জাহাঙ্গীরনগর বিশ্ববিদ্যালয় ভূগোল ও পরিবেশ সমীক্ষণ ৪০:২০২১ (পৃ. ১-১০)
Jahangirnagar Bishwavidyalay Bhugol O Paribesh Samikkhan 40:2021 (pp 1-10) *ISSN 1027-8567*

বাংলাদেশে বৃষ্টিপাত ও তাপমাত্রার পরিবর্তনশীলতা

তমা রানী সাহা[১], দেওয়ান আব্দুল কাদের[২]

১ ক্লাইমেট চেঞ্জ স্পেশালিস্ট, আর্থ সায়েন্স টেকনোলজি এবং পলিসি সার্ভিস, বাংলাদেশ
২ উপাচার্য, এন পি আই ইউনিভার্সিটি অব বাংলাদেশ, মানিকগঞ্জ, বাংলাদেশ

সারসংক্ষেপ: বাংলাদেশের উপর প্রাকৃতিক দুর্যোগের বিরূপ প্রভাব প্রশমিত করতে এবং জলবায়ু পরিবর্তনের সাথে অভিযোজন করার সক্ষমতা বৃদ্ধি করতে জলবায়ুর বিভিন্ন উপাদানের পরিবর্তন সম্বন্ধে গবেষণা করা গুরুত্বপূর্ণ। বর্তমান গবেষণায়, তাপমাত্রা এবং বৃষ্টিপাতের সময়ভিত্তিক এবং স্থানিক পরিবর্তনশীলতা অধ্যয়ন করা হয়েছে। বাংলাদেশ আবহাওয়া অধিদপ্তর থেকে ১৯৬১ হতে ২০১৭ সাল পর্যন্ত ২৯টি আবহাওয়া স্টেশনের তাপমাত্রা এবং বৃষ্টিপাতের উপাত্ত সংগ্রহ করা হয়েছে। এই গবেষণায়, বৃষ্টিপাত এবং সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন তাপমাত্রার দীর্ঘ সময়ের বার্ষিক গড়, প্রবণতা (trends), এবং দশকীয় গড় হিসাব করা হয়েছে এবং তারপরে বাংলাদেশের উপর তাপমাত্রা এবং বৃষ্টিপাতের সময়ভিত্তিক এবং স্থানিক পরিবর্তনশীলতা বোঝার জন্য প্রাপ্ত ফলাফল মানচিত্র ও লেখচিত্রের মাধ্যমে উপস্থাপন করা হয়েছে। বিশ্লেষণ থেকে দেখা যায়, বাংলাদেশের পশ্চিমাঞ্চলে সর্বোচ্চ তাপমাত্রা সবচেয়ে বেশি থাকে এবং দেশের উত্তরপূর্ব ও উত্তরপশ্চিম অঞ্চলে সর্বনিম্ন তাপমাত্রা সবচেয়ে কম, এছাড়া উত্তর থেকে দক্ষিণ দিকে একটি ইতিবাচক তাপীয় গ্রেডিয়েন্ট রয়েছে। বৃষ্টিপাতের স্থানিক বন্টন থেকে দেখা যায়, দেশের উত্তর-পূর্ব এবং দক্ষিণ-পূর্ব অংশগুলি সবচেয়ে আর্দ্র, যেখানে বার্ষিক (২৭৫০-৩৭৫০ মি.মি.) এবং মৌসুমি বৃষ্টিপাত (২২০০-৩২০০ মি.মি.) উভয়ই বেশি হয়ে থাকে। এছাড়া, প্রবণতার বিশ্লেষণ থেকে দেখা যায় সর্বনিম্ন এবং সর্বোচ্চ তাপমাত্রা সমগ্র বাংলাদেশেই ক্রমবর্ধমান হারে বৃদ্ধি পাচ্ছে এবং মৌসুমী ও বার্ষিক বৃষ্টিপাতও দেশের বেশিরভাগ অংশে ক্রমশ বৃদ্ধি পাচ্ছে।

মূলশব্দ: বৃষ্টিপাত, তাপমাত্রা, প্রবণতা বিশ্লেষণ, স্থানিক বন্টন, বাংলাদেশ

১. ভূমিকা

জলবায়ু হল আন্ত-মৌসুমী থেকে বহু-দশক কাল পর্যন্ত বিভিন্ন সময়কালের স্বাভাবিকভাবে পরিবর্তনশীল আবহাওয়ার গড় অবস্থা। জলবায়ু পরিবর্তনের কারণে ঝুঁকিতে থাকা দেশগুলোর মধ্যে বাংলাদেশ অন্যতম। তাই বাংলাদেশে দীর্ঘমেয়াদী জলবায়ু পরিবর্তনশীলতার ধরণ বিশ্লেষণ করা গুরুত্বপূর্ণ। সাম্প্রতিক সময়ে জলবায়ু পরিবর্তনের ফলে এদেশে বৃষ্টিপাতের ধরণ পরিবর্তন, খড়া, তীব্র বায়ুপ্রবাহ এবং অধিক বন্যাসহ নানা ধরণের দুর্যোগ দেখা দিয়েছে এবং মানবস্বাস্থ্য, ইকোসিস্টেম, অর্থনীতি ও উন্নয়নের বিভিন্ন ক্ষেত্রে এ সকল দুর্যোগের বিরূপ প্রভাব পড়েছে (IPCC, 2007)। জলবায়ু পরিবর্তনের প্রভাব নিয়ে গবেষণা বাংলাদেশের জন্য জরুরী, কারণ এদেশে প্রাকৃতিক দুর্যোগ খুব ঘন ঘন হয় এবং কখনও কখনও তা মারাত্মক বিপর্যয়ের কারণ হয়ে দাঁড়ায়। ধারণা করা হয় যে, জলবায়ু পরিবর্তন এদেশে বিভিন্ন প্রাকৃতিক দুর্যোগের তীব্রতা ও পৌনঃপুনিকতা আরো বাড়িয়ে দেবে। তাছাড়া ভৌগোলিক অবস্থান ও ভূমিরূপ বৈশিষ্টের কারণে দেশটিতে অধিক মাত্রায় বন্যার ঝুঁকি রয়েছে। আমরা জানি যে, দেশের বড় নদীগুলো যথা গঙ্গা, ব্রহ্মপুত্র ও মেঘনা এবং তাদের উপনদীগুলোর ৯২% পানি উজানের দেশগুলো দিয়ে প্রবাহিত হয়ে এসে বাংলাদেশে প্রবেশ করে এবং এই বিপুল জলরাশি পরবর্তীতে বাংলাদেশের উপর দিয়ে প্রবাহিত হয়ে বঙ্গপোসাগরে পতিত হয়। এর ফলে, একই সাথে বাংলাদেশে এবং পার্শ্ববর্তী উজানের এলাকাগুলোতে অধিক বৃষ্টিপাত হলে দেশটিতে বড় বন্যা দেখা দেয়। ১৯৭৪, ১৯৮৪, ১৯৮৭, ১৯৮৮, ১৯৯৮, ২০০৪ ও ২০০৭ সালের ভয়াবহ বন্যায় এদেশে অনেক ক্ষয়ক্ষতি হয়েছিল (Choudhury, 2009)। এছাড়াও দেশটি গত চল্লিশ বছরে আটটি তীব্র খরার সম্মুখীন হয়েছে (Shahid, 2008; Shahid and Behrawan, 2008)। অতএব, আরো ভালভাবে দুর্যোগ মোকাবেলা ও জলবায়ু পরিবর্তনের সাথে খাপ খাওয়ানোর জন্য জলবায়ু পরিবর্তনশীলতা ও প্রবণতার (trends) বৈশিষ্ট্য এবং বন্যা ও খরার উপর এদের প্রভাব সম্পর্কে গবেষণা করা গুরুত্বপূর্ণ।

বাংলাদেশে বৃষ্টিপাত ও তাপমাত্রার প্রবণতা এবং পরিবর্তনশীলতা নিয়ে বেশ কিছু গবেষণা করা হয়েছে। এরমধ্যে, বেশিরভাগ গবেষণাই শুধুমাত্র বৃষ্টিপাতের পরিবর্তনশীলতা ও প্রবণতার উপর দৃষ্টি নিবদ্ধ করে (Shahid and Khairulmaini, 2009; Rahman et al. 2017; Shahid, 2011; Nashwan et al. 2019; Ahasan et al. 2010; Sarker et al. 2010; Sarker and Bigg, 2010) এবং বেশ কিছু গবেষণায় বৃষ্টিপাত ও তাপমাত্রা উভয় বিষয়েই অনুসন্ধান করা হয়েছে (Shahid, 2010; Bhowmik, 2013; Sarker 2021; Bhuyan et al. 2014)। এছাড়াও বাংলাদেশে বৃষ্টিপাতের পূর্বাভাস পদ্ধতিকে উন্নয়নের জন্য লেখকেরা তাদের গবেষণায় জলবায়ু মডেল ব্যবহার করেছেন (Stephenson et al. 2001; OECD, 2003; Das et al. 2006)। মৌসুমী বৃষ্টিপাতের আগমন ও প্রত্যাগমনের পরিবর্তনশীলতা (Ahmed and Karmakar, 1993; Ahmed and Kim, 2003) এবং বাংলাদেশের বিভিন্ন অঞ্চলে বৃষ্টিপাতের আন্তঃবার্ষিক তারতম্য (Debsarma, 2003) নিয়েও গবেষণা করা হয়েছে। ১৯৪৮ থেকে ১৯৭২ সাল পর্যন্ত উপাত্ত ব্যবহার করে Sanderson and Ahmed (1979) প্রাক-মৌসুমী ঋতুতে বাংলাদেশে বৃষ্টিপাতের প্রবণতা নিয়ে গবেষণা করেছেন।

[১] যোগাযোগের ঠিকানা: ✉ tomasaha.ju@gmail.com

এছাড়াও, Rahman and Lateh (2015) তাদের গবেষণায় ১৯৭১ থেকে ২০১০ সাল পর্যন্ত ৪০ বছরের বৃষ্টিপাত ও তাপমাত্রার উপাত্ত ব্যবহার করে বাংলাদেশে জলবায়ু পরিবর্তনের প্রভাব অনুসন্ধানের চেষ্টা করেছেন। বর্তমান অধ্যয়নটিতে জলবায়ু পরিবর্তনের বর্তমান পরিস্থিতি এবং বাংলাদেশে জলবায়ু পরিবর্তনশীলতার একটি সাম্প্রতিক অবস্থা প্রদর্শনের দিকে আলোকপাত করা হয়েছে। এই গবেষণায় জলবায়ুর বিভিন্ন উপাদানগুলোর মধ্যে বৃষ্টিপাত ও তাপমাত্রার উপর গুরুত্ব দেওয়া হয়েছে।

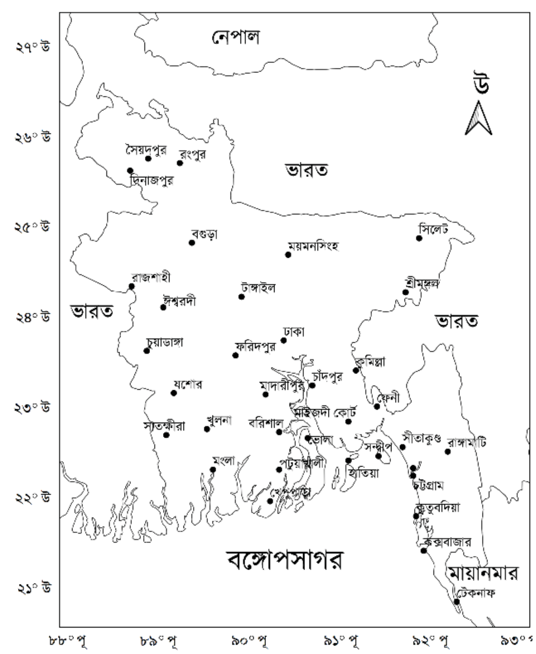
জলবায়ুর দৈনিক, মাসিক ও বার্ষিক উপাত্ত নিয়ে গবেষণার পাশাপাশি দশকের উপাত্ত নিয়ে অনুসন্ধান করারও প্রয়োজন রয়েছে। বিশ্বের বিভিন্ন স্থানে সরকার, ব্যবসা এবং অন্যান্য সামাজিক ক্ষেত্রগুলিতে দশকীয় টাইমস্কেলের গুরুত্ব ব্যাপকভাবে স্বীকৃত (Vera et al. 2009)। The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) এর Fifth Assessment Report এ দশকীয় টাইমস্কেলে জলবায়ু প্রোজেকশনের উপর জোর দিয়েছে (Tylor et al. 2008)। বিশ্বব্যাপী বিভিন্ন গবেষণায় দশকীয় এবং বহু-দশকীয় স্কেলে বিভিন্ন অঞ্চলের জলবায়ুর পরিবর্তনশীলতা অধ্যয়ন করতে শুরু করেছে (Chao et al. 2000; Peterson and Schwing 2003)। এই পর্যন্ত বাংলাদেশে দশকীয় স্কেলে বৃষ্টিপাত ও তাপমাত্রার পরিবর্তনের উপর সীমিত সংখ্যক গবেষণা করা হয়েছে। Reza et al. (2017) ১৯৫০ থেকে ২০১২ সাল পর্যন্ত উপাত্ত ব্যবহার করে শীতকালীন বৃষ্টিপাত এবং বৃষ্টির দিনগুলির দশকীয় এবং আন্তঃদশকীয় স্কেলে স্থানিক এবং সময়ভিত্তিক পরিবর্তনশীলতা তদন্ত করেছে এবং দেখেছে যে বৃষ্টিপাত এবং বৃষ্টির দিন উভয়েরই বৃদ্ধির প্রবণতা রয়েছে। ১৯৪০ থেকে ২০০৭ সাল পর্যন্ত বাংলাদেশের দক্ষিণ-পশ্চিম উপকূলীয় অঞ্চলে প্রতি ২-দশকের স্থানিক এবং সময়ভিত্তিক বৃষ্টিপাতের পরিবর্তনশীলতার উপর Hossain et al. (2014) গবেষণা করেছিল। অতএব, সমগ্র দেশে বৃষ্টিপাত ও তাপমাত্রার স্থানিক পরিবর্তন এবং দশকীয় ও বার্ষিক স্কেলে সময়ভিত্তিক পরিবর্তনশীলতা নিয়ে গবেষণার প্রয়োজনীয়তা বিবেচনা করে এই গবেষণায় উক্ত বিষয়সমূহের উপর অধ্যয়ন করা হয়েছে।

২. উপাত্ত ও গবেষণা পদ্ধতি

এই গবেষণায় বাংলাদেশের ২৯টি আবহাওয়া স্টেশনের (চিত্র-১) ১৯৬১ থেকে ২০১৭ সাল পর্যন্ত উপাত্ত ব্যবহার করে বৃষ্টিপাত ও তাপমাত্রার পরিবর্তনশীলতা বিশ্লেষণ করা হয়েছে। বাংলাদেশ আবহাওয়া অধিদপ্তর থেকে বৃষ্টিপাত ও তাপমাত্রার উপাত্ত সংগ্রহ করা হয়েছে। গবেষণায় ব্যবহৃত আবহাওয়া স্টেশনগুলোর মধ্যে সিলেট, শ্রীমঙ্গল, সীতাকুন্ডু, চট্টগ্রাম এবং রাঙ্গামাটির স্টেশনগুলি দেশের পূর্বাঞ্চলের পাহাড়ি এলাকায় অবস্থিত। এছাড়া কিছু স্টেশনে অনেক পরে উপাত্ত সংগ্রহ করা শুরু হয়েছে যেমন চুয়াডাঙ্গা স্টেশনে ১৯৮৯ সালে এবং মংলা ও সৈয়দপুর স্টেশনে ১৯৯১ সালে। দেশের অন্যান্য অংশের তুলনায় উপকূলীয় অঞ্চলে অবস্থিত স্টেশনগুলির দীর্ঘ সময়ের উপাত্ত বাংলাদেশ আবহাওয়া অধিদপ্তরের সংগ্রহে রয়েছে। গবেষণায় ব্যবহৃত আবহাওয়া স্টেশনগুলির অবস্থান চিত্র-১ এ দেখানো হয়েছে।

এই গবেষণায় ২৯টি স্টেশনের দৈনিক উপাত্ত থেকে বার্ষিক এবং মৌসুমী মোট বৃষ্টিপাত এবং গড় সর্বনিম্ন এবং সর্বোচ্চ তাপমাত্রা বিশ্লেষণ করা হয়েছে এবং বাংলাদেশে তাদের স্থানিক বন্টন উপস্থাপন করা হয়েছে। এছাড়াও, ১৯৬১ থেকে ২০১৭ সাল (উপলব্ধিতার উপর ভিত্তি করে তারতম্য থাকতে পারে) পর্যন্ত প্রতিটি স্টেশনের বার্ষিক উপাত্ত ব্যবহার করে least square technique (Kong et al. 2020) এর মাধ্যমে বৃষ্টিপাত এবং সর্বনিম্ন ও সর্বোচ্চ তাপমাত্রার প্রবণতা (trend) বিশ্লেষণ করা হয়েছে। সেইসাথে, বাংলাদেশের বার্ষিক ও মৌসুমী বৃষ্টিপাত এবং বার্ষিক তাপমাত্রার (সর্বনিম্ন এবং সর্বোচ্চ) প্রবণতার ভৌগলিক বন্টন উপস্থাপন করা হয়েছে।

এছাড়াও, এই গবেষণায় বৃষ্টিপাত এবং তাপমাত্রার (সর্বনিম্ন এবং সর্বোচ্চ) দশকীয় পরিবর্তনশীলতা বিশ্লেষণের জন্য ১৯৬১ থেকে ২০১৭ সাল পর্যন্ত উপাত্তসমূহকে ছয়টি দশকে ভাগ করা হয়েছে যথাঃ ১৯৬১-১৯৭০ (দশক-১), ১৯৭১-১৯৮০ (দশক-২), ১৯৮১-১৯৯০ (দশক-৩), ১৯৯১-২০০০ (দশক-৪), ২০০১-২০১০ (দশক-৫), ২০১১-২০১৭ (দশক-৬)। বার্ষিক ও মৌসুমী মোট বৃষ্টিপাত এবং বার্ষিক গড় তাপমাত্রা (সর্বনিম্ন এবং সর্বোচ্চ) থেকে ২৯টি আবহাওয়া স্টেশনের জন্য দশকের গড় হিসাব গণনা করা হয়েছে। দেশের বিভিন্ন অঞ্চলে দশকীয় পরিবর্তনশীলতা বোঝার জন্য আমরা স্টেশনগুলিকে ছয়টি অঞ্চলে (সারণী-১) ভাগ করেছি। পরবর্তীতে এই ছয়টি অঞ্চলের জন্য স্টেশনগুলোর গড় হিসাব করা হয়েছে।



চিত্র ১: মানচিত্রে বাংলাদেশের ২৯টি আবহাওয়া স্টেশনের অবস্থানসহ বাংলাদেশ ও পার্শ্ববর্তী অঞ্চল দেখানো হয়েছে

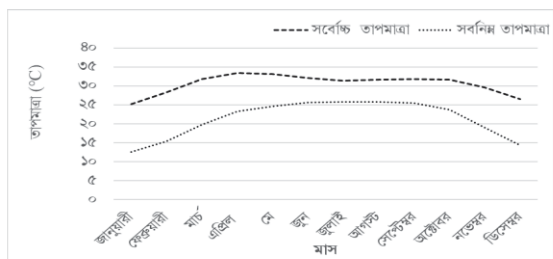
সারণী ১: বাংলাদেশের ২৯টি আবহাওয়া স্টেশনের আঞ্চলিক বিভাগ

অঞ্চল	উত্তরপশ্চিম	উত্তরপূর্ব	মধ্যবর্তী	দক্ষিণপশ্চিম	দক্ষিণ-মধ্য	দক্ষিণপূর্ব
স্টেশন	রংপুর	ময়মনসিংহ	ফরিদপুর	খুলনা	ভোলা	রাঙ্গামাটি
	দিনাজপুর	সিলেট	মাদারীপুর	সাতক্ষীরা	বরিশাল	চট্টগ্রাম
	রাজশাহী	শ্রীমঙ্গল	ঢাকা	যশোর	পটুয়াখালী	কক্সবাজার
	বগুড়া		কুমিল্লা		হাতিয়া	সীতাকুণ্ড
	ঈশ্বরদী				মাইজদী কোর্ট	টেকনাফ
					খেপুপাড়া	সন্দ্বীপ
					চাঁদপুর	ফেনী

৩. ফলাফল ও আলোচনা

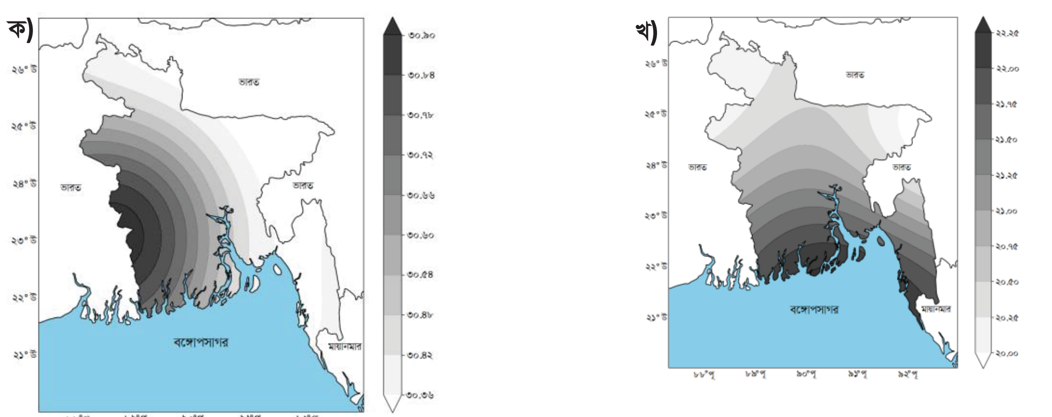
৩.১. তাপমাত্রার পরিবর্তনশীলতার বণ্টন

১৯৬১ থেকে ২০১৭ সাল পর্যন্ত গড় থেকে দেখা যায়, শীতকালে, জানুয়ারী মাসে সর্বনিম্ন তাপমাত্রা ১২.৫°C থেকে গ্রীষ্মকালে ২৫.৫°C পর্যন্ত ওঠানামা করে এবং সর্বোচ্চ তাপমাত্রা শীতকালে ২৫°C থেকে গ্রীষ্মকালে ৩৩.৫°C পর্যন্ত ওঠানামা করে (চিত্র-২)। এছাড়া সেপ্টেম্বর ও অক্টোবরেও তাপমাত্রা বেশি (৩১.৬°C) থাকে। ১৯৬১ থেকে ২০১৭ সালের বার্ষিক গড় সর্বোচ্চ তাপমাত্রার স্থানিক বণ্টন [চিত্র- ৩(ক)] থেকে দেখা যায় যে, দেশের মধ্য-পশ্চিমাঞ্চল থেকে তাপমাত্রা পশ্চিম উপকূলীয় অঞ্চলে ক্রমাগত বৃদ্ধি পেয়েছে, তবে পূর্ব-উপকূলীয় অঞ্চলে তাপমাত্রা সামান্য কম রয়েছে। দেশের দক্ষিণ-পশ্চিম অঞ্চলে ৩০.৭২ থেকে ৩০.৯০°C এর মধ্যে সর্বোচ্চ তাপমাত্রা বিরাজ করছে। এছাড়া দেশের পূর্ব, উত্তরপূর্ব এবং দক্ষিণপূর্ব অংশে তুলনামূলক কম সর্বোচ্চ তাপমাত্রা (৩০.৩৬ থেকে ৩০.৫৪°C) বিরাজ করছে। গবেষণায় দেখা গেছে যে, ১৯৮১-২০১০ সালের বার্ষিক সর্বোচ্চ তাপমাত্রা ১৯৭১-২০০০ এর তুলনায় বাংলাদেশের দক্ষিণ-পূর্ব এবং উত্তর-পূর্বাঞ্চলে উল্লেখযোগ্যভাবে বৃদ্ধি পেয়েছে (Khatun et al. 2016)। চিত্র ৩(খ) এ সর্বনিম্ন তাপমাত্রার বন্টন থেকে দেখা যায় যে দেশের উপকূলীয় অঞ্চল শীতকালে তুলনামূলকভাবে উষ্ণ এবং তাপমাত্রার ঢাল দক্ষিণের দিকে ইতিবাচক। দেশের উপকূলীয় অঞ্চলে সর্বনিম্ন তাপমাত্রা ২১.২৫ থেকে ২২.২৫°C এর মধ্যে রয়েছে। এদেশের উত্তরাঞ্চলে শীতের সময় অধিক ঠান্ডা থাকে এবং এই অঞ্চলে সর্বনিম্ন তাপমাত্রা ২০.০০ থেকে ২০.৭৫°C পর্যন্ত থাকে। গবেষণায় দেখা গেছে, বাংলাদেশের উত্তর-পূর্ব ও মধ্যাঞ্চল এবং তাদের পার্শ্ববর্তী এলাকায় বার্ষিক সর্বনিম্ন তাপমাত্রা উল্লেখযোগ্যভাবে বৃদ্ধি পেয়েছে। উল্লেখ্য যে, কখনও কখনও, শীতকালে দেশের পশ্চিম ও উত্তর অংশে সর্বনিম্ন তাপমাত্রা ১০°C এর নীচে চলে যায় এবং শৈত্যপ্রবাহ দেখা দেয় (Khatun et al. 2016)।



চিত্র ২: সারা বাংলাদেশের বিভিন্ন আবহাওয়া স্টেশনগুলোর গড় সর্বনিম্ন এবং সর্বোচ্চ তাপমাত্রার মাসিক বণ্টন

(খ) তাপমাত্রার স্থানিক বণ্টন

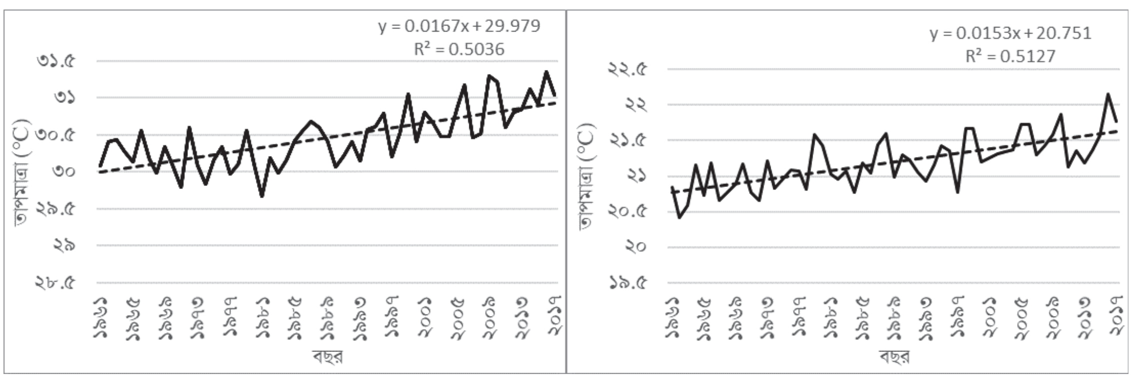


চিত্র ৩: বাংলাদেশের বার্ষিক সর্বোচ্চ (ক) এবং সর্বনিম্ন (খ) তাপমাত্রার স্থানিক বণ্টন

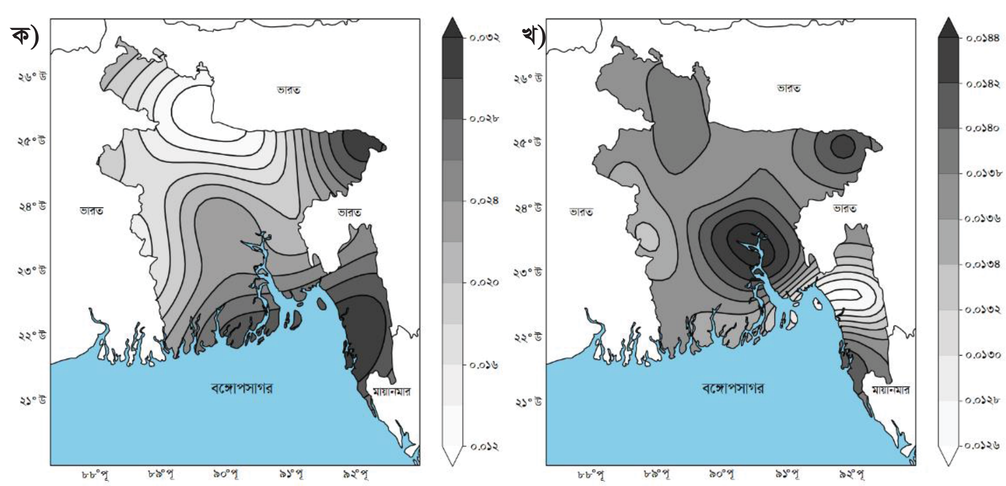
৩.২. তাপমাত্রার প্রবণতার বন্টন

১৯৬১ থেকে ২০১৭ সালের উপাত্ত ব্যবহার করে সারা দেশের ২৯টি পৃথক স্টেশন এবং সমগ্র বাংলাদেশের জন্য সর্বনিম্ন এবং সর্বোচ্চ তাপমাত্রার প্রবণতা বিশ্লেষণ করা হয়েছে। বিশ্লেষণে দেখা যায়, বার্ষিক গড় সর্বোচ্চ তাপমাত্রা প্রতি বছরে ০.০১৬৭°C হারে এবং সর্বনিম্ন তাপমাত্রা প্রতি বছরে ০.০১৫৩°C হারে বৃদ্ধি পেয়েছে [চিত্র-৪ (ক,খ)]। সর্বোচ্চ এবং সর্বনিম্ন তাপমাত্রার প্রবণতার ভৌগলিক বন্টন চিত্র ৫(ক,খ) এ দেখানো হয়েছে। এখানে দেখা যায় যে, বাংলাদেশের উপর সর্বনিম্ন এবং সর্বোচ্চ তাপমাত্রা উভয়ই বেড়েছে। সর্বোচ্চ তাপমাত্রার প্রবণতার বন্টন [চিত্র ৫(ক)] থেকে দেখা যায় যে দেশের উত্তর ও উত্তরপশ্চিম অংশে বৃদ্ধির হার তুলনামূলকভাবে কম, যা প্রতি বছরে ০.০১২ থেকে ০.০২০°C। দেশের কেন্দ্রীয় অংশে সর্বোচ্চ তাপমাত্রা মাঝারি হারে (প্রতি বছরে ০.০২০ থেকে ০.০২৬°C) বৃদ্ধি পাচ্ছে, তবে উত্তর-পূর্ব, দক্ষিণ এবং দক্ষিণ-পূর্ব অংশে অপেক্ষাকৃত বেশি প্রবণতা দেখা যায়, যা প্রতি বছরে ০.০২৬ থেকে ০.০৩২°C। সর্বনিম্ন তাপমাত্রার প্রবণতার স্থানিক বন্টন থেকে দেখা যায় দক্ষিণ-পূর্ব এলাকার কিছু অংশ বাদে সারা দেশে বৃদ্ধির হার প্রতি বছরে ০.০১৩৪ থেকে ০.০১৪৪°C মধ্যে। চিত্র ৫(খ) তে আরো দেখা যাচ্ছে যে বাংলাদেশের মধ্যভাগে সর্বনিম্ন তাপমাত্রা বৃদ্ধির হার তুলনামূলকভাবে অধিক; ঢাকা এবং ফরিদপুর সহ পার্শ্ববর্তী এলাকায় প্রতি বছরে ০.০১৪০ থেকে ০.০১৪৪°C হারে বৃদ্ধির প্রবণতা রয়েছে।

Basak et al. 2013 এর সাম্প্রতিক গবেষণায় দেখা গেছে, এদেশে জানুয়ারি এবং এপ্রিল ছাড়া বাকি সব মাসে সর্বোচ্চ তাপমাত্রা বৃদ্ধির প্রবণতা বিদ্যমান; এছাড়াও সর্বনিম্ন তাপমাত্রার ক্ষেত্রে জানুয়ারী এবং নভেম্বর ছাড়া বাকি সব মাসে ক্রমবর্ধমান হারে বৃদ্ধির প্রবণতা রয়েছে। Paris climate change agreement (2015) এর সুপারিশ অনুযায়ী প্রতিরোধমূলক ব্যবস্থা গ্রহণ করা হলেও ২০৫০ সালের মধ্যে বাংলাদেশের গড় বার্ষিক তাপমাত্রা ১.০ থেকে ১.৫°C বৃদ্ধি পাবে বলে আশা করা হচ্ছে। আর যদি কোনো ব্যবস্থা না নেওয়া হয়, তাহলে দেশের গড় বার্ষিক তাপমাত্রা ১.০ থেকে ২.৫°C পর্যন্ত বাড়বে বলে পূর্বাভাস দেওয়া হয়েছে।



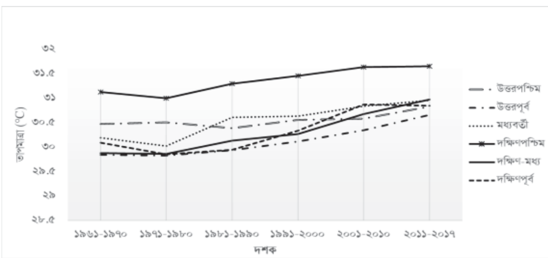
চিত্র ৪: বার্ষিক গড় সর্বোচ্চ (ক) এবং সর্বনিম্ন (খ) তাপমাত্রার ১৯৬১ থেক ২০১৭ সাল পর্যন্ত সময়ের বণ্টন



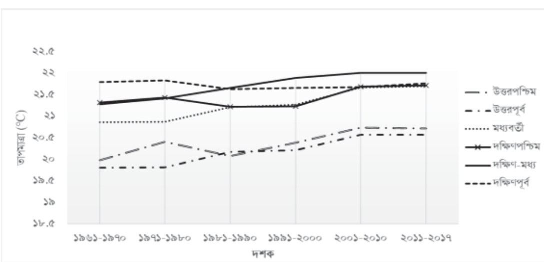
চিত্র ৫: বাংলাদেশের বার্ষিক সর্বোচ্চ (ক) এবং সর্বনিম্ন (খ) তাপমাত্রার প্রবণতার স্থানিক বন্টন

৩.৩. তাপমাত্রার দশকীয় পরিবর্তনশীলতা

বাংলাদেশের ছয়টি অঞ্চলে দশক-১ থেকে দশক-৬ পর্যন্ত বার্ষিক গড় সর্বোচ্চ এবং সর্বনিম্ন তাপমাত্রার দশকীয় বন্টন চিত্র ৬(ক,খ) এ উপস্থাপন করা হয়েছে। ছয়টি অঞ্চলেই দশক-১ থেকে দশক-৬ পর্যন্ত সর্বনিম্ন এবং সর্বোচ্চ তাপমাত্রা উভয়ই ধীরে ধীরে বৃদ্ধি পেয়েছে। দেশের দক্ষিণ-মধ্য অঞ্চলে সকল দশকেই দেশের অন্যান্য অঞ্চলের তুলনায় সর্বোচ্চ তাপমাত্রা বেশি [চিত্র ৬(ক)]। এই দক্ষিণ-মধ্য অঞ্চলে সর্বাধিক তাপমাত্রা প্রায় ৩১.০ থেকে ৩১.৫°C পর্যন্ত। অন্যান্য অঞ্চলে, সর্বোচ্চ তাপমাত্রা প্রায় ৩০ থেকে ৩০.৭ (পর্যন্ত। দেশের উত্তর-পূর্ব এবং উত্তর-পশ্চিম অংশের তুলনায় দক্ষিণ-মধ্য, দক্ষিণ-পূর্ব, দক্ষিণ-পশ্চিম এবং মধ্যাঞ্চলে সর্বনিম্ন তাপমাত্রা বেশি [চিত্র ৬(খ)]।



চিত্র ৬(ক): ছয় দশকের (১৯৬১-১৯৭০, ১৯৭১-১৯৮০, ১৯৮১-১৯৯০, ১৯৯১-২০০০, ২০০১-২০১০, এবং ২০১১-২০১৭) জন্য দেশের ছয়টি অঞ্চলের বার্ষিক সর্বোচ্চ তাপমাত্রার গড়

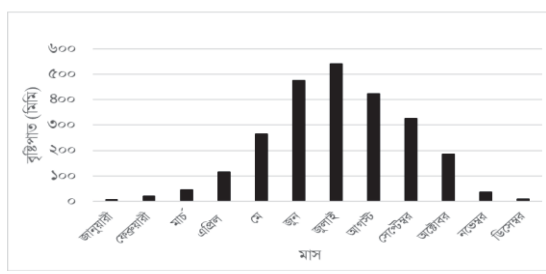


চিত্র ৬(খ): ছয় দশকের (১৯৬১-১৯৭০, ১৯৭১-১৯৮০, ১৯৮১-১৯৯০, ১৯৯১-২০০০, ২০০১-২০১০, এবং ২০১১-২০১৭) জন্য দেশের ছয়টি অঞ্চলের বার্ষিক সর্বনিম্ন তাপমাত্রার গড়

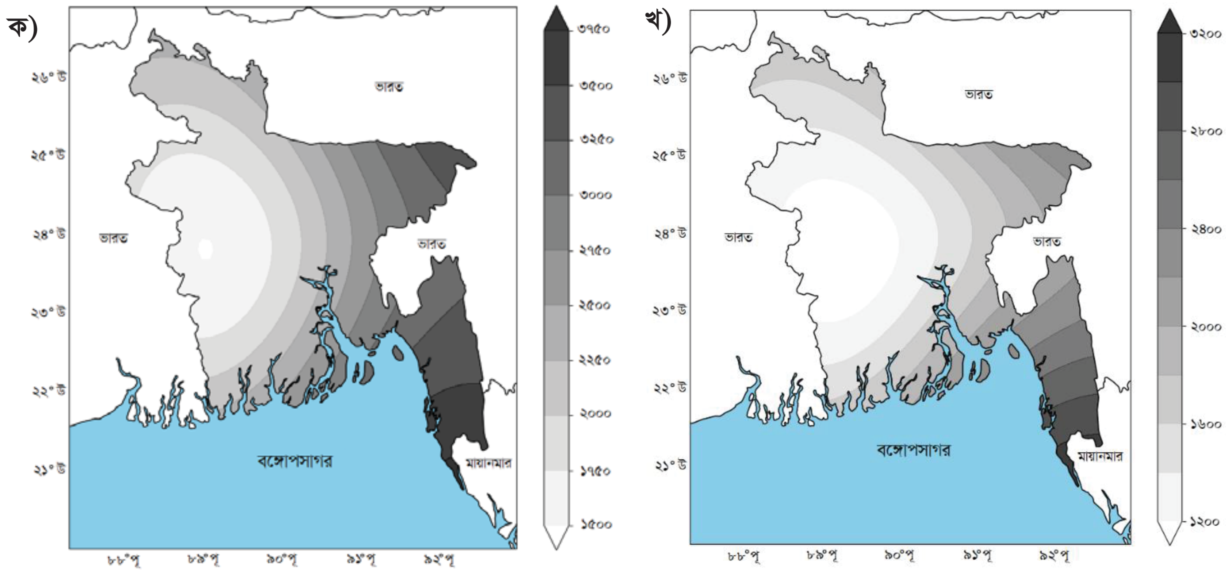
৩.৪. বৃষ্টিপাতের পরিবর্তনশীলতার বণ্টন

চিত্র-৭ এ বাংলাদেশের গড় মাসিক বৃষ্টিপাতের দীর্ঘ সময়ের (১৯৬১-২০১৭) ধরণ দেখানো হয়েছে। এখানে দেখা যাচ্ছে যে বাংলাদেশে মৌসুমী ঋতুতে অর্থাৎ জুন, জুলাই, আগস্ট ও সেপ্টেম্বর মাসে সবচেয়ে বেশি বৃষ্টিপাত হয় এবং জুলাই মাসে সর্বোচ্চ বৃষ্টিপাত (প্রায় ৫৫০ মি.মি..) হয়। শীতকালে (ডিসেম্বর, জানুয়ারী এবং ফেব্রুয়ারি) সবচেয়ে কম বৃষ্টিপাত হয়। প্রতি বছর বাংলাদেশে গড়ে প্রায় ২,৫৩৫ মি.মি.. বৃষ্টিপাত হয়। বাংলাদেশে বার্ষিক ও মৌসুমী বৃষ্টিপাতের স্থানিক বণ্টন চিত্র ৮(ক,খ) এ উপস্থাপন করা হয়েছে। বাংলাদেশে বিভিন্ন ধরণের ভৌগলিক অবস্থানে বার্ষিক এবং মৌসুমি বৃষ্টিপাতের বণ্টনের অনেক তারতম্য পরিলক্ষিত হয়। দেশের অধিক আর্দ্র অংশগুলি হল উত্তর-পূর্ব এবং দক্ষিণ-পূর্ব অঞ্চল যেখানে মৌসুমি বৃষ্টিপাত প্রায় ২,২০০ থেকে ৩,২০০ মি.মি.. এবং বার্ষিক বৃষ্টিপাত প্রায় ২৭৫০ থেকে ৩৭৫০ মি.মি..। বাংলাদেশের মধ্য-পশ্চিমাঞ্চলে তুলনামূলকভাবে কম বৃষ্টিপাত হয় যা উত্তর থেকে দক্ষিণ দিকে অভিমুখী। উল্লেখ্য যে, বার্ষিক এবং মৌসুমী বৃষ্টিপাতের বণ্টনের ধরণ সারাদেশে কমবেশি একই রকম। বার্ষিক বৃষ্টিপাতের ভৌগোলিক বণ্টন থেকে দেখা যায় যে দেশের উপকূলীয় অঞ্চলে প্রায় ১৭০০-৩৭৫০ মি.মি.. বৃষ্টিপাত হয়, তবে দক্ষিণ-পূর্ব উপকূলীয় অঞ্চলে বৃষ্টিপাতের পরিমাণ তুলনামূলকভাবে বেশি এবং দক্ষিণ-পশ্চিম দিকে তা ধীরে ধীরে হ্রাস পায়।

মৌসুমী ঋতুতে বাংলাদেশে বৃষ্টিপাতের প্রক্রিয়াটি প্রধানত বঙ্গোপসাগরে সংঘটিত গ্রীষ্মমন্ডলীয় নিম্নচাপ দ্বারা সৃষ্ট হয় যা মৌসুমী নিম্নচাপ নামেও পরিচিত (Ahmed and Kim, 2003)। এই মৌসুমি নিম্নচাপ বঙ্গোপসাগর থেকে ক্রমশ মৌসুমি ট্রাফের (trough), দিকে অগ্রসর হয় এবং এর ফলে প্রচুর পরিমাণে বৃষ্টিপাত হয়। তাই বাংলাদেশে বর্ষাকালে সবচেয়ে বেশি বৃষ্টিপাত হয়। মৌসুমি নিম্নচাপগুলি বঙ্গোপসাগর থেকে উৎপন্ন হয়ে দক্ষিণ দিক থেকে উত্তর দিকে প্রবাহিত হয়ে বাংলাদেশে প্রবেশ করে এবং তারপর মেঘালয় মালভূমি দ্বারা বিচ্যুত হয়ে উত্তর-পশ্চিম ও পশ্চিম দিকে মোড় নেয়। এই নিম্নচাপগুলি যতই ভূমির দিকে প্রবাহিত হতে থাকে ততই তাদের আর্দ্রতা হ্রাস পায়, যার ফলে বাংলাদেশের উত্তর-পশ্চিম এবং পশ্চিম দিকে বৃষ্টিপাত হ্রাস পায় (Ahmed and Kim, 2003)। আমরা জানি, স্বাভাবিক বৃষ্টিপাতের থেকে কম বা অতিরিক্ত বৃষ্টিপাত খরা এবং বন্যার কারণ হয়ে ওঠে। প্রাক-মৌসুমী ও মৌসুমী ঋতুতে কম বৃষ্টিপাত এবং উচ্চ তাপমাত্রার কারণে ব-দ্বীপের পশ্চিমাঞ্চল অত্যন্ত খরাপ্রবণ হয়ে উঠেছে। এছাড়া বাংলাদেশের উপর এবং গঙ্গা ব্রহ্মপুত্র ও মেঘনা নদীর বেসিনে সংঘটিত অত্যধিক বৃষ্টিপাতের কারণেও বিধ্বংসী বন্যা হয়ে থাকে। এদেশে ঘটে যাওয়া ১৯৭৪, ১৯৮৮, ১৯৯৮ এবং ২০০৭ সালের বন্যার তীব্রতা ও ভয়াবহতা উল্লেখ করার মতো।



চিত্র ৭: ১৯৬১-২০১৭ সাল পর্যন্ত উপাত্তের উপর ভিত্তি করে দেশের বৃষ্টিপাতের মাসিক বণ্টন

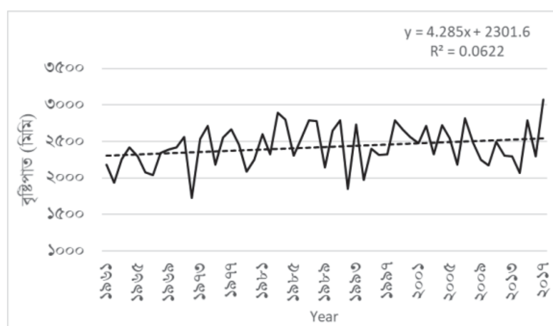


চিত্র ৮: বাংলাদেশের বার্ষিক (ক) এবং মৌসুমী (খ) মোট বৃষ্টিপাতের স্থানিক বন্টন

৩.৫. বৃষ্টিপাতের প্রবণতার বন্টন

বর্তমান গবেষণায় বাংলাদেশের বার্ষিক এবং মৌসুমি বৃষ্টিপাতের সময়ভিত্তিক পরিবর্তন বিশ্লেষণ করা হয়েছে। ১৯৬১-২০১৭ সালের বার্ষিক উপাত্ত ব্যবহার করে দেশের গড় বৃষ্টিপাতের প্রবণতা বিশ্লেষণ করা হয়েছে। চিত্র-৯ এ দেখা যাচ্ছে বার্ষিক গড় বৃষ্টিপাত প্রতি বছরে ৪.২৮৫ মি.মি. হারে বৃদ্ধি পেয়েছে। এক্ষত্রে, অধিক বৃষ্টিপাতের বছরগুলোর আন্তঃবার্ষিক তারতম্য উল্লেখযোগ্য। এছাড়াও প্রতিটি আবহাওয়া স্টেশনের জন্য বার্ষিক এবং মৌসুমি বৃষ্টিপাতের প্রবণতা হিসাব করে তাদের স্থানিক বন্টন চিত্র ১০(ক,খ) এ উপস্থাপন করা হয়েছে। এই বন্টন থেকে দেখা যায়, মৌসুমী এবং বার্ষিক বৃষ্টিপাত উভয়ই দেশের বেশিরভাগ অংশে ক্রমবর্ধমান হারে বৃদ্ধি পাচ্ছে। এক্ষেত্রে মৌসুমী ঋতুতে দেশের মধ্যভাগে শুধুমাত্র ব্যতিক্রম দেখা যায়, যেখানে প্রতি বছরে প্রায় -১.০ থেকে -১.৫ মি.মি. নেতিবাচক প্রবণতা পরিলক্ষিত হয়। এছাড়া দক্ষিণ-পূর্ব অঞ্চলে, বার্ষিক বৃষ্টিপাতের প্রবণতা প্রতি বছরে ৮-১২ মি.মি., দক্ষিণ-পশ্চিম উপকূলীয় অঞ্চলে বৃষ্টিপাত বৃদ্ধির হার বছরে ২-৮ মি.মি. এবং উত্তর-মধ্য ও উত্তর-পূর্ব অংশে এই বৃদ্ধির হার বছরে ১-৬ মি.মি. পরিলক্ষিত হয় [চিত্র ১০(ক)]।

বাংলাদেশের দক্ষিণ-পূর্ব অংশে মৌসুমি বৃষ্টিপাত বৃদ্ধির হার সবচেয়ে বেশি যা বছরে প্রায় ১২ মি.মি. হার বাড়ছে [চিত্র ১০(খ)]। এছাড়া দেশের উত্তর-পশ্চিমাঞ্চলে বৃষ্টিপাত বৃদ্ধির হার মাঝারি ধরণের পরিলক্ষিত হয়, যা মে মাসে আকস্মিক বন্যার কারণ হয়ে দাঁড়ায়। এছাড়াও, দক্ষিণ-পশ্চিম এবং দক্ষিণ-মধ্য অঞ্চলে বছরে ১.৫ থেকে ৪.৫ মি.মি. হারে বৃষ্টিপাত বৃদ্ধির প্রবণতা রয়েছে। OCDE (2003) জলবায়ু মডেল ব্যবহার করে ভবিষ্যতে বাংলাদেশের বৃষ্টিপাতের পরিবর্তন কেমন হবে তার উপর গবেষণা করেছে এবং দেখেছে যে বাংলাদেশের বার্ষিক, প্রাক-মৌসুমী, মৌসুমী এবং মৌসুমী-পরবর্তী বৃষ্টিপাত বৃদ্ধি পাবে এবং শীতকালীন বৃষ্টিপাতের কোনো বিশেষ পরিবর্তন হবে না। এছাড়াও আরেকটি গবেষণায় Geophysical Fluid Dynamics Laboratory Transient মডেল ব্যবহার করে দেখা গেছে যে এদেশে শীতকালে বৃষ্টিপাতের সামান্য পরিবর্তন ঘটবে এবং অন্যান্য ঋতুতে বৃষ্টিপাতের পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে (Ahmed and Alam, 1999)।

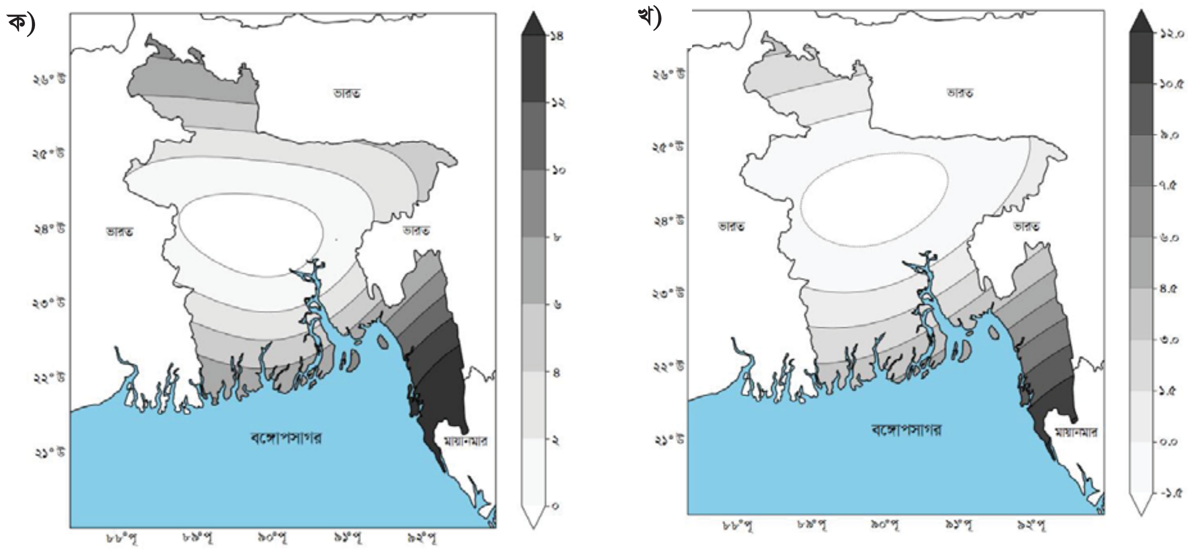


চিত্র ৯: দেশের গড় বার্ষিক বৃষ্টিপাতের (মি.মি.) ১৯৬১ থেক ২০১৭ সাল পর্যন্ত সময়ের বণ্টন

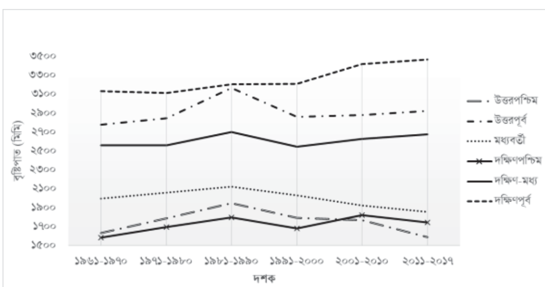
৩.১. বৃষ্টিপাতের দশকীয় পরিবর্তনশীলতা

দেশের ছয়টি অঞ্চলে দশক-১ থেকে দশক-৬ পর্যন্ত বার্ষিক

বৃষ্টিপাতের বন্টন চিত্র-১১ তে উপস্থাপন করা হয়েছে। এখানে দেখা যাচ্ছে যে, দেশের মধ্য ও উত্তর-পশ্চিমাঞ্চল বাদে প্রতিটি অঞ্চলেই বার্ষিক বৃষ্টিপাত প্রতি দশকে বেড়েছে। বাংলাদেশের উত্তর-পূর্ব, দক্ষিণ-পূর্ব এবং দক্ষিণ-মধ্য অঞ্চলে গড় দশকীয় বৃষ্টিপাতের পরিমাণ প্রায় ২৫০০ থেকে ৩৪০০ মি.মি. এবং মধ্য, দক্ষিণ-পশ্চিম এবং উত্তর-পশ্চিম অঞ্চলে এটি ১৫০০ থেকে ২০০০ মি.মি. পর্যন্ত পরিবর্তিত হয়। বাংলাদেশের দক্ষিণ-পূর্ব অঞ্চল বা পার্বত্য অঞ্চল ব্যতীত সকল অঞ্চলে দশক-৩ (১৯৮১-১৯৯০) এ বৃষ্টিপাতের পরিমাণ লক্ষণীয় হারে বৃদ্ধি পেয়েছে। এই দশকের মধ্যে অর্থাৎ ১৯৮৭ এবং ১৯৮৮ সালে দেশে দুটি বড় বন্যা হয়েছিল। Mirza (2003) এর মতে, এই বছরগুলিতে, সমগ্র বাংলাদেশে মৌসুমি বৃষ্টিপাত দীর্ঘমেয়াদী গড় থেকে উল্লেখযোগ্যভাবে বেশি ছিল।



চিত্র ১০: বার্ষিক (ক) এবং মৌসুমী (খ) মোট বৃষ্টিপাতের প্রবণতার স্থানিক বন্টন



চিত্র ১১: ছয় দশকের (১৯৬১-১৯৭০, ১৯৭১-১৯৮০, ১৯৮১-১৯৯০, ১৯৯১-২০০০, ২০০১-২০১০, এবং ২০১১-২০১৭) জন্য দেশের ছয়টি অঞ্চলের বার্ষিক বৃষ্টিপাতের গড়

৪. উপসংহার

বৃষ্টিপাত ও তাপমাত্রার পরিবর্তনশীলতা বাংলাদেশের ইকোসিস্টেম, স্বাস্থ্য, অর্থনীতি ও উন্নয়নের উপর ব্যপক প্রভাব ফেলে। এছাড়া জলবায়ু পরিবর্তনের কারণে বাংলাদেশে বিভিন্ন প্রাকৃতিক দুর্যোগ বৃদ্ধির আশংকা রয়েছে। এই নিবন্ধে সাম্প্রতিক বছরগুলিতে বাংলাদেশের জলবায়ুর স্থানিক এবং সময়ভিত্তিক পরিবর্তনশীলতা অধ্যয়ন করা হয়েছে। তাপমাত্রার স্থানিক বন্টন থেকে দেখা যায়, বাংলাদেশের মধ্য-পশ্চিমাঞ্চল থেকে পশ্চিম উপকূলীয় অঞ্চলে সর্বোচ্চ তাপমাত্রা ক্রমশ বৃদ্ধি পেয়েছে, তবে পূর্ব-উপকূলীয় অঞ্চলে তা সামান্য কম রয়েছে। সর্বনিম্ন তাপমাত্রার বন্টনের ক্ষেত্রে দেখা যায়, দেশের উপকূলীয় অঞ্চল শীতকালে তুলনামূলকভাবে উষ্ণ এবং তাপমাত্রার ঢাল দক্ষিণের দিকে ইতিবাচক। এই গবেষণার ফলাফল থেকে লক্ষণীয় যে দেশের বার্ষিক গড় সর্বোচ্চ তাপমাত্রা প্রতি বছরে ০.০১৬৭°C হারে এবং সর্বনিম্ন তাপমাত্রা প্রতি বছরে ০.০১৫৩°C হারে বৃদ্ধি পেয়েছে এবং স্থানিক বণ্টন থেকে দেখা যায় বাংলাদেশের সর্বত্রই সর্বনিম্ন এবং সর্বোচ্চ তাপমাত্রা বেড়েছে। এছাড়া, অঞ্চলভিত্তিক বিশ্লেষণে দেখা যায়, বাংলাদেশের ছয়টি অঞ্চলেই দশক-১ থেকে দশক-৬ পর্যন্ত সর্বনিম্ন এবং সর্বোচ্চ তাপমাত্রা ধীরে ধীরে বৃদ্ধি পেয়েছে।

বৃষ্টিপাতের স্থানিক বণ্টন থেকে দেখা যায় দেশের অধিক আর্দ্র অংশগুলি হল উত্তর-পূর্ব এবং দক্ষিণ-পূর্ব অঞ্চল যেখানে বার্ষিক বৃষ্টিপাত প্রায় ২,৭৫০ থেকে ৩,৭৫০ মি.মি.। বাংলাদেশের বার্ষিক এবং মৌসুমী বৃষ্টিপাতের বন্টনের ধরণ সারাদেশে কমবেশি একই রকম। গত ৫৭ বছরে বার্ষিক গড় বৃষ্টিপাত প্রতি বছরে ৪.২৮৫ মি.মি. হারে বৃদ্ধি পেয়েছে এবং স্থানিক বণ্টন থেকে দেখা যায় মৌসুমী এবং বার্ষিক বৃষ্টিপাত উভয়ই দেশের

বেশিরভাগ অংশে ক্রমবর্ধমান হারে বৃদ্ধি পাচ্ছে। বাংলাদেশের দক্ষিণ-পূর্ব অংশে মৌসুমি বৃষ্টিপাত বৃদ্ধির হার সবচেয়ে বেশি যা বছরে প্রায় ১২ মি.মি. হার বাড়ছে। এছাড়া দেশের মধ্য ও উত্তর-পশ্চিমাঞ্চল বাদে প্রতিটি অঞ্চলেই বার্ষিক বৃষ্টিপাত প্রতি দশকে বেড়েছে।

গ্রন্থপঞ্জি

Ahasan, M.N., Chowdhary, A.M., Quadir, D.A. (2010). Variability and trends of summer monsoon rainfall over Bangladesh, *J. Hydrol. Meteorol*., 7 , pp. 1-17

Ahmed, A.U. and Alam, M. (1999) Development of Climate Change Scenarios with General Circulation Models. In Vulnerability and Adaptation to Climate Change for Bangladesh, Huq S, Karim Z, Asaduzzaman M, Mahtab F(Eds.), *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht, 125-143.

Ahmed, R. and Karmakar, S. (1993). Arrival and withdrawal dates of the summer monsoon in Bangladesh, *Int. J. Climatol*., 13, pp. 727-740

Ahmed, R. and Kim, K. (2003). Patterns of daily rainfall in Bangladesh during the summer monsoon season: case studies at three stations, *Phys. Geogr*., 24, pp. 295-318

Basak, J.K., Titumir, R.A.M, and Dey, N.C. (2013). Climate Change in Bangladesh: A Historical Analysis of Temperature and Rainfall Data, *Journal of Environment,* Vol. 02, Issue 02, pp. 41-46

Bhowmik, A.K. (2013). Temporal patterns of the two-dimensional spatial trends in summer temperature and monsoon precipitation of Bangladesh, *Atmos. Sci.*, pp. 1-16, 10.1155/2013/148538

Bhuyan, M. D. I., Moniruzzaman, M., Ismail Hossain, C. M., Islam J., And Faruqe, S. B. (2014). Study of Temperature and Rainfall Variability over Bangladesh in Winter Season, *Journal of Science and Technology*, 4(1): 19-29

Chao, Y., Ghil, M. and McWilliams, J. C. (2000). Pacific interdecadal variability in this century's sea surface temperatures. *Geophys. Res. Lett*., 27 , 2261–2264.

Choudhury, A. M. (2009). Protecting Bangladesh from Natural Disasters, *Academic Press and Publishers Library*, Dhaka 1209.

Dash, S.K., Shekhar, M.S., Singh, G.P. (2006). Simulation of Indian summer monsoon circulation and rainfall using RegCM3. *Theor. and App. Clim.* 86(1-4): 161-172.

Debsarma, S.K. (2003). Intra-annual and inter-annual variation of rainfall over different regions of Bangladesh, Proceedings of the SAARC Seminnar Climate Variability in the South Asian Region and its Impacts, 10-12 December, *SAARC Meteorological Research Centre (SMRC)*

Hossain, M.S., Roy, K. and Datta. D.K. (2014). Spatial and Temporal Variability of Rainfall over the South-West Coast of Bangladesh, *Climate,* 2, 28-46; doi:10.3390/cli2020028

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change (2007) Synthesis Report. An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change; *IPCC:* Valencia, Spain, 2007.

Khatun, M.A., Md. Bazlur Rashid, M.B. and Hygen, H.O. (2016). MET report: Climate of Bangladesh, no. 08/2016, ISSN 2387-4201, Bangladesh Meteorological Department and Norwegian Meteorological Institute

Kong, Q., Siauw, T., and Bayen, A. (2020). Python Programming And Numerical Methods: A Guide For Engineers And Scientists, *Berkeley Python Numerical Methods*, Chapter 16, url: https://pythonnumericalmeth ods.berkeley.edu/notebooks/Index.html# .

Mirza, M. M. Q.: 2003, 'Three Recent Extreme Floods in Bangladesh: A Hydro-meteorological Analysis', *Natural Hazards,* 28(1), 35–64.

Nashwan, M.S., Shahid S., Wang, X. (2019). Uncertainty in estimated trends using gridded rainfall data: a case study of Bangladesh, *Water*, 11, pp. 5-8, 10.3390/w11020349 (Switzerland)

OECD. (2003) Development and Climate Change in Bangladesh: Focus on Coastal Flooding and the Sundarbans. In: Agrawala S, Ota T, Ahmed AU (ed) Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) Report COM/ENV/EPOC/DCD/DAC(2003)3/FINAL, Paris,

France.www.oecd.org/dataoecd/46/55/21055658.pdf Accessed on 25 March 2022.

Peterson, W. T., and Schwing, F. B. (2003). A new climate regime in northwest Pacific ecosystems. *Geophys. Res. Lett*., 30 .1896, doi:10.1029/2003GL017528.

Rahman, M.A., Yunsheng, L., Sultana, N. (2017). Analysis and prediction of rainfall trends over Bangladesh using Mann-Kendall, Spearman's rho tests and ARIMA model. *Meteorol. Atmos. Phys*, 129, 409–424.

Rahman, R. and Lateh, H. (2015). Climate change in Bangladesh: a spatiotemporal analysis and simulation of recent temperature and rainfall data using GIS and time series analysis model. *Theor Appl Climatol*. doi:10.1007/s00704-015-1688-3

Reza, M. K. H., Alam, M. M., and Rahman, M. M. (2017). Decadal Variation of Winter Rainfall and Rainy Days over Bangladesh, *Journal of Engineering Science* 08(1), 2017, 71-78

Sanderson, M. and Ahmed, R. (1979). Pre-monsoon rainfall and its variability in Bangladesh: a trend surface analysis/Chute des pluis de la pre´-mousson et sa variabilite´ au Bangladesh: tendance d'analyse en superficie. *Hydrol Sci* J 24(3):277–287

Sarker, M.S.H. (2021). Regional spatial and temporal variability of rainfall, temperature over Bangladesh and Northern Bay of Bengal, *Environmental Challenges*, Volume 5, 100309

Sarker, M.S.H. and Bigg G. (2010). The consequences of climate change for precipitation trends in Bangladesh, *Proceedings of the 1st International Seminar*. Climate Change. Environmental Challenges 21st Century, Rajshahi, Bangladesh, (7-9 December) Bangladesh.

Sarker, M.S.H., Bigg, G. and Zimmerer J. (2010). Spatial and temporal rainfall variation in Bangladesh, *Proceedings of the Deltas in Times of Climate Change Conference*, Rotterdam, 29 Sept. - 1 OctRotterdam

Shahid S. and Behrawan H. (2008). Drought Risk Assessment in the Western Part of Bangladesh. *Nat. Haz.*, 46(3), 391-413.

Shahid S. and Khairulmaini, O.S. (2009). Spatio-Temporal variability of Rainfall over Bangladesh during the time period 1969-2003. *Asia-Pacific J. Atmos. Sci.*, 45, 375-389.

Shahid, S. (2008). Spatial and Temporal Characteristics of Droughts in the Western Part of Bangladesh. *Hydrol. Proc.*, 22(13), 2235-2247.

Shahid, S. (2010). Recent trends in the climate of Bangladesh. *Climate Res.*, 42, 185-193.

Shahid, S. (2011). Trends in extreme rainfall events of Bangladesh, *Theor. Appl. Climatol*., 104, pp. 489-499, 10.1007/s00704-010-0363-y

Stephenson, D.B., Douville, H. and Rupa Kumar, K. (2001). Searching for a fingerprint of global warming in the Asian summer monsoon. *MaUSm* 52: 213–220.

Taylor, K.E., Stouffer, R.J. and Meehl, G.A. (2008). A summary of the CMIP5 Experimental Design. https://pcmdi.llnl.gov/mips/cmip5/docs/Taylor_CMIP5_design.pdf .

Vera, C., Barange, M., Dube, O.P., Goddard, L., Griggs, D., Kobysheva, N., Odada, E., Parey, S., Polovina, J., Poveda, G., Seguin, B., and Trenberth, K. (2009)| Needs assessment for climate information on decadal timescales and longer, This volume, *World Climate Conference 3* (WCC-3), Geneva, Switzerland, 31 August – 4 September.