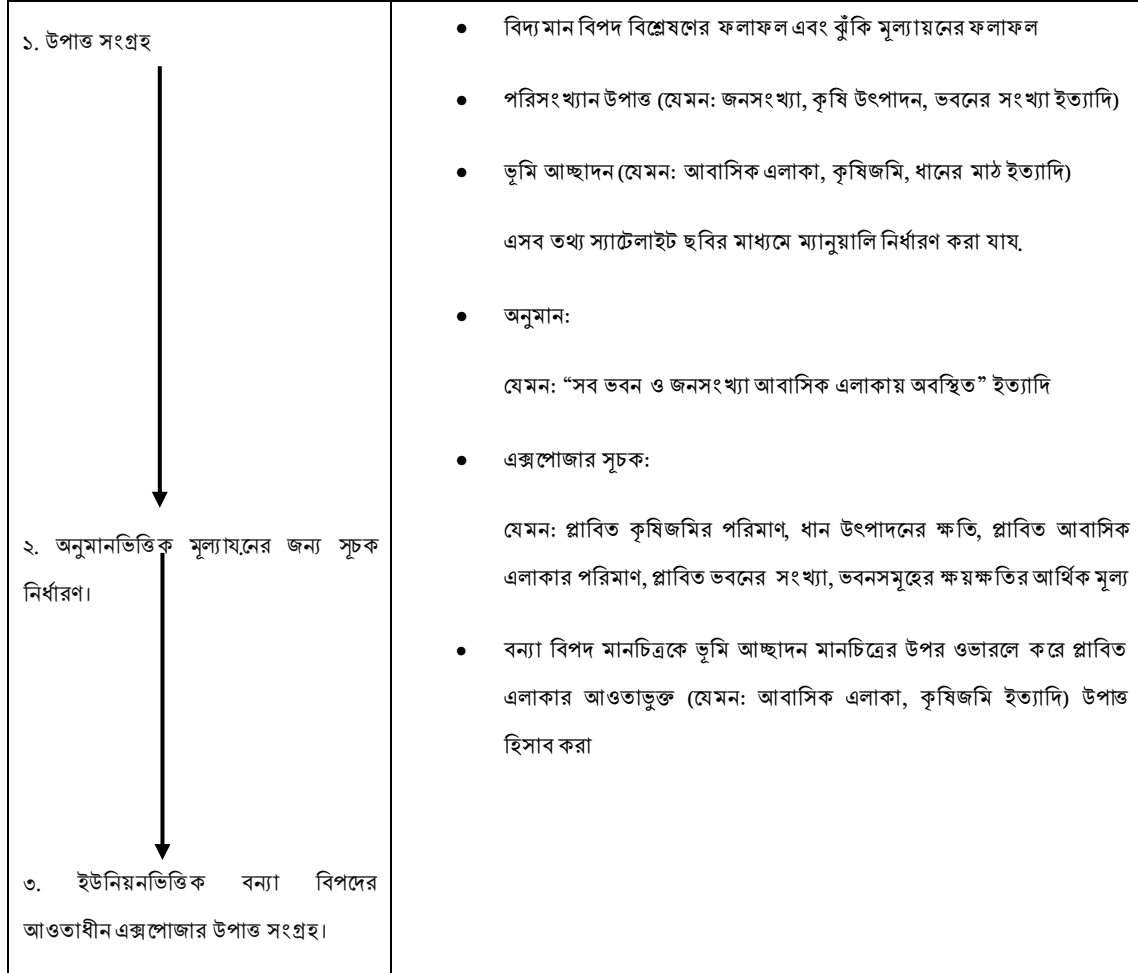
২.১.৬.১ বন্যা সম্পর্কিত ঝুঁকি মূল্যায়নের ধারণা

উপজেলা পর্যায়ে বন্যা বিপদের বিপরীতে এক্সপোজার (exposure), ঝুঁকিপূর্ণতা (vulnerability) এবং সক্ষমতা (capacity) সম্পর্কে ধারণা লাভই বন্যা ঝুঁকি মূল্যায়নের মূল লক্ষ্য। এই মূল্যায়নের উদ্দেশ্য হলো একটি পরিমাণগত তথ্যভিত্তিক বিতরণ অর্জন করা, যা দেখাবে সংশ্লিষ্ট এলাকাগুলো কী পরিমাণে বন্যা বিপদের দ্বারা প্রভাবিত।

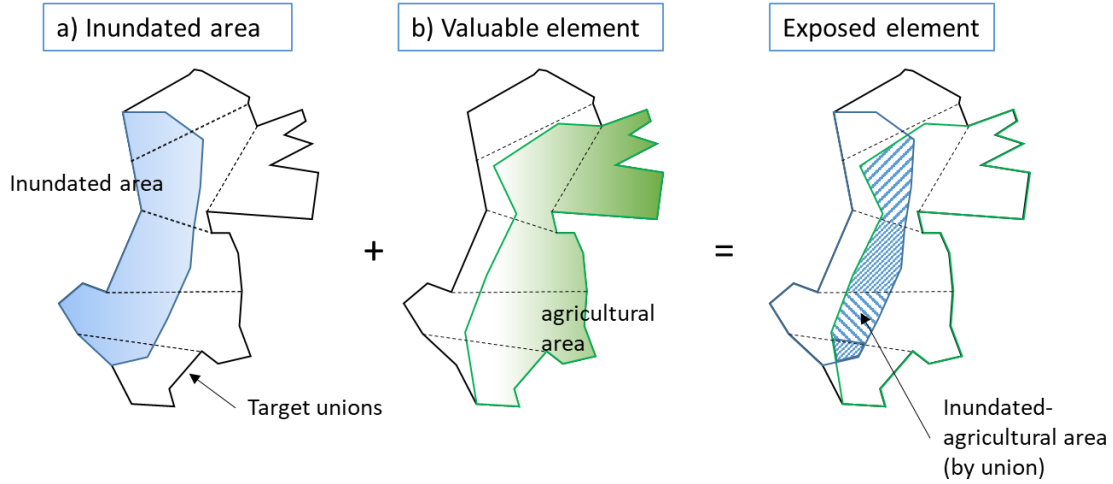
বন্যা সংক্রান্ত বিপদ বিশ্লেষণের মতো, ইতোমধ্যে কিছু সংস্থা কর্তৃক সম্পাদিত বিদ্যমান বন্যা বিপদ বিশ্লেষণ এবং ঝুঁকি মূল্যায়নের ফলাফল থাকতে পারে। সেই কারণে, এসব গবেষণার ফলাফল সর্বপ্রথম সংগ্রহ করে UzDRRAP প্রস্তুতের কাজে ব্যবহার করা উচিত। যদি এ ধরনের ফলাফল পাওয়া না যায়, বা তা যথেষ্ট না হয়, তবে ঝুঁকি মূল্যায়ন সম্পাদন করা প্রয়োজন।

ঝুঁকি মূল্যায়নের ধারা

নিম্নের চিত্রে বন্যা ঝুঁকি মূল্যায়নের ধারা উপস্থাপন করা হয়েছে। এই প্রক্রিয়ার ধারণা চিত্র ২.১.২২ এবং চিত্র ২.১.২৩-এও উপস্থাপিত হয়েছে।

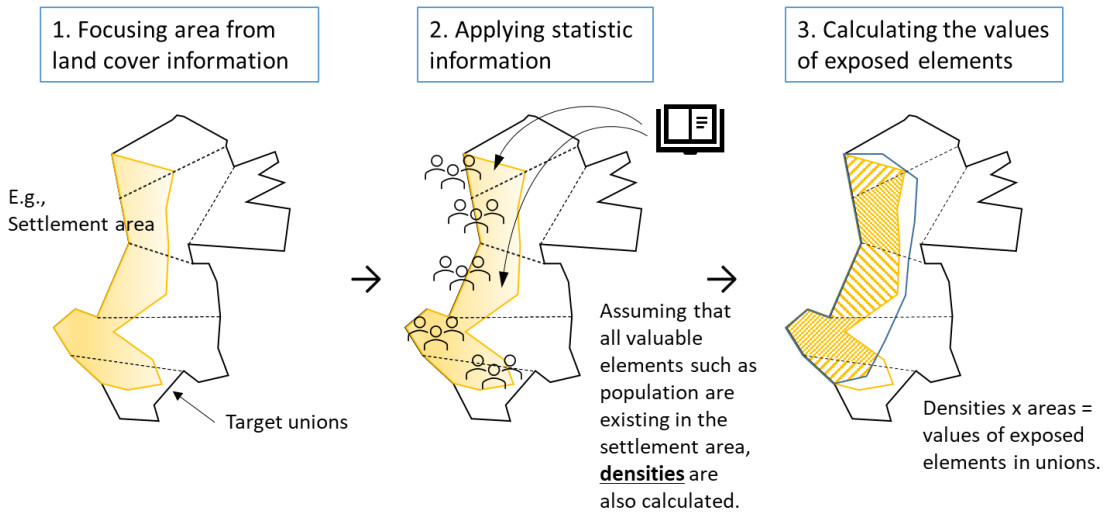


চিত্র ২.১.২১ বন্যার ঝুঁকি মূল্যায়নের প্রবাহচিত্র



সূত্র: JICA Expert Team

চিত্র ২.১.২২ কৃষিক্ষেত্রে বন্যার ঝুঁকি মূল্যায়নের ধারণা

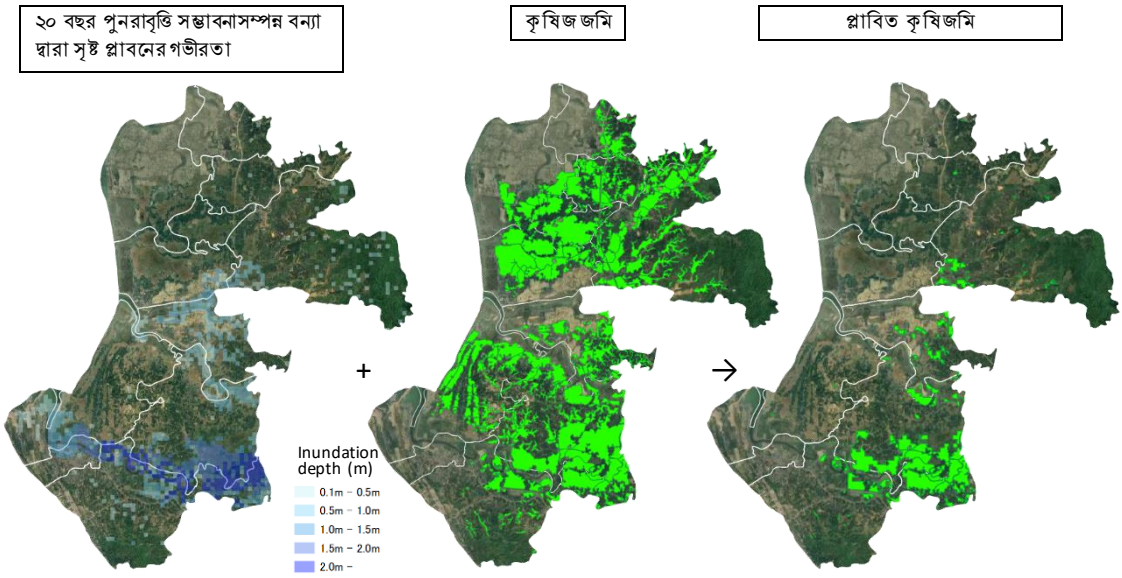


সূত্র: JICA Expert Team

চিত্র ২.১.২৩ ভবন ও স্থাপনার জন্য বন্যার ঝুঁকি মূল্যায়নের ধারণা

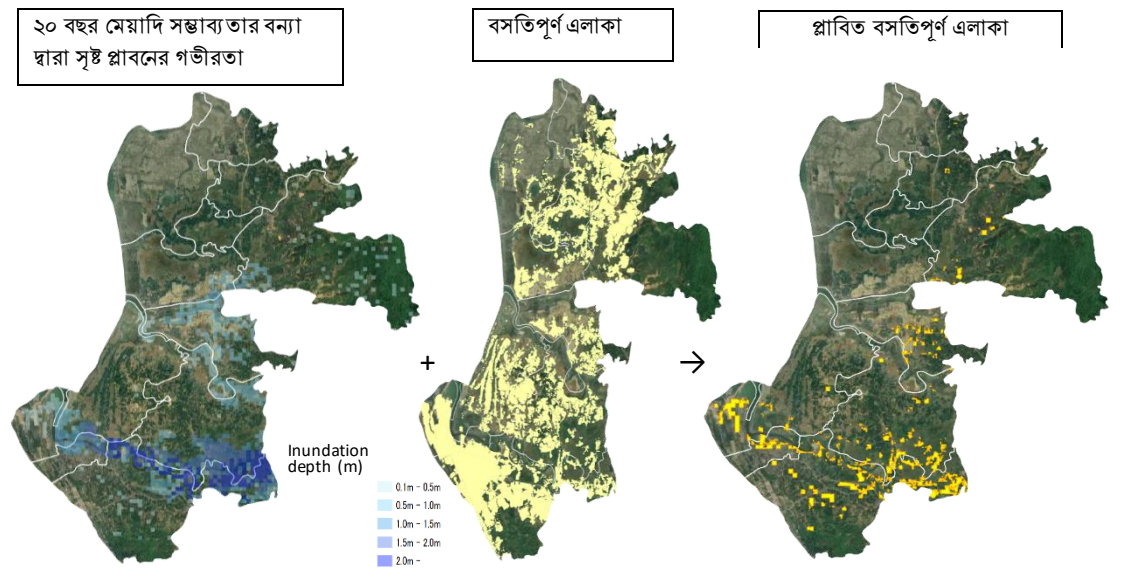
২.১.৬.৩ বন্যা সম্পর্কিত ঝুঁকি মূল্যায়নের উদাহরণ

উদাহরণস্বরূপ, কক্সবাজার উপজেলায় ঝুঁকি মূল্যায়নের প্রক্রিয়া ও ফলাফল নিম্নের চিত্রসমূহে উপস্থাপন করা হয়েছে। ঝুঁকি মূল্যায়নের সূচক হিসেবে নির্বাচন করা হয়েছে: প্লাবিত কৃষিজমির পরিমাণ, প্লাবিত আবাসিক এলাকার পরিমাণ, প্রভাবিত (প্লাবিত) জনসংখ্যা। এছাড়াও, যদি ধরে নেওয়া হয় যে সমগ্র জনসংখ্যা শুধুমাত্র আবাসিক এলাকায় সমানভাবে বিতরণ হয়েছে, তবে একটি আনুমানিকভাবে প্রভাবিত (প্লাবিত) জনসংখ্যার হিসাব উপস্থাপন করা যায়।



উৎস: জাইকা বিশেষজ্ঞ দল

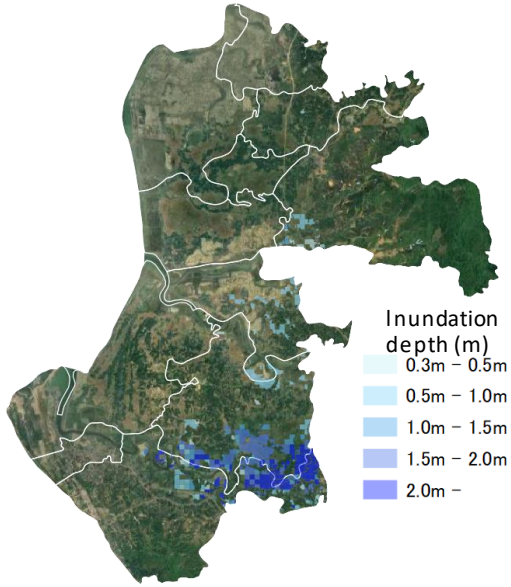
চিত্র ২.১.২৪ কক্সবাজার সদর উপজেলায় কৃষিজমির জন্য বন্যার ঝুঁকি মূল্যায়ন



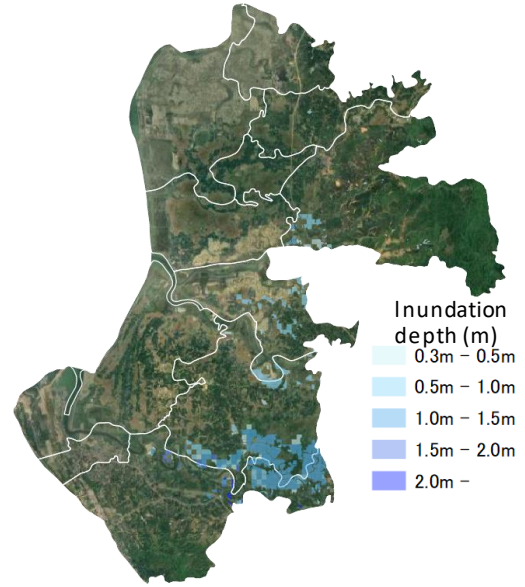
উৎস: জাইকা বিশেষজ্ঞ দল

চিত্র ২.১.২৫ কক্সবাজার সদর উপজেলায় বসতিপূর্ণ এলাকার জন্য বন্যার ঝুঁকি মূল্যায়ন

প্রতিরোধমূলক ব্যবস্থা ব্যতীত



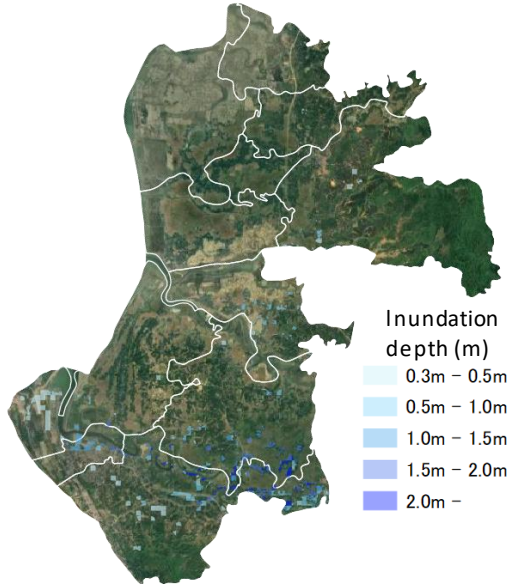
প্রতিরোধমূলক ব্যবস্থাসহ



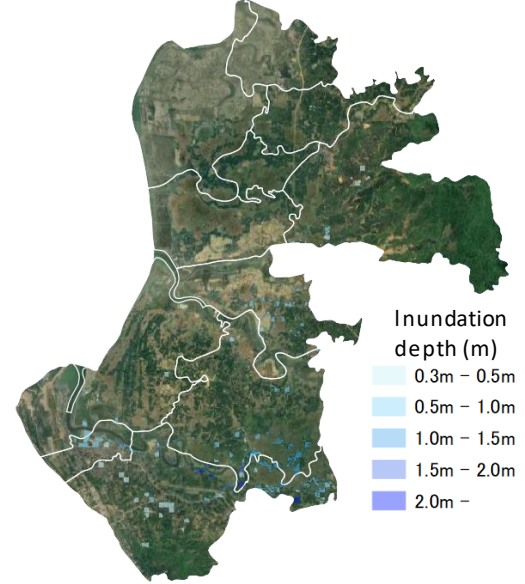
উৎস: জাইকা বিশেষজ্ঞ দল

চিত্র ২.১.২৬ কক্সবাজার সদর উপজেলায় বন্যা রোধে ব্যবস্থা গ্রহণসহ ও ব্যতীত কৃষিজমি ক্ষতিগ্রস্ত হওয়ার একটি উদাহরণ

প্রতিরোধমূলক ব্যবস্থা ব্যতীত



প্রতিরোধমূলক ব্যবস্থাসহ



সূত্র: জাইকা বিশেষজ্ঞ দল

চিত্র ২.১.২৭ কক্সবাজার সদর উপজেলায় বন্যা রোধে ব্যবস্থা গ্রহণসহ ও ব্যতীত বসতিপূর্ণ এলাকা ক্ষতিগ্রস্ত হওয়ার একটি উদাহরণ

সারণি ২.১.৭ কক্সবাজার সদর উপজেলায় বন্যা রোধে ব্যবস্থা গ্রহণসহ ও ব্যতীত কৃষিজমি ক্ষতিগ্রস্ত হওয়ার একটি উদাহরণ

সূত্র: জাইকা বিশেষজ্ঞ দল

(ইউনিট: হেক্টর)

ইউনিয়ন	পরিমাপ	$0.3m \leq x < 0.5m$	$0.5m \leq x < 1m$	$1m \leq x < 1.5m$	$1.5m \leq x < 2m$	$2m \leq x$	Total
ভানুয়াখালী	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	২.১	১১৪.৩	০.০	০.০	০.০	১১৬.৪
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	৩.৮	১১২.৫	০.০	০.০	০.০	১১৬.৪
চৌক লদন্ডী	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	০.০	০.৩	০.১	০.০	০.০	০.৩
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	০.০	০.৩	০.১	০.০	০.০	০.৩
কক্সবাজার পৌরসভা	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০
ঈদগা	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	৩৪.২	২৯.৩	১০.৪	০.০	০.০	৭৩.৯
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	৩৪.২	২৯.৩	১০.৪	০.০	০.০	৭৩.৯
ইসলামাবাদ	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	২.২	০.০	০.০	০.০	০.০	২.২
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	২.২	০.০	০.০	০.০	০.০	২.২
ইসলামপুর	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	০.৪	০.০	০.০	০.০	০.০	০.৪
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	০.৪	০.০	০.০	০.০	০.০	০.৪
জালালাবাদ	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০
ঝিলঞ্জা	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	৩৮.২	৬২.৭	৩১.৫	৭৭.৬	১৭৮.৯	৩৮৯.০
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	১৪.৫	৫১.১	১৮৭.৬	২০.১	১৩.০	২৮৬.৪
খুরুশকুল	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	০.৮	০.৭	০.০	০.০	০.০	১.৫
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	১.৫	০.০	০.০	০.০	০.০	১.৫
পাটালী মাছুয়াখালী	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	১৬.৬	৮৬.৮	৫৮.৫	২১৪.৪	১১৫.৮	৪৯২.২
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	৪৫.৯	১০০.৩	২৭১.০	১২.৮	০.০	৪৩০.০
পোকখালী	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০

সারণি ২.১.৮ কক্সবাজার সদর উপজেলায় বন্যা রোধে ব্যবস্থা গ্রহণসহ ও ব্যতীত বসতিপূর্ণ এলাকা ক্ষতিগ্রস্ত হওয়ার একটি উদাহরণ

উৎস: জাইকা বিশেষজ্ঞ দল

(ইউনিট: হেক্টর)

ইউনিয়ন	পরিমাপ	$0.3m \leq x < 0.5m$	$0.5m \leq x < 1m$	$1m \leq x < 1.5m$	$1.5m \leq x < 2m$	$2m \leq x$	Total
ভানুয়াখালী	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	২৯৮	২.৫৭২	০	০	০	2,870
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	২৯৮	২.৫৭২	০	০	০	৫
চৌফলদণ্ডী	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	০	১	৪	০	০	৫
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	০	১	৪	০	০	২৩,৭৪৯
কক্সবাজার পৌরসভা	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	৩৯১	২.৪৯১	১৫.৩৩৫	৫.৫৭৭	০	২৩,৩৫৯
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	২.৪৪৭	১৬.০১৪	৪.৮৯৮	০	০	১,৩৫৬
ঈদগাঁ	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	৯৫৬	৩৬৩	৩৭	০	০	১,৩৫৬
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	৯৫৬	৩৬৩	৩৭	০	০	১০৯
ইসলামাবাদ	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	১০৯	০	০	০	০	১০৯
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	১০৯	০	০	০	০	৩৩
ইসলামপুর	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	৩৩	০	০	০	০	৩৩
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	৩৩	০	০	০	০	০
জালালাবাদ	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	০	০	০	০	০	০
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	০	০	০	০	০	৭,৬৮২
ঝিলজা	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	২.৩২৪	২.১২৪	৭৪৮	১.৩৯৮	১.০৮৮	৪,৯৮৭
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	২.০৮০	১.১৮৪	১.০৫২	২৯৬	৩৭৫	৩,৭৮৯
খুল্লশকুল	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	৩.১২১	১৬১	৩৮৮	১১৫	৪	৮২২
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	৩১৫	৫০৩	৪	০	০	৫,৯৯১
পাটালী মাছুয়াখালী	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	৮০৪	১.৩০০	৭৪৭	১.৮৫২	১.২৮৮	৪,৫৩০
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	৬৯৪	১.১৯৫	২.১৭৪	২৮৩	১৮৪	০
পোকখালী	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	০	০	০	০	০	০
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	০	০	০	০	০	০

সারণি ২.১.৯ কক্সবাজার সদর উপজেলায় বন্যা রোধে ব্যবস্থা গ্রহণসহ ও ব্যতীত ক্ষতিগ্রস্ত জনসংখ্যার একটি উদাহরণ

(ইউনিট: পিপি)

ইউনিয়ন	পরিমাপ	$0.3m \leq x < 0.5m$	$0.5m \leq x < 1m$	$1m \leq x < 1.5m$	$1.5m \leq x < 2m$	$2m \leq x$	Total
ভানুয়াখালী	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	৪.০	৩৪.৭	০.০	০.০	০.০	৩৮.৮
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	৪.০	৩৪.৭	০.০	০.০	০.০	৩৮.৮
চৌফলদত্তী	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.১
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.১
কক্সবাজার পৌরসভা	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	০.৬	৩.৮	২৩.৭	৮.৬	০.০	৩৬.৭
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	৩.৮	২৪.৭	৭.৬	০.০	০.০	৩৬.০
ঈদগাঁ	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	১৮.৪	৭.০	০.৭	০.০	০.০	২৬.১
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	১৮.৪	৭.০	০.৭	০.০	০.০	২৬.১
ইসলামাবাদ	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	১.৮	০.০	০.০	০.০	০.০	১.৮
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	১.৮	০.০	০.০	০.০	০.০	১.৮
ইসলামপুর	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	০.৩	০.০	০.০	০.০	০.০	০.৩
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	০.৩	০.০	০.০	০.০	০.০	০.৩
জালালাবাদ	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০
ঝিলজা	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	৭৬.১	৬৯.৬	২৪.৫	৪৫.৮	৩৫.৬	২৫১.৭
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	৬৮.১	৩৮.৮	৩৪.৫	৯.৭	১২.৩	১৬৩.৪
খুল্লশকুল	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	৭৪.৪	৩.৮	৯.২	২.৭	০.১	৯০.৩
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	৭.৫	১২.০০	০.১	০.০	০.০	১৯.৬
পাটালী মাছুয়াখালী	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	১৬.৯	২৭.৩	১৫.৭	৩৮.৯	২৭.১	১২৫.৯
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	১৪.৬	২৫.১	৪৫.৭	৬.০	৩.৯	৯৫.২
পোকখালী	ব্যবস্থা গ্রহন ব্যতীত	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০
	ব্যবস্থা গ্রহন সহ	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০

সূত্র: জাইকা বিশেষজ্ঞ দল

২.২ উপকূলীয় দুর্যোগ (জলোচ্ছাস, সুনামি)

২.২.১ বাংলাদেশে উপকূলীয় দুর্যোগের বর্তমান অবস্থা

উপকূলীয় দুর্যোগ বলতে উপকূলীয় এলাকায় সংঘটিত, মূলত পানির সঙ্গে সম্পর্কিত ক্ষয়ক্ষতি বোঝায়। উদাহরণস্বরূপ, একটি ট্রপিক্যাল সাইক্লোন যদি উপকূলীয় এলাকা অতিক্রম করে, তবে তা জলোচ্ছাস সৃষ্টি করে এবং শক্তিশালী বাতাস উচ্চ তরঙ্গ সৃষ্টি করে, যার ফলে উপকূল উপচে পানি প্রবাহিত হয়। উচ্চ তরঙ্গ উপকূলীয় ভাঙন এবং উপকূল ও নদীর মোহনায় পলি জমা (sedimentation)

ঘটায়। শুধু আবহাওয়াজনিত ঘটনা নয়, ভূ-তাত্ত্বিক ঘটনাও (যেমন: ভূমিকম্প, ভূমিধস, অগ্ন্যুৎপাত) সুনামির সৃষ্টি করতে পারে, যা উপকূলীয় এলাকায় প্লাবনের কারণ হয়।

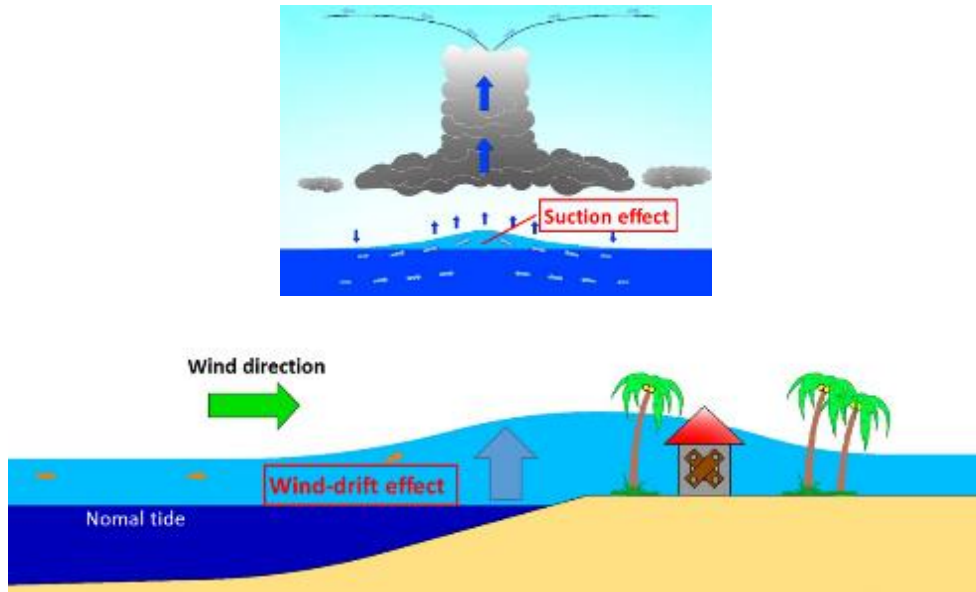
পরবর্তী অনুচ্ছেদগুলোতে বাংলাদেশে উপকূলীয় দুর্ঘটনার বিষয়টি বিদ্যমান কারিগরি প্রতিবেদন ও গবেষণাপত্রের ভিত্তিতে ব্যাখ্যা করা হবে। বিস্তারিত বর্ণনা পরে উপস্থাপন করা হলেও, এই নির্দেশিকার মূল দৃষ্টিকোণ থাকবে ঘূর্ণিঝড় সংশ্লিষ্ট উপকূলীয় দুর্ঘটনার ওপর (যেমন: জলোচ্ছাস, সাইক্লোন স্ট্রাকচার, উপকূলীয় ভাঙন)।

২.২.১.১ জলোচ্ছাস

NOAA-এর সংজ্ঞা অনুযায়ী, জলোচ্ছাস হলো ঝড়ের সময় সমুদ্রজলের স্তরের অস্বাভাবিক বৃদ্ধি, যা স্বাভাবিক পূর্বাভাসকৃত জোয়ার (astronomical tide)-এর তুলনায় পানির উচ্চতা দ্বারা পরিমাপ করা হয়।

এই জলোচ্ছাস প্রধানত দুটি কারণের মাধ্যমে সৃষ্টি হয়, যার প্রক্রিয়া চিত্র ২.২.১-এ উপস্থাপন করা হয়েছে:

১. বায়ু চাপ প্রভাব (Wind drift effect): ঝড়ের বাতাস উপকূলের দিকে পানি ঠেলে দেয়।
২. চাপ হাসজনিত উত্তোলন (Suction effect): বায়ুমণ্ডলীয় চাপে হাস ঘটলে সমুদ্রপৃষ্ঠের উচ্চতা বেড়ে যায়।



সূত্র: জাইকা বিশেষজ্ঞ দল

চিত্র ২.২.১ জলোচ্ছাসের কার্যপ্রণালী (উপরে: শোষণ প্রভাব, নিচে: বায়ুপ্রবাহজনিত প্রভাব)

বাংলাদেশে জলোচ্ছাস বিষয়ক একাধিক বিদ্যমান গবেষণা রয়েছে (যা সারণি ২.২.১-এ উপস্থাপিত হয়েছে)। দুর্ঘটনা ব্যবস্থাপনা অধিদপ্তর (DDM) কর্তৃক পরিচালিত বহু-ঝুঁকি, ঝুঁকি এবং সংবেদনশীলতা মূল্যায়নে জলোচ্ছাস, সুনামি, বন্যা ইত্যাদি অন্তর্ভুক্ত ছিল। বাংলাদেশ প্রকৌশল বিশ্ববিদ্যালয় (BUET) SATREPS ও অন্যান্য প্রকল্পের আওতায় একাধিক সংশ্লিষ্ট গবেষণা পরিচালনা করেছে। JICA মাতারবাড়ী বন্দর উন্নয়নের জন্য তথ্য সংগ্রহ জরিপ সম্পন্ন করেছে এবং সেখানে জলোচ্ছাস বিষয়ক জরিপও করা হয়েছে, যা জোয়ার ও তরঙ্গের ডিজাইন শর্ত নির্ধারণে সহায়ক হয়েছে। উপকূলীয় দুর্ঘটনা বিবেচনায় জলবায়ু পরিবর্তনের প্রভাব অন্তর্ভুক্ত করা উচিত, কারণ উপকূলীয় অঞ্চল জলবায়ু পরিবর্তনের সবচেয়ে প্রভাবিত এলাকাগুলোর একটি (যেমন: সমুদ্রপৃষ্ঠের উচ্চতা বৃদ্ধি, ট্রপিক্যাল সাইক্লোনের তীব্রতা বৃদ্ধি)। বাংলাদেশে সাম্প্রতিক গবেষণাগুলোর একটি হলো পরিবেশ অধিদপ্তর (DoE)/পরিবেশ, বন ও জলবায়ু

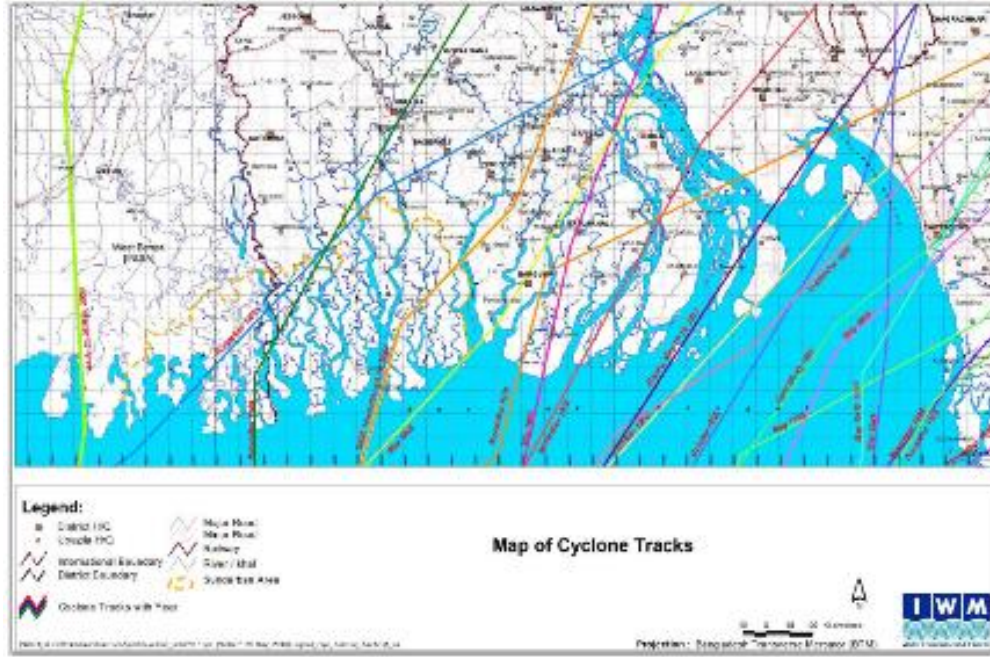
পরিবর্তন মন্ত্রণালয় (MoEF)-এর প্রতিবেদন। পরবর্তী অংশে এসব গবেষণার কিছু ফলাফল উপস্থাপন করা হবে।

সারণি ২.২.১ : জলোচ্ছাস সম্পর্কিত বিদ্যমান গবেষণাসমূহের তালিকা

ক্রমিক	গবেষণার নাম	প্রতিষ্ঠান	সারসংক্ষেপ
১	বাংলাদেশে বহু-ঝুঁকি, ঝুঁকি ও সংবেদনশীলতা মূল্যায়ন, মডেলিং ও ম্যাপিং	দুর্যোগ ব্যবস্থাপনা অধিদপ্তর (DDM), IWM ইত্যাদি	জলোচ্ছাস, সুনামি, বন্যা ইত্যাদি
২	বাংলাদেশে বন্যা ও জলোচ্ছাস প্রতিরোধ/প্রশমনের জন্য গবেষণা প্রকল্প	BUET / DPRI, KU (SATREPS)	বাংলাদেশ কোস্টাল মডেল (BCM), বাংলাদেশ ডেল্টা মডেল (BDM)
৩	গণপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশ সরকারে মাতারবাড়ী বন্দর উন্নয়ন বিষয়ক তথ্য সংগ্রহ জরিপ	JICA	বন্দর সুবিধার ডিজাইন শর্ত নির্ধারণের জন্য জলোচ্ছাস বিশ্লেষণ
৪	ট্রেন্ড বিশ্লেষণের মাধ্যমে বাংলাদেশের উপকূলে সমুদ্রপৃষ্ঠের উচ্চতা বৃদ্ধির মূল্যায়ন	পরিবেশ অধিদপ্তর (DoE) / পরিবেশ, বন ও জলবায়ু পরিবর্তন মন্ত্রণালয় (MoEF)	বাংলাদেশের SLR সংক্ষিপ্তসার

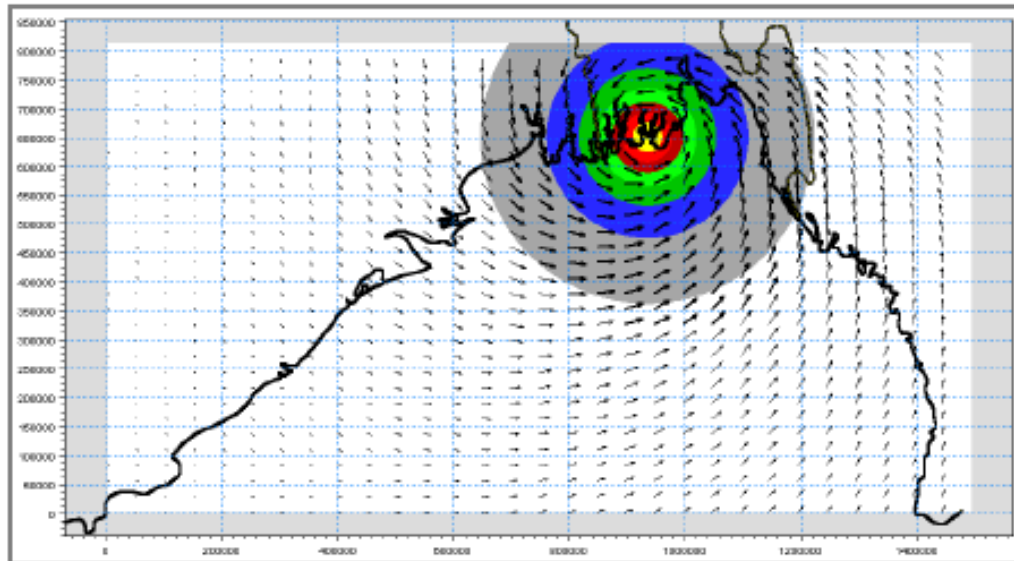
১) বাংলাদেশে বহু-ঝুঁকি, ঝুঁকি ও সংবেদনশীলতা মূল্যায়ন, মডেলিং ও ম্যাপিং

এই প্রকল্পে IWM এবং অন্যান্য প্রতিষ্ঠানসমূহ DDM-এর অর্থায়নে কারিগরি বিশ্লেষণ পরিচালনা করেছে। প্রকল্পের আওতায়, অতীতে বাংলাদেশের উপকূল অতিক্রম করা সাইক্লোন ট্রাক ব্যবহার করে একাধিক সংখ্যাগতক সিমুলেশন (numerical simulation) পরিচালনা করা হয়। চিত্র ২.২.২-এ প্রকল্পে ব্যবহৃত সাইক্লোন ট্রাকসমূহ দেখানো হয়েছে এবং চিত্র ২.২.৩-এ সিমুলেশনের চাপ ও বায়ু প্রবাহ ক্ষেত্রের (pressure and wind field) একটি চিত্র উপস্থাপন করা হয়েছে। প্রতিবেদনসমূহে বিভিন্ন পুনরাবৃত্তি সময় (return period)-এর জোয়ারের ভিত্তিতে সৃষ্ট জলোচ্ছাসের কারণে প্লাবনের মানচিত্র উপস্থাপন করা হয়েছে। বিভিন্ন ফলাফল চিত্র ২.২.৪-এ দেখানো হয়েছে।



সূত্র: Multi-Hazard, Risk and Vulnerability Assessment, Modelling and Mapping in Bangladesh

চিত্র ২.২.২ বাংলাদেশের ঐতিহাসিক ঘূর্ণিঝড়ের গতিপথের মানচিত্র

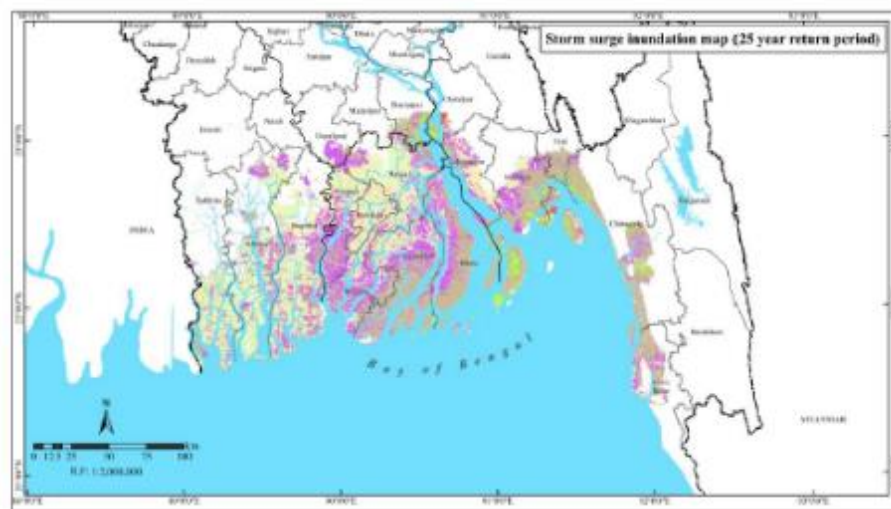
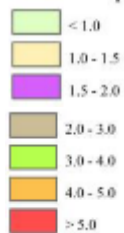


সূত্র: Multi-Hazard, Risk and Vulnerability Assessment, Modelling and Mapping in Bangladesh

চিত্র ২.২.৩ ঘূর্ণিঝড় সিডরের ক্ষেত্রে অনুকরণকৃত বায়ুচাপ ও বাতাসের ক্ষেত্রচিত্র

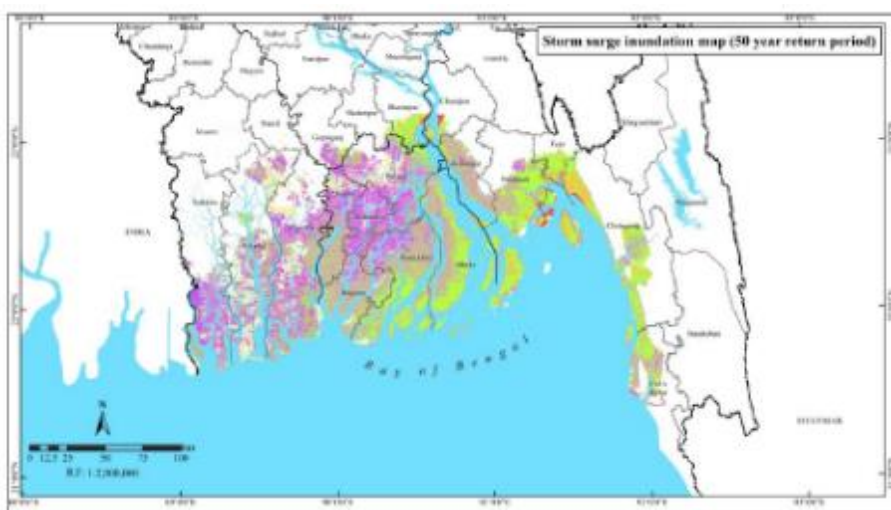
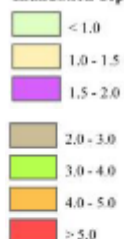
(ক) ২৫ বছর

Inundation depth (m)



(খ) ৫০ বছর

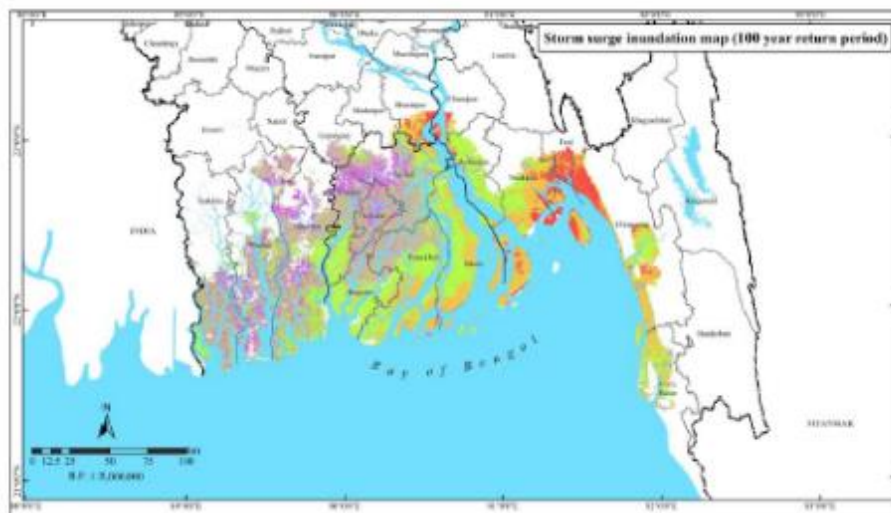
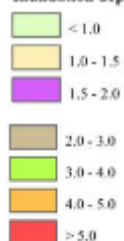
Inundation depth (m)



(গ) ১০০

বছর

Inundation depth (m)



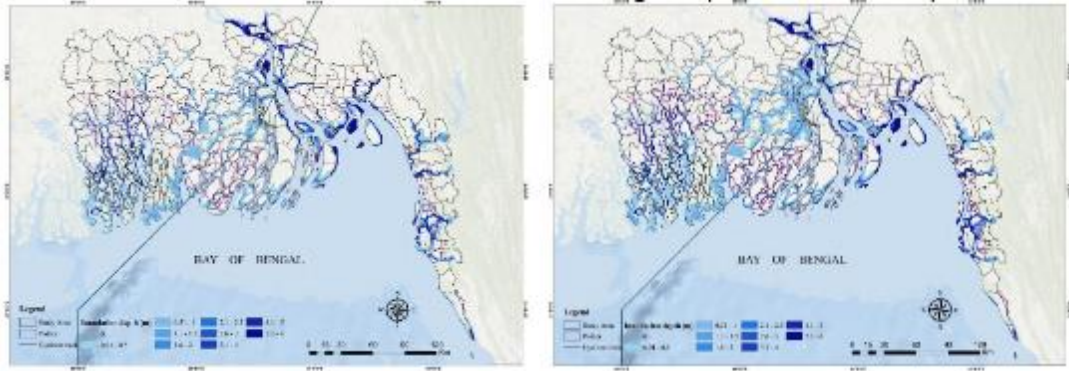
সূত্র: Multi-Hazard, Risk and Vulnerability Assessment, Modelling and Mapping in Bangladesh

চিত্র ২.২.৪- ২৫, ৫০ ও ১০০ বছর পুনরাবৃত্তি সময়কাল অনুযায়ী সম্পূর্ণ উপকূলীয় অঞ্চলের জলোচ্ছাস প্লাবনের মানচিত্র

2) বাংলাদেশে বন্যা ও জলোচ্ছাস প্রতিরোধ/প্রশমনের জন্য গবেষণা প্রকল্প

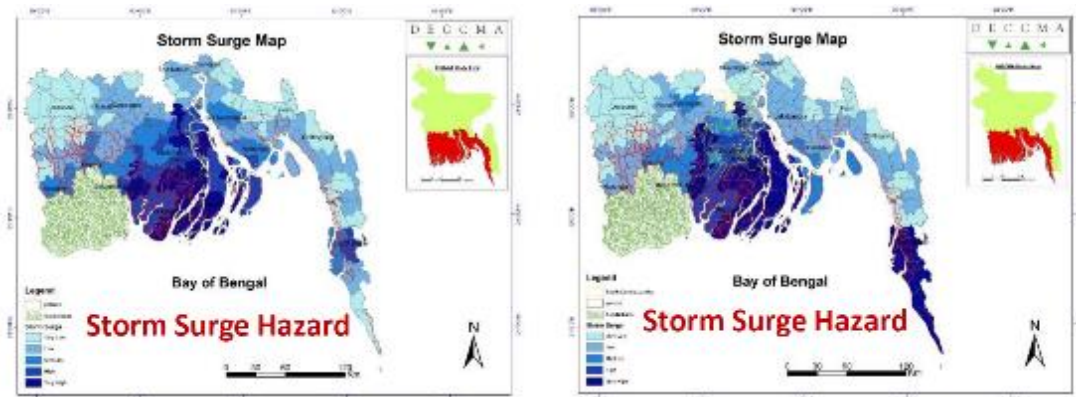
বাংলাদেশ প্রকৌশল বিশ্ববিদ্যালয় (BUET) দেশের অন্যতম অগ্রসর গবেষণা প্রতিষ্ঠান এবং জলোচ্ছাস বিষয়ক দুটি প্রধান উপকূলীয় মডেল পরিচালনা করে: BCM (Bangladesh Coastal Model) এবং BDM (Bangladesh Delta Model)।

Cyclone Sidr-এর বিপরীতে সৃষ্ট প্লাবনের সিমুলেশনের জন্য তারা BCM ব্যবহার করেছে—যেখানে সিমুলেশনটি বাংলাদেশের সমগ্র উপকূলজুড়ে জলাবদ্ধতার চিত্র তুলে ধরে, জলবায়ু পরিবর্তনের প্রভাবসহ এবং ব্যতিরেকে (চিত্র ২.২.৫ দ্রষ্টব্য)। এই মডেলের মেশ গ্রিড উপকূলজুড়ে প্রায় ৩০০ থেকে ৫০০ মিটার পর্যন্ত। BDM হলো একটি সমন্বিত মডেল, যেখানে কেবল জলোচ্ছাসই নয়, বরং নদীর বন্যা ও পলি পরিবহন (sediment transport) বিষয়গুলোও বিবেচনায় নেওয়া হয়েছে। BUET পরিচালিত গবেষণার একটি উল্লেখযোগ্য ফলাফল হলো জলবায়ু পরিবর্তনের প্রভাবসহ ও ছাড়া বাংলাদেশের জন্য প্রস্তুতকৃত জলোচ্ছাস ঝুঁকি মানচিত্র, যা চিত্র ২.২.৬-এ উপস্থাপন করা হয়েছে।



সূত্র: BUET

চিত্র ২.২.৫ ঘূর্ণিঝড় সিডরের সময় বর্তমান জলবায়ু (বামে) এবং ভবিষ্যৎ জলবায়ু অনুযায়ী জলোচ্ছাস প্রাবনের মানচিত্র (ডানে)

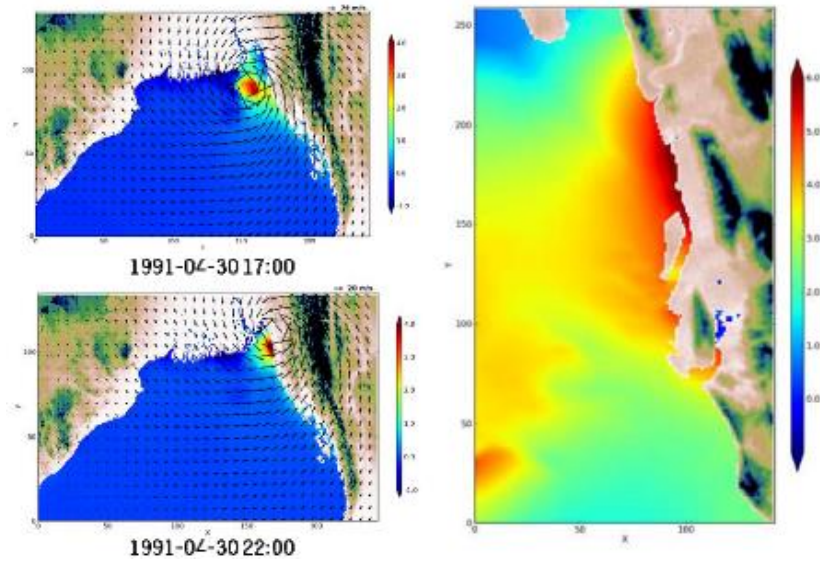


সূত্র: BUET

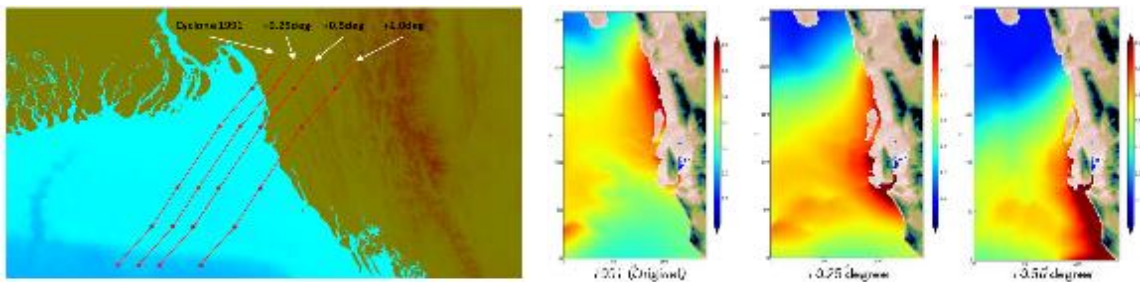
চিত্র ২.২.৬ বর্তমান জলবায়ু (বামে) ও ভবিষ্যৎ জলবায়ু অনুযায়ী জলোচ্ছাসের ঝুঁকির মানচিত্র (ডানে)

3) গণপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশে মাতারবাড়ী বন্দর উন্নয়ন বিষয়ক তথ্য সংগ্রহ জরিপ

JICA মাতারবাড়ী বন্দর উন্নয়নের জন্য একটি তথ্য সংগ্রহ জরিপ পরিচালনা করে। উক্ত প্রতিবেদনে বন্দর সুবিধাসমূহের নকশা শর্ত নির্ধারণের জন্য একাধিক জলোচ্ছাস বিশ্লেষণ অন্তর্ভুক্ত ছিল। তারা বাস্তব এবং কাল্পনিক (virtual) ট্রপিক্যাল সাইক্লোন ব্যবহার করে একাধিক সংখ্যাগতক সিমুলেশন (numerical simulation) পরিচালনা করে এবং মাতারবাড়ী বন্দরের জন্য সবচেয়ে বিপজ্জনক পরিস্থিতি বিশ্লেষণ করে। ১৯৯১ সালের ঘূর্ণিঝড় এই এলাকায় আঘাত হানে এবং প্রচণ্ড জলোচ্ছাসজনিত ক্ষতি সৃষ্টি করে। চিত্র ২.২.৭-এ সিমুলেশনের ফলাফল উপস্থাপিত হয়েছে। তারা আরও কয়েকটি কাল্পনিক সাইক্লোন ট্র্যাক নির্ধারণ করে ১৯৯১ সালের ঘূর্ণিঝড়ের গতিপথকে সরিয়ে বিভিন্ন পরিস্থিতি বিশ্লেষণ করে এবং চিত্র ২.২.৮-এ দেখানো হয়েছে—এই বিশ্লেষণের মাধ্যমে মাতারবাড়ী বন্দরের জন্য সবচেয়ে ঝুঁকিপূর্ণ ট্র্যাক চিহ্নিত করার চেষ্টা করা হয়েছে।



সূত্র: Data Collection Survey on the Matarbari Port Development in People's Republic of Bangladesh, JICA
চিত্র ২.২.৭ ১৯৯১ সালের ঘূর্ণিঝড়ের সময় বায়ুর বেগ ও জলোচ্ছাসের উচ্চতার বন্টনের ম্যাপশট (বামে) এবং সর্বোচ্চ জলোচ্ছাসের উচ্চতার বন্টন (ডানে)



সূত্র: Data Collection Survey on the Matarbari Port Development in People's Republic of Bangladesh, JICA
চিত্র ২.২.৮ মূল ঘূর্ণিঝড়ের গতিপথ ও ভার্চুয়াল গতিপথসমূহ (উপরে) এবং সর্বোচ্চ জলোচ্ছাসের উচ্চতার বন্টন (নিচে)

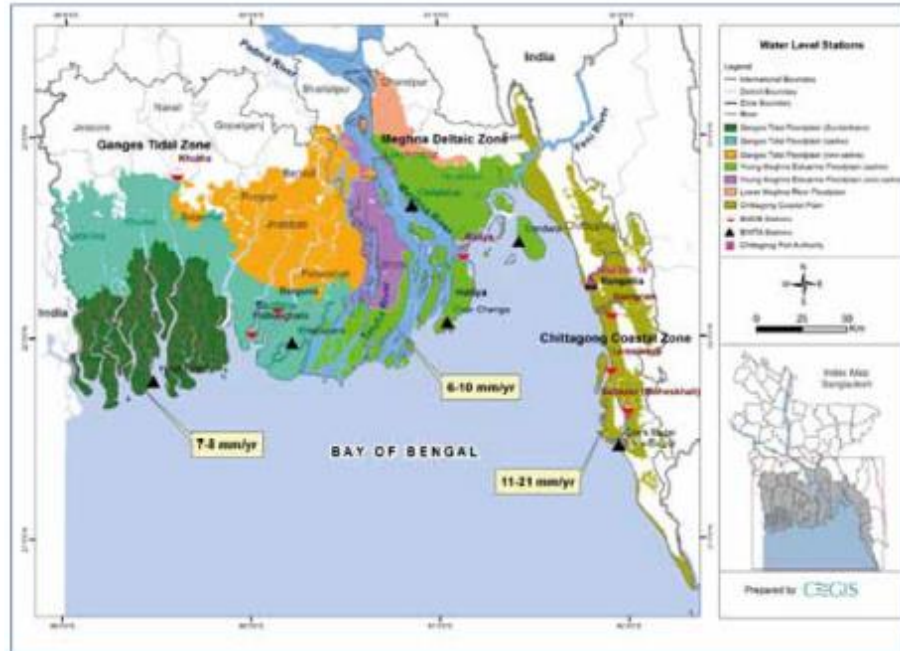
4) ট্রেন্ড বিশ্লেষণের মাধ্যমে বাংলাদেশের উপকূলে সমুদ্রপৃষ্ঠের উচ্চতা বৃদ্ধির মূল্যায়ন

পরিবেশ অধিদপ্তর (DoE) বাংলাদেশের সমগ্র উপকূলজুড়ে সমুদ্রপৃষ্ঠের উচ্চতা বৃদ্ধির (Sea Level Rise) মূল্যায়ন করে, যা পর্যবেক্ষণকৃত জোয়ারের উপাত্ত ও রি-অ্যানালাইসিস (reanalysis) উপাত্ত ব্যবহার করে সম্পাদিত হয়েছে। তারা গত ৩০ বছরের জন্য ট্রেন্ড বিশ্লেষণ (trend analysis) পরিচালনা করে, যা ছয়টি বিভক্ত অঞ্চলের ভিত্তিতে সম্পন্ন হয়েছে (সারণি ২.২.২ এবং চিত্র ২.২.৯ দ্রষ্টব্য)।

সারণি ২.২.২ গত ৩০ বছরের তথ্যের ভিত্তিতে বাংলাদেশের উপকূলীয় অঞ্চলের নির্বাচিত পানির স্তর পরিমাপক স্টেশনসমূহে পর্যবেক্ষণযোগ্য প্রবণতা

Source	Location	Subzone	Analysis Period	Trend based on Regression Slope (mm/year)	Trend based on Sen's Slope (mm/year)	Significance level
BIWTA	Hiron Point	Ganges tidal floodplain (saline)	1981-2013	8	7	significant at 99%
BIWTA	Char Chenga	Meghna estuarine floodplain (charland)	1980-2012	6	6	significant at 99%
BIWTA	Sandwip	Meghna estuarine floodplain (charland)	1977-2012	10	10	significant at 99%
BIWTA	Khal No. 10	Chittagong coastal plain	1983-2012	15	20	significant at 99%
BIWTA	Cox's Bazar	Chittagong coastal plain	1980-2012	11	13	significant at 99%
BWDB	Lemiskhali	Chittagong coastal plain	1981-88, 1990-2012	21	18	significant at 99%

সূত্র: Assessment of Sea Level Rise on Bangladesh Coast through Trend Analysis, DoE

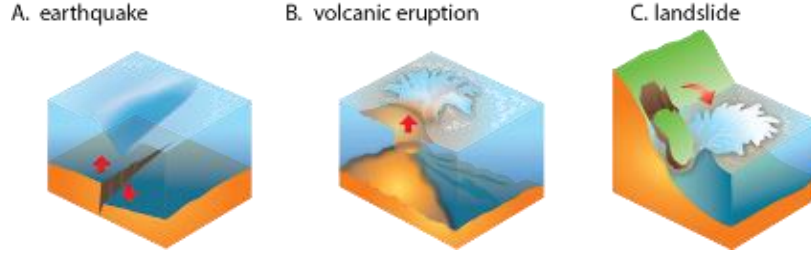


সূত্র: Assessment of Sea Level Rise on Bangladesh Coast through Trend Analysis, DoE

চিত্র ২.২.৯ গত ৩০ বছরের তথ্যের ভিত্তিতে বাংলাদেশের গঙ্গা, মেঘনা ও চট্টগ্রাম উপকূলীয় উপ-অঞ্চলের পানির স্তরের প্রবণতা

২.২.১.২. সুনামি

সুনামি হলো সমুদ্রে একটি বৃহৎ মাত্রার তরঙ্গ প্রবাহের ঘটনা, যা সমুদ্রতল ও উপকূলীয় ভূপ্রকৃতির হঠাৎ পরিবর্তনের ফলে ঘটে। এর প্রধান কারণগুলো হলো ভূমিকম্প, ভূমিধস (সেক্টর ধস), আগ্নেয়গিরি বিস্ফোরণ ইত্যাদি, যা চিত্র ২.২.১০-এ উপস্থাপিত হয়েছে।

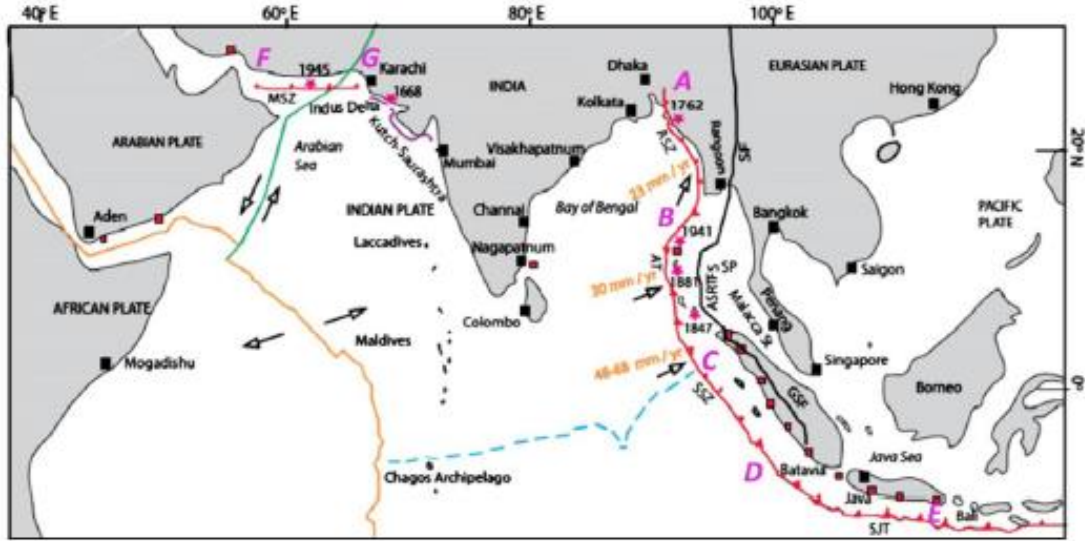


সূত্র: University of Hawaii website

চিত্র ২.২.১০ সুনামির উৎসসমূহ

DDM বাংলাদেশে পরিচালিত “বহু-ঝুঁকি, ঝুঁকি ও সংবেদনশীলতা মূল্যায়ন, মডেলিং ও ম্যাপিং” প্রকল্পে সুনামিকে একটি লক্ষিত বিপদ হিসেবে অন্তর্ভুক্ত করে। IWM এবং অন্যান্য প্রতিষ্ঠানসমূহ DDM-এর অর্থায়নে এই প্রকল্পের কারিগরি বিশ্লেষণ পরিচালনা করে। প্রকল্পের আওতায়, ভূমিকম্পের সম্ভাব্য উৎপত্তিস্থল হিসেবে ধরা নেওয়া সাবডাকশন জোন (subduction zones) ব্যবহার করে একাধিক সংখ্যাগত সিমুলেশন সম্পন্ন করা হয়, যা চিত্র ২.২.১১-এ উপস্থাপিত হয়েছে। তারা সুনামির উৎসের জন্য বিভিন্ন পুনরাবৃত্তিক সময়কাল (return periods)—৫০, ১০০, ২০০, ৫০০ ও ১০০০ বছর—ধরে সিমুলেশন পরিচালনা করে, যেখানে কল্পিত সুনামি উৎপত্তিস্থলের (tsunamigenic সূত্র) সঙ্গে মিলিয়ে সংখ্যাগত বিশ্লেষণ চালানো হয়। ভূমিকম্পজনিত ঘটনার মাত্রা (magnitude) ও উৎস সংক্রান্ত উপাদানসমূহের (সূত্র parameters) সংক্ষিপ্তসার সারণি ২.২.৩-এ উপস্থাপিত হয়েছে।

প্রতিবেদনগুলোতে বিভিন্ন পুনরাবৃত্তিক সময়কাল (return period)-এর সুনামি থেকে সৃষ্ট প্লাবনের মানচিত্র উপস্থাপন করা হয়েছে, যা চিত্র ২.২.১২-তে প্রদর্শিত হয়েছে। চিত্র ২.২.১২ (ক)-তে ৫০ বছরের পুনরাবৃত্তিক সময়কালবিশিষ্ট সুনামির কারণে সৃষ্ট প্লাবিত এলাকা দেখানো হয়েছে, যেখানে খুব সীমিত এলাকা প্লাবিত হয়েছে। চিত্র ২.২.৪-এ দেখানো ৫০ বছরের পুনরাবৃত্তিক সময়কালবিশিষ্ট জলোচ্ছ্বাসের প্লাবিত এলাকার সঙ্গে তুলনা করলে দেখা যায়, সুনামির তুলনায় জলোচ্ছ্বাসের কারণে প্লাবিত এলাকা অনেক বেশি। তবে লক্ষণীয় বিষয় হলো, ১০০০ বছরের পুনরাবৃত্তিক সময়কালবিশিষ্ট সুনামি অপেক্ষাকৃত বৃহৎ পরিমাণ এলাকা প্লাবিত করতে পারে, যদিও এই ধরনের ঘটনা অত্যন্ত বিরল। উদ্দেশ্যভিত্তিক বিপদস্তরের দৃষ্টিকোণ থেকে সুনামি তুলনামূলকভাবে অনেক বেশি বিরল একটি ঘটনা, এবং সুনামির বিরুদ্ধে প্রতিরোধমূলক ব্যবস্থা মূলত জলোচ্ছ্বাস প্রতিরোধের ব্যবস্থার সঙ্গে সামঞ্জস্যপূর্ণ। তাই, এই নির্দেশিকায় উপকূলীয় প্রধান দুর্যোগ হিসেবে জলোচ্ছ্বাসের উপরেই গুরুত্বারোপ করা হয়েছে।



সূত্র: Multi-Hazard, Risk and Vulnerability Assessment, Modelling and Mapping in Bangladesh

চিত্র ২.২.১১ ভারত মহাসাগর অববাহিকার সাবডাকশন অঞ্চলসমূহ

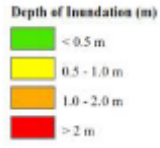
সারণি ২.২.৩ বিভিন্ন পুনরাবৃত্তি ব্যবধান অনুযায়ী ভূমিকম্পের মাত্রা ও উৎস সম্পর্কিত পরামিতিসমূহ

Seismic scenario	Return period (years)	Seismic zone	Mw	M0 (Nm)	Source parameters						
					Φ (deg)	δ (deg)	λ (deg)	L (km)	W (km)	H (km)	Δu (m)
1	25	Andaman	7.4	1.2x10 ²⁰	10	12	90	50	40	25	2.1
2	50	Andaman	7.7	4.0x10 ²⁰	10	12	90	70	45	25	4.3
3	100	Andaman	8.1	1.5x10 ²¹	10	12	90	150	65	25	5.5
4	200	Andaman	8.4	4.5x10 ²¹	10	12	90	250	85	25	7.0
5	500	Andaman	8.7	1.5x10 ²²	10	12	90	500	95	25	10.5
6	>1000	Arakan	8.6	7.9x10 ²¹	324	20	124	470	100	25	6.5
7		Arakan	8.8	1.6x10 ²²	20	15	90	470	175	25	7.0
8		Andaman	9.1	4.5x10 ²²	Multi-segment source model of Ji (2005), reported in Ammon et al. (2005)						

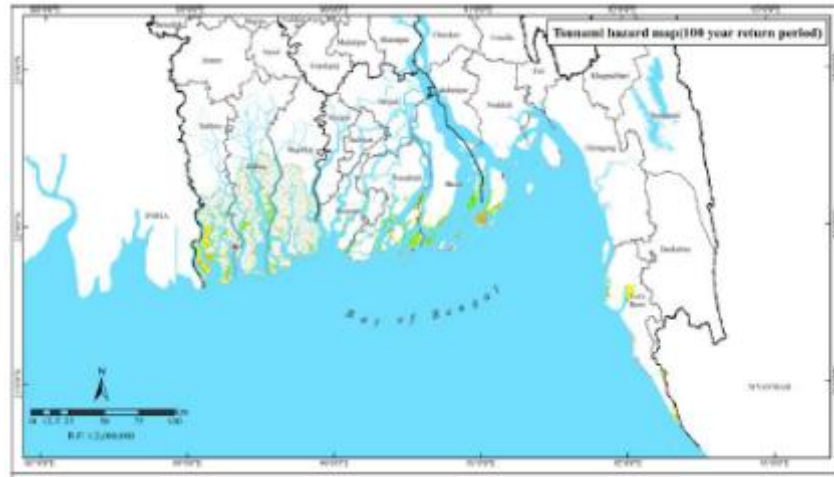
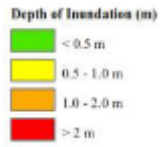
Note: Seismic zones - Arakan (AB) and Andaman (BC) in Fig. 1.20.

সূত্র: Multi-Hazard, Risk and Vulnerability Assessment, Modelling and Mapping in Bangladesh

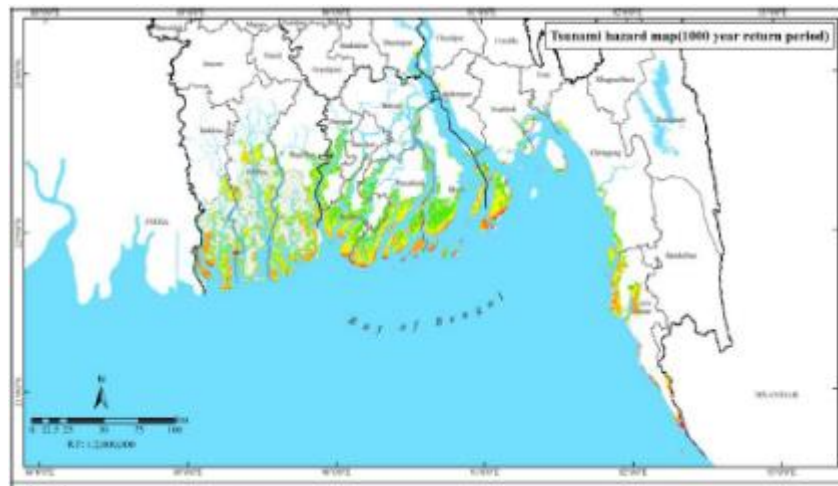
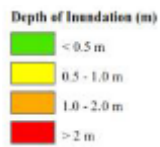
(ক) ৫০ বছর



(খ) ১০০ বছর



(গ) ১০০০ বছর



সূত্র: Multi-Hazard, Risk and Vulnerability Assessment, Modelling and Mapping in Bangladesh
চিত্র ২.২.১২ ৫০, ১০০ ও ১০০০ বছর পুনরাবৃত্তি সময়কাল অনুযায়ী সম্পূর্ণ উপকূলীয় অঞ্চলের সুনামি প্লাবনের মানচিত্র

২.২.২ UzDRRAP-এর জন্য উপকূলীয় দুর্ঘোণ বিশ্লেষণের প্রস্তাবিত পদ্ধতি

২.২.২.১ প্রস্তাবিত পদ্ধতির সারসংক্ষেপ

নিম্নের অংশে UzDRRAP-এর জন্য উপকূলীয় দুর্ঘোণ বিশ্লেষণের প্রস্তাবিত পদ্ধতিসমূহ ব্যাখ্যা করা হয়েছে। এই পদ্ধতিগুলোর একাধিক বিকল্প রয়েছে, যা তথ্যপ্রাপ্যতা, কারিগরি দক্ষতা (আউটসোর্সিং বা বিদ্যমান প্রতিবেদন) এবং স্থানীয় প্রেক্ষাপট অনুযায়ী নির্বাচনযোগ্য।

প্রধান বিকল্পসমূহ নিচে উপস্থাপন করা হলোঃ

- ১) জলোচ্ছাসের লক্ষ্য স্তর নির্ধারণ
- ২) জলোচ্ছাসের জন্য প্লাবন বিশ্লেষণ

1) জলোচ্ছাসের লক্ষ্য স্তর নির্ধারণ

প্রথমে UzDRRAP-এর জন্য লক্ষ্য দুর্ঘোণ হিসেবে জলোচ্ছাসের লক্ষ্য স্তর নির্ধারণ করতে হবে। লক্ষ্য জলোচ্ছাস নির্ধারণের জন্য দুটি প্রধান পদ্ধতি রয়েছে। উভয় পদ্ধতিতে জলবায়ু পরিবর্তনের প্রভাব অন্তর্ভুক্ত করা হবে কি না, তা বিবেচনায় নেওয়া হয়।

এই দুটি পদ্ধতির পার্থক্য সারণি ২.২.৪-এ উপস্থাপিত হয়েছে।

- ক) লক্ষ্য জলোচ্ছাস = ইতিহাস ভিত্তিক সর্বোচ্চ জোয়ারের স্তর (জলবায়ু পরিবর্তনের প্রভাবসহ/ছাড়া)
- খ) লক্ষ্য জলোচ্ছাস = XX-বছরের পুনরাবৃত্তিক সময়কাল অনুযায়ী সম্ভাব্য জোয়ারের স্তর (জলবায়ু পরিবর্তনের প্রভাবসহ/ছাড়া)

সারণি ২.২.৪ : ইতিহাস ভিত্তিক পর্যবেক্ষণ ও সংখ্যাগ্নক বিশ্লেষণ পদ্ধতির তুলনা

বিষয়বস্তু	(ক) ইতিহাস ভিত্তিক পর্যবেক্ষণ	(খ) জলোচ্ছাসের সংখ্যাগ্নক বিশ্লেষণ
মূল্যায়নযোগ্য উপাদান	• উপকূলবর্তী এলাকায় অতীত জলোচ্ছাসের তথ্য	• উপকূলবর্তী এলাকায় জলোচ্ছাসের তথ্য • জলোচ্ছাসের টাইম-সিরিজ
প্রধান প্রয়োজনীয় উপাত্ত	• জোয়ারের স্তর পর্যবেক্ষণের উপাত্ত	• বাথিমিট্রি (Bathymetry) • টাইফুন সংক্রান্ত টাইম সিরিজ তথ্য (অবস্থান, কেন্দ্রীয় বায়ুচাপ) • গণনামূলক প্রোগ্রাম
বৈশিষ্ট্য (◦ সুবিধা × সীমাবদ্ধতা)	◦ পর্যবেক্ষণ ভিত্তিক বৈজ্ঞানিক পদ্ধতিতে বিপদ মূল্যায়ন সম্ভব ◦ অতীত ঘটনাবিত্তিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে নির্ভুলতা বৃদ্ধি পেতে পারে ◦ কেবল নির্দিষ্ট স্থানে পর্যবেক্ষণ ফল থাকলে ফলাফল পাওয়া যায় ◦ নির্দিষ্ট ঘটনা পর্যবেক্ষণ সময়ের মধ্যে হতে হবে ◦ বিভিন্ন ধরনের জলোচ্ছাস বিবেচনা করা যায় না	◦ টাইফুনসহ আবহাওয়ার তথ্য ইনপুটের মাধ্যমে নির্ভুলতা বেশি ◦ বৈজ্ঞানিক ভিত্তিতে বিপদ মূল্যায়ন সম্ভব ◦ গণনায় সময় লাগে ◦ সংখ্যাগ্নক বিশ্লেষণে অভিজ্ঞতা প্রয়োজন ◦ ভূ-প্রকৃতিগত উপাত্তের নির্ভুলতার উপর নির্ভরশীল

সূত্র: JICA বিশেষজ্ঞ দল

২) জলোচ্ছ্বাসের জন্য প্লাবন বিশ্লেষণ

জলোচ্ছ্বাস জনিত প্লাবনের এলাকা বিশ্লেষণের জন্য প্লাবন বিশ্লেষণ অপরিহার্য। UzDRRAP-এর জন্য প্লাবন বিশ্লেষণের দুটি প্রধান পদ্ধতি রয়েছে। এই দুটি পদ্ধতির পার্থক্য সারণি ২.২.৫-এ উপস্থাপন করা হয়েছে।

ক) ফিল লেভেল পদ্ধতি (Fill level method):

ডিজিটাল উচ্চতা মডেল (DEM) এবং নির্ধারিত লক্ষ্য জলোচ্ছ্বাস স্তরের ভিত্তিতে অপেক্ষাকৃত সহজ একটি পদ্ধতি।

খ) বন্যা সিমুলেশন (Flood simulation):

একাধিক ইনপুট উপাত্ত ব্যবহার করে সংখ্যাগত সিমুলেশনের মাধ্যমে পরিচালিত অত্যন্ত উন্নত পদ্ধতি।

সারণি ২.২.৫ : ফিল লেভেল (Fill Level) পদ্ধতি ও ফ্লাড সিমুলেশন (Flood Simulation) পদ্ধতির তুলনা

পদ্ধতি	(ক) Fill Level Method (FLM)	(খ) Flood Simulation
মূল্যায়নযোগ্য উপাদান	• প্লাবিত এলাকা • প্লাবনের গভীরতা	• প্লাবিত এলাকা • প্লাবনের গভীরতা • পানির প্রবাহের গতি ও দিক • পানির আগমনের সময় • প্লাবনের স্থায়িত্বকাল
প্রধান প্রয়োজনীয় উপাত্ত	• সমুদ্রপাশের জলোচ্ছ্বাস স্তর • DEM	• DEM • ভূমি ব্যবহার সংক্রান্ত উপাত্ত • কাঠামোগত উপাত্ত
বৈশিষ্ট্য (○ সুবিধা × সীমাবদ্ধতা)	○ যদি সমুদ্রপাশ ও ভূমির DEM-এর মধ্যে পানির স্তর থাকে, সহজেই মূল্যায়ন করা যায় ○ প্রতিটি DEM গ্রিডে প্লাবনের গভীরতা মূল্যায়ন করা যায় ○ বিশদ ভূ-প্রকৃতির প্রভাব বিবেচনায় নেওয়া যায় না ○ কাঠামোগত প্রভাব বিবেচনায় নেওয়া যায় না	○ ভূমি, ভূমি ব্যবহার এবং কাঠামোগত উপাত্ত প্রতিফলিত করা যায় ○ কাঠামোগত ব্যবস্থার মাধ্যমে প্লাবনের পরিসীমা হ্রাসের প্রভাব মূল্যায়ন করা যায় ○ বিস্তারিত ভূ-উপাত্ত প্রয়োজন ○ গণনার জন্য দীর্ঘ সময় লাগে ○ উপাত্ত সংগ্রহে দক্ষতা ও সময় প্রয়োজন

সূত্র: JICA বিশেষজ্ঞ দল

২.২.২.২ বিশ্লেষণ প্রক্রিয়া

প্রস্তাবিত পদ্ধতিগুলোর বিশ্লেষণ প্রক্রিয়া চিত্র ২.২.১৩-এ উপস্থাপিত হয়েছে। এই পদ্ধতিটি নিম্নের ৩টি অংশে বিভক্ত, যেখানে উপরের মতো একাধিক বিকল্প রয়েছে:

১. মৌলিক উপাত্ত সংগ্রহ

২. লক্ষিত আপদ নির্ধারণ

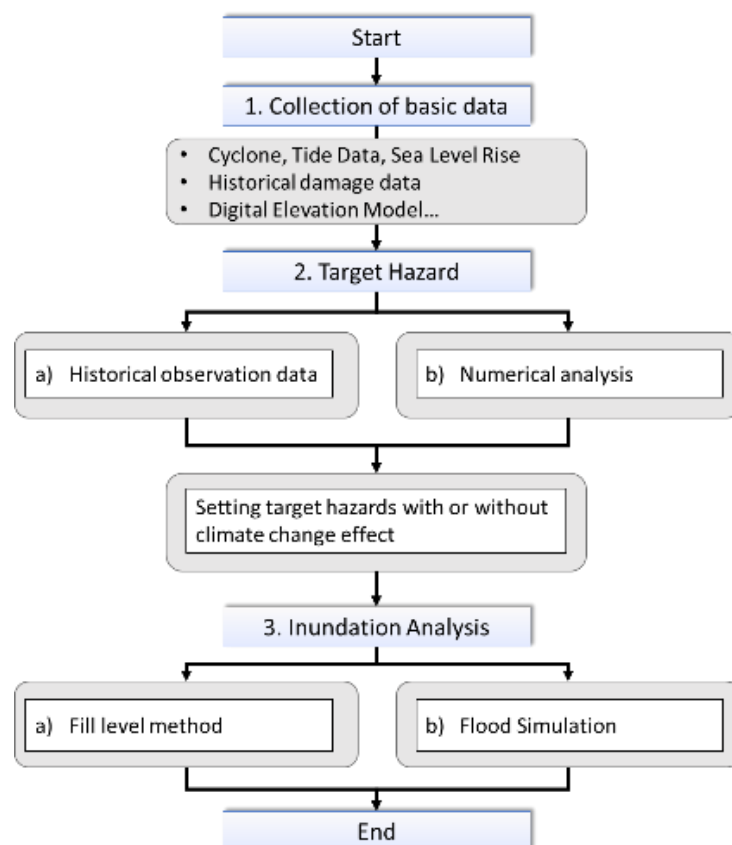
ক. ইতিহাস ভিত্তিক পর্যবেক্ষণ উপাত্ত

খ. সংখ্যাগত বিশ্লেষণ

৩. প্লাবন বিশ্লেষণ

ক. ফিল লেভেল (Fill Level) পদ্ধতি

খ. ফ্লাড সিমুলেশন (Flood Simulation) (বন্যা বিশ্লেষণ)



সূত্র: JICA Expert Team

চিত্র ২.২.১৩: জলোচ্ছাস (storm surge) এর আপদ মূল্যায়ন (hazard assessment) এর প্রবাহ চিত্র (flow chart)

১) মৌলিক তথ্য সংগ্রহ

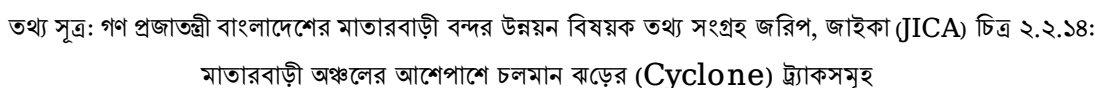
প্রস্তাবিত জলোচ্ছাস (storm surge) বিশ্লেষণের জন্য প্রয়োজনীয় তথ্য টেবিল ২.২.৬-এ তালিকাভুক্ত করা হয়েছে। পদ্ধতির বিকল্পগুলি তাদের বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী প্রয়োজনীয় তথ্য নির্ধারণ করে।

সারণি ২.২.৬: জলোচ্ছাস (storm surge) বিশ্লেষণের জন্য প্রয়োজনীয় তথ্যের তালিকা

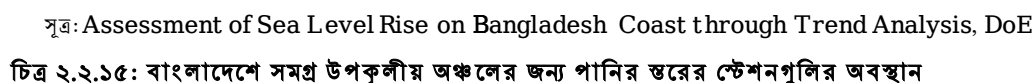
No.	Items	i. Target Hazard		ii. Inundation Analysis	
		a) Obs.	b) Sim.	a) FLM	b) Sim.
1	Cyclone data	✓	✓		
2	Tide observation data	✓	✓		
3	Climate change data	✓	✓		
4	Historical damage data	✓	✓	✓	✓
5	Digital Elevation Model			✓	✓
6	Bathymetry		✓		
7	Structural data				✓

সূত্র: JICA Expert Team

ঝাড়ের তথ্যের উদাহরণ চিত্র ২.২.১৪-এ দেখানো হয়েছে। এই তথ্যটি ওয়েবসাইট (যেমন, <https://www.ncdc.noaa.gov/ibtracs/>) থেকে সংগৃহীত করা যেতে পারে।



বাংলাদেশে উপকূলীয় এলাকায় সরকারী সংস্থাগুলি (যেমন, BIWTA এবং BWDB) দ্বারা বেশ কিছু স্থানে জোয়ার পর্যবেক্ষণ পরিচালিত হচ্ছে। পরিবেশ অধিদপ্তর (DoE) দেশের ৬টি অঞ্চলের জন্য প্রতিনিধিত্বমূলক জোয়ার পর্যবেক্ষণ স্থান নির্বাচন করেছে, যা চিত্র ২.২.১৫-এ দেখানো হয়েছে।



২) লক্ষিত জলোচ্ছাস নির্ধারণ

প্রস্তাবিত পদ্ধতিতে লক্ষিত জলোচ্ছাস (storm surge) নির্ধারণের জন্য ২টি প্রধান বিকল্প রয়েছে। প্রতিটি বিকল্পের প্রক্রিয়া পরবর্তী অংশে বর্ণিত হয়েছে।

ক) লক্ষ্য জলোচ্ছাস = ঐতিহাসিক সর্বাধিক জোয়ার স্তর (Climate change প্রভাবসহ/বিহীন)

খ) লক্ষ্য জলোচ্ছাস = XX-বছরের সম্ভাব্য জলস্তর (Climate change প্রভাবসহ/বিহীন)

গ) ঐতিহাসিক পর্যবেক্ষণ

ঝড়ের ডেউ (storm surge) বুঝি মূল্যায়নের জন্য সহজতর পদ্ধতি হলো অতীতের পর্যবেক্ষণ তথ্যের ভিত্তিতে এটি মূল্যায়ন করা। এই পদ্ধতির মাধ্যমে অতীতে বিষয়ভিত্তিক এলাকায় ঘটে যাওয়া উল্লেখযোগ্য জলোচ্ছাস (storm surge) ঘটনাগুলোর জোয়ার স্তরের পর্যবেক্ষণ রেকর্ড ব্যবহার করে জলোচ্ছাসের মাত্রা অনুমান করা হয়। প্রয়োজনীয় তথ্য হলো ঐ সময়ে ঘটনার সময়ে জোয়ার স্তরের পর্যবেক্ষণ তথ্য এবং জ্যোতির্বেজ্ঞানিক (astronomical) জোয়ার স্তরের তথ্য, এবং এটি হলো একটি পদ্ধতি যা টাইফুন ইত্যাদির কারণে সৃষ্ট বিচ্যুতি (জলোচ্ছাসের বিচ্যুতি) অনুমান করতে সাহায্য করে, যেটি পর্যবেক্ষণকৃত জোয়ার স্তর থেকে ঐ সময়ের জ্যোতির্বেজ্ঞানিক জোয়ার স্তর বাদ দিয়ে হিসাব করা হয়। এই পদ্ধতিটি জলোচ্ছাসের পরিমাণ অনুমান করার একটি প্রাথমিক পদ্ধতি যা প্রকৃত বিঘ্ন এবং দুর্ঘটনার ফলাফল থেকে নেওয়া হয়েছে, তবে এটি অতীতে জাপানের জোয়ার পর্যবেক্ষণ স্টেশনগুলোতে গ্রহণ করা হয়েছিল। এবং এই পদ্ধতিটি শুধুমাত্র ঐ ঘটনাগুলোর জন্য প্রযোজ্য, যা প্রকৃতপক্ষে ঘটেছিল, এবং এর অবজেক্ট রেঞ্জ সীমিত।

খ) জলোচ্ছাসের গাণিতিক বিশ্লেষণ

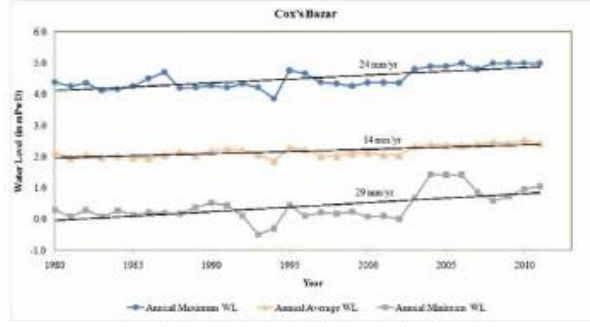
বিস্তারিত জলোচ্ছাস বুঝি মূল্যায়ন পদ্ধতি হলো জলোচ্ছাসের সিমুলেশন করা। এই পদ্ধতিটি জাপানের "স্টর্ম সার্জের জন্য জলাবদ্ধতা অনুমানিত এলাকার সৃষ্টি সংক্রান্ত গাইড" এ প্রদর্শিত হয়েছে, এবং এটি টাইফুন দ্বারা সৃষ্ট জলোচ্ছাসের ক্ষেত্রে সংশ্লিষ্ট প্রক্রিয়া অনুসরণ করে সম্পন্ন করা হয়। প্রয়োজনে তরঙ্গ ইত্যাদির প্রভাবগুলি বিবেচনায় নেওয়া যেতে পারে।

যেহেতু এই পদ্ধতিটি টাইফুনের মতো যেকোনো পথ এবং পরামিতির (যেমন, কেন্দ্রীয় চাপ) জন্য জলোচ্ছাসের বিচ্যুতি হিসাব করতে সক্ষম, তাই এটি এমন ভারুয়াল টাইফুনগুলোকেও বস্তুরূপে বিবেচনা করতে পারে, যা পথ উত্তরের দিকে বা দক্ষিণের দিকে স্থানান্তরিত হয় বা চলার দিক পরিবর্তন করে। সুতরাং, এটি প্রকৃত টাইফুন ছাড়া অন্য মহাপর্যায়ের জলোচ্ছাসের অনুমানিত দুর্ঘটনা নিয়ে গবেষণার জন্যও ব্যবহার করা যেতে পারে, এবং এটি অনুমানিত বৃহত্তম-মাপের জলোচ্ছাসের জন্য বুঝি মানচিত্র তৈরি করার গবেষণায় গ্রহণ করা হয়েছে। এর বৈশিষ্ট্যগুলির সুবিধা নিয়ে, এটি জলবায়ু পরিবর্তনের কারণে টাইফুনের তীব্রতা বৃদ্ধি বিবেচনায় নিয়ে বিশ্লেষণগুলির প্রতিক্রিয়া জানায়।

এই পদ্ধতিটি জাপানের "স্টর্ম সার্জের জন্য জলাবদ্ধতা অনুমানিত এলাকার সৃষ্টি সংক্রান্ত গাইড" এ গ্রহণ করা হয়েছে এবং এটি সারা দেশে জলোচ্ছাস বুঝি মানচিত্র তৈরির জন্য ব্যবহৃত হয়। এটি বর্তমানে সবচেয়ে বিস্তারিত মূল্যায়ন পদ্ধতি। এটি জাপান ছাড়া JICA টেকনিক্যাল কোঅপারেশন প্রকল্পগুলিতেও ব্যবহৃত হয়।

গ) জলবায়ু পরিবর্তনের প্রভাব বিবেচনায় রেখে লক্ষিত জলোচ্ছাস

পরের বিকল্প a এবং b উভয়ই লক্ষ্য জলোচ্ছাসের জন্য জলবায়ু পরিবর্তনের প্রভাব অন্তর্ভুক্ত করা উচিত কিনা তা বিবেচনায় নেয়। উপরের মতো, পরিবেশ অধিদপ্তর (DoE) বাংলাদেশে উপকূলীয় অঞ্চলের ৬টি এলাকার জন্য SLR (sea level rise) প্রবণতা প্রস্তুত করেছে। চিত্র ২.২.১৬-এ কক্সবাজারের প্রবণতা বিশ্লেষণের উদাহরণ ফলাফল দেখানো হয়েছে। এর লক্ষ্য বছরের অনুযায়ী লিনিয়ার সমীকরণ ব্যবহার করে SLR মান অনুমান করা যেতে পারে। সুতরাং, SLR বিবেচনা করা হলে জলোচ্ছাস নির্ধারণের জন্য লক্ষিত বছরও আলোচনা করা উচিত।



তথ্য সূত্র: বাংলাদেশ উপকূলীয় অঞ্চলে সাগর পৃষ্ঠের উচ্চতা বৃদ্ধি (Sea Level Rise) পর্যালোচনা মাধ্যমে মূল্যায়ন, পরিবেশ অধিদপ্তর (DoE)

চিত্র ২.২.১৬: কক্সবাজারে গত ৩০ বছরের লিনিয়ার রিগ্রেশন বিশ্লেষণের ভিত্তিতে জোয়ার পানি স্তরের পর্যবেক্ষিত প্রবণতা

৩) জলোচ্ছাস (storm surge) এর জন্য জলাবদ্ধতা বিশ্লেষণ

প্রস্তাবিত পদ্ধতিতে জলোচ্ছাস (storm surge) এর জলাবদ্ধতা বিশ্লেষণের জন্য ২টি প্রধান বিকল্প রয়েছে। প্রতিটি বিকল্পের প্রক্রিয়া নিম্নলিখিত অংশে বর্ণিত হয়েছে।

ক) ফিল লেভেল পদ্ধতি (Fill Level Method - FLM)

খ) বন্যা বিশ্লেষণ (Flood Analysis)

ক) ফিল লেভেল পদ্ধতি (Fill Level Method - FLM)

এটি এমন একটি পদ্ধতি যা জলোচ্ছাসের পরিমাণ মূল্যায়ন করার জন্য ব্যবহৃত হয়, যেখানে লক্ষ্য হলো জলস্তর সেট করার পর জলোচ্ছাস স্তরের সাথে সমান উচ্চতায় ভূমিতে জলাবদ্ধতা ঘটানো হয়। এই পদ্ধতির জন্য প্রয়োজনীয় তথ্য হলো উপকূলের জলোচ্ছাস স্তরের পাশাপাশি ডিজিটাল উচ্চতা মডেল (DEM)। যেহেতু এই পদ্ধতিটি একটি স্তরের বন্যা পদ্ধতি, এবং বন্যায় পানির স্তর স্থির থাকে এবং বন্যাকৃত এলাকা মূল্যায়ন করা হয়, তাই পানির স্তরের পরিবর্তন না দেখে বন্যার পানি ভূমির উপর প্রবাহিত হয়। এটি শুধুমাত্র বৃহত্তম বন্যার এলাকা মূল্যায়ন করতে পারে। তবে, বিস্তারিত DEM ব্যবহার করে প্রতিটি গ্রিডে জলাবদ্ধতার গভীরতার পার্থক্য বিবেচনা করা যেতে পারে। এর পাশাপাশি, একটি সুবিধা হলো যে, যখন পানি স্তর সেট করা হয় তখন জলাবদ্ধতার পরিসর তাত্ক্ষণিকভাবে প্রদর্শিত হতে পারে, কারণ গণনার সময় প্রয়োজন হয় না। তবে, এটি সময় সিরিজে জলাবদ্ধতার পরিস্থিতি এবং জলাবদ্ধতার সময় মূল্যায়ন করা সম্ভব নয়, এবং কাঠামোগত পদক্ষেপের মাধ্যমে জলাবদ্ধতার পরিমাণ মূল্যায়ন করাও সম্ভব নয়, কারণ কাঠামোগত তথ্য বিবেচনায় নেওয়া যায় না। যেহেতু এই পদ্ধতিটি খুবই সরল, এখনও এটি জাপানে উপকূলীয় প্রকল্পের লাভ-খরচ বিশ্লেষণে ব্যবহার করা হয় (দেখুন "উপকূলীয় প্রকল্পের জন্য লাভ-খরচ বিশ্লেষণ গাইডলাইন [সংশোধিত সংস্করণ] জুলাই, ২০০৪")। যেহেতু এই পদ্ধতিটি সরাসরি জলাবদ্ধতার এলাকা গণনা করে না এবং ভূ-গঠন প্রভাব বিবেচনা করে না, এটি পরবর্তী পদ্ধতির তুলনায় বৈজ্ঞানিক ভিত্তিতে নিম্নমানের, তবে এটি একটি নির্দিষ্ট মাত্রার সঠিকতা আশা করা যেতে পারে বলে বিবেচনা করা হয়।

খ) বন্যা বিশ্লেষণ (Flood Analysis)

বিস্তারিত জলোচ্ছাসের জলাবদ্ধতা পদ্ধতি হলো জলাবদ্ধতা হিসাব সম্পন্ন করা। এই পদ্ধতিটি জাপানের "স্টর্ম সার্জের জন্য জলাবদ্ধতা অনুমানিত এলাকার সৃষ্টি সংক্রান্ত গাইড" এ প্রদর্শিত হয়েছে। প্রয়োজনীয় তথ্যগুলো অন্তর্ভুক্ত করে ভূ-তাত্ত্বিক তথ্য, ভূমি ব্যবহারের তথ্য, এবং কাঠামোগত তথ্য। কাঠামো এবং তার উচ্চতার অস্তিত্ব বিবেচনা করে, এই পদ্ধতি বন্যার শুরুর সময় মূল্যায়ন করতে পারে এবং বন্যার সময় সীমার উন্নয়ন বিশ্লেষণ করতে পারে। সুতরাং, কাঠামোগত প্রতিরোধ ব্যবস্থা যেমন ধরনের, অবস্থান, উচ্চতা ইত্যাদি বিবেচনায় নিয়ে জলাবদ্ধতার পরিসর এবং জলাবদ্ধতার গভীরতার পরিবর্তন মূল্যায়ন করা যেতে পারে। এই পদ্ধতিটি

বৈজ্ঞানিক নির্ভরযোগ্যতা এবং ভিত্তি হিসেবে অন্য পদ্ধতির তুলনায় শ্রেষ্ঠ হিসেবে বিবেচিত হয়। যেহেতু সরাসরি গাণিতিক বিশ্লেষণ করা হয়, এই পদ্ধতির বিশ্লেষণমূলক মডেলিং এবং যাচাইয়ের জন্য উচ্চ স্তরের প্রকৌশলী এবং নির্ভরযোগ্য তথ্যের প্রয়োজন।

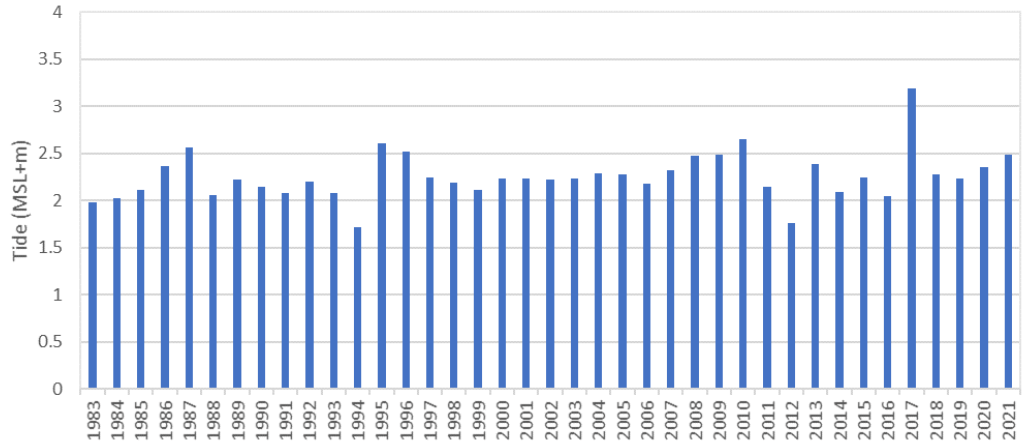
২.২.৩ উপকূলীয় দুর্যোগ বিশ্লেষণের নমুনা ফলাফল

পরবর্তী অংশে কক্সবাজার, বিশেষত: কক্সবাজার সদর এবং চকরিয়া উপজেলা সমূহে উপকূলীয় দুর্যোগ বিশ্লেষণের নমুনা ফলাফল ব্যাখ্যা করা হয়েছে।

২.২.৩.১ মৌলিক তথ্য সংগ্রহ এবং লক্ষ্য জলোচ্ছাস নির্ধারণ

১) জোয়ারের পর্যবেক্ষণ তথ্য

জোয়ার পর্যবেক্ষণ তথ্য কক্সবাজারের সংশ্লিষ্ট সংস্থাগুলির কাছ থেকে সংগ্রহ করা হয়েছে। কক্সবাজারে বার্ষিক সর্বাধিক জোয়ারকে নির্বাচন করা হয়েছে, যা চিত্র ২.২.১৭-এ প্রদর্শিত হয়েছে।



তথ্য সূত্র: জাহিকা (JICA) বিশেষজ্ঞ দল

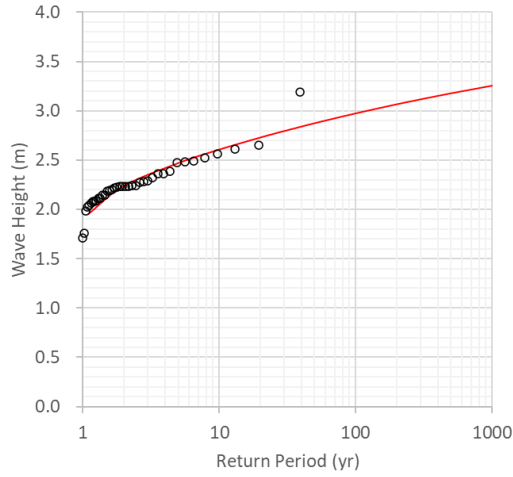
চিত্র ২.২.১৭: কক্সবাজারে বার্ষিক সর্বাধিক জোয়ার

ঐতিহাসিক পর্যবেক্ষণ থেকে বার্ষিক সর্বাধিক জোয়ারের সিরিজের উপর ভিত্তি করে সম্ভাব্য বিশ্লেষণ পরিচালিত হয়েছে। ফলাফল সারণি ২.২.৭ এবং চিত্র ২.২.১৮-এ দেখানো হয়েছে। লক্ষিত জলোচ্ছাস স্তরের জন্য, ২০ বছরের ফেরত সময়ের জোয়ার নির্বাচন করা হয়েছে।

সারণি ২.২.৭ কক্সবাজারে ঐতিহাসিক জোয়ার পর্যবেক্ষণ তথ্যের সম্ভাব্য বিশ্লেষণের ফলাফল

No.	Case		Water Level (M.S.L.+m)	
1	Historical maximum tide		3.193	3.2
2	Provability water level	10-yr	2.61	2.6
3	Provability water level	20-yr	2.73	2.7
4	Provability water level	25-yr	2.77	2.8
5	Provability water level	30yr	2.80	2.8
6	Provability water level	50-yr	2.87	2.9
7	Provability water level	100-yr	2.97	3.0

সূত্র: JICA Expert Team



সূত্র: JICA Expert Team

চিত্র ২.২.১৮ কক্সবাজারে বার্ষিক সর্বাধিক জোয়ারের সম্ভাব্য বিশ্লেষণ

<Reference of the result of the Matarbari port project >

মাতারবাড়ী বন্দর প্রকল্প জলোচ্ছাস গাণিতিক বিশ্লেষণ পরিচালনা করেছে যাতে জলোচ্ছাসের উচ্চতা নির্ধারণ করা যায়, যা কক্সবাজার জেলার জলোচ্ছাস বিশ্লেষণে ব্যবহৃত হতে পারে, যা সারণি ২.২.৮-এ দেখানো হয়েছে।

সারণি ২.২.৮ মাতারবাড়ী বন্দর এলাকার জন্য অতীতে ঘটে যাওয়া ঐতিহাসিক জলোচ্ছাসের তালিকা

Year	Category	Duration	Maximum Height in Matarbari (m)
1991	5	1991/04/24 18:00 ~ 1991/04/30 18:00	5.9062
1994	2	1994/04/29 0:00 ~ 1994/05/02 18:00	0.3096
1995	8	1995/11/21 12:00 ~ 1995/11/25 9:00	0.1944
1997	7	1997/09/23 3:00 ~ 1997/09/27 12:00	1.0546
1997	1	1997/05/15 6:00 ~ 1997/05/19 12:00	0.9787
2002	3	2002/11/09 18:00 ~ 2002/11/12 12:00	0.1438
2003	1	2003/05/08 12:00 ~ 2003/05/19 18:00	0.0054
2004	2	2004/05/14 18:00 ~ 2004/05/19 18:00	0.0313
2005	3	2005/10/01 6:00 ~ 2005/10/03 6:00	0.0549
2007	6	2007/11/10 6:00 ~ 2007/11/16 0:00	1.2689
2009	1	2009/04/14 0:00 ~ 2009/04/18 0:00	0.5589
2009	2	2009/05/22 18:00 ~ 2009/05/26 6:00	0.1353
2009	3	2009/09/03 18:00 ~ 2009/09/07 0:00	0.0373
2011	2	2011/10/17 0:00 ~ 2011/10/19 18:00	0.1191
2013	1	2013/05/09 18:00 ~ 2013/05/16 12:00	0.6666

তথ্য সূত্র: বাংলাদেশ প্রজাতন্ত্রের মাতারবাড়ী বন্দর উন্নয়ন বিষয়ক তথ্য সংগ্রহ জরিপ, জাইকা (JICA)

সারণি ২.২.৯ মাতারবাড়ীতে ১০ বছর থেকে ১০০ বছর এবং ঐতিহাসিক সর্বাধিক জোয়ারের সঙ্গে সম্ভাব্য জলস্তরের সারাংশ। সারণি অনুযায়ী, জলোচ্ছাসের উচ্চতার সাথে HWL (Highest Water Level) যোগ করে মোট জলস্তর অনুমান করা যেতে পারে।

জলবায়ু পরিবর্তনের প্রভাব বিবেচনায় নেওয়ার জন্য, সম্ভাব্য জলস্তরের সাথে সাগর পৃষ্ঠের উচ্চতা বৃদ্ধি (SLR) যোগ করা হবে। চিত্র ২.২.১৭-এ প্রদত্ত ফলাফলের ভিত্তিতে, কক্সবাজারে বার্ষিক সর্বাধিক জলস্তর ২৪ মিমি/বছর হারে বৃদ্ধি পাচ্ছে। যদি লক্ষিত বছর ২৫ বছর হিসেবে প্রয়োগ করা হয়, তবে প্রতিটি জলস্তরে ০.৬ মিটার (= ২৪ মিমি/বছর * ২৫ বছর) যোগ করতে হবে। সারণি ২.২.৯ তে ২৫ বছরের SLR সহ সম্ভাব্য জলস্তর এবং ঐতিহাসিক সর্বাধিক জোয়ারও দেখানো হয়েছে।

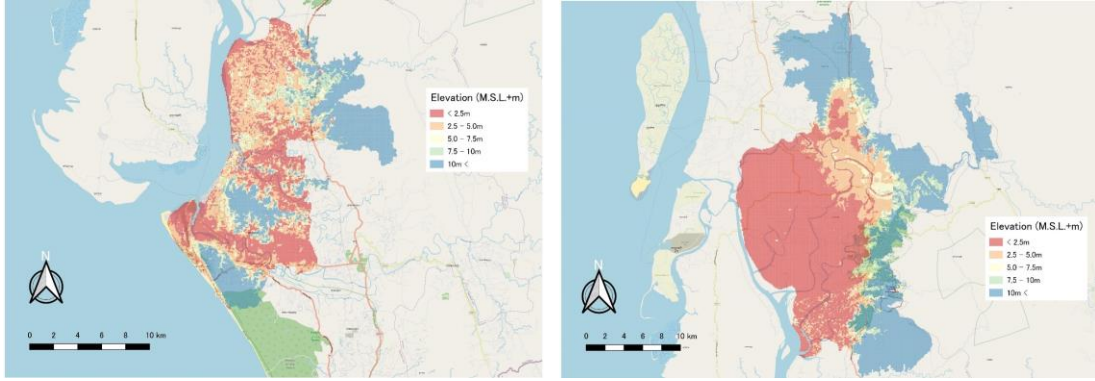
সারণি ২.২.৯ ২৫ বছরের SLR বিবেচনায় রেখে ঐতিহাসিক সর্বাধিক জোয়ার এবং বিভিন্ন সম্ভাব্য জলস্তরের সাথে লক্ষিত জলোচ্ছ্বাসের তালিকা

No.	Case	Surge height (m)	H.W.L. (M.S.L.+m)	Wave set-up (m)	SLR (m)	Total (M.S.L.+m)
1	Historical maximum tide	5.9062	2.2	0.5	0.6	9.2
2	Provability water level 10-yr	1.58	2.2	0.5	0.6	4.9
3	Provability water level 20-yr	2.59	2.2	0.5	0.6	5.9
4	Provability water level 25-yr	2.98	2.2	0.5	0.6	6.3
5	Provability water level 30yr	3.32	2.2	0.5	0.6	6.6
6	Provability water level 50-yr	4.41	2.2	0.5	0.6	7.7
7	Provability water level 100-yr	6.29	2.2	0.5	0.6	9.6

তথ্য সূত্র: গণপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশ সরকারের মাতারবাড়ী বন্দর উন্নয়ন বিষয়ক তথ্য সংগ্রহ জরিপ, জাইকা (JICA)

২) ডিজিটাল উচ্চতা মডেল (DEM)

ডিজিটাল উচ্চতা মডেল (Digital Elevation Model - DEM) কক্সবাজার সদর এবং চকরিয়া উপজেলার জন্য যথাক্রমে চিত্র ২.২.১৯-এ দেখানো হয়েছে।

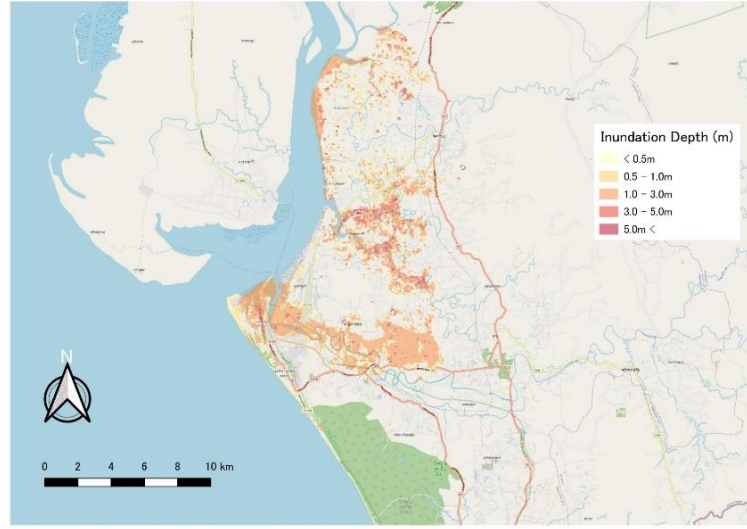


সূত্র: JICA Expert Team

চিত্র ২.২.১৯ কক্সবাজার সদর ও চাকরিয়া উপজেলার ডিজিটাল উচ্চতা মডেল (DEM)

১) কক্সবাজার সদর

ফিল লেভেল পদ্ধতি ব্যবহার করে, কক্সবাজার সদর অঞ্চলে জলোচ্ছ্বাসের জলাবদ্ধতা এলাকা অনুমান করা হয়েছে। ২০ বছরের সম্ভাব্য জলস্তরের ক্ষেত্রে একটি উদাহরণ হিসেবে চিত্র ২.২.২০-এ দেখানো হয়েছে। অন্যান্য জলাবদ্ধতা এলাকার ক্ষেত্রে, ঐতিহাসিক সর্বাধিক জোয়ারের ক্ষেত্রসহ চিত্র ২.২.২২-এ বর্ণিত হয়েছে।



তথ্য সূত্র: জাইকা (JICA) বিশেষজ্ঞ দল

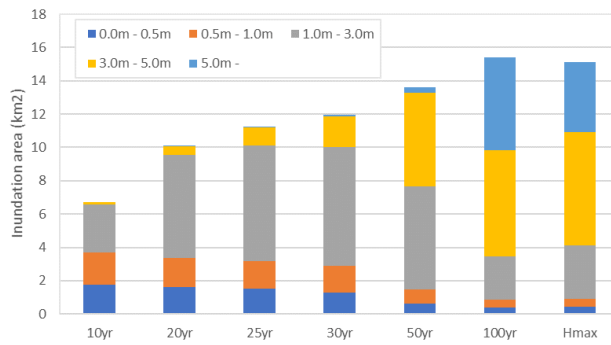
চিত্র ২.২.২০ কক্সবাজার সদর অঞ্চলে ২০ বছরের সম্ভাব্য জলস্তরের সাথে জলাবদ্ধতা গভীরতার বিতরণ মানচিত্র

জলাবদ্ধতা মানচিত্রের ফলাফল ব্যবহার করে প্রতিটি সম্ভাব্য জলস্তরের জন্য জলাবদ্ধতা এলাকা অনুমান করা হয়েছে। সারণি ২.২.১০ এবং চিত্র ২.২.২১ জলাবদ্ধতা গভীরতার সাথে জলাবদ্ধতা এলাকা প্রদর্শন করে।

সারণি ২.২.১০ জলাবদ্ধতা গভীরতার ভিত্তিতে সম্ভাব্য জলস্তরের সাথে জলাবদ্ধতা এলাকা

Inundation depth	Inundation area (km ²)						
	10yr	20yr	25yr	30yr	50yr	100yr	Hmax
0.0m - 0.5m	1.78	1.62	1.52	1.29	0.65	0.40	0.43
0.5m - 1.0m	1.90	1.74	1.63	1.58	0.83	0.44	0.50
1.0m - 3.0m	2.89	6.20	6.97	7.13	6.18	2.63	3.21
3.0m - 5.0m	0.13	0.49	1.09	1.87	5.61	6.36	6.79
5.0m -	-	0.00	0.04	0.08	0.36	5.58	4.18
Total	6.70	10.06	11.24	11.95	13.62	15.41	15.11

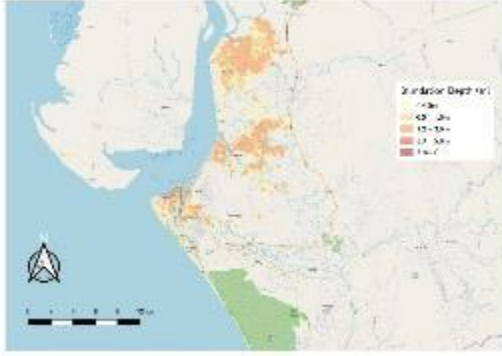
তথ্য সূত্র: জাইকা (JICA) বিশেষজ্ঞ দল



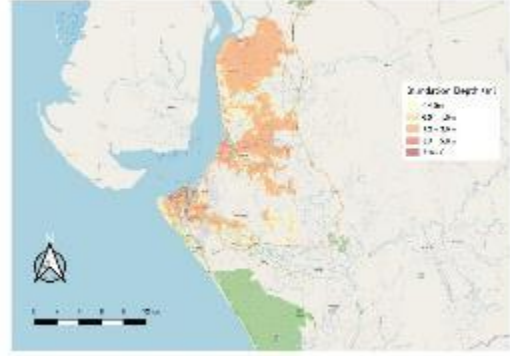
তথ্য সূত্র: জাইকা (JICA) বিশেষজ্ঞ দল

চিত্র ২.২.২১ কক্সবাজার সদর অঞ্চলে বিভিন্ন সম্ভাব্য জলস্তরের সাথে জলাবদ্ধতা এলাকা।

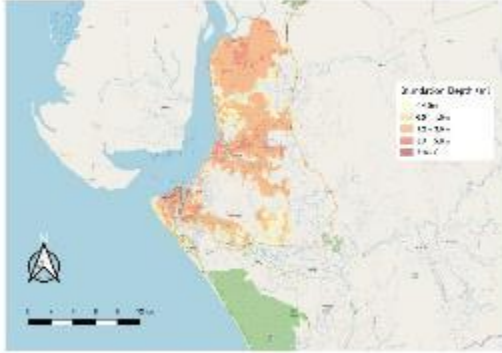
(ক) ১০ বছর



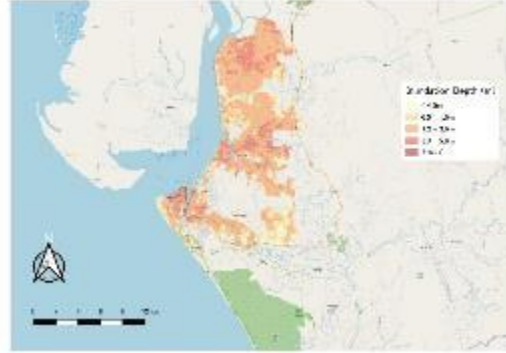
(খ) ২০ বছর



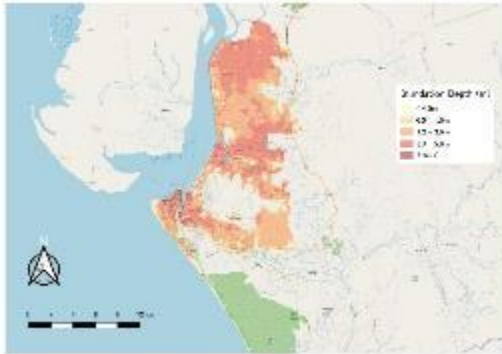
(গ) ২৫ বছর



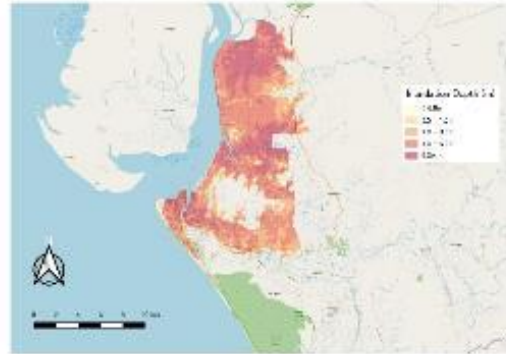
(ঘ) ৩০ বছর



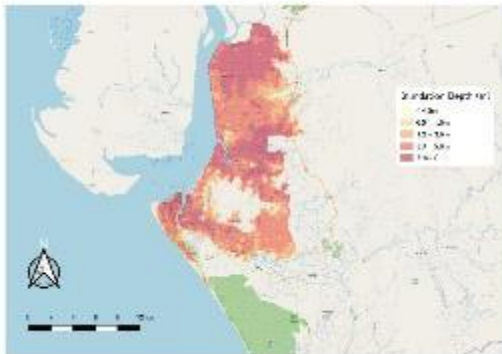
(ঙ) ৫০ বছর



(চ) ১০০ বছর



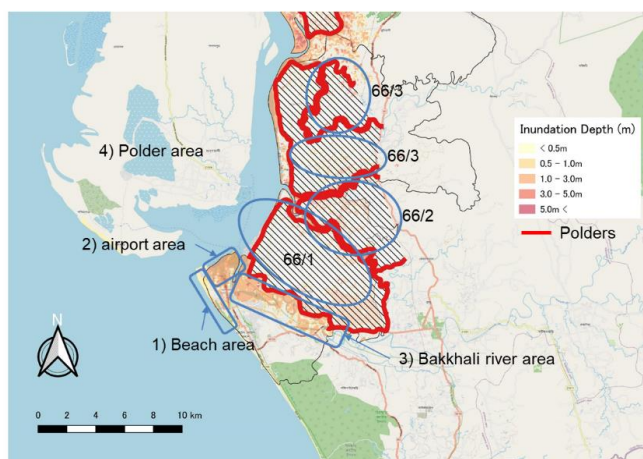
(ছ) ঐতিহাসিক সর্বোচ্চ



তথ্য সূত্র: জাইকা (JICA) বিশেষজ্ঞ দল

চিত্র ২.২.২২ কক্সবাজার সদর অঞ্চলে বিভিন্ন সম্ভাব্য জলস্তরের সাথে জলাবদ্ধতা গভীরতার মানচিত্র

এই অঞ্চলে বেশ কয়েকটি পোল্ডার রয়েছে, যা চিত্রে দেখানো হয়েছে, যদিও জলাবদ্ধতা এলাকা পোল্ডারের প্রভাব বিবেচনায় নেয়নি। এই পরিস্থিতিতে, পরবর্তী হাসমূলক পদক্ষেপগুলি এই অঞ্চলের স্থানীয় DRR পরিকল্পনায় বিবেচনায় নেওয়া উচিত।



সূত্র: জাইকা বিশেষজ্ঞ দল

চিত্র ২.২.২৩ কক্সবাজার সদর অঞ্চলের পোন্ডার এবং সম্ভাব্য প্রতিরোধমূলক পদক্ষেপসমূহ

একটি প্রকল্প যা BWDB দ্বারা অধ্যয়নাধীন, সারণি ২.২.১১-এ দেখানো হয়েছে। জলাবদ্ধতা মানচিত্রের ভিত্তিতে, কেবল এই প্রকল্পটি কক্সবাজারে জলাবদ্ধতা প্রতিরোধের জন্য যথেষ্ট নয়। সুতরাং, অতিরিক্ত সম্ভাব্য প্রতিরোধমূলক পদক্ষেপগুলি বিবেচনায় নেওয়া উচিত, যেমন সারণি ২.২.১২ কক্সবাজারে সম্ভাব্য প্রতিরোধমূলক পদক্ষেপসমূহ-এ প্রদর্শিত প্রতিরোধমূলক পদক্ষেপসমূহ।

সারণি ২.২.১১ কক্সবাজারে অধ্যয়নাধীন প্রতিরোধমূলক পদক্ষেপসমূহ

No	Example of Countermeasures	Implementing agency	Remarks/Concerns
1	Beach Protection for storm surge and coastal erosion (8.72 km = 2.0km + 3.11km + 2.49km + 1.12km)	BWDB	It is small Collaboration with Tourism

তথ্য সূত্র: জাইকা (JICA) বিশেষজ্ঞ দল

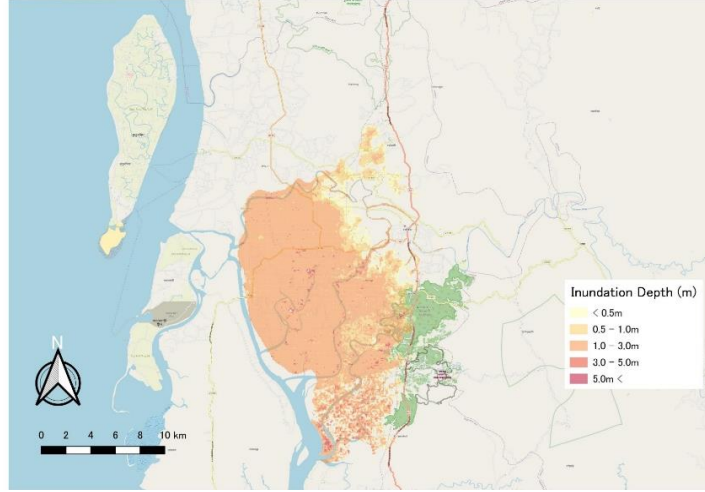
সারণি ২.২.১২ কক্সবাজারে সম্ভাব্য প্রতিরোধমূলক পদক্ষেপসমূহ

No	Area	Possible Countermeasures	Remarks/Concerns
1	Beach Area	Beach Protection for storm surge and coastal erosion	Collaboration with Tourism
2	Airport Area	Alt.-1: Protection (ex. Dike, revetment, seawall...)	Consultation with Fishery activities?
		Alt.-2: Protection with the airport expansion plan	Relocation?
		Alt.-3: Evacuation measures (ex. Shelters, drills...)	No structural measures
3	Bakkhali River Left Bank Area	Protection (ex. River dike or flood wall...)	Consideration of River flood measures
4	Polder Area	Maintenance or Enhancement of polders	

তথ্য সূত্র: জাইকা (JICA) বিশেষজ্ঞ দল

২) চকরিয়া

ফিল লেভেল পদ্ধতি ব্যবহার করে, চাকরিয়া অঞ্চলে জলোচ্ছাসের জলাবদ্ধতা এলাকা অনুমান করা হয়েছে। ২০ বছরের সম্ভাব্য জলস্তরের ক্ষেত্রে একটি উদাহরণ হিসেবে চিত্র ২.২.২৪-এ দেখানো হয়েছে। অন্যান্য জলাবদ্ধতা এলাকার ক্ষেত্রে, ঐতিহাসিক সর্বাধিক জোয়ারের ক্ষেত্রে সহ চিত্র ২.২.২৬ -এ বর্ণিত।



তথ্য সূত্র: জাইকা (JICA) বিশেষজ্ঞ দল

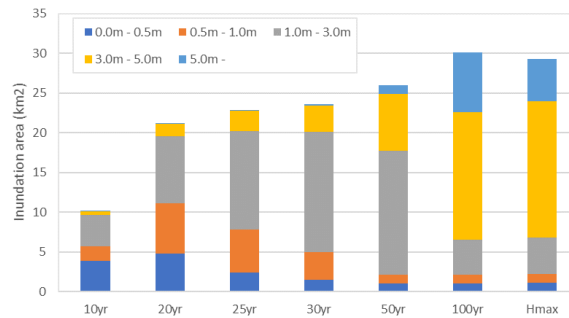
চিত্র ২.২.২৪: চকরিয়া অঞ্চলে ২০ বছরের সম্ভাব্য জলস্তরের সাথে জলাবদ্ধতা গভীরতার বিতরণ মানচিত্র

জলাবদ্ধতা মানচিত্রের ফলাফল ব্যবহার করে প্রতিটি সম্ভাব্য জলস্তরের জন্য জলাবদ্ধতা এলাকা অনুমান করা হয়েছে। সারণি ২.২.১৩ এবং চিত্র ২.২.২৫ জলাবদ্ধতা গভীরতার সাথে জলাবদ্ধতা এলাকা প্রদর্শন করে।

সারণি ২.২.১৩: জলাবদ্ধতা গভীরতার ভিত্তিতে সম্ভাব্য জলস্তরের সাথে জলাবদ্ধতা এলাকা

Inundation depth	Inundation area (km ²)						
	10yr	20yr	25yr	30yr	50yr	100yr	Hmax
0.0m - 0.5m	3.82	4.79	2.37	1.45	0.96	1.03	1.06
0.5m - 1.0m	1.91	6.28	5.46	3.50	1.18	1.08	1.15
1.0m - 3.0m	3.95	8.53	12.39	15.15	15.62	4.36	4.54
3.0m - 5.0m	0.38	1.49	2.52	3.28	7.08	16.12	17.17
5.0m -	0.02	0.06	0.11	0.23	1.14	7.50	5.37
Total	10.08	21.15	22.85	23.62	25.99	30.09	29.29

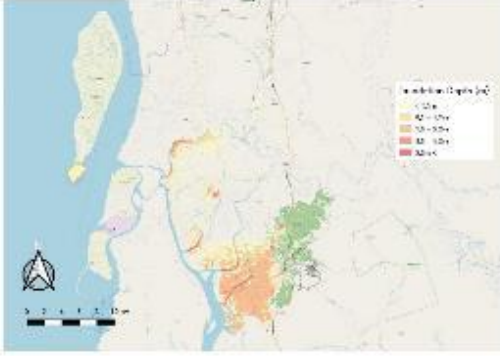
তথ্য সূত্র: জাইকা (JICA) বিশেষজ্ঞ দল



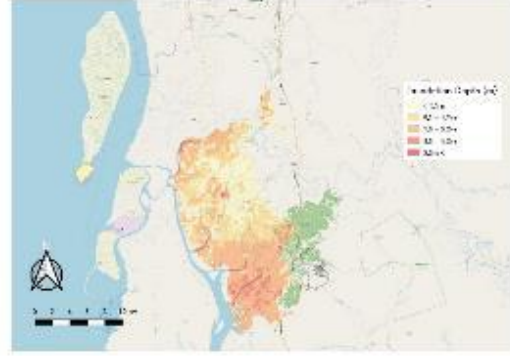
তথ্য সূত্র: জাইকা (JICA) বিশেষজ্ঞ দল

চিত্র ২.২.২৫: চকরিয়া অঞ্চলে বিভিন্ন সম্ভাব্য জলস্তরের সাথে জলাবদ্ধতা এলাকা

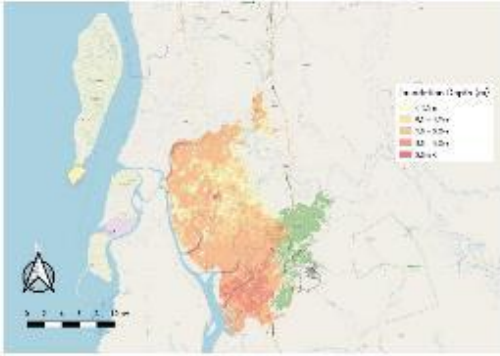
(ক) ১০ বছর।



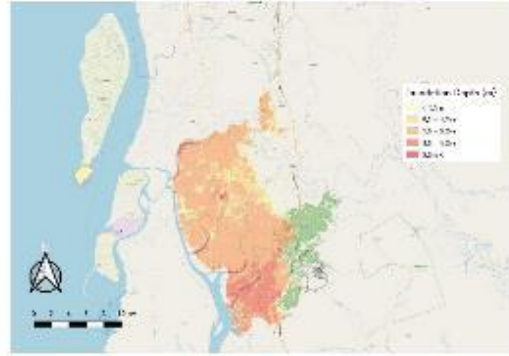
(খ) ২০ বছর।



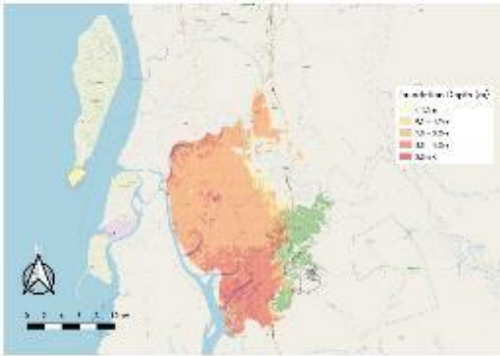
(গ) ২৫ বছর।



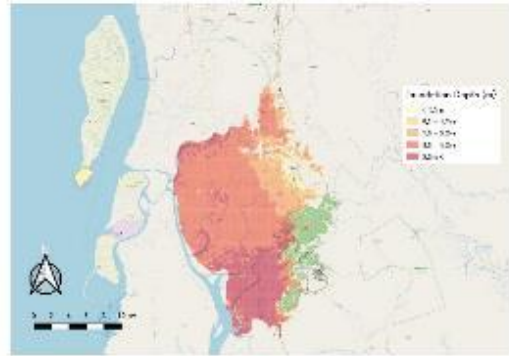
(ঘ) ৩০ বছর।



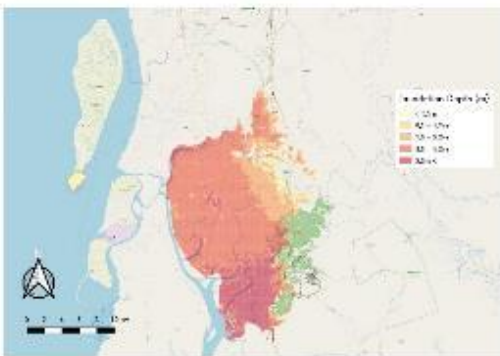
(ঙ) ৫০ বছর।



(চ) ১০০ বছর।



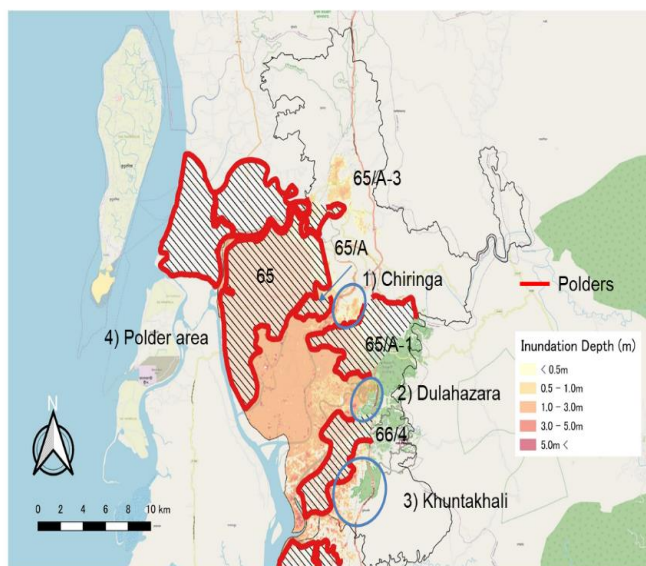
(ছ) ঐতিহাসিক সর্বোচ্চ



তথ্য সূত্র: জাইকা (JICA) বিশেষজ্ঞ দল

চিত্র ২.২.২৬: চকরিয়া অঞ্চলে বিভিন্ন সম্ভাব্য জলস্তরের সাথে জলাবদ্ধতা গভীরতার বিতরণ মানচিত্র

এই অঞ্চলে বেশ কয়েকটি পোল্ডার রয়েছে, যা চিত্র ২.২.২৭-এ দেখানো হয়েছে, যদিও জলাবদ্ধতা এলাকা পোল্ডারের প্রভাব বিবেচনায় নেয়নি। এই পরিস্থিতিতে, পরবর্তী হ্রাসমূলক পদক্ষেপগুলি এই অঞ্চলের স্থানীয় DRR পরিকল্পনায় বিবেচনায় নেওয়া উচিত।



তথ্য সূত্র: জাইকা (JICA) বিশেষজ্ঞ দল

চিত্র ২.২.২৭: চকরিয়া অঞ্চলের পোল্ডার এবং সম্ভাব্য প্রতিরোধমূলক পদক্ষেপসমূহ

বর্তমানে, BWDB দ্বারা অধ্যয়নকৃত কোনো প্রকল্প নেই। জলাবদ্ধতা মানচিত্রের ভিত্তিতে, জলোচ্ছাস (storm surge) এর কারণে জলাবদ্ধতা প্রতিরোধের জন্য অতিরিক্ত সম্ভাব্য প্রতিরোধমূলক পদক্ষেপগুলি বিবেচনায় নেওয়া উচিত, যেমন সারণি ২.২.১২-এ প্রদর্শিত প্রতিরোধমূলক পদক্ষেপসমূহ।

সারণি ২.২.১৪ কক্সবাজারে সম্ভাব্য প্রতিরোধমূলক পদক্ষেপসমূহ

No	Area	Possible Countermeasures	Remarks/Concerns
1	Chiringa	Protection (ex. dike...)	Connection to Railway basement
2	Dulahazara	Protection (ex. dike...)	Connection to Railway basement
3	Khuntakhali	Protection (ex. dike...)	Connection to Railway basement
4	Polder Area	Maintenance or Enhancement of polders	

তথ্য সূত্র: জাইকা (JICA) বিশেষজ্ঞ দল

২.২.৪ উপকূলীয় দুর্ঘোণের ঝুঁকি মূল্যায়ন

২.২.৪.১ উপকূলীয় দুর্ঘোণের ঝুঁকি মূল্যায়নের ধারণা

উপকূলীয় দুর্ঘোণের ঝুঁকি মূল্যায়নের লক্ষ্য হলো উপজেলায় উপকূলীয় ঝুঁকির এক্সপোজার, দুর্বলতা এবং সক্ষমতা বুঝতে পারা। এই মূল্যায়নের লক্ষ্য হলো পরিমাণগত তথ্যের বিবরণ পাওয়া যা দেখায় কিভাবে এলাকার উপকূলীয় ঝুঁকির দ্বারা প্রভাবিত হয়।

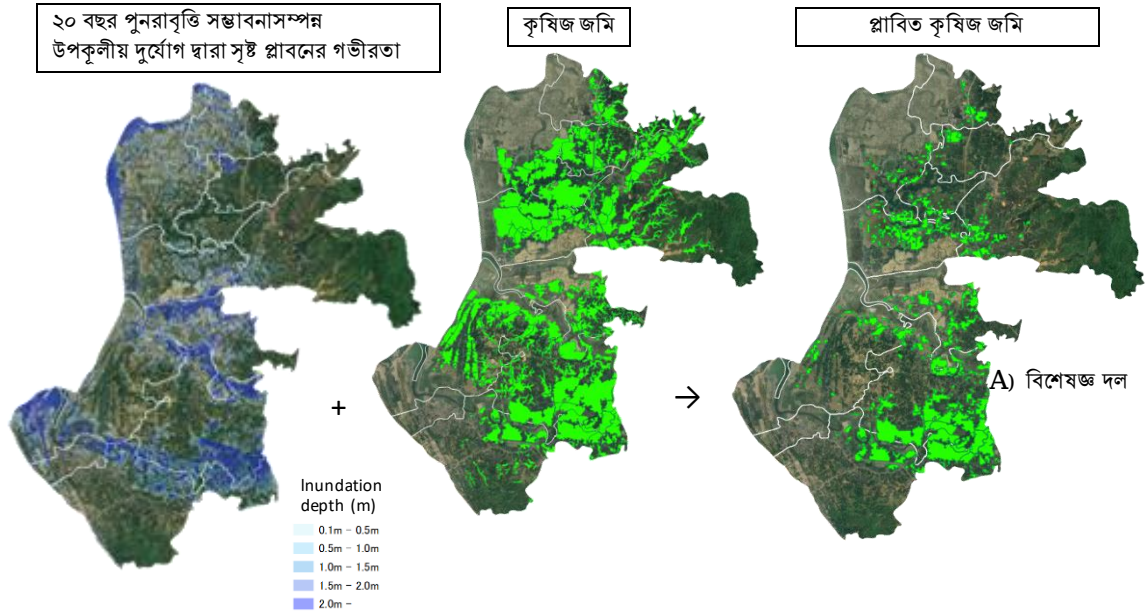
বন্যার ঝুঁকি মূল্যায়নের মতো, কিছু সংস্থা দ্বারা পরিচালিত উপকূলীয় দুর্ঘোণ ঝুঁকি বিশ্লেষণ এবং উপকূলীয় দুর্ঘোণ ঝুঁকি মূল্যায়নের কিছু ফলাফল থাকতে পারে। সুতরাং, প্রথমে ওই গবেষণা ফলাফলগুলি সংগ্রহ করে UzDRRAP প্রস্তুত করা উচিত। যদি ওই ফলাফলগুলি পাওয়া না যায় বা যথেষ্ট না হয়, তবে ঝুঁকি মূল্যায়ন প্রয়োজন।

২.২.৪.২ ঝুঁকি মূল্যায়ন প্রবাহ

মূলত, উপকূলীয় দুর্ঘোণের ঝুঁকি মূল্যায়নের জন্য একই প্রবাহ বন্যার ঝুঁকি মূল্যায়নের সাথে ব্যবহৃত হয়।

২.২.৪.৩ উপকূলীয় দুর্ঘোণের ঝুঁকি মূল্যায়নের উদাহরণ

উদাহরণস্বরূপ, কক্সবাজার উপজেলার ঝুঁকি মূল্যায়নের প্রক্রিয়া এবং ফলাফল নিম্নলিখিত চিত্রগুলিতে দেখানো হয়েছে। ঝুঁকি মূল্যায়নের সূচক হিসেবে জলাবদ্ধ কৃষি জমির এলাকা, জলাবদ্ধ বসতিবাড়ির এলাকা এবং প্রভাবিত (জলাবদ্ধ) জনসংখ্যা নির্বাচন করা হয়েছে।

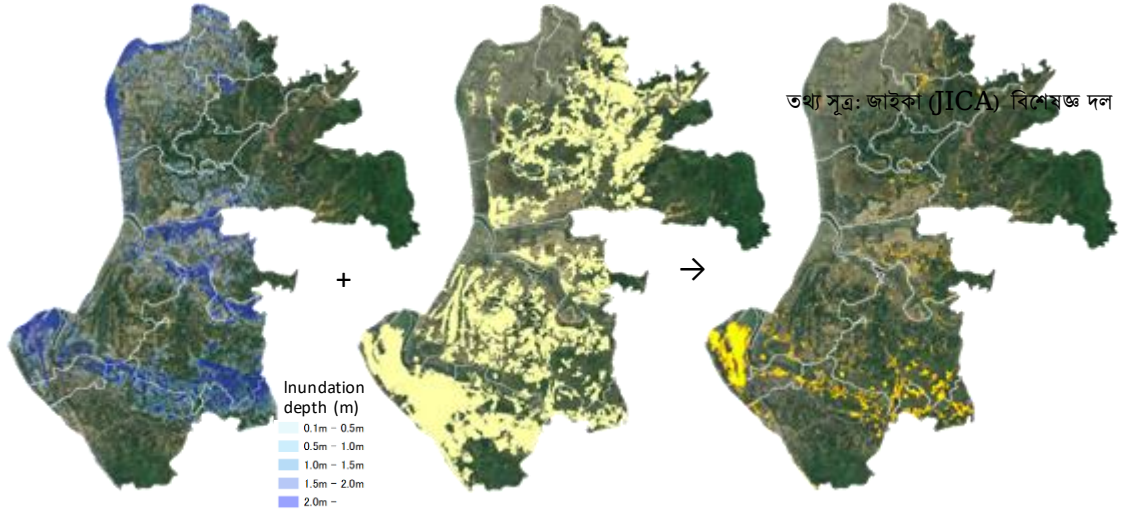


চিত্র ২.২.২৮: কক্সবাজার সদর উপজেলার কৃষি জমির এলাকার জন্য উপকূলীয় দুর্ঘোণের ঝুঁকি মূল্যায়ন

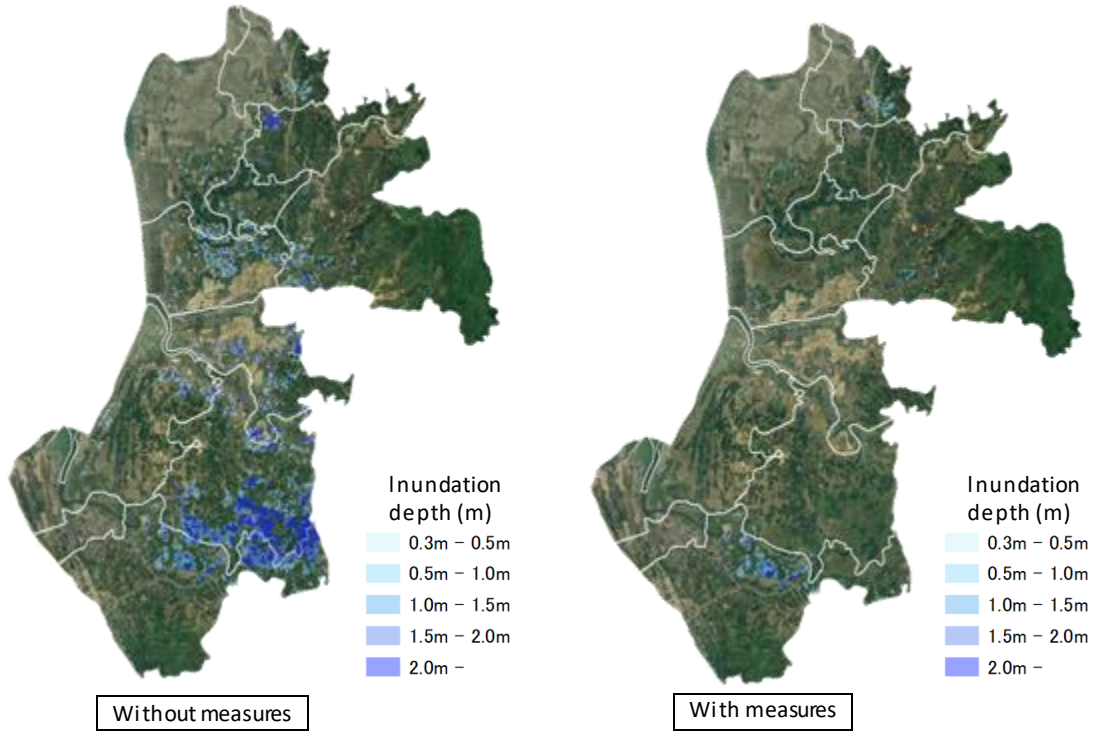
২০ বছর পুনরাবৃত্তি সম্ভাবনা সম্পন্ন উপকূলীয়
দুর্যোগ দ্বারা সৃষ্ট প্লাবনের গভীরতা

বসতি এরিয়া

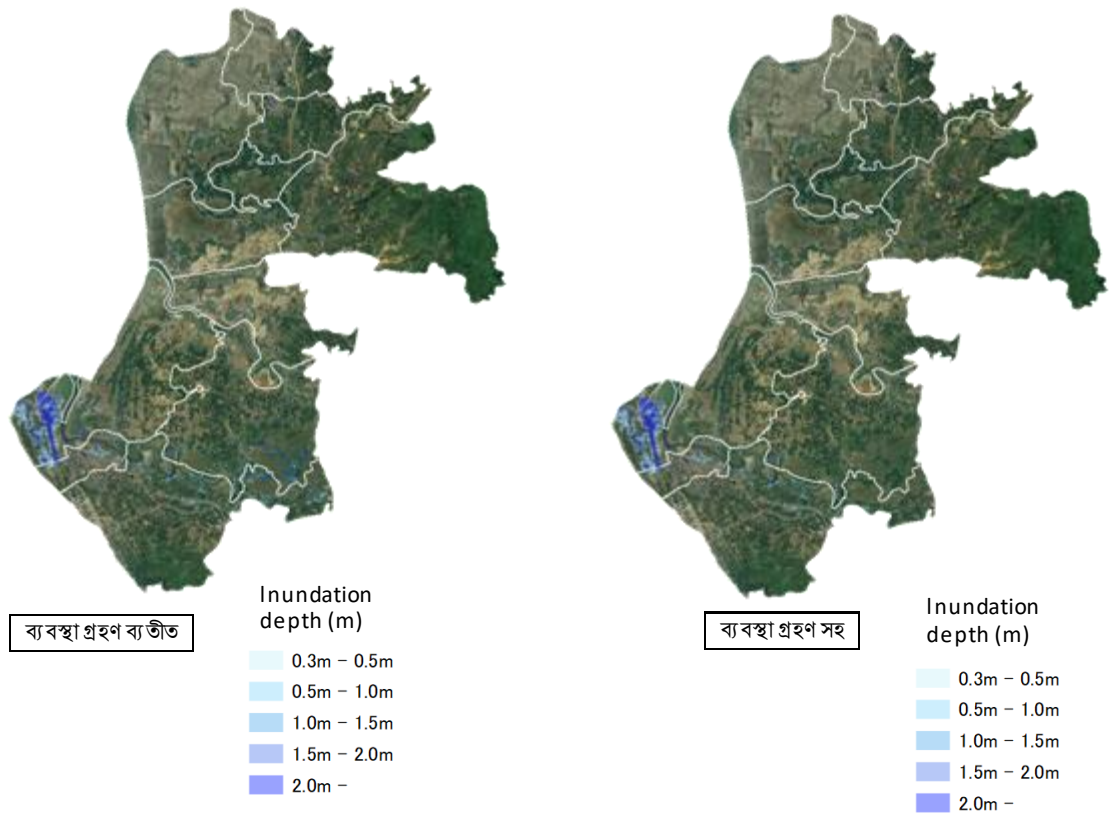
প্লাবিত বসতিপূর্ণ এলাকা



চিত্র ২.২.২৯ ক্সবাজার সদর উপজেলার বসতিবাড়ি এলাকা এবং জনসংখ্যার জন্য বন্যার ঝুঁকি মূল্যায়ন



চিত্র ২.২.৩০: ক্সবাজার সদর উপজেলার উপকূলীয় দুর্যোগের বিরুদ্ধে ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে এবং পরে প্রভাবিত কৃষি জমির এলাকা



তথ্য সূত্র: জাইকা (JICA) বিশেষজ্ঞ দল

চিত্র ২.২.৩১: কক্সবাজার সদর উপজেলার উপকূলীয় দুর্খোগের বিরুদ্ধে ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে এবং পরে প্রভাবিত বসতি বাড়ি এলাকার উদাহরণ

সারণি ২.২.১৫ কক্সবাজার সদর উপজেলার উপকূলীয় দুর্খোগের বিরুদ্ধে ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে এবং পরে প্রভাবিত কৃষি জমির এলাকার উদাহরণ

(ইউনিট: হেক্টর)

ইউনিয়ন	পরিমাপ	$0.3m \leq x < 0.5m$	$0.5m \leq x < 1m$	$1m \leq x < 1.5m$	$1.5m \leq x < 2m$	$2m \leq x < 5m$	$5 \leq x$	মোট
ভানুয়াখালী	ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে	১৮.৭	৪১.৬	৪৪.১	৩৫.৫	৫৩.৬	১.০	১৯৪.৪
	ব্যবস্থা গ্রহণের পরে	০.০০	০.০০	০.০০	০.০০	০.০০	০.০০	০.০
চৌফলদাঙ্গী	ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে	৩৫.১	৬৮.৮	৩৮.৮	১৬.২	১১.৬	০.০	১৭০.৫
	ব্যবস্থা গ্রহণের পরে	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০
কক্সবাজার পৌরসভা	ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০
	ব্যবস্থা গ্রহণের পরে	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০
ঈদগাঁ	ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে	১৬.২	২৬.৭	২৪.৮	১৩.৩	৯.০	২.৪	৯২.৪
	ব্যবস্থা গ্রহণের পরে	৫.১	৩.১	৪.৩	১.৪	৩.০	২.৮	১৯.৬
ইসলামাবাদ	ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে	২.৪	১.৭	২.৫	৪.০	১২.৩	১৬.২	৩৯.০
	ব্যবস্থা গ্রহণের পরে	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০

	ব্যবস্থা গ্রহণের পরে	০.০	০.৬	০.৩	০.০	১.০	১.৫	৩.৫
ইসলামপুর	ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে	১০.৫	১৫.২	৬.৮	২.৯	০.৮	০.০	৩৬.১
	ব্যবস্থা গ্রহণের পরে	৫.৮	১০.৫	১৫.২	৬.৮	২.৯	০.৮	৪১.৯
জালালাবাদ	ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে	৯.১	১১.৭	৩.৬	০.৭	১.৯	০.২	২৭.১
	ব্যবস্থা গ্রহণের পরে	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০
ঝিলঞ্জা	ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে	২৪.৫	৬৩.৯	৯১.৮	১১৭.৯	১০২.৯	৪.৮	৪০৫.১
	ব্যবস্থা গ্রহণের পরে	১৩.৩	১৫.৬	৪৬.০	৪৪.৮	৩১.১	২১.৫	১৭২.৮
খুরুশকুল	ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে	২১.০	৩১.২	২১.১	১০.৮	১৪.৮	০.০	৯৮.৫
	ব্যবস্থা গ্রহণের পরে	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০
পাটালী মাছুয়াখালী	ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে	০.০	০.০	০.০	১৫৬.০	২৬৬.১	১৫.৮	৪৩৭.৯
	ব্যবস্থা গ্রহণের পরে	০.১	০.০	১.৩	১.৩	০.৭	০.২	৩.৮
পোকখালী	ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০
	ব্যবস্থা গ্রহণের পরে	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০

দ্রষ্টব্য: ধরে নেওয়া হয়েছে যে সকল পোল্ডার সঠিকভাবে রক্ষণাবেক্ষণ করা হয়েছে।

তথ্য সূত্র: জাইকা (JICA) বিশেষজ্ঞ দল

সারণি ২.২.১৬: কক্সবাজার সদর উপজেলার উপকূলীয় দুর্যোগের বিরুদ্ধে ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে এবং পরে প্রভাবিত বসতি বাড়ি এলাকার

উদাহরণ

(ইউনিট: হেক্টর)

ইউনিয়ন	পরিমাপ	$0.3m \leq x < 0.5m$	$0.5m \leq x < 1m$	$1m \leq x < 1.5m$	$1.5m \leq x < 2m$	$2m \leq x < 5m$	$5 \leq x$	Total
ভানুয়াখালী	ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে	৩.৬	৫.০	৫.৭	২.৬	৩.৩	০.০	২০.২
	ব্যবস্থা গ্রহণের পরে	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০
চৌফলদত্তী	ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে	১.০	৩.৬	০.৮	০.৮	১.০	০.০	৭.১
	ব্যবস্থা গ্রহণের পরে	০.০	০.৩	০.১	০.০	০.০	০.০	০.৩
কক্সবাজার পৌরসভা	ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে	৫.৮	১০.০	৭.২	৪.৬	২.৭	০.০	৩০.০
	ব্যবস্থা গ্রহণের পরে	৫.৮	১০.০	৭.২	৪.৬	২.৭	০.০	৩০.০
ঈদগাঁ	ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে	০.৬	১.৮	১.০	০.০	০.৭	০.০	৪.২
	ব্যবস্থা গ্রহণের পরে	০.১	০.৫	০.৩	০.০	০.৬	০.০	১.৫
ইসলামাবাদ	ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে	০.৫	১.১	০.১	০.৭	২.৩	২.৮	৭.৬
	ব্যবস্থা গ্রহণের পরে	০.০	০.১	০.০	০.০	০.৬	০.৫	১.২

ইসলামপুর	ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে	১.১	২.০	১.০	০.৪	০.৭	০.২	৫.৪
	ব্যবস্থা গ্রহণের পরে	১.০	১.৯	০.২	০.৪	০.৭	০.১	৪.৩
জালালাবাদ	ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে	০.৪	০.১	০.০	০.০	০.০	০.০	০.৫
	ব্যবস্থা গ্রহণের পরে	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০	০.০
ঝিলঞ্জা	ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে	২২.৪	৩৬.৪	২৯.০	১৯.২	৫.৪	০.৮	১১৩.১
	ব্যবস্থা গ্রহণের পরে	১৪.৬	২৫.৬	১৪.২	৭.৫	৩.৮	০.৩	৬৬.০
খুরুশকুল	ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে	২১.৮	৪৩.৯	৫২.১	৫১.৬	৯৩.৯	০.৭	২৬৪.১
	ব্যবস্থা গ্রহণের পরে	১৭.৪	৩৬.৯	৪৯.১	৫০.০	৮৮.৫	০.০	২৪৪.৭
পাটালী মাছুয়াখালী	ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে	৬.১	১৫.২	২২.৬	২৪.২	১৬.৩	০.৯	৮৫.৩
	ব্যবস্থা গ্রহণের পরে	০.৭	২.৪	১.৩	০.৪	২.২	০.০	৭.৪
পোকখালী	ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে	১.০	০.৯	১.০	০.৩	১.৯	০.১	৫.৩
	ব্যবস্থা গ্রহণের পরে	০.০	০.০	০.০	০.০	১.২	০.০	১.২

দ্রষ্টব্য: ধরে নেওয়া হয়েছে যে সকল পোল্ডার সঠিকভাবে রক্ষণাবেক্ষণ করা হয়েছে।

তথ্য সূত্র: জাইকা (JICA) বিশেষজ্ঞ দল

সারণি ২.২.১৭: কক্সবাজার সদর উপজেলার উপকূলীয় দুর্ভোগের বিরুদ্ধে ব্যবস্থা গ্রহণের পূর্বে এবং পরে প্রভাবিত জনসংখ্যার উদাহরণ

(unit: pp)

Measure		$0.3m \leq x < 0.5m$	$0.5m \leq x < 1m$	$1m \leq x < 1.5m$	$1.5m \leq x < 2m$	$2m \leq x < 5m$	$5 \leq x$	Total
Bharuakhali	Without	266	368	423	189	245	3	1,494
	With	0	0	0	0	0	0	0
Chaufaldandi	Without	90	335	77	73	92	0	667
	With	0	24	6	0	2	0	32
Cox's Bazar Paurashava	Without	3,507	6,491	4,680	2,979	1,783	0	19,440
	With	3507	6486	4680	2979	1783	0	19,435
Idgaon	Without	34	96	53	0	35	0	218
	With	5	26	16	0	32	0	79
Islamabad	Without	29	70	4	46	145	176	470
	With	0	5	0	0	35	33	73
Islampur	Without	121	212	104	40	71	21	569
	With	110	204	17	40	71	14	456
Jalalabad	Without	35	7	0	0	0	0	42
	With	0	0	0	0	0	0	0
Jhilwanja	Without	682	1,111	884	587	163	25	3,452

	With	445.0	780.0	434.0	229.0	117.0	9.0	2,014
Khurushkul	Without	916	1,841	2,188	2,166	3,939	30	11,080
	With	730.0	1,662.0	2,062.0	2,098.0	3,715.0	1.0	10,268
Patali Machhuakhali	Without	291	726	1,075	1,151	774	44	4,061
	With	32.0	116.0	63.0	39.0	103.0	0.0	353
Pokkhali	Without	108	99	110	35	206	8	566
	With	0.0	0.0	3.0	0.0	125.0	1.0	129

দ্রষ্টব্য: ধরে নেওয়া হয়েছে যে সকল পোল্ডার সঠিকভাবে রক্ষণাবেক্ষণ করা হয়েছে।

তথ্য সূত্র: জাইকা (JICA) বিশেষজ্ঞ দল

২.৩ পলি জনিত দুর্ঘটনা (পাহাড়ের ধস) (Sediment Disasters-Slope Failure)

পলির দুর্ঘটনাসমূহকে সেই সমস্ত ঘটনা হিসেবে সংজ্ঞায়িত করা হয় যা মানুষের জীবন ও সম্পদে সরাসরি বা পরোক্ষভাবে ক্ষতি করে, মানুষের জীবনযাত্রায় অসুবিধা সৃষ্টি করে, এবং/অথবা পরিবেশের অবনতি ঘটায়, মাটি এবং পাথরের একটি বড় পরিসরের গতির মাধ্যমে।

এই দুর্ঘটনাবলির কারণে ক্ষতি কয়েকটি রূপে ঘটে: ১) যে মাটিতে ভবন এবং কৃষিজমি অবস্থিত তা ভূমিস্থলন বা ক্ষয়ের কারণে হারিয়ে যায়; ২) মাটি এবং পাথরের ধ্বংসাত্মক শক্তি দ্বারা ঘরবাড়ি ধ্বংস হয়; ৩) discharged sediment-এর বৃহৎ পরিমাণের কারণে ঘরবাড়ি এবং কৃষিজমি ভূগর্ভে চাপা পড়ে; এবং ৪) নদী তীরের মাটি এবং পলি জমে জলাধার ভরাট হয়ে যায়, যা বন্যা, পানি ব্যবহার কার্যক্রমে বিশৃঙ্খলা এবং পরিবেশের অবনতি ঘটাতে পারে।

পলির দুর্ঘটনাসমূহ সাধারণত দুটি শ্রেণীতে ভাগ করা হয়: ১) সরাসরি প্রকারের পলির দুর্ঘটনা: পলির গতির ফলে সরাসরি ক্ষতি সৃষ্টি করে; ২) পরোক্ষ প্রকারের পলির দুর্ঘটনা: নদী তীরের মাটি জমে যাওয়া বা নদী পথ বন্ধ হওয়ার মাধ্যমে বন্যা বা জলাবদ্ধতা সৃষ্টি করে।

বর্তমান নির্দেশিকার বিষয় হিসেবে পরোক্ষ প্রকারের পলির দুর্ঘটনাবলি অন্তর্ভুক্ত নয়। এবং সরাসরি প্রকারের পলির দুর্ঘটনা ঘটাতে সক্ষম ঘটনাবলির মধ্যে রয়েছে ধ্বংসাত্মক প্রবাহ (debris flows), পাহাড়ের ধস (slope failures), এবং ভূমিক্ষস (landslides)।

সারণি ২.৩.১ সরাসরি পলির দুর্ঘটনাবলি প্রদর্শন করে এবং এই নির্দেশিকার পলির দুর্ঘটনার বিষয় হলো পাহাড়ের ধস (slope failure)।

সারণি ২.৩.১: সরাসরি প্রকারের পলির দুর্ঘটনা সৃষ্টিকারী ঘটনা

ধ্বংসাত্মক প্রবাহ	পাহাড়ের ধস	ভূমিক্ষস
অবিরাম বৃষ্টিপাত বা মুসলধারে বৃষ্টিপাতের প্রভাবে পাহাড়ের ধারে বা নদীর তলদেশে মাটি এবং পাথর দ্রুত নীচের দিকে প্রবাহিত হয়। যদিও ধ্বংসাত্মক প্রবাহের স্কেল অনুসারে প্রবাহের রেগ ভিন্ন হয়, তবুও এটি কখনও কখনও ২০-৪০ কিমি/ঘন্টা বেগে	বৃষ্টিপাত বা ভূমিকম্পের প্রভাবে মাটির আর্দ্রতার কারণে দুর্বল হয়ে পড়া মাটি যখন তার স্ব-স্থায়িত্ব হারায়, তখন ঢাল হঠাৎ ধসে পড়ার ঘটনা ঘটে। ধসের কারণে, আবাসিক এলাকার কাছাকাছি যদি এটি ঘটে তবে অনেক মানুষ সেখান থেকে পালাতে বাধ্য হয়, যার	ভূগর্ভস্থ জল এবং মাধ্যাকর্ষণের প্রভাবে ঢালের মাটির একটি অংশ বা সম্পূর্ণ অংশ ধীরে ধীরে নীচের দিকে সরে যায় এমন ঘটনা। যেহেতু মাটির ভরের একটি বড় অংশ সাধারণত সরে যায়, তাই গুরুতর ক্ষতি হতে পারে। যদি কোনও ধস শুরু

পৌছায়, যার ফলে মুহূর্তের মধ্যে ঘরবাড়ি এবং কৃষিজমি ধ্বংস হয়ে যায়।	ফলে মৃত্যুর হার বেশি হয়।	হয়ে থাকে, তবে তা বন্ধ করা অত্যন্ত কঠিন।
		

২.৩.১ বাংলাদেশে পলির দুর্ঘটনার বর্তমান অবস্থা

দেশের দক্ষিণ-পূর্বাঞ্চলে দ্রুত পাহাড় কাটার কারণে ভূমিক্ষস (landslides) সম্প্রতি একটি নতুন ঘটনা হিসেবে দেখা দিয়েছে। বেশিরভাগ ক্ষেত্রে, এই ভূমিক্ষস বৃষ্টি-প্ররোচিত (rain inductive) হয় এবং এর আশপাশে জীবন ও সম্পত্তির ক্ষতি করে।

সারণি ২.৩.২ অতীতে ঘটে যাওয়া প্রধান ভূমিক্ষস ঘটনা

তারিখ	স্থান	ক্ষতিগ্রস্ত এলাকা/জনসংখ্যা
জুলাই ১৯৯৭	চারাইপদ, বান্দরবন	ক্ষতিগ্রস্ত এলাকা: ৯০০০০ মিটার ^২
১১ আগস্ট, ১৯৯৯	বান্দরবন	মোট মৃতের সংখ্যা: ০৭ জন
১৩ আগস্ট, ১৯৯৯	চট্টগ্রাম	মোট মৃতের সংখ্যা: ১০ জন
১১ জুন, ২০০৭	চট্টগ্রাম	মোট মৃতের সংখ্যা: ১২০ জন মোট ক্ষতিগ্রস্ত পরিবার: ১৯৬২ সরাসরি ক্ষতি: ১৩.২ মিলিয়ন ডলার (সার্ক, ২০০৭)
১৬ আগস্ট, ২০০৮	চট্টগ্রাম সিটি	মোট মৃতের সংখ্যা: ১৩ জন মোট ক্ষতিগ্রস্ত পরিবার: ৫০
১৫ জুন, ২০১০	কক্সবাজার এবং বান্দরবন জেলা	মোট মৃতের সংখ্যা: ৬৬ জন মোট ক্ষতিগ্রস্ত পরিবার: ৫৫২৩০
৪ জুলাই, ২০১১	চট্টগ্রাম সিটি	মোট মৃতের সংখ্যা: ১৭ জন
জুন ২০১২	চট্টগ্রাম, কক্সবাজার এবং বান্দরবন জেলা	মোট মৃতের সংখ্যা: ১২২ জন (চট্টগ্রাম: ৩৭, কক্সবাজার: ৪৭ এবং বান্দরবন জেলা: ৩৮)
১৮ জুলাই, ২০১৫	লালখান বাজার এরিয়া, চট্টগ্রাম	মোট মৃতের সংখ্যা: ০৩ জন মোট ক্ষতিগ্রস্ত পরিবার: ১০০৩
১৪ জুন, ২০১৭	চট্টগ্রাম (রাংগুনিয়া, চন্দনাইশ) কক্সবাজার (টেকনাফ), রাংগামাটি, বান্দরবন এবং খাগড়াছড়ি জেলা	মোট মৃতের সংখ্যা: ১৬০ জন মোট ক্ষতিগ্রস্ত পরিবার: ৮০০০০
০৮ জুলাই, ২০১৯	কক্সবাজার	মোট মৃতের সংখ্যা: ০২ জন মোট ক্ষতিগ্রস্ত পরিবার: ১৮০১৬

*1: Multi-Hazard Risk and Vulnerability Assessments, Modeling and Mapping in Bangladesh (MRVAM), DDM, 2016 *2: EM-DAT

ভূমিক্ষস একটি জটিল দুর্যোগ ঘটনার ঘটনা যা ভূমিকম্প, আগ্নেয়গিরির অগ্ন্যুৎপাত, ভারী বৃষ্টিপাত (টাইফুন, হারিকেন), দীর্ঘস্থায়ী বৃষ্টিপাত, ভারী তুষার গলন, অগোছালো মানবসৃষ্ট উন্নয়ন, খনন এবং অন্যান্য কারণে ঘটে পারে। বাংলাদেশে, ভূমিক্ষস প্রধানত ভারী বৃষ্টিপাত দ্বারা প্রভাবিত হয়। তবে ভূমিক্ষসের অন্তর্নিহিত কারণগুলির মধ্যে রয়েছে বনচ্ছেদ/উজাড়, পাহাড়, কাটা, অপরিবর্তিত উন্নয়ন কাজ ইত্যাদি। তদুপরি, দারিদ্র্য এবং ভূমিহীনতা দরিদ্র মানুষদের ঝুঁকিপূর্ণ পাহাড়ি ঢালে বসবাস করতে বাধ্য করে।

২.৩.২ UzDRRAP-এর জন্য পলির দুর্যোগ বিশ্লেষণের প্রস্তাবিত পদ্ধতি

5) প্রস্তাবিত পলির দুর্যোগ বিশ্লেষণের ধারণা

২০১৬ সালে দুর্যোগ ব্যবস্থাপনা বিভাগ (DDM) বাংলাদেশে মাল্টি হাজার্ড রিস্ক এবং ভলনারেবিলিটি অ্যাসেসমেন্ট, মডেলিং এবং ম্যাপিং ইন বাংলাদেশ প্রকল্প (MRVAM) এর মাধ্যমে একটি দেশব্যাপী ভূমিক্ষস ঝুঁকি মূল্যায়ন মানচিত্র তৈরি করেছিল। তবে, এই নির্দেশিকা একটি সরল পদ্ধতির প্রস্তাব দেয় যা শুধুমাত্র ভূ-তাত্ত্বিক তথ্যের উপর ভিত্তি করে ঝুঁকি অঞ্চল নির্ধারণ করা হয়, যা উপজেলা পরিকল্পনা কর্মকর্তাদের ভূমিক্ষসের স্থানিক সংবেদনশীলতা বিশ্লেষণ করতে এবং সংশ্লিষ্ট উপজেলার উন্নয়ন পরিকল্পনায় সাহায্য করতে সহায়ক হবে।

6) পাহাড়ের পতন ঝুঁকি স্তরের হিসাবের জন্য সার্বিক গণনা পদ্ধতিসমূহ

ঝুঁকি স্তরের হিসাবের জন্য শুধুমাত্র ভূ-তাত্ত্বিক তথ্যের উপর ভিত্তি করে সার্বিক প্রবাহ চিত্র 2.3.1 -এ দেখানো হয়েছে। চিত্র 0.1 : ঝুঁকি স্তরের হিসাবের সার্বিক প্রবাহ

7) প্রয়োজনীয় তথ্য

- উচ্চতা তথ্য: লক্ষ্য এলাকার ডিজিটাল উচ্চতা মডেল (DEM) যেমন SRTM, AW3D ইত্যাদি।
- মৌলিক মানচিত্র তথ্য: ১:২৫,০০০ সেরা ভূতাত্ত্বিক মানচিত্র (বাংলাদেশ জরিপ), গুগল মানচিত্র, ওপেন স্ট্রিট ম্যাপ ইত্যাদি।

8) সফটওয়্যার

- GIS সফটওয়্যার (ArcGIS অথবা Qgis)
- JAVA অ্যাপ্লিকেশন (ঝুঁকি অঞ্চল নির্ধারণের জন্য উন্নত)

9) অ্যালগরিদম (Algorithm)

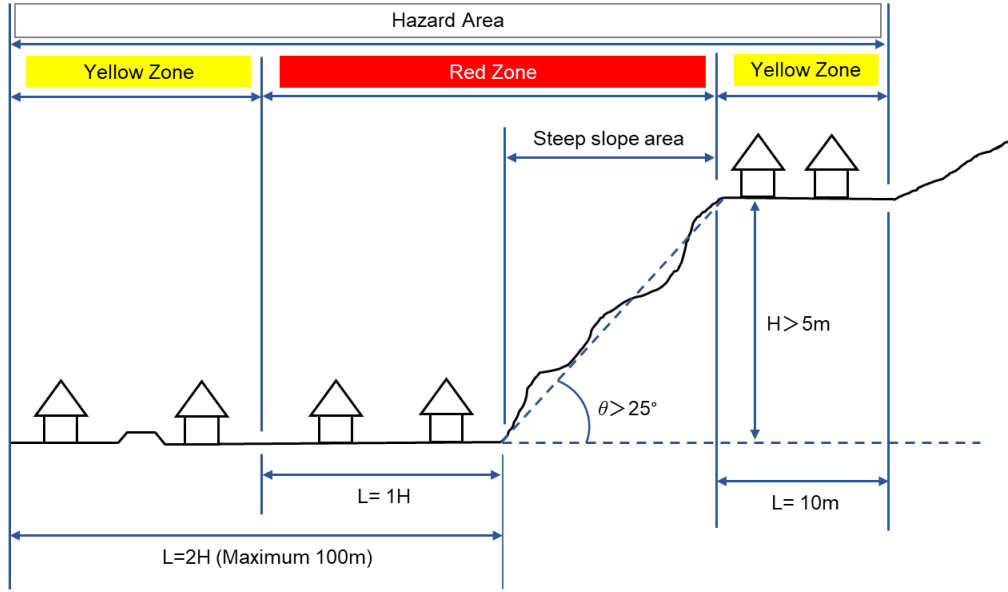
পাহাড়ের ক্ষস ঝুঁকি অঞ্চলের জন্য অ্যালগরিদম জাপানে গ্রহণ করা "হলুদ অঞ্চল" এবং "লাল অঞ্চল" ধারণার উপর ভিত্তি করে।

<আপদের হলুদ অঞ্চল>

পাহাড়ের ক্ষস/পতনের প্রতি সংবেদনশীল এলাকা, যা সংক্ষেপে "হলুদ অঞ্চল" নামে পরিচিত। হলুদ অঞ্চলের স্বাভাবিক ভবনগুলির প্রতিরোধ ক্ষমতা ভূমিক্ষস/ভূমিস্থলন দ্বারা সৃষ্ট চলন্ত মাটি এবং পাথরের কারণে ভবনগুলির উপর প্রভাব ফেলার চেয়ে বেশি হবে বলে আশা করা হয়।

<আপদের লাল অঞ্চল>

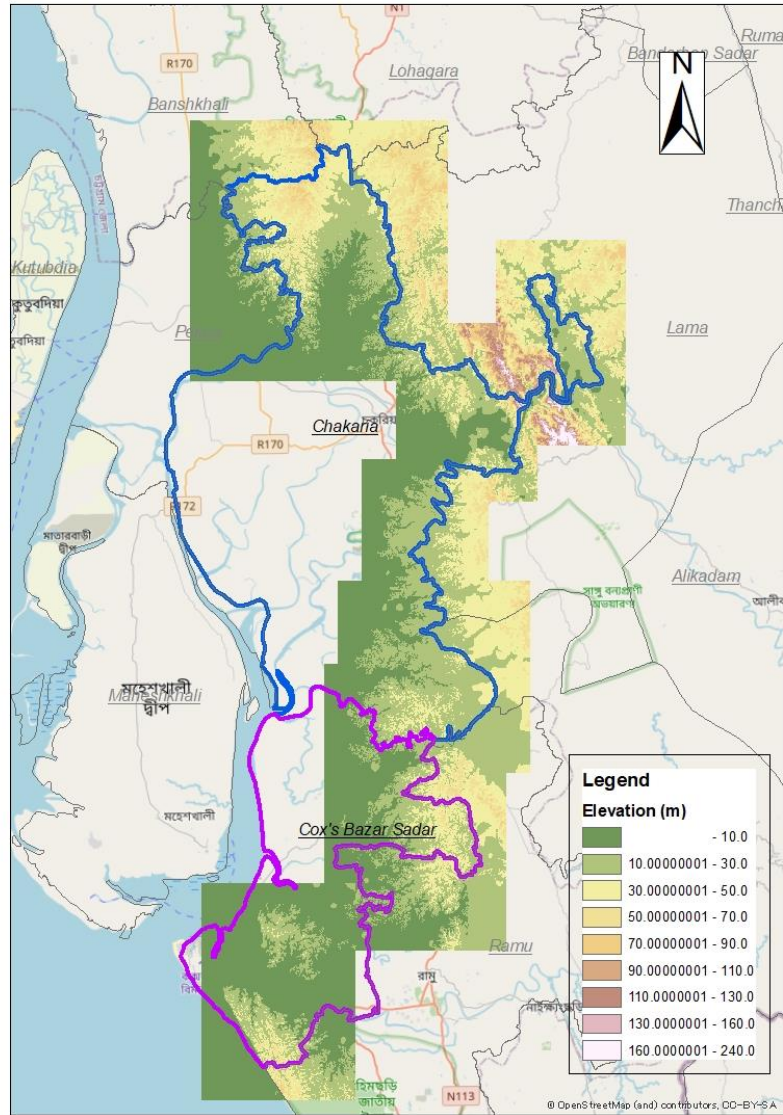
এলাকা যেখানে ভূমিক্ষসের কারণে ভবনগুলিতে ক্ষতির উচ্চ ঝুঁকি এবং মানুষের জন্য হুমকি রয়েছে এবং যা সংক্ষেপে "লাল অঞ্চল" নামে পরিচিত। লাল অঞ্চলে ভূমিক্ষস/ভূমিস্থলন দ্বারা সৃষ্ট চলন্ত মাটি এবং পাথরের কারণে ভবনগুলির উপর প্রভাব ফেলার শক্তি স্বাভাবিক ভবনগুলির প্রতিরোধ ক্ষমতার চেয়ে বেশি হবে বলে আশা করা হয়। সুতরাং, লাল অঞ্চলে স্বাভাবিক ভবনগুলি ভূমিক্ষস/ভূমিস্থলন দ্বারা সৃষ্ট চলন্ত মাটি এবং পাথরের দ্বারা সম্পূর্ণরূপে ধ্বংস হয়ে যাবে।



চিত্র ২.৩.২: পাহাড়ের পতন ঝুঁকি অঞ্চল নির্ধারণের ধারণা

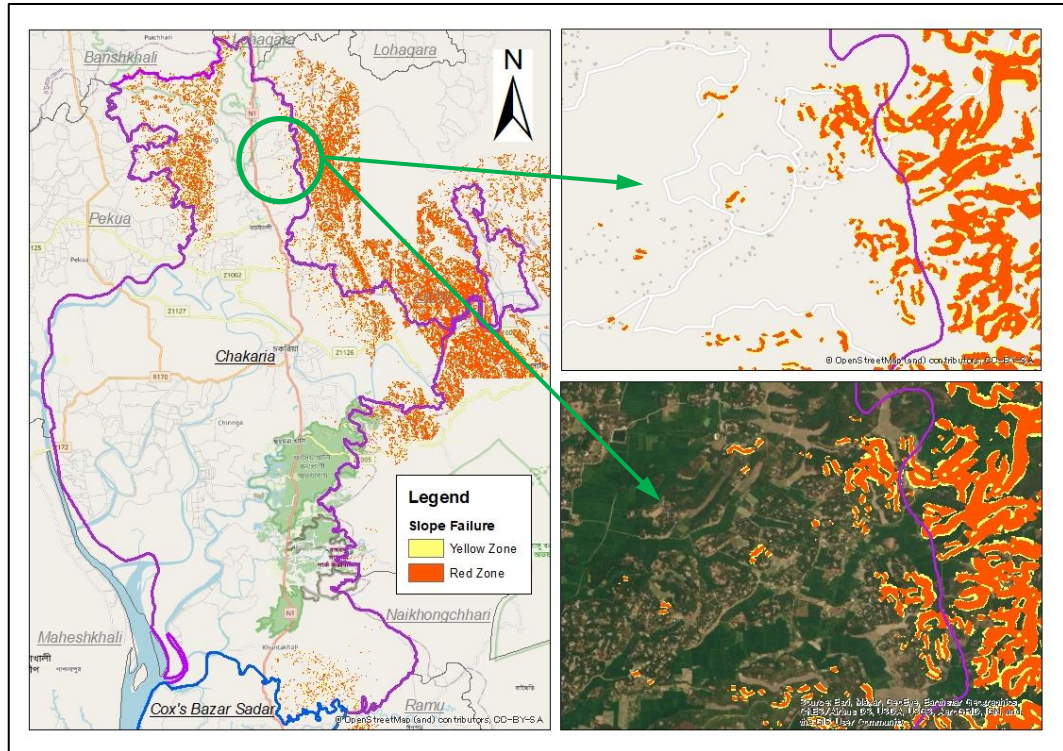
২.৩.৩ পলির দুর্যোগ বিশ্লেষণের নমুনা ফলাফল

চিত্র ২.৩.৩ কক্সবাজার সদর এবং চকরিয়া উপজেলার জন্য DEM (ডিজিটাল উচ্চতা মডেল) দেখায়, যা SOB-এর ১/২৫,০০০ ডিজিটাল ভূতাত্ত্বিক মানচিত্রের উচ্চতা তথ্য (যেমন SpotP এবং ContourL শেপফাইল ডেটা) প্রক্রিয়াকরণ করে তৈরি করা হয়েছে। সুবিধার জন্য, পাহাড়ি এলাকা ব্যবহৃত হয়েছে।

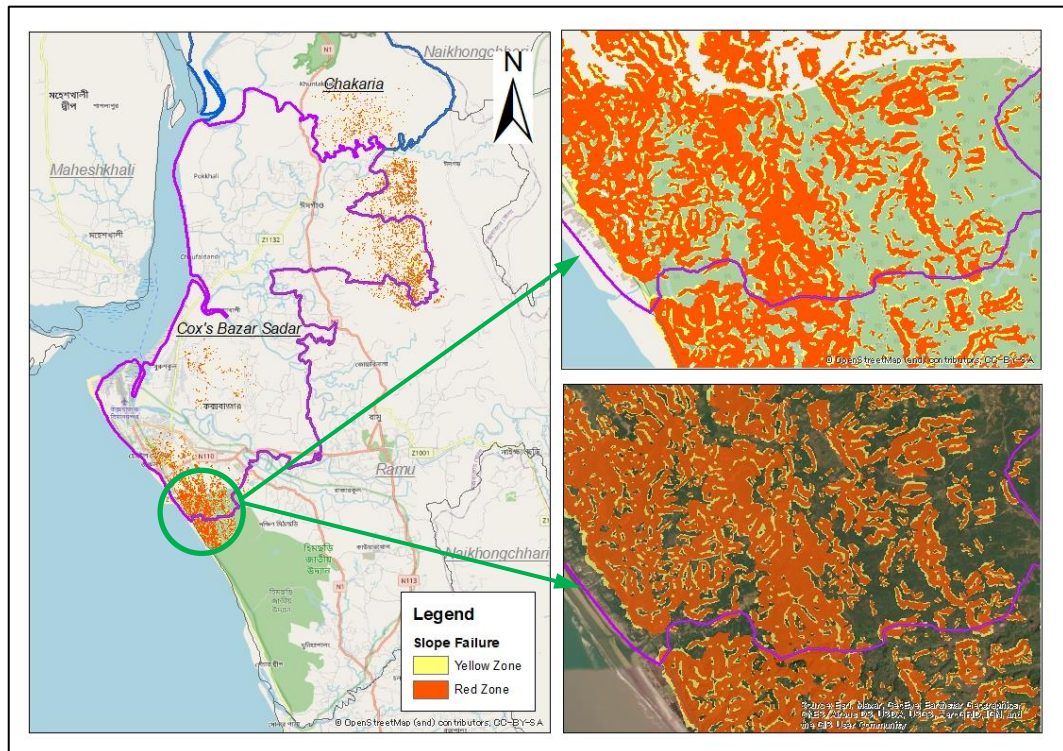


চিত্র ২.৩.৩: ঝুঁকি অঞ্চল নির্ধারণের জন্য ব্যবহৃত DEM (ডিজিটাল উচ্চতা মডেল)

10) পাহাড়ের পতন ঝুঁকি অঞ্চল নির্ধারণ (Slope Failure Hazard Zoning)



চিত্র ২.৩.৪: চকরিয়া উপজেলার পাহাড়ের ঝুঁকি অঞ্চল নির্ধারণের ফলাফল



চিত্র ২.৩.৫: কক্সবাজার সদর উপজেলার পাহাড়ের ঝুঁকি অঞ্চল নির্ধারণের ফলাফল

২.৩.৪ পলি দুর্যোগের ঝুঁকি মূল্যায়ন

২.৩.৪.১ পলি জনিত দুর্যোগের ঝুঁকি মূল্যায়নের ধারণা

পলি দুর্যোগের ঝুঁকি মূল্যায়নের লক্ষ্য হলো উপজেলায় পলি ঝুঁকির প্রতি এক্সপোজার, দুর্বলতা এবং সক্ষমতা বুঝতে পারা। এই মূল্যায়নের লক্ষ্য হলো পরিমাণগত তথ্যের বিবরণ পাওয়া যা দেখায় কিভাবে এলাকার পলি ঝুঁকির দ্বারা প্রভাবিত হয়।

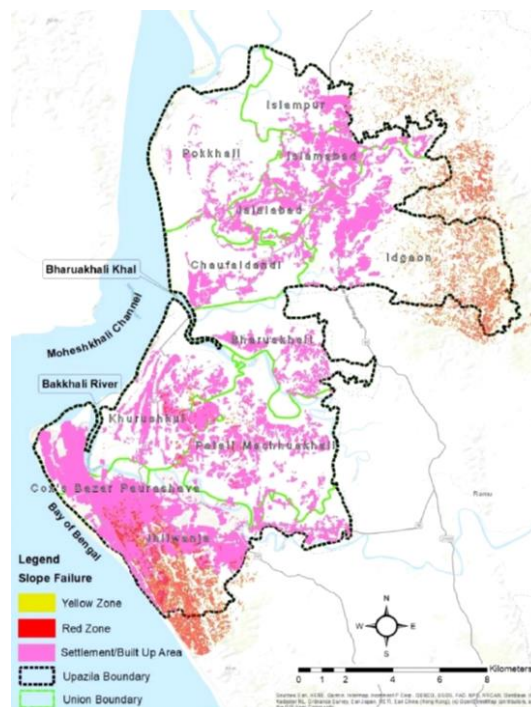
বন্য়ার ঝুঁকি মূল্যায়নের মতো, কিছু সংস্থা দ্বারা পরিচালিত উপকূলীয় দুর্ভোগ ঝুঁকি বিশ্লেষণ এবং পলি দুর্ভোগ ঝুঁকি মূল্যায়নের কিছু ফলাফল থাকতে পারে। সুতরাং, প্রথমে ওই গবেষণা ফলাফলগুলি সংগ্রহ করে UzDRRAP প্রস্তুত করা উচিত। যদি ওই ফলাফলগুলি পাওয়া না যায় বা যথেষ্ট না হয়, তবে ঝুঁকি মূল্যায়ন প্রয়োজন।

২.৩.৪.২ ঝুঁকি মূল্যায়ন প্রবাহ

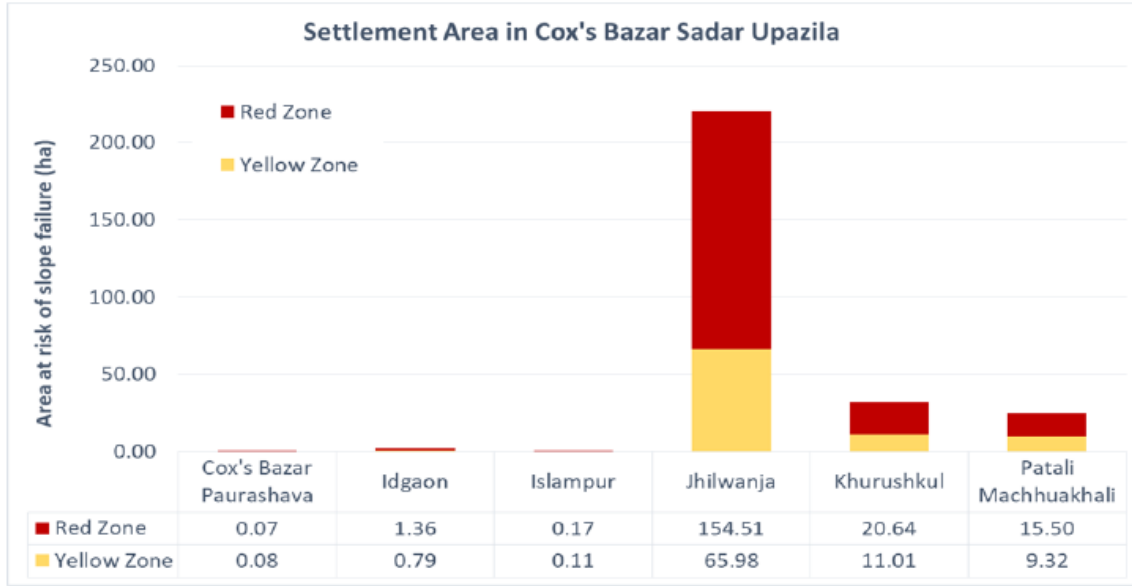
মূলত, পলি জনিত দুর্যোগের ঝুঁকি মূল্যায়নের জন্য একই প্রবাহ বন্যার ঝুঁকি মূল্যায়নের মতো ব্যবহৃত হয়।

২.৩.৪.৩ পলি জনিত দুর্যোগের ঝুঁকি মূল্যায়নের উদাহরণ

উদাহরণস্বরূপ, কক্সবাজার উপজেলার ঝুঁকি মূল্যায়নের প্রক্রিয়া এবং ফলাফল নিম্নলিখিত চিত্রগুলিতে দেখানো হয়েছে। ঝুঁকি মূল্যায়নের সচক হিসেবে, প্রতি ইউনিয়নে প্রভাবিত বসতিবাড়ি এলাকা এবং প্রভাবিত জনসংখ্যা নির্বাচন করা হয়েছে।



চিত্র ২.৩.৬: কক্সবাজার সদর উপজেলার পাহাড়ের ধস (Slope Failure) দ্বারা প্রভাবিত বসতিবাড়ি এলাকা



চিত্র ২.৩.৭: কক্সবাজার সদর উপজেলায় পাহাড়ের ধস (Slope Failure) দ্বারা প্রভাবিত বসতবাড়ি এলাকা

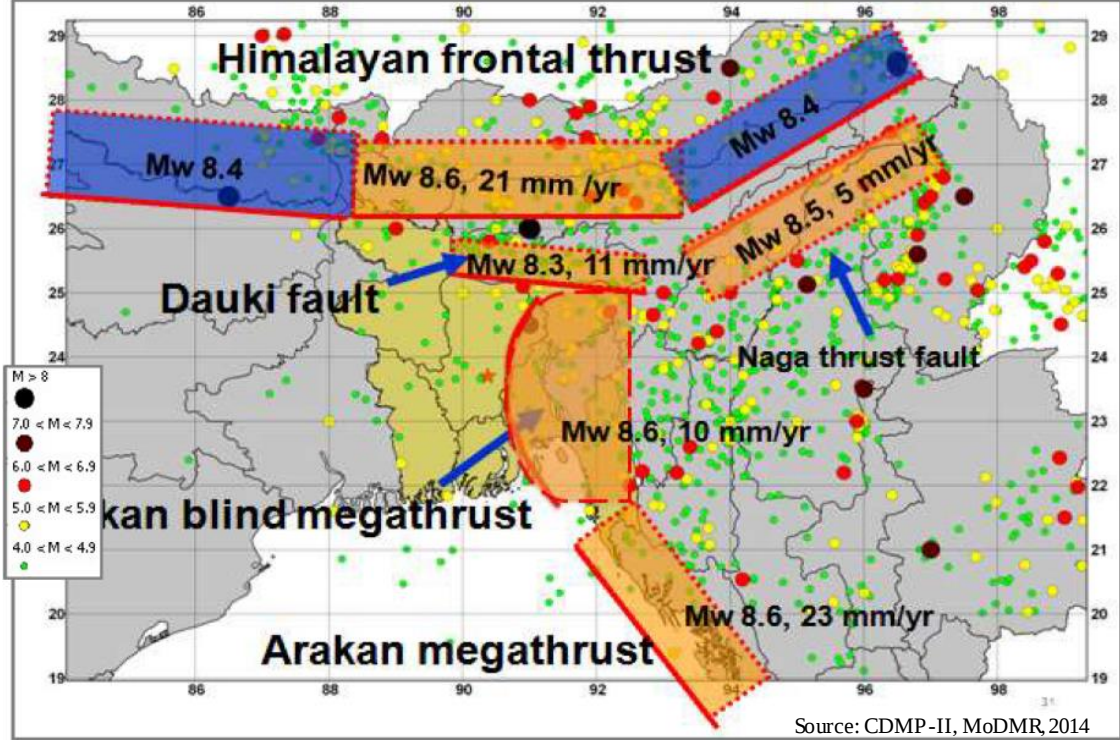
সারণি ২.৩.৩: কক্সবাজার সদর উপজেলায় পাহাড়ের ধস (Slope Failure) দ্বারা ক্ষতিগ্রস্ত এলাকা

ইউনিয়ন	সম্ভাব্য এলাকা (লাল + হলুদ) [হেক্টর]	অনুপাত (সম্ভাব্য এলাকা/ বসতবাড়ী এলাকা)	আনুমানিক ক্ষতিগ্রস্ত জনসংখ্যা
ভারুয়াখালী	০.০০	০.০%	০
চৌফলদন্ডী	০.০০	০.০%	০
কক্সবাজার পৌরসভা	০.১৪	০.১%	১০৯
ঈদগাঁ	২.১৫	০.৩%	১৪৪
ইসলামাবাদ	০.০০	০.০%	০
ইসলামপুর	০.২৮	০.২%	৪১
জালালাবাদ	০.০০	০.০%	০
ঝিলঞ্জা	২২০.৪৯	১৫.৯%	৯৪৮১
খুরুশকুল	৩১.৬৪	৩.২%	১৭৭২
পাটালী মাছুয়াখালী	২৪.৮১	৩.২%	১৪৮৯
পোকখালী	০.০০	০.০%	০

২.৪ ভূমিকম্প (Earthquake)

২.৪.১ বাংলাদেশে ভূমিকম্পের বর্তমান অবস্থা

বাংলাদেশ পৃথিবীর অন্যতম সবচেয়ে সক্রিয় ভূতাত্ত্বিক সংঘর্ষ ক্ষেত্রের কাছাকাছি অবস্থিত, যেখানে ভারতীয় প্লেট, ইউরেশীয় প্লেট এবং বার্মিজ প্লেট রয়েছে। বাংলাদেশ এবং তার আশেপাশের এলাকায় অনেক ভূমিকম্প ঘটেছে।



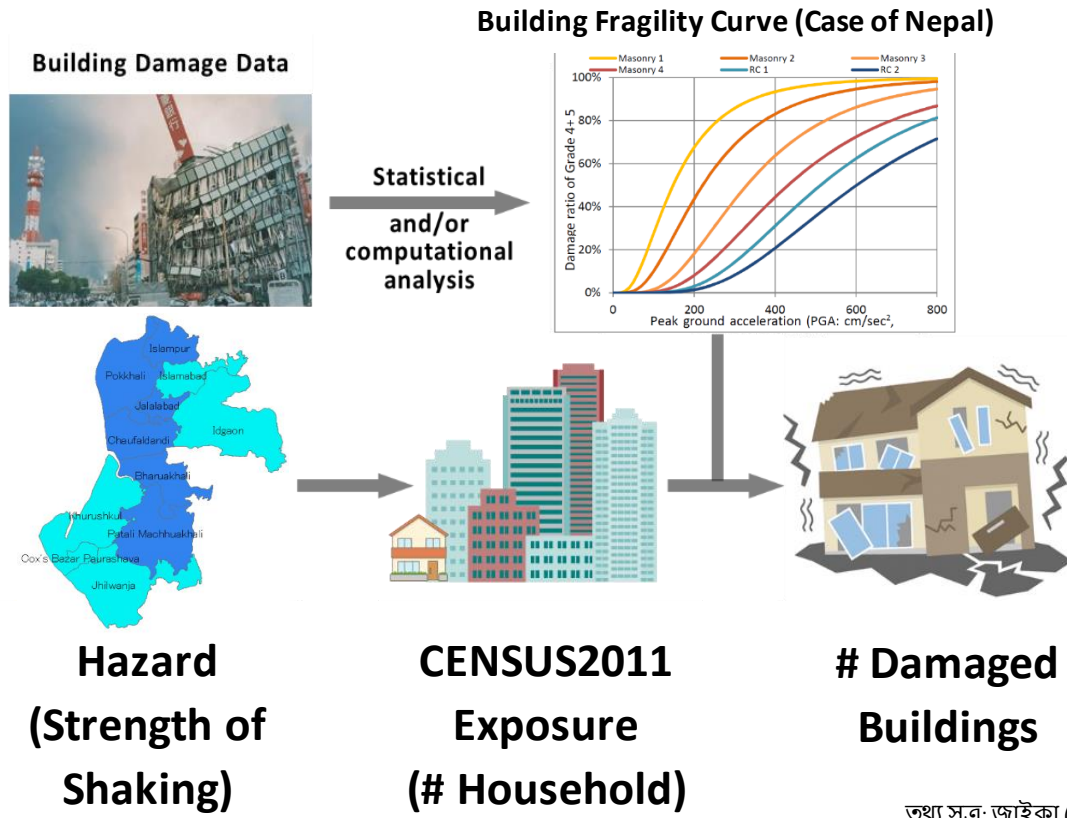
চিত্র ২.৪.১: বাংলাদেশ এবং এর আশেপাশে মেগা থ্রাস্ট সিসমিক উৎস এবং ঐতিহাসিক ভূমিকম্পের ঘটনা

তাছাড়া, গঙ্গা/পদ্মা নদী, ব্রহ্মপুত্র/যমুনা নদী এবং মেঘনা নদীসহ প্রধান নদীগুলোর থেকে আসা পুরু পলি দেশের একটি বৃহৎ এলাকা জুড়ে ছড়িয়ে পড়েছে। এই নরম পৃষ্ঠতল স্তর সম্ভবত সিসমিক তরঙ্গের প্রভাবকে ভবন, সড়ক/সেতু, নদী তীর এবং অন্যান্য গুরুত্বপূর্ণ জীবনরেখাগুলির মধ্যে যেমন বিদ্যুৎ, গ্যাস পাইপলাইন, পানি সরবরাহ, সুয়ারেজ এবং তথ্য ও যোগাযোগ নেটওয়ার্কে সম্প্রসারিত করতে পারে।

ঋংসাম্বক ভূমিকম্পগুলি নিম্ন-ফ্রিকোয়েন্সির মেগা-দুর্যোগ। একবার এটি ঘটলে, ক্ষতি একটি বিস্তৃত এলাকায় একযোগে ছড়িয়ে পড়বে। এর মানে হলো, কেন্দ্রীয় সরকারের জরুরি প্রতিক্রিয়া প্রথমে সীমিত থাকতে হবে। এজন্য, প্রতিটি উপজেলা বা অন্যান্য স্থানীয় জনগোষ্ঠীর পূর্বপ্রস্তুতি অত্যন্ত জরুরি, যাতে ভবিষ্যৎ ভূমিকম্প থেকে মানুষ এবং সম্পত্তি রক্ষা করা যায়।

২.৪.২ UzDRRAP-এর জন্য ভূমিকম্প বিশ্লেষণের প্রস্তাবিত পদ্ধতি

নিচের চিত্রটি UzDRRAP-এর জন্য ভূমিকম্প বিশ্লেষণের প্রস্তাবিত পদ্ধতিগুলির একটি সাধারণ ধারণা প্রদর্শন করে। পদ্ধতিগুলির বিস্তারিত ব্যাখ্যা পরবর্তী উপ-অধ্যায়সমূহে প্রদান করা হয়েছে।

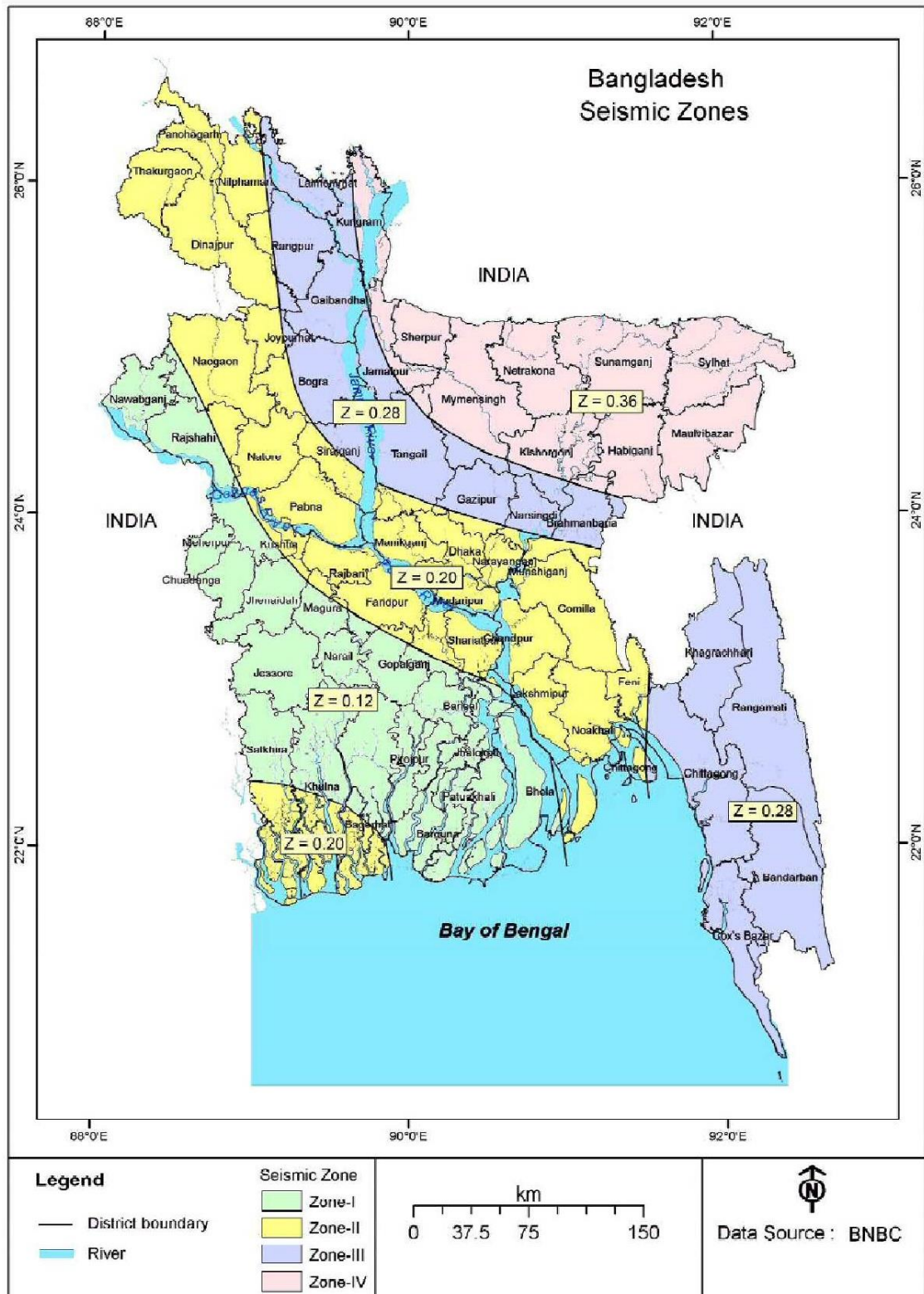


চিত্র ২.৪.২: UzDRRAP-এর জন্য ভূমিকম্প বিশ্লেষণের পদ্ধতি

২.৪.২.১ ভূমিকম্পের কম্পনের শক্তির অনুমান

ভূমিকম্পের কম্পনের স্থানীয় শক্তির সূচক হিসেবে আমরা অনুমানকৃত পিক গ্রাউন্ড অ্যাক্সিলারেশন (PGA) ব্যবহার করি। PGA অনুমান করার জন্য নিচে বর্ণিত কয়েকটি ধাপ রয়েছে।

বাংলাদেশ সরকার বাংলাদেশ ন্যাশনাল বিল্ডিং কোড ২০২০ (BNBC ২০২০) প্রকাশ করেছে, যার সাথে সিসমিক জোনিং কোএফিশিয়েন্ট মানচিত্র (নীচের চিত্র দেখুন) অন্তর্ভুক্ত রয়েছে।



তথ্য সূত্র: জাইকা (JICA) বিশেষজ্ঞ দল

চিত্র ২.৪.৩: সিসমিক জোনিং মানচিত্র এবং সিসমিক জোনিং কোএফিশিয়েন্ট

লক্ষিত এলাকার জন্য সিসমিক জোনিং কোএফিশিয়েন্ট (Z) BNBC ২০২০ মানচিত্র থেকে চিহ্নিত করা হয়। (GIS প্রক্রিয়াকরণের জন্য, জাইকা (JICA) বিশেষজ্ঞ দল BNBC ২০২০ এর PDF ফাইল থেকে সিসমিক জোনিং মানচিত্র ডিজিটাইজ এবং জিওরেফারেন্স করেছে।) এরপর, খুব শক্ত মাটি/পাথরের উপর পিক গ্রাউন্ড অ্যান্ড্রালারেশন (PGAr) হিসাব করা হয়:

$$PGAr = Z \times g$$

PGAr: খুব শক্ত মাটি/পাথরের উপর সর্বোচ্চ পিক গ্রাউন্ড অ্যান্ড্রালারেশন

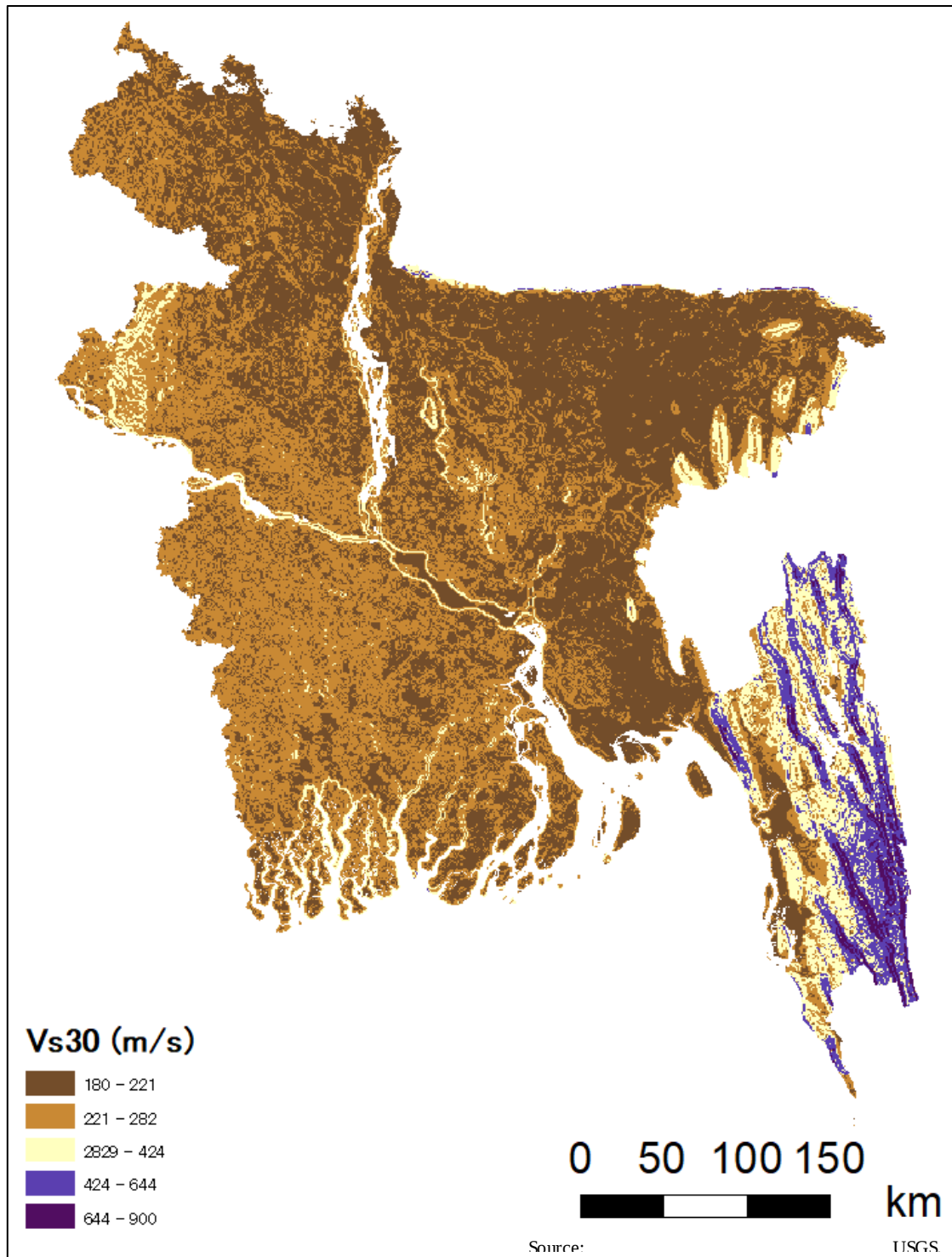
Z: সিসমিক জোনিং কোএফিশিয়েন্ট

g: মহাকর্ষের কারণে ত্বরণ, ৯.৮ মিটার/সেকেন্ড^৩

পৃষ্ঠ স্তরের প্রভাব বিবেচনায় নেওয়ার জন্য, এই প্রকল্পটি ইউএস জিওলজিক্যাল সার্ভে (USGS) দ্বারা সংকলিত Vs30 মডেল প্রয়োগ করেছে। Vs30 মডেলটি ৩০ মিটার গভীরতা পর্যন্ত ভূমিকম্পের শেয়ার-ওয়েভ গতি দ্বারা সময় নির্ণয়ক একটি বৈশ্বিক মডেল। এটি সিসমিক সাইটের অবস্থা এবং বৃদ্ধির জন্য ভূ-তাত্ত্বিক তথ্য ব্যবহার করে।

Vs30 মডেলের রেজোলিউশন ৩০ আর্কসেকেন্ড-গ্রিড। এর মানে হল কক্সবাজার সদর উপজেলার কাছাকাছি কক্সবাজার জেলা এলাকায় প্রায় ৯২৫ মিটার (উত্তর-দক্ষিণ) x ৮৬০ মিটার (পূর্ব-পশ্চিম)।

বাংলাদেশের জাতীয় স্থলভূমির জন্য (জলাশয় ব্যতীত) নিষ্কাশিত Vs30 মডেলটি নীচের চিত্রে দেখানো হয়েছে।



চিত্র ২.৪.৪: বাংলাদেশে Vs30 মডেল (৩০ আর্কসেকেন্ড-গ্রিড)

প্রতিটি ৩০ আর্কসেকেন্ড-গ্রিডে PGA গণনার জন্য, আমরা Midorikawa et al. (১৯৯৪) এর গবেষণা ফলাফলের ভিত্তিতে Vs30 মডেল মানকে PGAr-এর অ্যামপ্লিফিকেশন ফ্যাক্টর (G) এ রূপান্তর করা হয়।
$$PGA = G \times PGAr = G \times Z \times g$$
 (মিডোরিকাওয়া et al. (১৯৯৪))

PGA: পৃষ্ঠে পিক গ্রাউন্ড অ্যাক্সিলারেশন

PGAr: খুব শক্ত মাটি/পাথরের উপর সর্বোচ্চ পিক গ্রাউন্ড অ্যাক্সিলারেশন

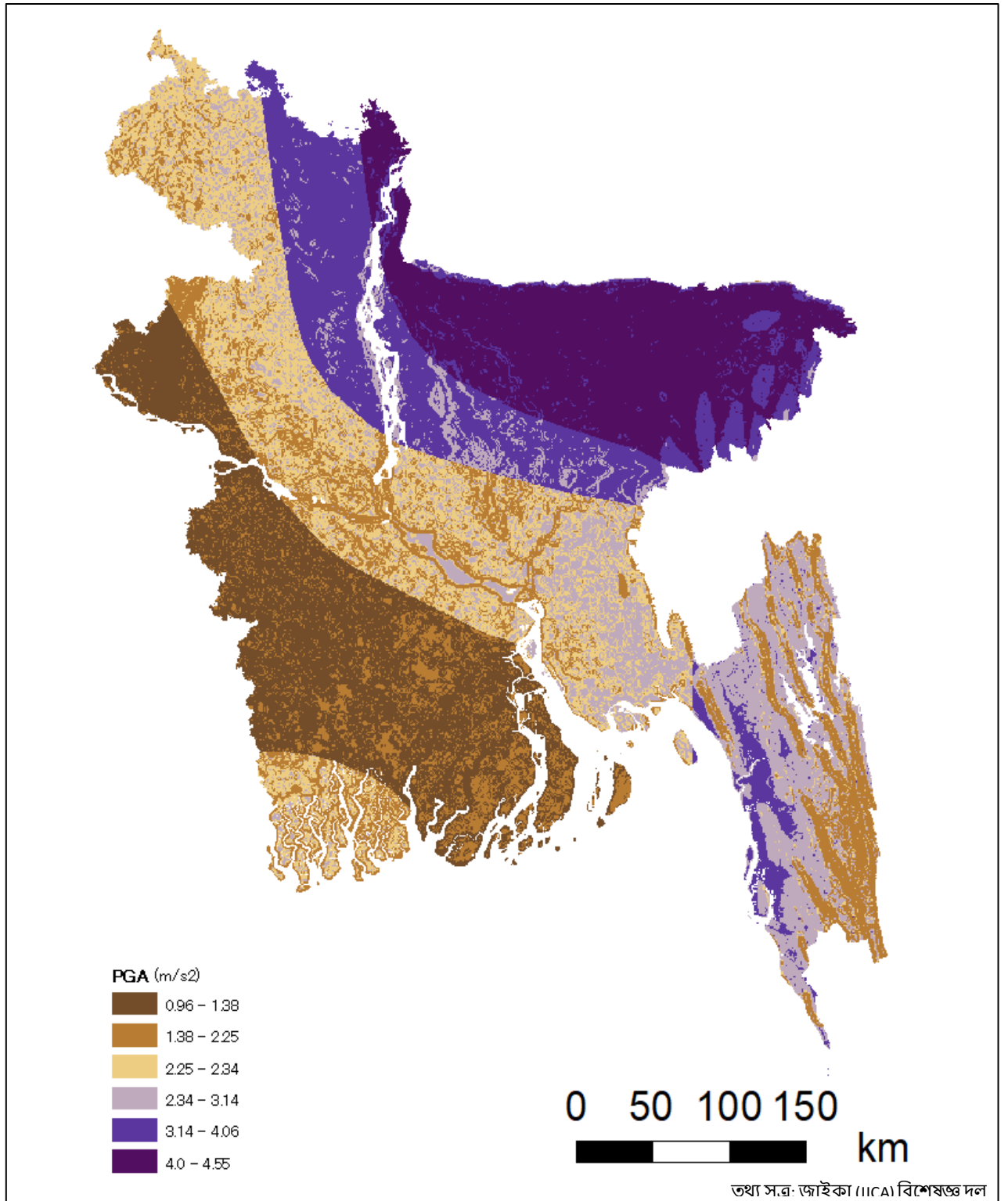
G: PGAr-এর অ্যামপ্লিফিকেশন ফ্যাক্টর (Vs30 মডেল থেকে রূপান্তরিত)

Z: সিসমিক জোনিং কোএফিশিয়েন্ট (চিত্র ৬.২.২৪, BNBC ২০২০)

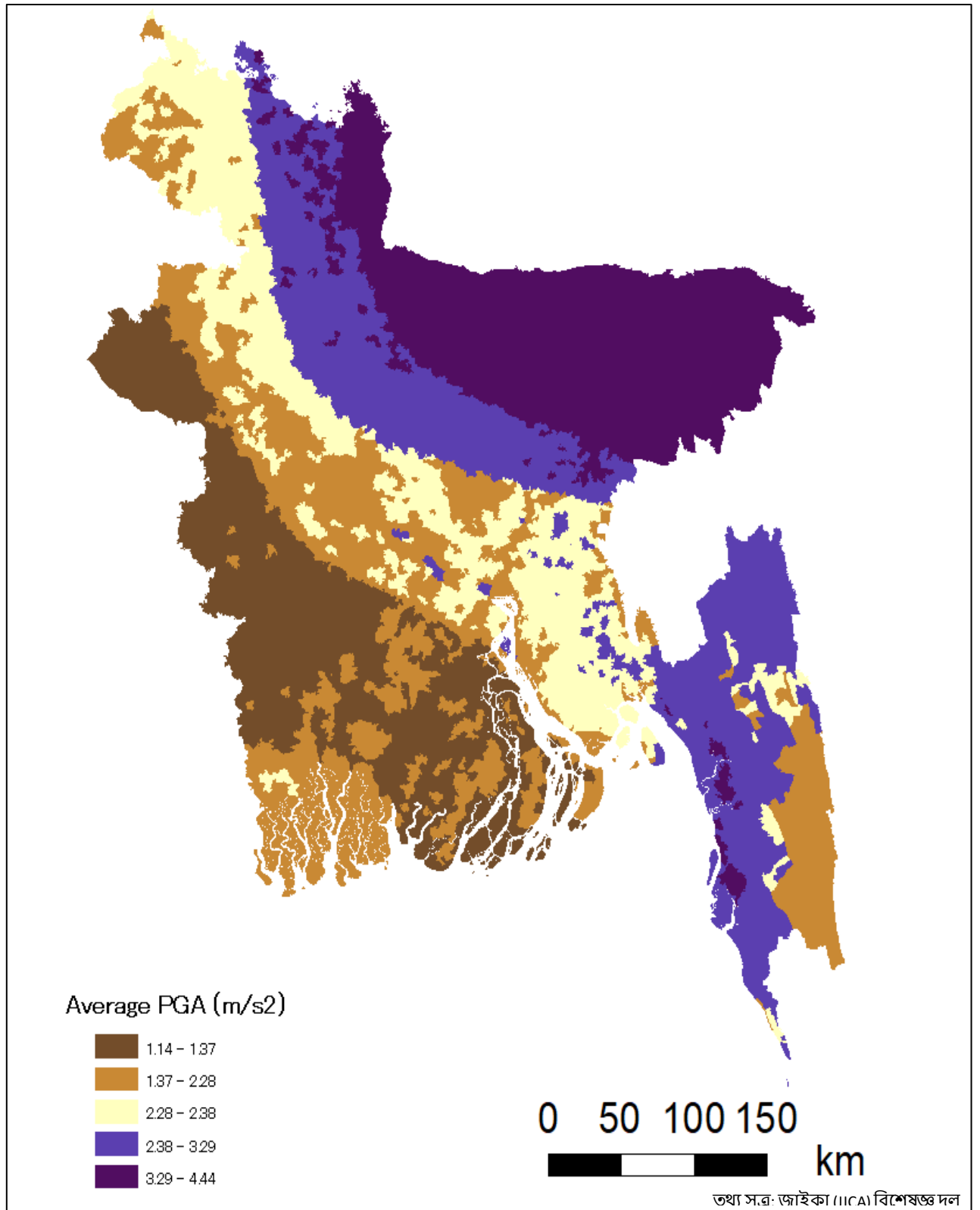
g: মহাকর্ষের কারণে ত্বরণ = ৯.৮ মিটার/সেকেন্ড^২

প্রতিটি ইউনিয়নের মধ্যে প্রতিটি ৩০ আর্কসেকেন্ড-গ্রিডে PGA ব্যবহার করে, বাংলাদেশের প্রতিটি ইউনিয়নে গড় PGA মান হিসাব করা হয়। আমরা এই PGA মানগুলোকে ইউনিয়নে ভূমিকম্পের কম্পনের শক্তি হিসেবে ব্যবহার করা হয় ভবনের ক্ষতি অনুমান করার জন্য।

পরবর্তী দুটি চিত্রে বাংলাদেশের সমগ্র ভূমি এলাকার জন্য প্রতিটি ৩০ আর্কসেকেন্ড-গ্রিডে PGA এবং প্রতিটি ইউনিয়নের গড় PGA দেখানো হয়েছে।

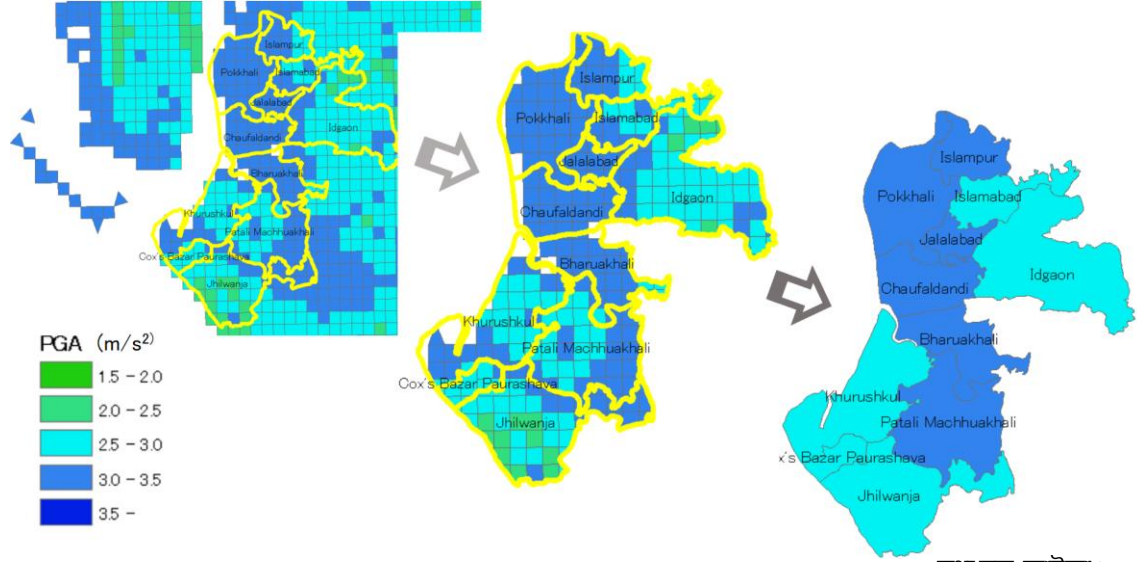


চিত্র ২.৪.৫: বাংলাদেশের PGA (পিক গ্রাউন্ড অ্যাক্সিলারেশন)



চিত্র ২.৪.৬: ইউনিয়নসমূহে গড় PGA (পিক গ্রাউন্ড অ্যাক্সিলারেশন)

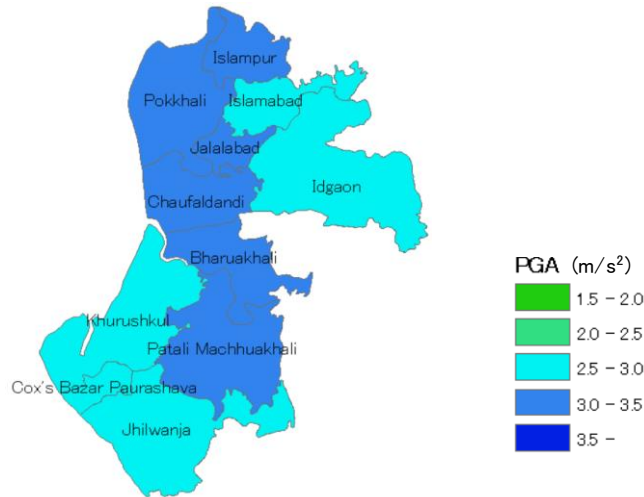
উপরোক্ত PGA গড় করার প্রক্রিয়া অনুযায়ী, প্রতিটি ইউনিয়নের জন্য একটি স্কিম্যাটিক প্রবাহ উপজেলা ভিত্তিক নীচের চিত্রে দেখানো হয়েছে। উদাহরণস্বরূপ, এটি কক্সবাজার সদর উপজেলার ক্ষেত্রে প্রদর্শিত হয়েছে, যা কক্সবাজার জেলা এলাকায় অবস্থিত।



চিত্র ২.৪.৭: কক্সবাজার সদর উপজেলার ইউনিয়নসমূহে PGA গড় করা

২.৪.৩ ভূমিকম্প বিশ্লেষণের নমুনা ফলাফল

নমুনা ফলাফল হিসেবে, নিচের চিত্র এবং সারণিতে কক্সবাজার সদর উপজেলার প্রতিটি ইউনিয়নের জন্য অনুমানকৃত PGA প্রদর্শিত হয়েছে।



চিত্র ২.৪.৮: কক্সবাজার সদর উপজেলার ইউনিয়নসমূহের জন্য অনুমানকৃত PGA

সারণি ২.৪.১: কক্সবাজার সদর উপজেলার ইউনিয়নসমূহের জন্য অনুমানকৃত PGA

Union Name	Averaged PGA(m/s ²)
Bharuakhali	3.15
Chaufaldandi	3.23
Idgaon	2.84
Islampur	3.14
Islamabad	2.89
Jalalabad	3.24
Jhilwanja	2.85
Khurushkul	2.99
Patali Machhuakhali	3.08
Pokkhali	3.29
Cox's Bazar Paurashava	2.92

তথ্য সূত্র: জাইকা (JICA) বিশেষজ্ঞ দল

২.৪.৪ ভূমিকম্পের কম্পনে ঝুঁকি মূল্যায়ন

বাংলাদেশে ভূমিকম্পের কোনো নির্দিষ্ট তথ্য না থাকায়, ২০১৫ সালের নেপাল ভূমিকম্পের জন্য ভবন ফ্র্যাজিলিটি কার্ড ব্যবহার করে PGA এবং ভূমিকম্পের কম্পনের দ্বারা ভবনের ক্ষতির ঝুঁকি মূল্যায়ন করি। আমরা বাংলাদেশে ভবনগুলোর কাঠামো ধরনের সাথে নেপালের ভবন কাঠামো ধরনের তুলনা করি, যা নীচের সারণিতে দেখানো হয়েছে।

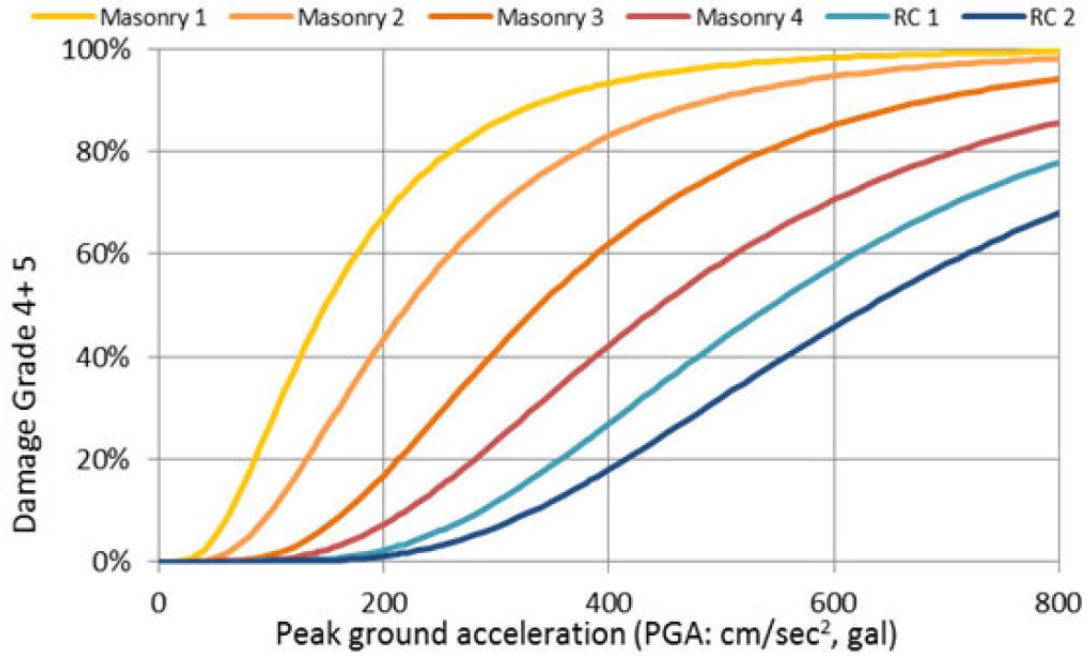
সারণি ২.৪.২: নেপাল এবং বাংলাদেশে ভবন কাঠামো ধরনের গুপিং

Nepal		Bangladesh
Structure Type	Definition	Structure Type
Masonry 1	1. Adobe	Jhupri
Masonry 2	2. Stone with mud 4_1. Brick with mud, flex roof & 20 years and more	Kutchha
Masonry 3	4_2. Brick with mud, rigid roof & flex roof with 1-20 years	-
Masonry 4	3. Stone with cement mortar 5. Brick masonry with cement mortar 8. Others	Semi-pucca
RC 1	6. RC non-engineered	Pucca
RC 2	7. RC engineered with low to mid-rise	-

তথ্য সূত্র: জাইকা (JICA) বিশেষজ্ঞ দল

গড় PGA-তে কাঠামো ধরনের ক্ষতির অনুপাত ২০১৫ সালের নেপাল ভূমিকম্প (গোরখা ভূমিকম্প) এর ভবন ফ্র্যাজিলিটি কার্ড

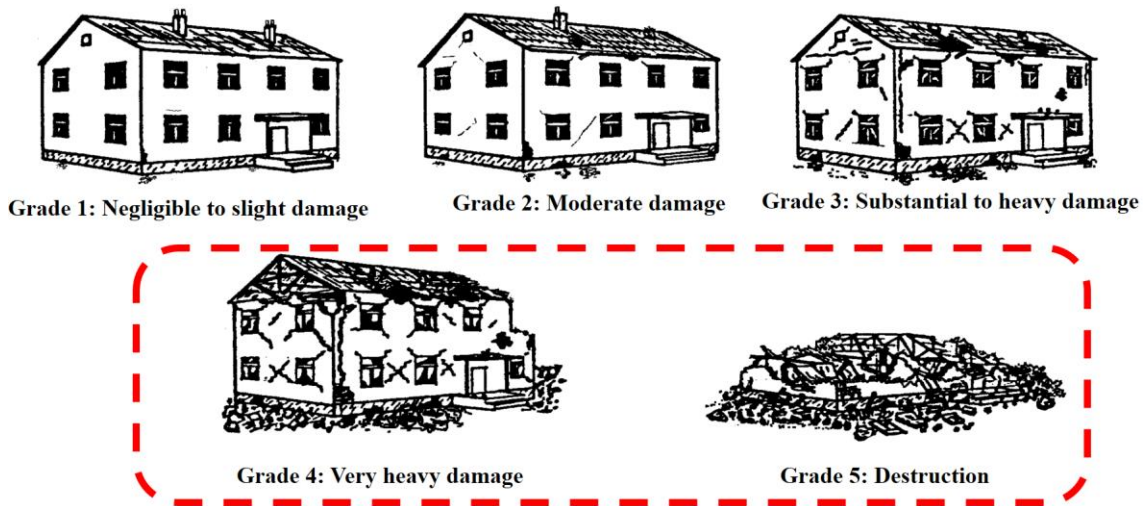
থেকে বের করা হয়েছে।



তথ্য সূত্র: “নেপালের কাঠমন্ডু উপত্যকায় ভূমিকম্প দুর্যোগ ঝুঁকি মূল্যায়ন প্রকল্প”, জাইকা (JICA), OCG এবং OYO, ২০১৮

চিত্র ২.৪.৯: ২০১৫ সালের নেপাল ভূমিকম্পের ভবন ফ্র্যাগিলিটি কার্ভ

সর্বাধিক ঝুঁকি অনুমান করার জন্য, আমরা ইউরোপীয় ম্যাক্রোসিসমিক স্কেল (EMS) অনুযায়ী ক্ষতির গ্রেড ৪ এবং ৫-কে লক্ষ্য করছি।



সূত্র: <<https://emergency.copernicus.eu/mapping/book/export/html/138313>>

চিত্র ২.৪.১০: ইউরোপীয় ম্যাক্রোসিসমিক স্কেল (EMS) অনুযায়ী ক্ষতির গ্রেড

প্রতিটি ইউনিয়নে ভবনের সংখ্যা grasp করার জন্য, আমরা বাংলাদেশ পরিসংখ্যান ব্যুরোর CENSUS ২০১১-এর ফলাফল ব্যবহার করি। CENSUS ২০১১-এ প্রতিটি ইউনিয়নে “গৃহস্থালি সংখ্যা” এবং “ভবন কাঠামো ধরনের শতাংশ” প্রদর্শিত

হয়েছে। কাঠামো ধরনের চারটি ক্যাটাগরি রয়েছে: পাকা, সেমি-পাকা, কাঁচা, এবং বুপড়ি।

সারণি 0.1: “গৃহস্থালি সংখ্যা” এবং “ভবন কাঠামো ধরনের শতাংশ”

(কক্সবাজার সদর উপজেলার ইউনিয়নগুলির জন্য আংশিকভাবে উদ্ধৃত)

Table C-14: Percentage distribution of general household by type of structure, toilet facility, residence and										
Administrative Unit Residence Community	RMO	Number of Households	Percentage of Type of Structure				Percentage of Toilet Facility			
			Pucca	Semi- pucca	Kutcha	Jhupri	Sanitary (With Water Seal)	Sanitary (No Water Seal)	Non- Sanitary	None
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Bharuakhali Union Total		3939	6.9	10.6	76.2	6.4	8.9	64.9	24	2.2
Chaufaldandi Union Total		5195	5.2	13.7	78.8	2.3	23.6	42	19.7	14.7
Idgaon Union Total		5984	8.5	24.6	58.1	8.8	7.8	55.5	30.3	6.4
Islampur Union Total		3626	5.3	8.6	73.6	12.5	17	31.1	42.5	9.5
Islamabad Union Total		5275	5.8	16	76.2	2	7.5	34.3	51.8	6.4
Jalalabad Union Total		3048	11.4	21	60.6	7	20.8	26.3	50.2	2.8
Jhilwanja Union Total		7352	9.1	20.5	56.3	14.1	26.7	36.9	27.9	8.5
Khurushkul Union Total		6807	3.6	10.2	78.3	7.9	39.4	32.5	15.1	13
Patali Machhuakhali Union Total		6103	5.9	21.9	68.1	4.1	7.3	51	28.6	13.1
Pokkhali Union Total		3820	7.6	16	69.6	6.8	11	28.5	56.5	4
Cox's Bazar Paurashava		30374	20.4	26.6	39.6	13.3	25.8	41.1	30	3

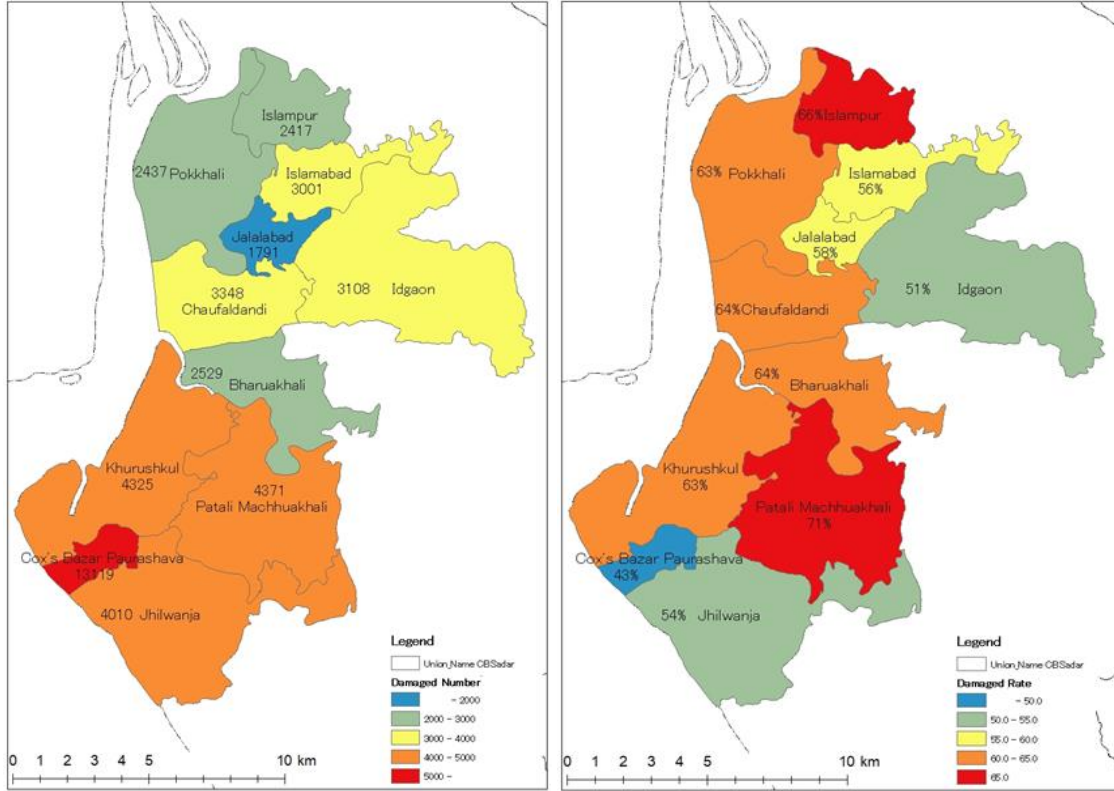
সূত্র: CENSUS 2011

এখানে আমরা একটি অনুমান প্রস্তাব করছি যে প্রতিটি গৃহস্থালি একটি ভবন ব্যবহার করে। উপরের তথ্যগুলির সমন্বয়ের মাধ্যমে, আমরা অনুমানকৃত ভূমিকম্প কম্পনের ভিত্তিতে প্রতিটি ইউনিয়নে ক্ষতিগ্রস্ত ভবনের সংখ্যা মূল্যায়ন করতে পারি, যা BNBC ২০২০-এ উল্লেখ করা হয়েছে।

[ক্ষতিগ্রস্ত ভবনের সংখ্যা] = [ভবনের সংখ্যা] X [ভবন ক্ষতি অনুপাত]

[ভবনের সংখ্যা]: [গৃহস্থালি সংখ্যা] X [ভবন কাঠামো ধরনের শতাংশ] (CENSUS ২০১১ থেকে নেওয়া)

[ভবন ক্ষতি অনুপাত]: পিক গ্রাউন্ড অ্যাক্সিলারেশন (PGA) এবং কাঠামো ধরনের ভিত্তিতে ভবন ফ্র্যাজিলিটি কার্ড থেকে নির্ধারিত



তথ্য সূত্র: জাইকা (JICA) বিশেষজ্ঞ দল

চিত্র ২.৪.১১: কক্সবাজার সদর অঞ্চলে ক্ষতিগ্রস্ত ভবনের অনুমানকৃত সংখ্যা এবং অনুপাত

ক্ষতিগ্রস্ত ভবনের সংখ্যা” ছাড়াও, “ক্ষতিগ্রস্ত ভবনের সংখ্যা/মোট ভবনের সংখ্যা” অনুপাতটি শহরাঞ্চল এবং গ্রামীণ অঞ্চলের কাঠামো ধরনের মধ্যে বৈশিষ্টিক পার্থক্য প্রদর্শন করতে পারে। উদাহরণস্বরূপ, যদিও ক্ষতিগ্রস্ত ভবনের সংখ্যা খুব বেশি না হলেও, অনুপাতটি উচ্চ হতে পারে কারণ মোট ভবনের সংখ্যা কম। উচ্চ অনুপাত এখনও মনে হতে পারে যে এই এলাকা মোটের ওপর মারাত্মকভাবে প্রভাবিত হতে পারে।