



# 38th FOBANA Convention 2024

# Seminer Proceedings



Bangladesh Association of Greater Washington DC (BAGWDC)



## Fobana Seminar Proceeding

**Published by:**  
FOBANA Host Seminar Committee

**Edited & Compiled by:**  
Dr. Nazrul Islam  
Anthony Pius Gomes

**Graphics Design & Compose:**  
M. M Afzal Baky  
Ph : 880 1705 184749  
Email : sazdigital4@gmail.com

**38th FOBANA Convention 2024**  
**Crystal Gateway Marriott**  
1700 Richmond Highway, Arlington, VA 22202  
Date: August 30, 31 September 1, 2024  
Hosted by: Bangladesh Association of  
Greater Washington DC (BAGWDC)

## Table of Contents

Title	Page
Chairperson's Statement	03
Overview of FOBANA Seminar 2024	04
Using Nano-Technology in Climate Smart Regenerative Agriculture Solutions	07
Empowering Bangladeshi Immigrants: Youth Perspectives on Accessing Community Service	10
ন্যানোটেকনোলজির সাহায্যে সিলিকন শিল্পের বিকাশ ও উন্নয়ন	12
Looking through the lenses of infrastructure in Bangladesh	19
ঢাকা মেট্রোরেল - একটি বিশ্লেষণ	24
Can Nanotechnology Enable AI to Create New Knowledge?	29
The Challenges and Opportunities of Generative AI in Today's Classrooms	34
বাংলা ভাষায় পরিবর্তন: সাহিত্যে সম্ভাব্য প্রভাব	38
How Ordinary People Can Benefit from Open AI	43
Environmental Sustainability for Controlling Global Warming Issues	47
Integrating AI with Nanophotonics for Ultra-Fast Data Processing and Communication	54
Glimpses of FOBANA Seminar 2024	59

## SEMINAR COMMITTEE



Dr. Nazrul Islam  
Chairman



Engr. Hares Sayed  
Co-Chairman



Dr. Anwarul Karim  
Co-Chairman



Anthony P Gomes  
Co-ordinator



Shamsuddin Mahmud  
Chairman  
EC Seminer Committee



Roquia Haider



Anis Ahmed



Engr. Golam Mowla



Dr. Anis Rahman



Dr. Badrul Huda Khan



Dr. Mahtab Ahmed



Dr. Miazan Rahman



Dr. Shoaib Chowdhury



Dr. Aminur Rahman



Dr. Pryalal Karmakar



Shaheda Abdin



Dr. Quayum Khan



Dr. Ishrat Sultana Mita



Satarupa Barua



Dr. Faisal Quader



## Chairperson's Statement



We are pleased to present the proceedings of the FOBANA Seminar 2024, held from August 30 to September 1 in Arlington, Virginia. This compilation showcases the significant contributions of scholars, researchers, and professionals from diverse disciplines, all driven by a shared commitment to advancing the Spirit of Bangladesh (চেতনায় বাংলাদেশ).

These proceedings reflect a broad spectrum of expertise, offering new insights and rigorous analysis on critical challenges across fields such as Science, Culture, Education, Energy, and the Environment. The seminar served as a forum for intellectual exchange, promoting innovative ideas and fostering collaboration among participants.

We extend our sincere gratitude to the authors, whose diligent research and thoughtful presentations form the core of this collection. Additionally, we recognize the invaluable efforts of the reviewers, the FOBANA Host Committee, especially the Chief Coordinator Anthony Pius Gomes for coordinating from the beginning, and the sponsors, whose support was integral to the success of the event.

It is our hope that this body of work will not only serve as a comprehensive record of the discussions held but also act as a catalyst for future research and interdisciplinary collaboration. We believe the ideas and solutions presented here will contribute meaningfully to addressing the pressing issues of today and inform future developments in these critical areas.

Sincerely,

**Dr. Nazrul Islam**, Chairperson

**Sayed Hares**, Vice Chairperson

FOBANA Seminar, 2024



## Message from the Chief Coordinator



Dear Friends,

I am very delighted and thrilled to share that our seminars at the 38th FOBANA Convention were a resounding success!

As we all know that the primary purpose of seminars is to foster learning and inspiration. The seminars at the conventions are pivotal for enriching the community, inspiring progress, and laying the groundwork for future initiatives. They embody the spirit of collaboration and continuous learning, making them an indispensable part of any convention. This sense of community is vital for collective growth and advancement. Seminars play a crucial role in conventions, serving as a dynamic platform for knowledge sharing and intellectual exchange paving the way for exposing to diverse perspectives and innovative ideas igniting creativity in developing new strategies in building a better community.

At the 38th Convention, the seminars on the timely topics sparked enlightening discussions and have illuminated intellectual thoughts that will enrich our community, inspiring all of us to advance towards a better future.

We are excited to bring out this Seminar Proceedings for the first time in FOBANA to archive the insightful articles shared during these discussions. The Seminar Proceedings of the 38th FOBANA Convention will serve as a vital resource for our community, capturing the wealth of knowledge shared during the event. The documentation of seminar discussions will help preserve valuable insights for future reference. This not only ensures that the knowledge gained is accessible to those who could not attend but also creates a lasting resource for ongoing education. We are confident, this will mark the beginning of an educational reference for our community. Let's embark on this journey together as we build a comprehensive and robust knowledge base for our community!

Best wishes!

Sincerely,

**Anthony Pius Gomes**  
Chief Coordinator  
FOBANA 2024

# Overview of FOBANA Seminar 2024

The FOBANA Seminar 2024, held in Arlington, Virginia, brought together experts, scholars, and professionals across disciplines, fostering collaboration and knowledge sharing on topics ranging from science to literature. The event provided a platform for meaningful discussions, exploring the challenges and opportunities facing Bangladesh and the global community.

## Program Highlights

The seminar featured a diverse lineup of keynote speakers and panelists who introduced innovative ideas and facilitated in-depth discussions. Key sessions covered critical topics such as:

- Application of Nanotechnology in Climate and Agriculture in Bangladesh
- Empowering Bangladeshi Immigrants
- The Role of Nanotechnology in Development of the Silicon Industry in Bangladesh
- Cost-Benefit Analysis of the Dhaka Metro Rail Project
- Infrastructure Development in Bangladesh
- Bengali Literature and Cultural Heritage
- Human Behavior in Cybersecurity
- Empowering IT Career Growth in the US
- Environment and Global Warming

These presentations and panels provided attendees with a deeper understanding of both current issues and future opportunities.

## Implementation

The seminar acted as a springboard for future projects and initiatives. The discussions generated several actionable insights, which will be transformed into concrete outcomes through policy recommendations, research collaborations, and educational programs. Participants committed to working together on the following initiatives:

- Establishing a collaborative research network focused on sustainable development.
- Creating an online platform for sharing resources and research on Bangladeshi culture and heritage.
- Developing educational workshops to integrate key seminar insights into academic curricula and public outreach efforts.

## Participation and Expected Impact

Over 100 attendees participated, including academics, professionals, students, and policymakers. The diverse representation contributed to rich discussions addressing both global and local challenges. The seminar is expected to have long-term impacts, such as:

- Forming new partnerships between institutions and individuals.
- Raising awareness and prompting action on environmental issues in Bangladesh.
- Strengthening efforts to preserve and promote Bangladeshi literature and culture.

## Key Observations

Several important observations emerged from the seminar:

- There is a strong interest in interdisciplinary collaboration, particularly at the intersection of science and the humanities.
- Greater investment in education, research, and infrastructure is crucial for supporting Bangladesh's development.
- Participants expressed deep commitment to addressing climate change, preserving cultural heritage, and advancing education reform.

## Recommendations

Based on the seminar discussions, the following recommendations were made:

- **Policy Support:** Encourage government and institutional backing for research and development in science, energy, and cultural preservation.
- **Collaborative Platforms:** Establish forums and digital platforms to sustain conversations and facilitate ongoing partnerships.
- **Educational Initiatives:** Promote the integration of seminar findings into curricula, particularly in the fields of science, culture, and environmental studies.
- **Funding and Resources:** Advocate for increased funding for projects focused on sustainable energy, environmental protection, and cultural heritage preservation.

We are confident that the ideas and collaborations from the FOBANA Seminar 2024 will have a lasting positive impact on Bangladesh's future. We look forward to continuing the work initiated here and welcome the ongoing participation of all stakeholders to make these visions a reality.



# FOBANA SEMINAR 2024

ALEXANDRIA ROOM, SECOND FLOOR, CRYSTAL GATEWAY MARRIOTT  
ARLINGTON, VIRGINIA

Day	Start time	End time	Title of presentation	Presenter	Moderator
Saturday 8/31/24	1:00pm	1:30pm	Set up the system and Kick off the FOBANA Seminar	A brief introduction by Dr. Nazrul Islam, Anthony Pius Gomes, Shamsuddin Mahmud	
Saturday	1:30pm	2:00pm	Using Nanotechnology in Climate Smart Regenerative Agricultural Solutions	Mr. Daniel Cluff & Mr. Duane Cutler	Dr. Anis Rahman
Saturday	2:05pm	2:35pm	Empowering Bangladeshi Immigrants; Youth Perspective on Accessing Community Services	Professor Jamal Uddin	Dr. Nazrul Islam
Saturday	2:40pm	3:10pm	বাংলাদেশে সিলিকন শিল্পের বিকাশ ও উন্নয়নে ন্যানো প্রযুক্তির ভূমিকা	ড: আনিস রহমান	Dr. Mizanur Rahman
Saturday	3:15pm	3:45pm	Looking through the lenses of Infrastructure in Bangladesh	Labeeba Rahman*, Ishaat Mawla, Rakin Elahi, Eshan Khan, Rayan Kuddus, Afreen Reza	Dr. Ishrat Sultana Mita
Saturday	3:50pm	4:20pm	ঢাকা মেট্রোলে - একটি বিশ্লেষণ	ড: নজরুল ইসলাম	Engr. Hares Syed
Saturday	4:25pm	4:55pm	Computational Models to Capture Human Behavior in Cybersecurity Attacks	Dr. Faisal Quader	Dr. Quayum Khan
Saturday	5:00pm	5:30pm	Navigating Immigration Law: Examining Social Perspectives and Implementation Strategies.	Attorney Raju Mahajan	Mr. Shamsuddin Mahmud
Sunday 9/01/24	1:30pm	2:00pm	Can Nanotechnology Enable AI to create New Knowledge?	Ms. Afreen Reza	Dr. Mahtab Ahmed
Sunday	2:05pm	2:35pm	Empowering IT Career Growth in the US with a Case Study from Washington University of Science and Technology.	Engr. Abubokor Hanip	Mr. Shamsuddin Mahmud
Sunday	2:40pm	3:10pm	বাংলা ভাষায় পরিবর্তন সাহিত্যে সম্ভাব্য প্রভাব	মি. আনিস আহমেদ	Dr. Aminur Rahman
Sunday	3:15pm	3:45pm	The History of Bengali Literature	Mr. Avik Rahman	Ms. Roquia Haider
Sunday	3:50pm	4:20pm	Environmental Sustainability for Controlling Global Warming Issues	Ms. Lysha Rashid	Dr. Mizanur Rahman
Sunday	4:25pm	4:55pm	Integrating AI with Nanophotonics with Ultra Fast Data Processing and Communication	Ms. Farin Ahmed	Dr. Pryalal Karmakar

# Using Nano-Technology in Climate Smart Regenerative Agriculture Solutions

**Daniel Cluff, President, Bactelife Industries Inc.**

**Duane Cutler, CEO, Bactelife Industries Inc.**



## Description:

Globally, humanity is facing unique challenges related to the impact of agriculture on climate change, including greenhouse gas emissions, soil degradation, limited water for irrigation, and the effects of chemical fertilizers and pesticides on ecosystems and pollinator health. According to the USDA, 60-80% of all fertilizer used in agriculture is lost to the environment, leading to significant economic loss and environmental pollution of air, water, and soil. Every pound of fertilizer used by farmers results in a carbon footprint of 4 to 6 pounds. Drought is the primary cause of agricultural production loss, consuming 81.5% of global clean water resources. The use of pesticides and heavily concentrated agrochemicals adversely affects human and pollinator health. These problems are exacerbated by disruptions in warfare and global supply chains, which have caused fertilizer prices to spike by more than 400% due to conflict.

Our technology addresses each of these issues and revolutionizes agriculture sustainability. Bactelife Industries, Inc. has developed H2 Organix, a disruptive climate-smart regenerative product designed to maximize agricultural sustainability. By applying just 12 ounces of their Nano-Symbiotic Catalyst per acre, farmers can reduce water and fertilizer use by 30-50% while increasing nutrient density, crop production, and economic performance in a majority of crops. In H2 Organix's first large-scale test covering 12,500 acres of corn and alfalfa in Utah, farmers who adopted this technology conserved 4.5 billion gallons of water, reduced 4.3 million pounds of carbon to the environment, and achieved a \$10 economic return on investment for every \$1 spent. University testing at Utah State University further supported these large-scale results, reporting that treated crops increased yield and nutrient content while reducing water use by up to 93% compared to regional farmers.

## How Can a Nano-Symbiotic Catalyst Improve Agriculture?

- **A Regenerative and Climate Smart Agriculture** improvement in economic and environmental sustainability that literally rebuilds the soil
- **Dynamic PGPR/PRPF agromicrobes**(beneficial bacteria and fungi) improve access to nutrients and water up to 700x
- **Advanced Nano-technology** delivers nutrients and trace minerals at environmentally safe levels to support crop performance and soil health
- **Adopting farmers can decrease water and fertilizer use 30-50%** within 6 weeks of application and increase crop yields, nutrition, value

### Existing Agriculture Shortfalls

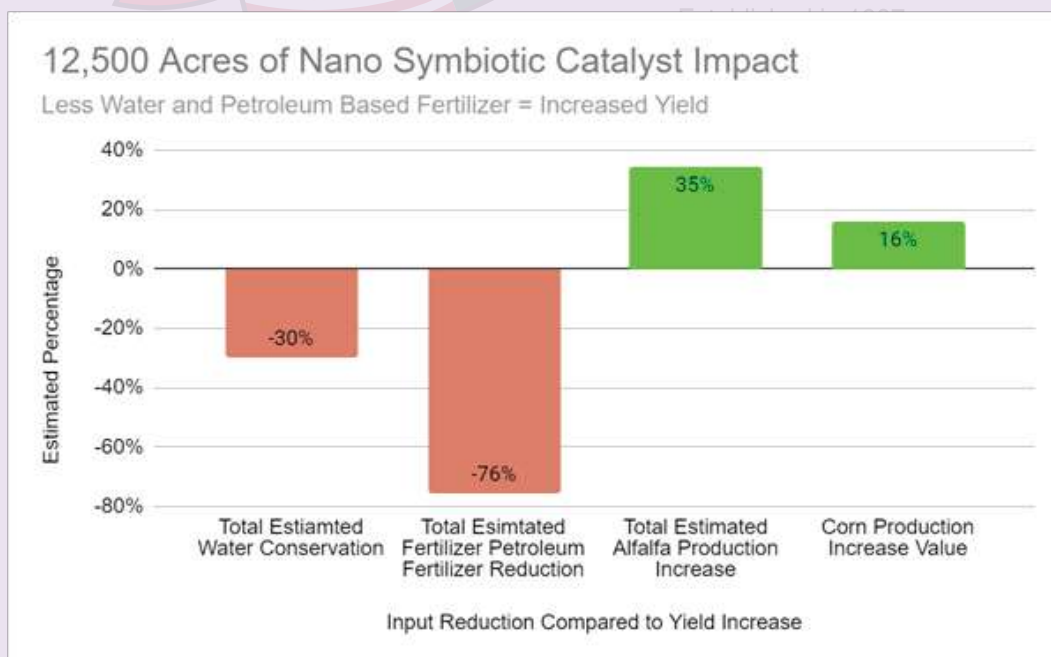
- **Plant Roots Work Alone-** Root hairs absorb what they can touch
- **Production Loss-** Plant uses more energy to break down nutrients
- **Resource Loss-** Plants compete against each other for nutrients
- **Microbe Loss-** Agrochemicals kill beneficial microbes in soil
- **Environmental Loss-** Agrochemicals pollute and damage environment

### Nano-Symbiotic Catalyst Advantage

- + **Symbiotic Advantage-** Root hairs additionally absorb what fungi and bacteria can touch
- + **Nano Sized Nutrients-** Rapid absorption and transfer to plants and microbes
- + **Resource Gain-** Fungi help crops share excess nutrients and water with each other.
- + **Beneficial Microorganisms-** Increase plant health and performance
- + **Environmental Gain-** Less agrochemicals to pollute soil, water, and air.

### Demonstration of Effectiveness

Utah is a desert state with rainfall limited to 14.8 inches annually, water conservation is a high priority. The State of Utah funded a \$1 million-dollar grant called the “Utah Air and Water Innovation Grant” through the Governor’s Office of Economic Opportunity. In 2023, 12,500 acres of crops, from 15 Farmers in 5 counties conserved roughly 4.5 billion gallons of water with the use of this new technology known as a *nano symbiotic catalyst*.



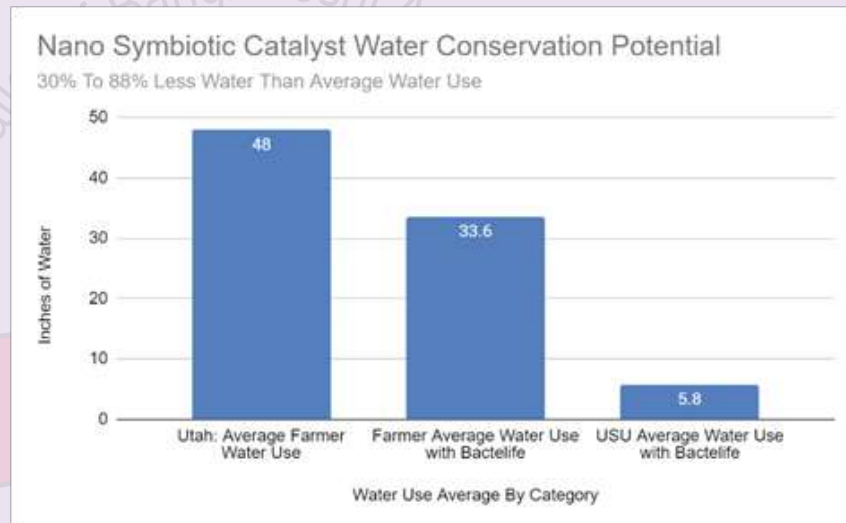


Through this project farmers that trialed the Nano Symbiotic Technology with Bactelife Industries were able to:

- \* Conserve 4.5 billion gallons of water
- \* Reduce 4.3 million pounds of carbon emissions
- \* Infuse a potential economic return on investment of \$10 economic value per \$1 grant dollar spent into rural economies around the state of Utah

### But that is just the start

Utah State University tested the technology's impact on crops with as little as 7% water use compared to the average Utah Farmer. Crops performed equal to or better than comparison fields on productivity and nutritional value. If future farmers are able to meet production needs with 93% less water, imagine the conversations we could have? This creates the potential of increasing water conservation by an additional 868 billion gallons in the State of Utah alone.



### Value to Bangladesh and the International Community

Bangladesh will achieve greater food security and strengthen its supply chain by adopting our technology. H2Organix is an agricultural enhancement that reduces the need for foreign fertilizers and agrochemicals while improving food nutrient density and quality. By adopting our nano-symbiotic catalyst technology, farmers can reduce their carbon footprint, decrease environmental pollution, and enhance the ecological health of their farms. H2Organix improves soil health, crop productivity, plant health, pest resistance, nutrient value, commercial value, and shortens growing seasons. Over time, the use of H2Organix improves soil health and significantly reduces water demand to crops. The necessity for commercial fertilizers and pesticides is significantly diminished while crop outcomes improve. Carbon emissions and other greenhouse gases are greatly reduced or eliminated due to the reduced use of nitrogen. The solution requires only 12 ounces per acre, applied once a year, and is cost-effective, significantly cheaper compared to traditional fertilizers, pesticides, and irrigation.

# Empowering Bangladeshi Immigrants: Youth Perspectives on Accessing Community Service

Dr. Jamal Uddin

## Introduction:

The Coppin's Center for Nanotechnology was founded in 2007 by Dr. Jamal Uddin to introduce nanoscience, nanotechnology, nanodevices, nanomedicine, clean and renewable energy, global warming, and human impact of climate change to environmentalist, researcher, faculty, and student at different universities and research institutions around the globe. The center has been at the forefront in the multi-disciplinary field of STEM (science, technology, engineering, and mathematics), promoting research in nanoscience and providing energy policy advice.



## Our Vision:

A recognized center for climate science and nanotechnology research, the Center for Nanotechnology will help advance scientific understanding, spur economic growth, and improve societal well-being while preparing the American and global communities to manage the risks associated with climate change and variability.

## Our Mission:

Through interdisciplinary collaboration, groundbreaking research, education, community outreach and engagement, and the use of state-of-the-art instrumentation, empower researchers, industry partners, and policymakers with cutting-edge nanotechnology and climate change solutions.

## Education and Workshop:

Resources will also be allocated for educational programs to raise awareness about the center's research and its impact on clean and renewable energy and climate change. To better understand and communicate climate risk, we will interact with stakeholders in the public, corporate, educational, and governmental spheres. We will particularly collaborate with local communities and schools to convey the significance of our scientific findings.

**Measurable Target:** Supporting the launching of a Ph.D. program in Polymer and Nanoscience.

**Deliverable:** Develop modules for the nanotechnology curriculum for PhD in Polymer and Nanoscience program being introduced in the department of Natural Science

**KPI:** Approval of the modules and their inclusion in the nanotechnology curriculum for PhD in Polymer and Nanoscience program

### Community Engagement:

We will involve local communities in the center's activities, ensuring that solutions are applicable and beneficial to the broader population. We will conduct outreach events, workshops, and seminars to share knowledge of clean and renewable energy and gather input. The center for nanotechnology will partner with the Maryland Justice Project in reaching the youth in Baltimore to pass on to them new knowledge in nanotechnology and energy as part of our broader impacts.

**Measurable Target:** Increase community engagement by 15% annually through outreach programs.

**Deliverable:** Host an annual STEM Day program with educational events for the public; Conduct STEM Day programs at high schools with different communities which includes US born Bangladeshi kids; Identified list of approved visits and scheduling to high schools, demonstration of scientific concepts.

**KPI:** Attendance at outreach events, media coverage, and public perception surveys. Demonstrated visits, number of participants engaged, survey results.

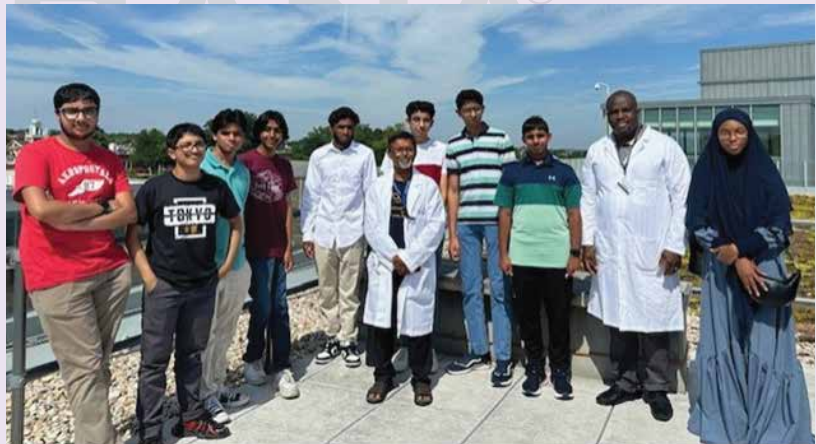
### Partnerships and Collaborations:

We will identify potential partners in academia, industry, and government agencies. Collaborate with international organizations to leverage global expertise and resources. The center for nanotechnology will collaborate with University of Maryland Center for Environmental Science (UMCES) and other universities, industries, and agencies in developing research initiatives aimed at combating climate change. Also, we are in collaboration with 30 universities in Bangladesh which includes BUET, DU, CUET, RUET, KUET, JU, JNU, NSU and BracU.

**Measurable Target:** Form collaborations with at least three leading national and international research institutions within the next two years. Participate in joint initiatives, workshops, or policy development projects.

**Deliverable:** Establish at least three collaborative research projects with national and international institutions within the next two years; Sign memorandum of understanding (MOUs) or partnership agreements outlining joint research projects with those 3 institutions.

**KPI:** Number of academic and industry partnerships, joint projects, joint publication.



*Picture: Summer 2024 research team from different high school in DMV area which includes US born Bangladeshi kids.*



# ন্যানোটেকনোলজির সাহায্যে সিলিকন শিল্পের বিকাশ ও উন্নয়ন

ড. আনিস রহমান



**সারাংশঃ** এই প্রবন্ধে সিলিকনের মৌলিক প্রযুক্তি এবং অর্থনৈতিক মডেলের রূপরেখা আলোচনা হবে। যে কোন ইলেক্ট্রনিক সার্কিট তৈরির মূল উপাদান হল সিলিকনের একটি ওয়েফার বা ডিস্ক। এখানে সিলিকন ওয়েফার উৎপাদনের আলোচনা এবং এর ব্যবসা সংক্রান্ত আর্থিক অভিক্ষেপ করা হচ্ছে। সিলিকন পৃথিবীর ভূত্বকের দ্বিতীয় সর্বাধিক প্রচুর উপাদান কিন্তু সিলিকনের কোন নির্দিষ্ট খনি নাই। সিলিকনের একমাত্র উৎস হল “বালি” যা পৃথিবীতে প্রচুর পরিমাণে মজুদ রয়েছে। এখানে সিলিকন ইংগট এবং ওয়েফার তৈরির প্রাথমিক ধাপগুলির রূপরেখা দিচ্ছি। এটা সুস্পষ্ট যে, একবার উৎপাদিত হলে সিলিকন পণ্যগুলি অবিলম্বে বাজারে প্রবেশাধিকার লাভ করবে, এবং স্বল্প সময়ের মধ্যেই নিরবচ্ছিন্ন অর্থনৈতিক কার্যকলাপ তৈরি করবে। অর্থাৎ কোন নতুন ধারণা ভিত্তিক পণ্যের মত একে নতুন করে বাজার তৈরি করতে হবে না। সিলিকন ইংগট থেকে সেমিকন্ডাক্টর ওয়েফার তৈরির জন্যে অতি বিশুদ্ধ সিলিকন দরকার। প্রতি বছর সিলিকন ওয়েফার ব্যবহারের জন্য উপলব্ধ ঐতিহাসিক ডেটার সাহায্যে সিলিকন ওয়েফারের ব্যবসায়িক দিকটির উপর প্রক্ষেপন করা সম্ভব। এবং এর জন্যে বেস ডিফিউশন মডেলের সাহায্য নেওয়া হবে। ফ্রাংক বেস এর প্রাথমিক ডিফিউশন মডেল অনুসারে তৈরি একটি পরিবর্তিত বেস ডিফিউশন মডেল ব্যবহার করে পাওয়া গেছে যে এই পরিবর্তিত মডেলটি ঐতিহাসিক ডেটাকে ভালভাবে ফিট করে এবং একই মডেল ভবিষ্যত বছরগুলির জন্য একটি সার্থক প্রজেকশন বা অভিক্ষেপ দেয়। এখানে দেখানো হয়েছে যে এই অভিক্ষিপ্ত অর্থনৈতিক কর্মকাণ্ড বাস্তবায়নের উদ্যোগ নেওয়া হলে তা একটি প্রযুক্তিগত এবং অর্থনৈতিক স্বয়ংসম্পূর্ণতার দিকে একটি আর্থসামাজিক রূপান্তরকে উৎসাহিত করে।

**মূল ধারণাঃ** সিলিকন প্রযুক্তি, ইংগট বা বুল, ওয়েফার, বেস মডেল, অর্থনৈতিক অভিক্ষেপ

## ভূমিকা

এই নিবন্ধে মূল সিলিকনের মৌলিক প্রযুক্তি এবং অর্থনীতির রূপরেখা দেওয়ার চেষ্টা করা হচ্ছে। পৃথিবীতে প্রচুর পরিমাণে বালির সরবরাহ রয়েছে। এখানে আমরা সিলিকন ইংগট এবং ওয়েফার তৈরির প্রাথমিক ধাপগুলির রূপরেখা বর্ণনা করছি। এটি অনুমান করা হয় যে, একবার উৎপাদিত হলে, এই পণ্যগুলি অবিলম্বে বাজারে প্রবেশাধিকার পাবে, এইভাবে ৩-৫ বছরের মধ্যে বৈদেশিক মুদ্রা অর্জন করার সুবিধাসম্পন্ন ফ্যাক্টরি প্রতিষ্ঠা করা সম্ভব। সাধারণভাবে, উন্নয়ন, সমৃদ্ধি, মানুষের জীবনের উন্নতি, এবং আর্থ-সামাজিক অবস্থার উন্নতি, সবসময়ই সার্বজনীনভাবে ভালো জিনিস। আমরা যে বাতাসে শ্বাস নিই তা যেমন কোনো সীমানা ছাড়াই প্রবাহিত হয়, তেমনি যে কোন ভালো জিনিসের উৎপত্তি যেখানেই হোক না কেন, সারা বিশ্বে তার সুপ্রভাব হতে পারে। বাংলাদেশ এখন উন্নয়নশীল দেশ থেকে উন্নত দেশে উত্তরণের সন্ধিক্ষণে পৌঁছেছে। এই পরিবর্তনের জন্য প্রযুক্তি, নতুন পণ্য, শিক্ষা, স্বাস্থ্যসেবা, পানি, বিদ্যুৎ, এবং আরও অনেক কিছু সহ একাধিক সেক্টরে একযোগে উন্নয়ন প্রয়োজন। আর এসব উন্নয়ন করার মাধ্যমে, বাংলাদেশের উদ্দেশ্য কেবল তার নিজের সমস্যাগুলি সমাধান করা নয়, বরং পৃথিবীর সমগ্র মানবজাতির দুই-একটি সমস্যা সমাধানের জন্য কার্যকর প্রচেষ্টা করা উচিত।

ইতিহাস আমাদেরকে শেখায় যে যখন কোন জাতি একটি বড় সমস্যাকে, যা একটি বৃহত্তর (বিশ্ব) জনসংখ্যাকে জর্জরিত করে, তাকে যদি নিজের সমস্যা হিসাবে চিহ্নিত করে, এবং যখন সে সমস্যার সমাধান অর্জন করতে পারে, তখন তা একটি বড় পুরস্কার বয়ে আনতে পারে। উদাহরণস্বরূপ, বাংলাদেশ যদি বিশ্বব্যাপী সিলিকন ওয়েফারের ঘাটতি দূর করার উদ্যোগ নিতে সক্ষম হয়, তাহলে তা বাংলাদেশের অর্থনীতির সাথে সাথে সমগ্র মানবজাতির জন্যও সুবিধা বয়ে আনবে। যেহেতু বিশ্ব এখন সেমিকন্ডাক্টর চিপগুলির গুরুতর ঘাটতির মুখোমুখি হচ্ছে, যেখানে ভূ-রাজনৈতিক কারণগুলি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করছে, বাংলাদেশ সিলিকন ওয়েফারের সরবরাহকারী হয়ে সমস্যাটি দূর করতে সাহায্য করতে পারে। তাছাড়াও, স্বয়ংচালিত এবং

বৈদ্যুতিক যানের মতো নতুন অ্যাপ্লিকেশনগুলির জন্য নতুন ধরণের IC প্রয়োজন যার জন্য বিভিন্ন রকমের ওয়েফার প্রয়োজন। উচ্চ তাপমাত্রা এবং উচ্চ ভোল্টেজ অ্যাপ্লিকেশনের জন্যে ওঈ গুলি সিলিকন কার্বাইড (SiC) থেকে তৈরি করা হয়। সুতরাং, সিলিকন ওয়েফার উৎপাদন ব্যবস্থা চালু হলে পরবর্তি ধাপে SiC ওয়েফারের উৎপাদনও সম্ভব হবে।

### সিলিকন ওয়েফার উৎপাদনের নতুন উৎস

বিশ্ব বর্তমানে সিলিকন ওয়েফারের ঘাটতিতে ভুগছে, বিশেষ করে স্বয়ংচালিত শিল্পে পরিস্থিতি আরও চরম। সেমিকন্ডাক্টরের ঘাটতি, প্রকৃতপক্ষে, বেশ কয়েকটি শিল্পের জন্য অনেক অর্থনৈতিক ধাক্কার কেন্দ্রবিন্দুতে ছিল এবং এটি স্বয়ংচালিত শিল্পকে বেশি আঘাত করেছে। সুতরাং, সিলিকন উৎপাদনের নতুন উৎসের প্রয়োজন গুরুত্বপূর্ণ।

**সিলিকন ওয়েফার: আইসি ফ্যাব্রিকেশনের মূল ভিত্তি।** IC গুলির মাইক্রোস্কোপিক সার্কিট প্যাটার্ন সিলিকন ওয়েফারের উপর “প্রিন্ট” করা হয়, এবং বিভিন্ন উপকরণের স্তরের পর স্তর দ্বারা নির্মিত হয়। অর্থাৎ, এই “প্রিন্টিং” পদক্ষেপগুলি কয়েকশ বার পুনরাবৃত্তির পর অবশেষে চিপগুলি বাস্তবায়িত হয়। কাজেই চিপ ফ্যাব্রিকেশনের ভিত্তি হিসাবে একটি সিলিকন ওয়েফারের উপরেই প্রকৃয়ার শুরু হয়, এবং এটি সব রকম চিপ তৈরির ক্ষেত্রেই সত্যি। সিলিকন ওয়েফারগুলি প্রাথমিক উপাদান হিসাবে বালি থেকে তৈরি করা হয়। বিশেষ করে, কোয়ার্টজ সমৃদ্ধ বালি অন্য বালির তুলনায় বেশি উপযুক্ত। যেহেতু ধাতব সিলিকন, যা IC তৈরির জন্য প্রয়োজন, প্রাকৃতিকভাবে বিশুদ্ধ আকারে পাওয়া না, তাই সিলিকন নিষ্কাশনের জন্য বালিকেই প্রক্রিয়াজাত করা প্রয়োজন। ইলেকট্রনিক গ্রেডের ওয়েফারের জন্য সর্বোচ্চ বিশুদ্ধতার সিলিকন প্রয়োজন, যাতে এক বিলিয়ন সিলিকন পরমাণুর মধ্যে শুধুমাত্র একটি অশুদ্ধ পরমাণু থাকতে পারে, তার মানে দাঁড়ায় এই সিলিকনের বিশুদ্ধতা ৯৯.৯৯৯৯৯৯৯৯%। প্রায়ই সিলিকা বালি এই উদ্দেশ্যে উত্তোলন করা হয় যার কোয়ার্টজ (বা সিলিকন ডাই অক্সাইড) এর ঘনত্ব শতকরা ৯৫ ভাগেরও বেশি। তা সত্ত্বেও, ওয়েফার উৎপাদনের জন্যে সিলিকা বালি সহ সকল রকম বালিরই পরিশোধন প্রয়োজন। এই পরিশোধন প্রকৃয়া শুরু হয় কার্বন মিশ্রিত বালি গরম করার মাধ্যমে যাতে রিডাকশান প্রসেসের সাহায্যে বালি থেকে কার্বন মনোক্সাইড আলাদা হয়ে যায় এবং ধাতব সিলিকন তৈরি হয়। এই প্রক্রিয়া থেকে প্রাপ্ত সিলিকন, মেটালার্জিক্যাল গ্রেড সিলিকন (MG-Si) নামে পরিচিত, যা প্রায় ৯৯% বিশুদ্ধ সিলিকন। এই MG-র আরও পরিশোধন ছাড়াই সৌর কোষ ওয়েফার তৈরির জন্য ব্যবহৃত হয়। কিন্তু ওঈ তৈরির জন্য আন্ড্রাপিওর ইলেকট্রনিক গ্রেড সিলিকন (EG-Si) প্রয়োজন যার জন্য ইংগট তৈরির আগে অতিরিক্ত প্রক্রিয়াকরণ আবশ্যিক। অত্যন্ত বিশুদ্ধ হওয়ার পাশাপাশি, IC-তে ব্যবহৃত সিলিকন অবশ্যই একটি নির্দিষ্ট স্ফটিক সমতলের (যেমন, <1,0,0>) একটি নিখুঁত “একক স্ফটিক” (single crystalline) দিয়ে তৈরি হতে হবে। এই নিখুঁত একক স্ফটিকটি একটি বিশেষ কৌশল দ্বারা তৈরি করা হয় যাকে চোক্রালস্কি (Czochralski, chokh-RAL skee” বা CZ) প্রক্রিয়া বলা হয়। সিংগল ক্রিস্টালিন সিলিকন তৈরির আরেকটি পদ্ধতি হল ফ্লোটিং জোন প্রক্রিয়া। এই দুইটি পদ্ধতিই অত্যন্ত প্রতিষ্ঠিত এবং এগুলোর জন্যে প্রয়োজনীয় মেশিনাদি সহজপ্রাপ্য।

**ইংগট (বা বুল):** বালি থেকে নিষ্কাশিত সিলিকন সাধারণত ছোট ছোট দলায় পরিণত হয়। এই দলাগুলিকে আরও পরিশোধিত করার পর ধাতব সিলিকন গঠিত হয় যা পলিসিলিকন (MG-Si) নামে পরিচিত। একক ক্রিস্টালিন ইংগট তৈরির জন্য পলিসিলিকন একটি উপযুক্ত ক্রসিবলে প্রায় ১৪২০ ডিগ্রি সেলসিয়াস তাপে গরম করা হয় যতক্ষণ না এটি একটি উচ্চ বিশুদ্ধতা সম্পন্ন তরলে গলে যায়। এই তরল সিলিকন তারপর CZ পদ্ধতির মাধ্যমে একটি সিলিকন রড বা ingotয়ে পরিণত করা হয়। এখানে একটি নির্বাচিত নির্দিষ্ট স্ফটিক সমতলের সিলিকনের একটি ছোট বীজ- স্ফটিক (seed crystal) ক্রসিবলে গলিত সিলিকনের উপরের পৃষ্ঠের সংস্পর্শে স্থাপন করা হয়। এই বীজ-স্ফটিকটাই পুরো ইংগটের স্ফটিক গঠন সংজ্ঞায়িত বা নির্ণিত করে এবং পরবর্তীতে ওয়েফারের স্ফটিক গঠনও নির্ণয় করে। বীজ-স্ফটিক ধীরে ধীরে গলিত সিলিকন থেকে “টেনে” উপরে তোলা হয়, ফলে তরল সিলিকনের পরমাণুগুলি বীজ-স্ফটিকের নীচের পৃষ্ঠে জমা হতে থাকে, এবং পুরোপুরি বীজ-স্ফটিকের ক্রিস্টাল স্ট্রাকচারের সাথে মিলে যায়। ফলস্বরূপ, বীজ-স্ফটিকের ল্যাটিস প্রসারিত বা বর্ধিত হয়ে একটি বড় নলাকার ইংগট বা বুল উৎপাদিত হয়। এই বুলের ব্যাস বীজ-স্ফটিক টানার গতি এবং ঘূর্ণনের হার দ্বারা নির্ধারিত হয় এবং ইংগটের দৈর্ঘ্য টানার জন্য ব্যবহৃত মেশিনের আকৃতি বা ক্ষমতা দ্বারা নির্ধারিত হয়। এভাবেই ইংগটটি এবং

পরবর্তিতে ওয়েফারগুলো গোলাকৃতি হয়ে যায়। টানা-মেশিনের ক্ষমতার উপর নির্ভর করে একটি সিলিকন ইংগটের দৈর্ঘ্য ৩-মিটার পর্যন্ত লম্বা হতে পারে। বিশেষ সেমিকন্ডাক্টর যেমন সিলিকন কার্বাইড (SiC) এর বুল সাধারণত ছোট দৈর্ঘ্যের হয় যেমন ৫০০ মিমি। বুল প্রস্তুত হওয়ার পর তাকে কেটে বা স্লাইস করে ওয়েফার তৈরি করা হয়। ওয়েফারগুলির পুরুত্ব প্রয়োজনানুযায়ী মাত্র ৫০ মাইক্রোমিটার থেকে শুরু করে এক মিলিমিটার পর্যন্ত হতে পারে। অবশেষে, ওয়েফার পৃষ্ঠগুলিকে পারমাণবিকভাবে মসৃণ করার জন্য পালিশ করা হয়।



Fig. 1. ওয়েফার স্ট্যাক (1 2 3 4 5 ... ) সাধারণত একটি ওয়েফার ক্যাসেটে থাকে (স্টক ফটো থেকে অভিযোজিত)।

তাহলে বোঝা গেল যে, একটি ওয়েফার হল একটি গোলাকার ডিস্ক যা সিলিকন ইংগটকে স্লাইস করে এবং পালিশ করে তৈরি করা হয়। বেশির ভাগ ওয়েফারের এক পাশে একটি ছোট অংশ কেটে একটি “ফ্ল্যাট” পাশ তৈরি করা হয়। কোন কোন ওয়েফারে দুটি ফ্ল্যাটও থাকতে পারে আবার কোন ওয়েফারে একটি ফ্ল্যাটের পরিবর্তে একটি খাঁজ (notch) থাকতে পারে। এই ফ্ল্যাট বা খাঁজ প্রয়োজন হয় IC তৈরির পরবর্তী প্রক্রিয়াগুলির সময় এলাইন বা প্রান্তিককরণের জন্যে। ইংগটের দুই প্রান্তের আকার কোণাকৃতি হয়। এই শঙ্কু-আকৃতির প্রান্তগুলি ইংগট সম্পূর্ণরূপে ঠাণ্ডা হওয়ার আগেই কেটে ফেলা হয় যার ফলে ইংগট সিলিন্ডার আকৃতির হয়, এবং সিলিন্ডারটি তীক্ষ্ণ হীরার করাত দিয়ে অভিন্ন পুরুত্বের পাতলা ডিস্ক বা ওয়েফার হিসাবে স্লাইস করা হয়। কাজেই, ইংগটের ব্যাসই শেষ পর্যন্ত ওয়েফারের আকার (ব্যাস) নির্ধারণ করে। চিত্র ২ সিলিকন ওয়েফার ফ্যাব্রিকেশনের বিভিন্ন পর্যায় দেখাচ্ছে।

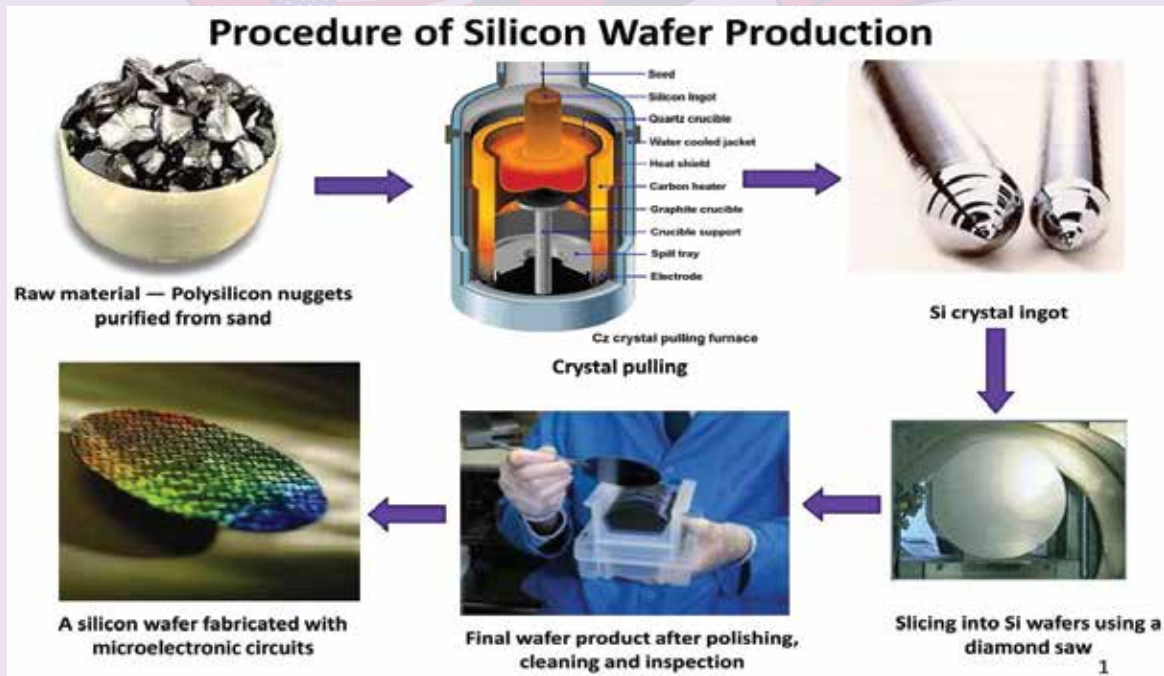


Fig. 2. সিলিকন ওয়েফার এবং IC ফ্যাব্রিকেশনের বিভিন্ন পর্যায়।



সেমিকন্ডাক্টর শিল্পের প্রথম দিকে ইংগট টানা-মেশিনের সীমাবদ্ধতার জন্যে ওয়েফারের ব্যাস মাত্র তিন ইঞ্চি (৭৫ মিমি) হত। তারপর থেকে ওয়েফারগুলির ব্যাস বড় হয়ে উঠছে। বড় ওয়েফার ব্যবহার করা হলে প্রতি ওয়েফারে অনেক বেশি সংখ্যক চিপ বা IC পাওয়া যায়, সেজন্যে বড় ওয়েফারগুলি উচ্চ উৎপাদনশীলতার জন্যে সুবিধাজনক। বর্তমানে সেমিকন্ডাক্টর ফ্যাব্রিকেশনে ব্যবহৃত সবচেয়ে বড় ওয়েফারের ব্যাস ১২ ইঞ্চি বা ৩০০ মিমি। তবে এখন ১৮” বা ৪৫০ মিমি ওয়েফার ব্যবহার করার জন্যে যথেষ্ট চেষ্টা চলছে। যেহেতু এই ইনগটকে পরবর্তীতে ৫০০ um বা তার কম পুরুত্বের পাতলা ওয়েফারে কাটা হয়, তাই একটি ৩ মিটার লম্বা বুল থেকে ৪,৫০০টি সিলিকন ওয়েফার তৈরি হতে পারে। যদিও ৫০০ um পুরুত্বে ৩ মিটার দৈর্ঘ্যের বুল থেকে ৬,০০০ ওয়েফার হওয়ার কথা, তবে স্লাইসিংয়ের সময় কার্য-লসের জন্যে এই সংখ্যা কমে যায়। ছোট ব্যাসের ওয়েফারগুলি পাতলা হয়। কোন কোন ওয়েফার মাত্র ৫০ um এর মতো পাতলা। এই ক্ষেত্রে প্রতি মিটার ইংগট থেকে ওয়েফারের ফলন অনেক বেশি হয়।

**সিলিকন বুল এবং ওয়েফারের অর্থনীতিঃ** ক্রমবর্ধমান উৎপাদন খরচ সিলিকন ইনগট এবং সংশ্লিষ্ট পণ্যগুলির মূল্য বৃদ্ধির একটি প্রধান কারণ। সিলিকন ওয়েফার মার্কেট ওয়েফারের ব্যাস বা সাইজ (১৫০ মিমি, ২০০ মিমি, ৩০০ মিমি এবং ৪৫০ মিমি) অনুযায়ী বিভক্ত। সেমিকন্ডাক্টরের অ্যাপ্লিকেশন এবং মার্কেটগুলি ভোক্তা ইলেকট্রনিক্স, শিল্প, কম্পিউটিং, স্বয়ংচালিত যান, এবং ভৌগোলিক অবস্থান অনুসারে আলাদা করা যায়। কিন্তু সব ক্ষেত্রেই সিলিকন ওয়েফারই হল স্টারটিং ম্যাটেরিয়াল। সেমিকন্ডাক্টর ফ্যাব্রিকেশনের ফলন বৃদ্ধির জন্যেও উন্নত মানের ওয়েফার প্রয়োজন। এখানে ওয়েফারের ব্যবসায়িক দিক নিয়ে সংক্ষিপ্ত আলোচনা করা হচ্ছে।

**বাজার অভিক্ষেপঃ** যদিও সিলিকন ইংগট কোন নতুন পণ্য নয়, তবে, একটি নতুন লোকেশনে এবং নতুন সেটিংয়ে, বিশেষ করে একটি উন্নয়নশীল দেশে, এর উৎপাদন পরিকল্পনা করার জন্যে কঠোর ব্যবসায়িক বিবেচনার প্রয়োজন। কাজেই এর পরিস্থিতি একটি নতুন উচ্চমূল্য সরঞ্জাম বা পণ্য বিকাশ এবং চালু করার অনুরূপ। যখন একটি নতুন পণ্য কোনো কোম্পানী দ্বারা প্রবর্তিত হয়, তখন তার ভবিষ্যত বিক্রয়, লাভ, এবং টারগেট মার্কেট সেগমেন্টের প্রভাবগুলি বিবেচনা এবং ফোরকাস্টিং অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। উপযুক্ত বিক্রয় পূর্বাভাস মডেল নতুন পণ্যের ধরন এবং পরিস্থিতির সাথে পরিবর্তিত হয়, যেমন পণ্যের নতুনত্বের মাত্রা, এবং একই পণ্যের পুনঃ পুনঃ ক্রয়ের সম্ভাবনার মাত্রা। বলাবাহুল্য, সেমিকন্ডাক্টর শিল্পের জন্যে উচ্চ-মূল্যের সরঞ্জাম বা পণ্য বিক্রয়ের পুনরাবৃত্তির হার (বা ফ্রিকোয়েন্সি) কম।

নতুন পণ্য, বিশেষ করে উচ্চ মূল্যের পণ্য, গ্রাহকগণের কাছে গ্রহণীয় হওয়ার ব্যাপারটি একটি জটিল প্রক্রিয়া, বিশেষ করে পণ্যটি যদি উচ্চ-মূল্যের কোন জটিল যন্ত্রপাতি হয়, যার একমাত্র ব্যবহারকারী বড় বড় নির্মাতা বা সরকারি ল্যাবরেটরি। এই ধরনের ক্রয় প্রক্রিয়া প্রধানত নিম্নলিখিত বিষয়গুলির উপর নির্ভর করে: (১) উদ্ভাবনের বিস্তৃতি: অর্থাৎ, কীভাবে একটি নতুন ধারণা, পণ্য বা পরিষেবার জ্ঞান, বিজ্ঞানী, প্রকৌশলী, প্রযুক্তিবিদ, গবেষক, ইত্যাদির মতো জ্ঞান কর্মীদের সমন্বয়ে গঠিত একটি সামাজিক ব্যবস্থায় একীভূত হতে পারে। (২) জ্ঞানের প্রসারণ প্রক্রিয়া (diffusion of knowledge), যা একটি ধারণার বিস্তার বা একটি নতুন পণ্যের ব্যবহার উপযোগিতা এবং কার্যকারিতা সৃষ্টির উৎস থেকে তার চূড়ান্ত ব্যবহারকারীদের কাছে পৌঁছানো এক কথায় বাজারে অনুপ্রবেশ। (৩) নতুন প্রযুক্তি বা পণ্য গ্রহণের প্রক্রিয়া, যার মধ্যে একজন ব্যক্তি বা একটি অর্গানাইজেশন কোন নতুন পণ্যের উদ্ভাবন এবং কার্যকারিতা সম্পর্কে শেখার সময় থেকে চূড়ান্ত গ্রহণ পর্যন্ত পদক্ষেপগুলি অন্তর্ভুক্ত। একটি উচ্চ-মূল্যের সরঞ্জামের ক্ষেত্রে, একাধিক ব্যক্তি জড়িত থাকেন যারা ক্রেতা প্রতিষ্ঠানের প্রতিনিধিত্ব করেন।

**সিলিকন প্রযুক্তির বাজার সম্ভাবনাঃ** ইলেকট্রনিক্স, অটোমোবাইল, এবং অটোমেশনের মতো সেক্টরে গুরুত্বপূর্ণ উদ্ভাবনের পিছনে সেমিকন্ডাক্টর শিল্প একটি উল্লেখযোগ্য চালক, কারণ, সেমিকন্ডাক্টর প্রযুক্তি সমস্ত আধুনিক প্রযুক্তির বিল্ডিং ব্লক হিসাবে নিজেকে প্রতিষ্ঠিত করেছে। এই ক্ষেত্রের অগ্রগতি এবং উদ্ভাবনগুলি অবিলম্বে সমস্ত ডাউনস্ট্রিম প্রযুক্তিকে প্রভাবিত করেছে। সেমিকন্ডাক্টর ওয়েফারই হল বিভিন্ন মাইক্রোইলেকট্রনিক ডিভাইসের মূল উপাদান, এবং এগুলিই ইলেকট্রনিক্স শিল্পের ভিত্তিপ্রস্তর গঠন করে। যেহেতু ডিজিটাল অর্থনীতি এবং ইলেকট্রনিক গতিশীলতা প্রযুক্তি বর্তমানে প্রকট প্রবণতা দেখাচ্ছে, সেহেতু এই পণ্যগুলি অনেক ডিভাইসে অ্যাপ্লিকেশনও পাচ্ছে। এই ৮” এবং ১২” সিলিকন ওয়েফারের জন্যে সরবরাহ ঘাটতি

এবং দাম বৃদ্ধির বেশ কয়েকটি কারণ ছিল, যার মধ্যে রয়েছে সেমিকন্ডাক্টরের জোরালো চাহিদা, অনেক চাইনিজ ফ্যাবের উৎপত্তি জনিত ওয়েফারের চাহিদা, এবং সিলিকন ওয়েফার উৎপাদকদের উৎপাদন ক্ষমতা বৃদ্ধির জন্য বিনিয়োগের অভাব। প্রধান ওয়েফার নির্মাতারা যথা গ্লোবাল ওয়েফারস, শিন-এটসু হ্যাডোটাই, সুমকো, এবং এসকে সিলট্রন (Global Wafers, Shin - Etsu Handotai, SUMCO and SK Siltron) এরা কেউই উৎপাদন ক্ষমতা বৃদ্ধির জন্য খুব বেশি বিনিয়োগ করেনি, কারণ সম্প্রতিকাল পর্যন্ত তাদের বিদ্যমান উৎপাদন ক্ষমতা পর্যাপ্ত বৈদেশিক মুদ্রা অর্জন করছিল। COVID-19 মহামারী প্রাদুর্ভাবের সাথে সাথে তাদের মজুদ ওয়েফারগুলির স্টক ২০২০ সালের দ্বিতীয় কোয়ার্টারে শেষ হয়ে যায় সেকারণে সেমিকন্ডাক্টরের চাহিদাও বেড়ে যায়। একটি নেতৃস্থানীয় সেমিকন্ডাক্টর সংস্থা, SEMI, তাদের এক বার্ষিক পূর্বাভাসে রিপোর্ট করেছে যে বিশ্বব্যাপী সিলিকন ওয়েফারের চাহিদা বৃদ্ধি অব্যাহত থাকবে এবং রেকর্ড উচ্চতায় পৌঁছে যাবে।

সিলিকন প্রযুক্তির ডিফিউশন মডেল অভিক্ষেপনঃ উপরের অর্থনৈতিক পর্যালোচনা স্পষ্টভাবে নির্দেশ করে যে সিলিকন বুল এবং ওয়েফারের চাহিদা ক্রমাগত বাড়তেই থাকবে। তছাড়াও, উদীয়মান অর্থনীতি যেমন চীন, ভারত, এবং মালয়েশিয়ার মতো দেশগুলিও সেমিকন্ডাক্টর শিল্পের জন্য প্রচুর সুযোগ তৈরি করেছে, যা সিলিকন ওয়েফারের ব্যবহার এবং ভবিষ্যতে বাজারের সুযোগ প্রভুত প্রসারিত করবে। এটা অন্যান্য সেক্টরে সুযোগের বিকাশ এবং ব্যবহার করার প্রবণতাও বৃদ্ধি করে। তবে একই সঙ্গে বিভিন্ন কোম্পানীর মধ্যে সহযোগিতা এবং একত্রীকরণের প্রবণতাও উল্লেখযোগ্যভাবে বেড়ে গেছে। ফলস্বরূপ, ১৯৯০-এর দশকে ২০ টিরও বেশি সরবরাহকারী কোম্পানীর সংখ্যা হ্রাস পেয়ে মাত্র পাঁচটি বড় কোম্পানীতে নেমেছে যারা আজ ওয়েফার উৎপাদনের বিভিন্ন ক্ষেত্র জুড়ে আধিপত্য বিস্তার করে আছে। সেমিকন্ডাক্টর ওয়েফারের ক্রমবর্ধমান চাহিদার সাথে উৎপাদন ক্ষমতা বাড়ানো এবং সরবরাহ চেইন অক্ষুন্ন রাখার জন্য যে সকল কার্যক্রম অধিগ্রহণ প্রয়োজন তা এই সীমিত সংখ্যক সরবরাহকারীরা যথাযথ ভাবে করছেন না; বরং তাদের সুবিধানুযায়ী বাজারকে কুক্ষিগত করে রাখছে।

অন্যান্য অনেক সেক্টরে যেখানে পণ্যের চাহিদা ওঠানামা করে, সে তুলনায় সিলিকন এবং সম্পর্কিত পণ্যগুলির চাহিদা ক্রমাগত বৃদ্ধিই পেয়ে যাচ্ছে। কাজেই আমরা এখানে বেস ডিফিউশন মডেল প্রয়োগ করে একটি বাস্তবসম্মত অভিক্ষেপ করতে পারি। বেস ডিফিউশন মডেলটি ফ্ল্যাঙ্ক বেস প্রস্তাব করেছিলেন যা বর্তমান ব্যবহারকারী এবং ভবিষ্যতের ব্যবহারকারীদের মধ্যে ধারণা বিনিময়ে কীভাবে নতুন পণ্য বাজারে চালু হয় এবং ক্রেতা দ্বারা গ্রহণ করা হয়, তার প্রক্রিয়া বর্ণনা করে। এটিকে বিপণন এবং ব্যবস্থাপনা বিজ্ঞানের সবচেয়ে বিখ্যাত অভিজ্ঞতামূলক সাধারণীকরণ হিসাবে বর্ণনা করা হয়েছে। ফ্ল্যাঙ্ক বেস দেখিয়েছেন যে একটি জ্ঞানের ডিফিউশন বা বিস্তার মডেল, অল্প সংখ্যক স্থিতিমাপ বা প্যারামিটারের উপর ভিত্তি করে একটি বিক্রয় জীবন-চক্র পূর্বাভাস তৈরি করা যেতে পারে। পরামিতিগুলি অতীতে প্রবর্তিত অনুরূপ নতুন পণ্যগুলির ঐতিহাসিক ডেটার সাদৃশ্য দ্বারা এবং নতুন পণ্য বাজারে প্রবেশের সাথে সাথে প্রাথমিক বিক্রয় দ্বারা অনুমান করা যেতে পারে। নতুন পণ্য বাজারজাত করার আগে যে প্রশ্নটি সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ তা হল, “কতজন জ্ঞান কৰ্মী এই নতুন পণ্যের গুণাগুণ এবং উপকারিতা সম্পর্কে জ্ঞাত হলে অন্তত একজন গ্রাহক অবশেষে এই পণ্যটি ক্রয় করবে, এবং কখন?” বেস মডেলটি এই প্রশ্নের উত্তর দেওয়ার জন্যই ডিজাইন করা হয়েছে। প্রকৃতপক্ষে এটি একটি গুরুত্বপূর্ণ প্রশ্ন, বিশেষ করে উচ্চ-মূল্যের, এবং বিশেষ ব্যবহারের জন্য তৈরি পণ্যগুলির ক্ষেত্রে। এটি একারণেও গুরুত্বপূর্ণ যে একটি নতুন পণ্য ডেভেলপ এবং চালু করার জন্য প্রাথমিক পর্যায়ে, এবং কোনো লাভ অর্জনের আগেই প্রচুর বিনিয়োগের প্রয়োজন হয়।

1 Bass, F. M. (1969), “A New Product Growth Model for Consumer Durable,” Management Science, Vol 15, No. 5, PP 215-227.

আরও গুরুত্বপূর্ণ, বিনিয়োগকারীদের অবশ্যই আগে থেকেই জানতে হবে যে তাদের বিনিয়োগের ফলে মানুষের জন্য ভাল কিছু ফল হবে কিনা, এবং অবশেষে তাদের বিনিয়োগ ফিরে আসবে বা লাভজনক হবে কিনা। বিশেষ করে সিলিকন ওয়েফারের ক্ষেত্রে বিশ্বব্যাপী শুধুমাত্র ৮/১০ টি কোম্পানী রয়েছে যারা সেমিকন্ডাক্টর ফ্যাব পরিচালনা করে এবং তারাই এই

সিলিকন ওয়েফারের প্রধান গ্রাহক। এদের বাইরেও গবেষণার কাজে বিশ্বব্যাপি বেশ কিছু সংখ্যক ওয়েফারের ব্যবহারও রয়েছে। তবে সুখের ব্যাপার হল এই অল্প সংখ্যক কোম্পানিগুলি প্রত্যেকেই প্রতি বছর বিপুল সংখ্যক সিলিকন ওয়েফার ব্যবহার করে থাকে, যার সংখ্যা বাৎসরিক কয়েকশ' বিলিয়ন, এবং একারণেই ওয়েফারের চাহিদা শুধুই উর্ধগতি। এই ধরনের পরিস্থিতিতে, বেস ডিফিউশন মডেলের প্রয়োগের জন্য কিছু পরিবর্তন প্রয়োজন। বিবেচ্য বিষয়গুলো নিম্নরূপ। (১) সিলিকন ওয়েফার পণ্যগুলির জন্য মাত্র কয়েকজন ক্রেতা আছে। (২) বাজারে সিলিকন ওয়েফারের ঘাটতি রয়েছে, এবং এই পণ্যগুলির জন্য বিশ্বব্যাপী চাহিদা কেবল বেড়েই চলেছে। (৩) প্রতিটি ক্রেতার একই পণ্যের কয়েক বিলিয়ন ইউনিট প্রয়োজন হবে এবং সর্বসাকুল্যে বাৎসরিক কসাম্পশন কয়েকশ' বিলিয়ন। সুতরাং, বাস্তবে, প্রতিটি ক্রেতা এখানে কয়েক বিলিয়ন স্বতন্ত্র ব্যক্তিদের প্রতিনিধিত্ব করে। (৪) মূল বেস মডেলটি একটি প্রাক-ইন্টারনেট যুগের মডেল। তাই ইন্টারনেটের প্রভাব অবশ্যই অন্তর্ভুক্ত করতে হবে। এইসব প্যারামিটারের উপর ভিত্তি করে বেস মডেলের একটি পরিবর্তিত রূপ প্রণয়ন করা হয়েছে, যার বিস্তারিত ১ নং রেফারেন্সে পাওয়া যাবে।

বেস ডিফিউশন মডেলের স্বতঃসিদ্ধঃ ১৯৬৯ সালে প্রদত্ত বেস মডেল নিম্নলিখিত অন্তর্নিহিত এবং স্পষ্ট অনুমানের উপর ভিত্তি করে গঠিত :

(i) একটি নতুন পণ্যের জন্য গ্রহণযোগ্যতার প্রক্রিয়া বাইনারি হয়; অর্থাৎ একজন ভোক্তা হয় সঙ্গে সঙ্গে গ্রহণ করেন অথবা অপেক্ষা করেন। (ii) সম্ভাব্য ক্রেতার সর্বাধিক সংখ্যা (m) একটি ধ্রুবক বা অপরিবর্তনীয় সংখ্যা। (iii) কোন এক সময়ে সমস্ত সম্ভাব্য ক্রেতাই (m) পণ্যটি কিনবে। (iv) কোন ক্রেতাই পুনরাবৃত্তি ক্রয় বা প্রতিস্থাপন ক্রয় করবে না। (v) ক্রেতাদের কাছে গ্রহণযোগ্যতার সময়কাল মুখের কথার প্রভাবের (word-of-mouth) উপর নির্ভর করে না। (vi) আলোচ্য পণ্যের জ্ঞানের বিস্তার (Knowledge diffusion) বিকল্প থেকে স্বাধীন হিসাবে বিবেচনা করা হয়; অর্থাৎ জ্ঞানের বিস্তার বিকল্প পণ্যের উপর নির্ভর করে না। এগুলিই ছিল বেস মডেলের মূল স্বতঃসিদ্ধ। যদিও বেস mকে একটি ধ্রুবক হিসাবে ধরেছেন, কিন্তু আমরা দেখাচ্ছি যে আসলে সময়ের সাথে m একটি পরিবর্তনীয় সহগ। এই মডেল অনুসারে, বিক্রয় (t) হল ইনস্টল করা ভক্তির পরিবর্তনের হার (অর্থাৎ, গ্রহণীয়তার হার) f(t), এবং সম্ভাব্য সর্বাধিক ক্রেতা (m) এর গুণফল। সিলিকন প্রযুক্তির ক্ষেত্রে বিবেচ্য বিষয় হল যে বিশ্বব্যাপী মাত্র কয়েকশ সেমিকন্ডাক্টর ফ্যাব রয়েছে যারা ওয়েফারের সম্ভাব্য ক্রেতা। উইকিপিডিয়া অনুযায়ী বিশ্বব্যাপী ফ্যাবের বর্তমান সংখ্যা ৫৩৪টি। যদিও ফ্যাবের সংখ্যা মাত্র ৫৩৪টি তবুও এই অল্প সংখ্যক ফ্যাব আসলে প্রতি বছর কয়েক বিলিয়ন ওয়েফার ব্যবহার করছে এবং তাদের চাহিদা বেড়েই চলেছে। সুতরাং ফ্যাক্টর m এর জন্যে এই সত্য অন্তর্ভুক্ত করা আবশ্যিক যে অতি অল্প সংখ্যক ক্রেতা প্রকৃতপক্ষে বিশাল চাহিদা সৃষ্টি করেছে। সুতরাং ফ্যাক্টর s সম্ভাবনাকে s' রূপে এভাবে প্রকাশ করা যুক্তিসঙ্গত,  $m'(t) = m(t) * M(t)$ । এখানে,  $M(t)$  হল একক ক্রেতার দ্বারা ক্রয় করা ইউনিটের সংখ্যা; যেটি কিনা প্রতিটি সেমিকন্ডাক্টর ফ্যাবে ব্যবহৃত ওয়েফারের মোট সংখ্যা। সুতরাং, সিলিকন ওয়েফারের ক্ষেত্রে এটি সৌভাগ্যজনক যে ওয়েফারের প্রকৃত সংখ্যা রিপোর্ট থেকে পাওয়া গেছে যা প্রতি বছরে কয়েক বিলিয়ন। স্পষ্টতই, এই ক্ষেত্রে ফ্যাক্টর  $M(t) \gg m(t)$ । ফ্যাক্টর  $m'(t) = M(t)$  হিসাবে ধরলে  $M(t)$  এর সময়-নির্ভরশীলতা একটি 2nd অর্ডার পলিনোমিয়াল দ্বারা ফিট করা যায় এবং এই পলিনোমিয়াল মডেলটি বেশ কয়েক বছরের অভিক্ষেপের জন্যও ব্যবহার করা যায় (রেফারেন্স 1 দেখ)।

পূর্বোক্ত যুক্তিগুলি ব্যবহার করে এবং মডেল দ্বারা প্রদত্ত S(t) থেকে প্রতি বছর বাজারের চাহিদা বা ফ্যাবগুলি দ্বারা ব্যবহৃত মোট ওয়েফার সংখ্যা করা হিসাব করা সম্ভব। বেস মডেল প্রায় সমস্ত রকম নতুন পণ্য বাজারে প্রবেশের জন্য প্রয়োজ্য, যদিও বিভিন্ন পণ্যের মধ্যে বিস্তৃত পরিসরের ব্যবস্থাপনাগত সিদ্ধান্তের পার্থক্য থাকতে পারে, মূল্য এবং বিজ্ঞাপনের বিভিন্নতাও তাদের মধ্যে অন্তর্ভুক্ত। এর মানে হল যে ডিসিশন ভ্যারিয়েবলগুলি বেস মডেলকে সময় এবং প্রশস্ততায় পরিবর্তন করতে পারে, কিন্তু কার্ভের আকৃতি সবসময় একই রকম থাকে। কাজেই এই পরিবর্তিত বেস মডেল অনুসারে, মোট বিক্রয় ডলারের পরিমাণ হল মোট গ্রহণকারী বা গ্রাহকদের সংখ্যা এবং একক পণ্য-মূল্যের গুণফল। যাইহোক, চিত্র 4 এর পরিপ্রেক্ষিতে এটা স্পষ্ট যে ওয়েফারের ব্যবহার (মিলিয়ন বর্গ ইঞ্চি "MSI") সময়ের সাথে ক্রমবর্ধমান প্রবণতা ধারণ করে। এর কারণ হল Eq. (4) দ্বারা প্রদত্ত S(t) চিত্র 4-এ দেখানো রিপোর্টকৃত ডেটা থেকে প্রাপ্ত M(t) এর প্রবণতা দ্বারা প্রাধান্য পেয়েছে।



এইভাবে, এখানে বর্ণিত পরিবর্তিত Bass মডেলটি শুধুমাত্র সিলিকন ওয়েফার ব্যবহারের ঐতিহাসিক ডেটাকেই ফিট করে শেষ হয় না, বরং এটি ভবিষ্যতেরও বেশ কয়েক বছরের জন্য একই ক্রমবর্ধমান প্রবণতার পূর্বাভাস দেয় যার বিস্তারিত 1 নং রেফারেন্সে দেওয়া হয়েছে।

**আলোচনাঃ** আর্থ-সামাজিক কারণগুলি অনেক সামাজিক নিয়মের পরিবর্তনের প্রধান সূচনাকারী। প্রযুক্তির সমাধানগুলি জনসংখ্যার একটি অংশের দ্বারা উপলব্ধ, সুগম বা অ্যাক্সেসযোগ্য, এবং সাশ্রয়ী হওয়ার সাথে সাথে, সমাজের স্থিতাবস্থা দ্বারা উপস্থাপিত বাধাগুলি অতিক্রম করে একটি নতুন জীবনধারা গ্রহণ করার প্রবণতা রাখে এবং বৃহত্তর জনগোষ্ঠীর উপকারে আসে। মূল বিষয় হল, আমদানির উপর নির্ভরশীল হওয়ার বিপরীতে একটি প্রযুক্তির উৎপাদন ও প্রাপ্যতায় স্বয়ংসম্পূর্ণ হতে সক্ষম হওয়া; যাতে এই লব্ধ আর্থ-সামাজিক অবস্থা বৃহত্তর জনগোষ্ঠীর প্রাপ্যতা এবং ক্রয়ক্ষমতার মধ্যে চলে আসে। এই অধ্যায়ে আলোচিত মূল সিলিকন প্রযুক্তিটি এমন একটি প্রচেষ্টা যে এটি একটি আর্থ-সামাজিক ইকো সিস্টেমকে একাধিক উপায়ে প্রভাবিত করে। প্রথমত, এই ধরনের একটি উৎপাদন সুবিধা প্রতিষ্ঠার জন্য বিভিন্ন পদ থেকে বিশেষজ্ঞদের একটি পুল প্রয়োজন হবে। দ্বিতীয়ত, চলমান অপারেশন, যদি এবং যখন তা অর্জন করা সম্ভব হয়, জ্ঞান কর্মীদের একটি ভিন্ন পুল তৈরি করবে; এভাবে সমাজকে সমৃদ্ধ করবে। তৃতীয়ত, একটি টেকসই অপারেশন এবং পণ্য নিজেসই একাধিক অর্থনৈতিক ইঞ্জিন তৈরি করবে। সম্মিলিতভাবে, পুরো ইকো সিস্টেম একটি উন্নত, এবং সমৃদ্ধ আর্থ-সামাজিক পরিবেশের দিকে অগ্রসরের একটি পথ তৈরি করবে।

**উপসংহারঃ** এই প্রবন্ধে আমরা সিলিকন প্রযুক্তির জন্য বেস মডেল ভবিষ্যদ্বাণীর প্রযোজ্যতার একটি নতুন দিক প্রদর্শন করেছি। প্রমাণিত হয়েছে যে পরিবর্তিত Bass মডেলটি শুধুমাত্র প্রতিষ্ঠিত মানগুলির বিরুদ্ধে প্রতিদ্বন্দ্বিতাকারী একটি নতুন এবং জটিল প্রযুক্তির গ্রহণযোগ্যতার ভবিষ্যদ্বাণী করার জন্যই প্রযোজ্য নয়, কিছু পরিবর্তন সহ এটি সুপরিচিত প্রযুক্তি এবং পণ্যগুলির জন্যও প্রযোজ্য যখন সেগুলি সম্পূর্ণ নতুন সেটিংয়ে শুরু করা হয়। এখানে আলোচিত পরিবর্তিত Bass মডেল নির্দেশ করে যে যদিও বিশ্বব্যাপী শুধুমাত্র সীমিত সংখ্যক সেমিকন্ডাক্টর ফ্যাব রয়েছে, তবে, যেহেতু প্রতিটি ফ্যাব বিলিয়ন বিলিয়ন ওয়েফারের ভোজা, কাজেই এখানে প্রতিটি ওয়েফার একটি ভোজা পণ্যের মত একজন গ্রহণকারীকে প্রতিনিধিত্ব করে। এইভাবে, পরিবর্তিত বেস মডেলটি সিলিকন ওয়েফারের ক্রমবর্ধমান চাহিদার একটি ভাল সূচক। এই মডেলের অভিক্ষেপ অনুযায়ী, যদি বাংলাদেশে সিলিকন প্রযুক্তির উৎপাদন শুরু করা সম্ভব হয়, তবে তা অতি অল্প সময়েই দেশের অর্থনীতিকে শক্তভাবে এগিয়ে নিতে পারবে।

রেফারেন্স 1| Anis Rahman, Md Mahadee Hassan and M Shahidul Islam, "Silicon Technology as the Core for Semiconductor, Solar Cell and Optical Fiber Initiatives in Bangladesh: An Economic Model and Projection," *Novel Research in Sciences* (2022). 11(2). NRS. 000760. DOI: 10.31031/NRS.2022.11.000760.

যোগাযোগ: [anis@anisrahman.org](mailto:anis@anisrahman.org), [www.anisrahman.org](http://www.anisrahman.org)



Labeeba I. Rahman



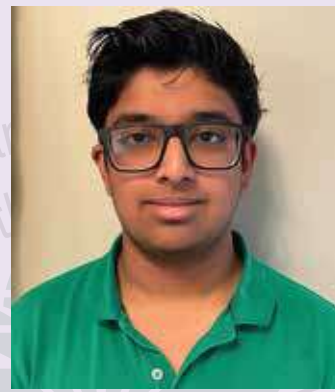
Ishan Khan



Rayan Kuddus



Afreen Reza



Rakin Elahi



Ishaat Mawla

## Looking through the lenses of infrastructure in Bangladesh

Labeeba I. Rahman, Ishan Khan, Rayan Kuddus  
Afreen Reza, Rakin Elahi and Ishaat Mawla

### Abstract:

According to the Oxford Languages Dictionary, infrastructure refers to the fundamental physical and organizational structures and facilities. Among all South Asian countries, Bangladesh ranks the lowest in terms of infrastructure. Understanding why Bangladesh is ranked so poorly in terms of infrastructure requires careful consideration of several critical factors. These include energy resources, human and environmental health, investment in technology, education, telecommunications, and transportation networks, as well as overall political, societal, and economic stability. These elements collectively illustrate the significant impact of infrastructure on a country. Improving or changing

infrastructure can significantly enhance Bangladesh's overall well-being and status as a nation. The complexity of infrastructure improvement in Bangladesh underscores the importance of exploring nuanced solutions. Understanding these nuances can guide effective strategies and educate the public on actionable steps. This session aims to look through the lenses of environmental, technological, political, economic, and social perspectives and delve into each of these lenses in a problem-solving format. The discussion will be moderated by Ishaat Mawla, and will feature panelists Labeeba Rahman, Afreen Reza, Rakin Elahi, Eshan Khan, and Rayan Kuddus, each offering expertise on their respective perspectives.

### **Proceeding:**

Bangladesh's infrastructure, including transportation, energy, and telecommunications, has seen notable improvements in recent years but still faces significant challenges. Poor road conditions, traffic congestion, inadequate port facilities, and unreliable power supply are common problems, particularly in rural areas. Rapid urbanization and population growth exacerbate these issues. Solutions include increasing investment in sustainable infrastructure projects, improving road networks, expanding renewable energy sources, and enhancing public transportation. Proper urban planning and smart city initiatives can also help alleviate pressure on infrastructure, promoting more balanced development across the country.

Bangladesh's strategic geographic location and growing economy have made it a significant player in regional geopolitics, especially in relation to its neighboring giants, India and China. Despite its relatively small size, the country holds a vital position in South Asia, bordered by India on three sides, Myanmar to the southeast, and the Bay of Bengal to the south. This positioning has placed Bangladesh at the center of key regional issues, particularly concerning border security and water-sharing agreements with India, as well as managing the delicate balance of power between India and China. The country faces significant challenges, including unresolved disputes over the Ganges and Teesta rivers, where upstream control by India has led to tensions due to water shortages that affect Bangladesh's agriculture and daily life.

Moreover, Bangladesh is caught in the geopolitical rivalry between India and China, both of whom have vested interests in the region. While India is concerned about China's growing influence in Bangladesh through investments like the Belt and Road Initiative (BRI), Bangladesh seeks to maintain a neutral foreign policy that balances the strategic objectives of both powers. To address these challenges, Bangladesh must adopt a



multifaceted diplomatic strategy, including strengthening regional cooperation with India to resolve water disputes and enhancing its foreign policy by leveraging its strategic location to attract diverse international partnerships. By doing so, Bangladesh can continue to grow economically while asserting its sovereignty and improving its geopolitical standing on the world stage.

Bangladesh's economic growth, averaging 6-7% annually over the past decade, is at risk due to a severe infrastructure crisis that threatens its continued development. While infrastructure is critical for supporting transportation, communication, and utilities, it also plays a vital role in fostering human capital, particularly in STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) fields. The current deficits in infrastructure, such as underdeveloped transportation networks, unreliable power supplies, and outdated educational facilities, are not only hindering economic growth but also discouraging foreign investment. This has had a particularly detrimental effect on STEM education, where students lack access to modern labs and research facilities, limiting their ability to contribute to technological advancements.

The economic impact of this infrastructure shortfall is significant, costing Bangladesh an estimated 2-3% of its GDP annually. The lack of adequate facilities has also contributed to a brain drain, with talented individuals leaving the country for better opportunities abroad. To address these challenges, the government needs to increase infrastructure spending, especially in underdeveloped areas, and leverage Public-Private Partnerships (PPPs) to attract investment. Modernizing STEM educational facilities and ensuring sustainable, long-term infrastructure planning are essential steps for supporting continued economic growth and innovation. Collaboration between the government, private sector, and educational institutions is crucial to overcoming these infrastructure challenges and unlocking Bangladesh's full potential.

Bangladesh's technology infrastructure encompasses everything needed to support digital services, including internet connectivity, hardware, and specialized digital initiatives. A key focus has been the development of Information and Communications Technology (ICT), a relatively new sector that has played a critical role in increasing internet penetration across the country. Despite its rapid growth, the technology infrastructure in Bangladesh faces significant challenges, such as low internet coverage, slow broadband speeds, and a lagging rank in global technology infrastructure development.

Looking to the future, Bangladesh aims to improve its digital infrastructure through initiatives like Digital Physical Infrastructure (DPI), which seeks to make digital services



more accessible to all citizens. This includes expanding mobile banking and improving national connectivity through data exchange systems. The Vision 2041 project further outlines plans for investment in emerging technologies and partnerships with global tech companies, such as Oracle, to boost innovation. These efforts are part of a broader strategy to elevate Bangladesh to an upper-middle-income country within the next seven years, with hopes of becoming a fully developed nation within the next decade.

Bangladesh's rich cultural heritage, including its diverse indigenous ethnic groups, historical sites, and vibrant traditions like Baul music, is threatened by significant gaps in cultural infrastructure. Despite the country's economic growth, many rural areas lack access to cultural resources, leading to the decline of traditional arts and crafts such as jute weaving, Jatra, and Jari Gaan. Museums, which should serve as custodians of the nation's history and culture, are underfunded and outdated, offering poor visitor experiences. The theater industry, once a thriving cultural staple, has also suffered dramatically, with only a fraction of its original venues still operational, hampered by inadequate facilities and technical support.

To address these challenges, significant investment in cultural infrastructure is needed. This includes the creation and renovation of school libraries, particularly in rural areas, to preserve and pass down cultural knowledge. Modernizing museums with updated exhibits and incorporating technology can make them more engaging and educational. The theater industry requires revitalization through improved facilities, government subsidies, and community theater initiatives that extend beyond urban centers. By investing in these areas, Bangladesh can preserve its cultural heritage and ensure its transmission to future generations.

Bangladesh is grappling with severe environmental infrastructure issues, notably in water sanitation and healthcare. Rapid urbanization and population growth have strained the country's water resources, leading to a crisis where many rural and low-income urban areas lack access to clean drinking water and proper sanitation. This has resulted in widespread contamination with pathogens and hazardous chemicals like arsenic, exacerbating public health problems. Inadequate sewage and waste management systems contribute to the contamination of rivers and groundwater, worsening the environmental and health impacts.

The healthcare system is also struggling to address the environmental health challenges. Overcrowded and under-resourced hospitals and clinics, particularly in rural areas, are ill-equipped to manage waterborne diseases and often suffer from poor sanitation themselves. To tackle these issues, Bangladesh must invest in improving water supply

and sanitation infrastructure, such as building robust sewage treatment plants and upgrading water purification systems. Additionally, expanding and modernizing healthcare facilities, ensuring they have adequate resources and sanitation systems, and strengthening the healthcare workforce through training and increased funding are essential steps. Public-Private Partnerships (PPPs) could play a crucial role in mobilizing resources and expertise to address these infrastructure challenges effectively.

In conclusion, Bangladesh's infrastructure faces multifaceted challenges that impact its economic growth and regional standing. Despite recent improvements in transportation, energy, and telecommunications, issues such as poor road conditions, traffic congestion, inadequate port facilities, and unreliable power supplies persist, particularly in rural areas. These deficiencies are exacerbated by rapid urbanization and population growth, creating bottlenecks that hinder further development. The country also struggles with significant environmental infrastructure problems, notably in water sanitation and healthcare, leading to widespread public health issues and further straining an already overburdened healthcare system.

To address these challenges, Bangladesh must prioritize substantial investments in infrastructure across various sectors. Enhancing transportation networks, expanding renewable energy sources, and improving public utilities are crucial for supporting sustainable economic growth. In the realm of technology, increasing internet coverage and upgrading digital services through initiatives like Digital Physical Infrastructure (DPI) and Vision 2041 will be vital for advancing the nation's digital capabilities. Additionally, investing in cultural and environmental infrastructure, including modernizing museums and healthcare facilities, is essential for preserving heritage and addressing public health needs. Collaborative efforts involving the government, private sector, and international partners will be key to overcoming these infrastructure challenges and ensuring Bangladesh's continued progress and prosperity.

## ঢাকা মেট্রোরেল - একটি বিশ্লেষণ

ড. নজরুল ইসলাম



মেট্রোরেল কি? যে যানবাহন শহরের এক জায়গা থেকে অন্য জায়গায় বেশী যাত্রী খুব দ্রুত পরিবহন করে, তাকে Mass Rapid Transit (MRT) বা মেট্রোরেল বলে। এটি একটি শহুরে পরিবহন। মেট্রোরেল পাতালে (underground), মাটি পৃষ্ঠে (surface) বা উড়ালে (elevated) চলতে পারে। যদিও পৃথিবীর বেশীরভাগ শহরে মেট্রোরেল পাতালে চলে, অনেক বড় শহরে, শহরের কেন্দ্র এলাকায় পাতালে চলে এবং শহরের বাহিরের দিকে মাটি পৃষ্ঠে বা উড়ালে চলে। উদাহরণ স্বরূপ বলা যায়, লন্ডন মেট্রোরেলের শতকরা ৪৫ ভাগ লাইন (শহরের কেন্দ্রস্থল এলাকায়) পাতালে আর বাকী ৫৫ ভাগ মাটি পৃষ্ঠে বা উড়ালে চলে। এখানে উল্লেখ করা যেতে পারে, ঢাকার প্রথম মেট্রোরেল লাইনের (লাইন ৬) সবটাই উড়ালে চলছে। তবে পরবর্তী লাইনগুলোর অনেকটাই পাতাল দিয়ে যাবে। ঢাকা মেট্রোরেলের শতকরা ৫২ ভাগ উড়ালে এবং ৪৮ ভাগ পাতালে/মাটি পৃষ্ঠে নির্মাণ করার পরিকল্পনা আছে।

মেট্রোরেলের ইতিহাস অনুসন্ধান করলে দেখা যায়, পৃথিবীর সর্বপ্রথম মেট্রোরেল চালু হয় লন্ডনে, ১৮৬৩ সালে। ১৮৩০ সালে “লন্ডন মেট্রোপলিটন রেলওয়ে কর্তৃপক্ষ” প্রথম পাতাল রেলের প্রস্তাব করে এবং ৩৩ বছর পর ১৮৬৩ সালের জানুয়ারীতে, প্যাডিংটন (Paddington) থেকে ফ্যারিংডন (Farringdon), পাঁচ কিলোমিটার লাইন চালু হয়। বর্তমানে “লন্ডন আন্ডারগ্রাউন্ড লিমিটেড”, লন্ডন মেট্রোরেল পরিচালনার দায়িত্বে আছে, যার অধীনে ৪২০ কিলোমিটার দৈর্ঘ্যের ১১টি মেট্রোলাইন, এবং ২৭২ টি স্টেশন আছে। লন্ডন মেট্রোলাইনে প্রতিদিন গড়ে পাঁচ লক্ষ যাত্রী যাতায়াত করে। পৃথিবীর দ্বিতীয় মেট্রোরেল চালু হয়, বুদাপেস্টে, ১৮৯৬ সালের মে মাসে। তবে বুদাপেস্ট মেট্রোকে পৃথিবীর প্রথম ইলেকট্রিসিটি চালিত মেট্রোরেল বলা হয়, কারণ লন্ডন মেট্রো প্রথম দিকে স্টিম ইন্জিন দ্বারা চালিত হত। পৃথিবীর তৃতীয় পুরাণো মেট্রোরেল গ্লাসগো শহরে অবস্থিত, যা ১৮৯৬ সালের ডিসেম্বর মাসে চালু হয়েছিল।

আমেরিকার প্রথম মেট্রোরেল চালু হয় বস্টনে, ১৮৯৭ সালের সেপ্টেম্বর মাসে। পার্ক স্ট্রিট (Park Street) থেকে বয়লস্টন (Boylston) পর্যন্ত এই আধা কিলোমিটার পাতাল রেল লাইনকে আমেরিকার প্রথম মেট্রোরেল বলা হয়। এর কয়েক বছর পর ১৯০৪ সালের অক্টোবর মাসে নিউ ইয়র্কে আমেরিকার দ্বিতীয় মেট্রোরেল চালু হয়। বর্তমানে নিউ ইয়র্ক মেট্রো সিস্টেমে মোট ৩৬টি লাইনে ৪৭২ টি স্টেশন আছে, যার মোট দৈর্ঘ্য ৩৯৯ কিলোমিটার। মোট যাত্রী সংখ্যার দিক দিয়ে বিচার করলে, পৃথিবীতে সবচেয়ে বেশী যাত্রী বহন করে টোকিও মেট্রোরেল; বছরে ২.৭৬ বিলিয়ন। তার পরের স্থানে আছে মস্কো মেট্রোরেল; বছরে ২.০৬ বিলিয়ন যাত্রী বহন করে।

ঢাকার পরিসংখ্যান - এখন আমরা ঢাকায় ফিরে যাই। ঢাকা পৃথিবীর ষষ্ঠ জনবহুল এবং সপ্তম ঘনবসতিপূর্ণ শহর। জনসংখ্যার দিক থেকে বিচার করলে বর্তমানে টোকিও, দিল্লি, সাংহাই, সাও পাওলো, ও মেক্সিকো সিটির পরেই ঢাকার অবস্থান। কিন্তু তার চেয়েও বেশী গুরুত্বপূর্ণ খবর হলো, ঢাকা শহর পৃথিবীর fastest growing শহর। প্রতি বছর ঢাকার জনসংখ্যা বৃদ্ধির হার শতকরা ৩.০ থেকে ৩.২। অর্থাৎ, প্রতি বছর প্রায় সাড়ে সাত লক্ষ মানুষ ঢাকা মেট্রোপলিটন এলাকায় অনুপ্রবেশ করে। এই হারে বৃদ্ধি পেলে ২০৩০ সালে ঢাকা পৃথিবীর চতুর্থ বৃহত্তম, এবং ২০৫০ সালে ঢাকা পৃথিবীর দ্বিতীয় বৃহত্তম শহরে পরিণত হবে।

বৃহত্তর ঢাকার আয়তন ২,১৬১ বর্গ কিলোমিটার। এই এলাকার ভিতরে আছে - ঢাকা উপজেলা, কেরানীগঞ্জ উপজেলা, নারায়নগঞ্জ সদর উপজেলা, বান্দর উপজেলা, রূপগঞ্জ উপজেলা, গাজিপুর সদর উপজেলা, কালিয়াকইর উপজেলা, নরসিন্দি উপজেলা এবং পলাশ উপজেলা। বৃহত্তর ঢাকায় মোট ২,২৫০ কিলোমিটার দৈর্ঘ্য পাকা রাস্তা এবং ৪০০ কিলোমিটার দৈর্ঘ্য



ফুটপাথ আছে। ২০১৭ সালের পরিসংখ্যানে দেখা যায়, শতকরা ৭৬ ভাগ রাস্তা ব্যক্তিগত ব্যবহৃত গাড়ির দখলে, যা সেইসময়ে মাত্র শতকরা ৬ ভাগ মানুষ ব্যবহার করতো। বর্তমান ঢাকার একটি অসহনীয় সমস্যা হলো ট্রাফিক জ্যাম। ঢাকা শহরের গড় গাড়ির গতি ২০০৭ সালে ঘন্টার ২১ কিলোমিটার ছিল। ২০১৭ সালে এই গতি কমে গড়ে ঘন্টায় ৭ কিলোমিটার নেমে এসেছিল। ২০২৩ সালের এক পরিসংখ্যানে দেখা গেছে, এই গতি কমে গড়ে ঘন্টায় ৪.২ কিলোমিটার এ দারিয়েছে, যা মানুষের হাঁটার গতির চেয়েও কম। এই রিপোর্টে বলা হয়েছে, পৃথিবীর এক হাজারটি বড় শহরের মধ্যে ঢাকার জানজট সবচাইতে বেশী এবং জানবাহনের গড় গতি সবচাইতে কম।

অন্যদিকে, পৃথিবীর জনসংখ্যার দিক দিয়ে বড় বিশটি শহরের মধ্যে একমাত্র ঢাকা শহরেই মেট্রোরেল ছিল না। গত ডিসেম্বর ২৮, ২০২২ সালে প্রধানমন্ত্রী শেখ হাসিনা ঢাকা শহরের প্রথম মেট্রোরেল (লাইন-৬) উদ্বোধন করেন। এই মেট্রোরেল উদ্বোধন করার পর ঢাকা শহর মেট্রোরেল সমৃদ্ধ একটি শহরে পরিণত হয়। এই দিন থেকে ঢাকা শহরের সাধারণ জনগন মেট্রোরেলের উত্তরা থেকে আগারগাঁও পর্যন্ত যাতায়াত করতে পারে। ডিসেম্বর ২৮, ২০২২ বাংলাদেশে যোগাযোগের ইতিহাসে একটি উল্লেখযোগ্য দিন হয়ে থাকবে।

ঢাকা মেট্রোরেলের সময়রেখা - এখন দেখা যাক ঢাকা মেট্রোরেলের প্লানিং কবে শুরু হয়েছিল। বিশ্বব্যাংক ২০০৫ সালে সর্বপ্রথম ঢাকায় দ্রুতগামী পরিবহন তৈরীর প্রস্তাব দেয় এবং সেই সময় বিশ্বব্যাংকের কন্সাল্টার, লুইস বারজার (Louis Berger) প্রথম ঢাকার Strategic Transportation Plan (STP) তৈরী করে। সেই STP তে তিনটি MRT এবং তিনটি লাইট রেইল (LRT) উল্লেখ করা হয়েছিল। এর পর ২০১১ সালে Japan International Cooperation Agency (JICA) একটি সম্ভাব্যতা পরীক্ষা করে। সেখানে লাইন-৬ কে প্রাধান্য দিয়ে প্রথমে এই মেট্রোরেল লাইন তৈরী করার পরামর্শ দেয়। এর পরে ২০১৫ সালে বাঞ্ছা কে পরিবর্তন করে পাঁচটি মেট্রোরেল এবং দুইটি লাইট রেইল লাইন তৈরীর সুপারিশ করা হয়। JICAi পরামর্শ অনুযায়ী ২০১৬ সালে লাইন-৬ এর কাজ শুরু হয় এবং বিভিন্ন সমস্যা অতিক্রম করে, ২০২২ সালের ডিসেম্বরে আংশিক লাইন চালু করে। লাইন-৬ উত্তরা থেকে কমলাপুর পর্যন্ত যাবে, যার মোট দৈর্ঘ্য ২১.২৬ কিলোমিটার এবং স্টেশন সংখ্যা মোট ১৭ টি। প্রথম পর্যায়ে উত্তরা থেকে আগারগাঁও পর্যন্ত চালু করা হয় যার দৈর্ঘ্য ১১.৭৩ কিলোমিটার। এই অংশে মোট ৯ টি স্টেশন আছে। নভেম্বর ২০২৩ তে লাইনটি মতিঝিল পর্যন্ত চালু হয়েছে, তবে অন্তর্বর্তী সব স্টেশন তখনও চালু হয় নাই। আগামী ২০২৫ সালের কোনো এক সময়ে পুরা লাইনটি সম্পন্ন হবে বলে আশা করা যাচ্ছে।

অন্যদিকে ফেব্রুয়ারি ২, ২০২৩ তারিখে প্রধান মন্ত্রী শেখ হাসিনা বাংলাদেশের দ্বিতীয় মেট্রোরেল লাইন, লাইন-১, নির্মাণকাজের উদ্বোধন করেন। এই লাইন ঢাকা শহরের প্রথম পাতাল মেট্রোরেল হবে। ইউএস ডলার ৫.২ বিলিয়নের এই প্রজেক্টের দৈর্ঘ্য ১৯.৮৭ কিলোমিটার। লাইন-১ এর দুইটি অংশ আছে। একটি অংশ, এয়ারপোর্ট থেকে কমলাপুর রেল স্টেশন পর্যন্ত পাতাল রেল হবে। এই লাইনের অন্য অংশ, ১১.৩৬ কিলোমিটার, নুতন বাজার থেকে পূর্বাচল পর্যন্ত যাবে মাটির উপর দিয়ে। বর্তমান পরিকল্পনা অনুযায়ী লাইন-১, ২০২৬ সালের শেষের দিকে চালু হবে বলে আশা করা যাচ্ছে।

মাষ্টারপ্লান অনুযায়ী লাইন-৫ এর কাজ জুলাই ২০২৩ তে শুরু হওয়ার কথা ছিল, কিন্তু অনিবার্য কারণ বশত এখনও এই লাইনের কাজ শুরু হয় নাই। মাষ্টারপ্লান অনুযায়ী লাইন-১ চালু হওয়ার কথা ২০২৬ সালে, লাইন-৫ চালু হওয়ার কথা ২০৩০ সালে, লাইন-২ চালু হওয়ার কথা ২০৩০ সালে, এবং লাইন-৪ চালু হওয়ার কথা ২০৩২ সালে। সব কিছু যদি পরিকল্পনা অনুযায়ী চলে, তবে আগামী ২০৩২ সালে ঢাকা শহরে সব কয়টামেট্রোরেল লাইন চালু হবে। এই পাঁচটি লাইনের মোট দৈর্ঘ্য ১২৯ কিলোমিটার এবং মোট স্টেশনের সংখ্যা ১০৪ টি। এই লাইনগুলোর মদ্যে- উড়াল ৬৭.০৬৯ কিলোমিটার এবং পাতাল ৬১.৪৭২ কিলোমিটার।

ঢাকা মেট্রোরেলনির্মাণ ও পরিচালনার জন্য ২০১২ সালে Dhaka Mass Transit Company Limited (DMTCL) তৈরী করা হয়। DMTCL এর বর্তমান ব্যবস্থাপনা পরিচালক (এমডি) হলেন, এম এ এন ছিদ্দিক।

এখন আমরা মূলধন খরচ (Capital cost) নিয়ে আলোচনা করি। মেট্রোরেল তৈরীর মূলধন খরচ একটা দেশের বাজেটের বিরাট একটি অংশ নিয়ে নেয়। মেট্রোরেল উন্নয়নশীল দেশে না তৈরী করার প্রধান কারণ এর বিশাল মূলধন খরচ।



বাংলাদেশের মত উন্নয়নশীল দেশে বিদেশী অনুদান ছাড়া মেট্রোরেলের মত ব্যয় বহুল প্রজেক্ট নেয়া সম্ভব হয় না।

সে যাইহোক, মেট্রোরেল তৈরীর মূলধন খরচস্থান ভেদে কম বেশী হয়। পাতাল রেল তৈরীর খরচ উড়াল রেল তৈরীর চেয়ে অনেক বেশী। মূলধন খরচকে কয়েকটি ভাগে ভাগ করা যেতে পারে- ভূমি দখল খরচ, শ্রমিক খরচ ও উপকরণ খরচ। সব কিছু বিচার করলে দেখা যায়, আমেরিকা এবং ইউরোপে প্রতি কিলোমিটার মেট্রোরেল তৈরী করার খরচ আর আমাদের এলাকায় তৈরী করার খরচ এক হয় না। বাংলাদেশের মেট্রোরেল তৈরী খরচ আমার মনে হয় দক্ষিণ ও দক্ষিণ-পূর্ব এশিয়ার দেশের সাথে তুলনা করাই ভাল। নিচের টেবিলে পৃথিবীর কয়েকটি মেট্রোরেল সিস্টেমের প্রতি কিলোমিটার তৈরীর খরচ দেখান হলো।

নাম	তৈরী খরচ (প্রতি কিলোমিটার)
দিল্লী	৳২৪ মিলিয়ন
মুম্বাই	৳৫৩ মিলিয়ন
ব্যাংগালোর	৳৪৪ মিলিয়ন
চেনাই	৳৩৫ মিলিয়ন
ঢাকা	৳১৮৬ মিলিয়ন
হংকং	৳২২০ মিলিয়ন
ব্যাংকক	৳৭৪ মিলিয়ন
মেক্সিকো	৳৪১ মিলিয়ন
কুয়ালালামপুর	৳৫০ মিলিয়ন

এই টেবিলে দেখা যাচ্ছে, ভারতের সবচেয়ে ব্যয়বহুল মেট্রোরেল মুম্বাইতে, ৳৫৩ মিলিয়ন প্রতি কিলোমিটারে। মুম্বাই মেট্রোরেল প্রথম চালু হয় ২০১৪ সালে। যদিও মুম্বাই মেট্রোরেল মাটির উপর দিয়ে তৈরী, এখানকার ভূমি খুব ব্যয়বহুল এবং মেট্রোরেল তৈরীর সময় অনেকটা জমি দখল নিতে হয়েছিল। সে কারণে মুম্বাই মেট্রোরেলের মূলধন খরচ তুলনামূলক ভাবে বেশী। দিল্লী মেট্রোরেলের কন্সট্রাকসন খরচ প্রতি কিলোমিটার ৳২৪ মিলিয়ন। দিল্লী মেট্রোরেল প্রথম উদ্বোধন হয় ২০০২ সালে। ব্যাংগালোর মেট্রোরেলের মূলধন খরচ ৳৪৪ মিলিয়ন এবং চেনাই মেট্রোরেলের মূলধন খরচ ৳৩৫ মিলিয়ন প্রতি কিলোমিটার। আমাদের আশে পাশের দেশের মেট্রোরেল তৈরীর মূলধন খরচের মধ্য দিয়ে কিছুটা মিল পাওয়া যায়, ৳২৪ থেকে ৳৭৪ মিলিয়ন প্রতি কিলোমিটার তৈরীর খরচের মধ্য থাকে। সর্বশেষ হিসাব অনুযায়ী, ঢাকা মেট্রোরেল লাইন-৬ এর মোট তৈরী খরচ হচ্ছে ৩৩,৪৭২ কোটি টাকা। যেহেতু লাইন-৬ তৈরী শুরু হয়েছে ২০১৬ সালে এবং আশাকরা যাচ্ছে কমলাপুর পর্যন্ত লাইনের কাজ শেষ হবে ২০২৫ এর কোনো এক সময়। বিভিন্ন সময়ের টাকা-ডলার বিনিময় হার বিবেচনা করলে, ঢাকার লাইন-৬ মেট্রোরেল তৈরীতে খরচ প্রতি কিলোমিটার প্রায় ৳১৮০ মিলিয়ন। এখানে উল্লেখ করা প্রয়োজন, উপরের টেবিলের খরচের সংখ্যায় মুদ্রাস্ফীতি সমন্বয় করা হয় নাই। তবুও ঢাকা মেট্রোরেলের মূলধন খরচ দিল্লীর চেয়ে সাত গুন হওয়াটা অবাস্তব বলে মনে হয়। দিল্লী মেট্রো ২০ বছরের পুরাণ এবং মুদ্রাস্ফীতি সমন্বয় করলে ২০ বছরে দ্বিগুণের বেশী হওয়ার কথা না। তাহলে ঢাকা মেট্রোরেল বানানোর খরচ এত কেন? এ ব্যাপারে আমি কিছুটা গবেষণা করেছি, বাংলাদেশের অনেকের সাথে কথা বলেছি, বাংলাদেশের অনেক ওয়েবসাইট ঘাঁটা ঘাঁটি করেছি, কিন্তু এ প্রশ্নের জবাব পাই নাই!

এখন আমরা অপারেশন ও রক্ষণাবেক্ষণ (operation and maintenance) খরচ নিয়ে আলোচনা করি- তৈরীর পর

যেদিন থেকে মেট্রোরেল চালু হয়, ঠিক সেদিন থেকেই নিয়মিত অপারেশন ও রক্ষণাবেক্ষণের খরচ শুরু হয়। এছাড়া ধার করা মূলধনের উপর সুদ এবং আংশিক মূলধনও নিয়মিত পরিশোধ করতে হয়। আপাতত মূলধন ও সুদ পরিশোধের কথা না হয় নাই বিবেচনা করলাম। শুধু অপারেশন ও রক্ষণাবেক্ষণের খরচ নিয়েই আলোচনা করি।

পৃথিবীর প্রায় সব দেশের মেট্রোরেলই আয়ের চেয়ে ব্যয় বেশী হয়। আমার জানামতে আমেরিকার সব মেট্রোরেল সিস্টেমেই আয়ের চেয়ে ব্যয় অনেক বেশী। নিউ ইয়র্ক, বস্টন, ও ওয়াশিংটন ডিসি মেট্রো সিস্টেম প্রচুর ভর্তুকী দিয়ে থাকে; কোনোটাতেই খরচের শতকরা ৫০ ভাগের বেশী আয় হয় না। উদাহরণ স্বরূপ, ওয়াশিংটন ডিসি মেট্রোতে ফেডারেল গভার্নমেন্ট প্রতি বছর ৮২০০ মিলিয়ন দান করে। তাছাড়াও ভারজেনিয়া ও মেরিল্যান্ড সরকার প্রতি বছর অনেক টাকা দান করে। তবুও বর্তমানে ডিসিমেট্রোরেলের বাজেট ঘাটতি ৬৭৫০ মিলিয়ন ডলার।

তবে, পৃথিবীর বেশ কয়েকটি মেট্রোরেল সিস্টেম লাভ জনক। কিন্তু শুধু যাত্রী ভাড়ার টাকায় কোনো মেট্রোরেলই লাভজনক হয় না। সব লাভজনক মেট্রোরেলের আয়ের অন্য ব্যবস্থা থাকে। অনেক মেট্রোরেল কোম্পানী স্টেশনের আশেপাশের যায়গা বা দোকান ভাড়া দিয়ে অনেক আয় করে। তবে মোট আয়ের একটি বিরাট অংশ বিজ্ঞাপন থেকে আসে। এমনকি, হংকং মেট্রো স্টেশনের উপর দুইটি পাঁচ তারা হোটেল আছে যার মালিক হংকং গজএং।

পৃথিবীর লাভজনক মেট্রোরেলের মধ্যে হংকং, লন্ডন এবং সিংগাপুরকে উল্লেখ করা যেতে পারে। এই তিনটি মেট্রোরেলের মধ্যে হংকং মেট্রো সবচেয়ে বেশী লাভ জনক। হংকং মেট্রোর মোট আয়ের মাত্র ৩২ শতাংশ যাত্রীর ভাড়া থেকে আসে। বাকী ৬৮ শতাংশ আয় মেট্রোরেল কর্তৃপক্ষ মালিকানাধীন সম্পত্তির ভাড়া ও বিজ্ঞাপন থেকে আসে। সেইরকম, লন্ডন মেট্রোর শতকরা ৫২ এবং সিংগাপুর মেট্রোর শতকরা ৭১ ভাগ আয় হয় যাত্রীর ভাড়া থেকে।

পৃথিবীর বিভিন্ন দেশের মেট্রোরেল পর্যালোচনা করলে দেখা যায়, যে সমস্ত মেট্রোরেল আয়ের ব্যাপারে পূর্ব পরিকল্পনা থাকে না, সে সমস্ত মেট্রোরেল অনেক ভর্তুকী দিতে হয়। আমাদের সবচাইতে নিকটবর্তী মেট্রোরেল কলকাতায়। কলকাতা মেট্রোরেল ভারতের সবচাইতে পুড়ানোমেট্রোরেল, ১৯৮৪ সালে চালু হয়েছে। কলকাতা মেট্রো “ইন্ডিয়ান রেলওয়ে মন্ত্রনালয়” পরিচালনা করে। আমার এক কলকাতার বন্ধু বলল, “ইন্ডিয়ান রেলওয়ে মন্ত্রনালয়” আস্তঃনগর রেলওয়ে ঠিকমত চালাতে পারে না; ওরা কলকাতা মেট্রোরেল কেমন করে চালাবে? আসলে, কলকাতা মেট্রোরেলের ব্যবস্থাপনা খুব খারাপ ছিল। কোনো পূর্ব পরিকল্পনা ছিল না। ফলে প্রথম দিকে প্রচুর ভর্তুকী দিচ্ছিল এবং প্রথম লাইন চালু হওয়ার পর অনেক বছর অন্য কোনো লাইন তৈরীর কথা ভাবতে পারে নাই। এখানে উল্লেখ করা যেতে পারে, ভারতের অন্য সব মেট্রোরেল স্বাধীন সংস্থা দ্বারা পরিচালিত। উদাহরণ স্বরূপ, দিল্লিমেট্রোরেল পরিচালনা করে, দিল্লী মেট্রোরেল কর্পোরেশন (DMRC)। ভারতের মেট্রোরেলের মধ্যে সবচেয়ে সফল মেট্রো হলো দিল্লী মেট্রো। দিল্লী মেট্রো তৈরীর অনেক পূর্ব থেকে DMRC অনেক পরিকল্পনা করেছিল। কলকাতা মেট্রো যে ভুল করেছিল, তার সবই সংশোধন করার চেষ্টা করেছিল এবং DMRC এব্যাপারে বেশ সফল হয়েছিল। অন্যদিকে দিল্লী মেট্রোর সফলতা দেখে কলকাতা মেট্রো কর্তৃপক্ষের, “ইন্ডিয়ান রেলওয়ে মন্ত্রনালয়” কিছুটা হলেও টনক নড়ে। ফলে ইন্ডিয়ান রেলওয়ে মন্ত্রনালয় ২০১৮ সালে “ইন্ডিয়ান ইস্টিটিউট অব ম্যানেজমেন্ট, কলকাতা (IIMC)” কে, কি ভাবে অন্যান্য আয় বাড়ান যায় তার উপর গবেষণা করার জন্য নিযুক্ত করে। IIMC দায়িত্ব নেয়ার পর, অনেকভাবে আয় বাড়ানোর চেষ্টা করছে এবং বর্তমানে কলকাতা মেট্রোরেলের আয় অনেক বেড়েছে এবং ভর্তুকী কমেছে।

ঢাকা মেট্রোরেল প্রথম তিন মাসে আয় হয়েছে ৬.২ কোটি টাকা আর এই সময়ে ব্যয় হয়েছে ৭.৩৩ কোটি টাকা। অর্থাৎ মোট খরচের ৮৪% আয়ের টাকায় চলেছে, বাকী ১.১৩ কোটি টাকা তিন মাসে ভর্তুকী দিয়েছে। আমার মনে পরে, একদিন এক সাংবাদিক DMTCL এর ম্যানেজিং ডাইরেক্টরের কাছে জানতে চেয়েছিল, আমনারা এই ভর্তুকি কিভাবে কমাবেন? তার উত্তরে তিনি বলেছিলেন, “সরকারের কাছে বিদ্যুতের রেট কমাতে বলবো”। এখানে উল্লেখ করা যেতে পারে, ঢাকা মেট্রোরেলের প্রধান খরচ ইলেকট্রিক বিল, তার পরের খরচ কর্মচারীর বেতন। খুব দুঃখজনক হলেও সত্য যে, আপাত দৃষ্টিতে মনে হচ্ছে, DMTCL এর কোনো সুদূর প্রসারী পরিকল্পনা নাই। আমাদের কর্তৃপক্ষের যদি সঠিক দৃষ্টি বা লক্ষ্য না থাকে

তাহলে ভবিষ্যতে সমাধান হবে কি করে? সরকার যদি ভর্তুকী দিয়ে খরচ কমায় তাহলে সরকারকে অন্য কোথা থেকে এই ভর্তুকীর টাকা আনতে হবে। সরকার মেট্রোরেল তৈরী করতে প্রচুর টাকা লোন নিয়েছে সেটার সুদ ও মূলধন পরিশোধ করতেই হিমশিম খাচ্ছে তার উপর যদি প্রতিদিনের অপারেশনের জন্য ভর্তুকী দিতে হয়! মনে হচ্ছে এ যেন “গোদের উপর বিষফোঁড়া।”

DMTCL এর আগে থেকেই ভাবতে হতো, কিভাবে আয় বাড়ান যায়। আমি জানিনা DMTCL কিভাবে পরিকল্পনা করেছে। একটি জিনিস মাথায় রাখতে হতো। মেট্রোরেল তৈরীর আগে স্টেশনের আসেপাসের জমির দাম কম ছিল। যখন মেট্রোরেল চালু হল তখন ধীরেধীরে দাম বেড়ে যাচ্ছে। DMTCL আগে থেকে পরিকল্পনা করে জায়গা কিনে রেখে বিভিন্ন ধরনের ব্যবসার কথা ভাবতে পারত। হংকং এর মতো পাঁচ তারা হোটেল না হলেও, মার্কেট, দোকান তৈরী করে ভাড়া দিতে পারত। একথা মনে রাখতে হবে, যাত্রীর ভাড়ায় পৃথিবীর কোনো মেট্রোরেলসিস্টেমই চলে না; স্থায়ী আয়ের অন্যান্য ব্যবস্থা করতে হবে।

তবে একটি জিনিস মনে রাখতে হবে।

মেট্রোরেলের উপকারিতা শুধু দ্রুত এক স্থান থেকে অন্য স্থানে যাওয়া না। এর পরোক্ষ অনেক উপকারিতা আছে। মেট্রোরেল যে সমস্ত মানুষ যাতায়াত করে তাদের অনেকেই ব্যক্তিগত গাড়িতে বা বাসে যাতায়াত করতো। ব্যক্তিগত গাড়ি রাস্তা থেকে কমে গেলে প্রধানত দুইটি উপকার পাওয়া যাবে: কিছুটা হলেও রাস্তায় গাড়ি চলার গতি বাড়বে এবং বায়ু দূষণ কিছুটা কমে যাবে। মেট্রোরেল ইলেকট্রিসিটিতে চলে, ফলে এর থেকে কোনো বায়ু দূষণ হয় না, কিন্তু প্রতিটা পেট্রোল বা ডিজেল চালিত গাড়িতে অনেক বায়ু দূষণ হয়। ঢাকার বাস পেট্রল বা ডিজলে চলে এবং এই সমস্ত বাসও বায়ু দূষণ করে। ফলে রাস্তায় বাসের সংখ্যা কমলে কিছুটা হলেও বায়ু দূষণ কমবে। আর একটি পরোক্ষ উপকারিতা হলো অর্থনৈতিক উন্নয়ন। প্রতিটা স্টেশন এলাকায় প্রচুর উন্নয়ন হবে। দ্রুত এক জায়গা থেকে অন্য জায়গায় যেতে পারলে অনেক সময় বাচবে। ওয়ার্ড ব্যাংকের এক প্রতিবেদনে বলা হয়েছে, ঢাকার ট্রাফিক জ্যামে প্রতি দিন তিন দশমিক দুই মিলিয়ন ঘন্টা এবং তিরিশ হাজার কোটি টাকা ক্ষতি হয়। মেট্রোরেল এই ক্ষতি, কিছুটা হলেও কমাবে, বিশেষ করে যখন ঢাকার সব কয়টা মেট্রোলাইন চালু হবে।

উপসংহার - পৃথিবীর প্রায় সব দেশের মেট্রোরেল ব্যবস্থা ক্ষতিতে চলে; শুধু হাতে গোনা কয়েকটি মেট্রোরেল ছাড়া। তবে, লাভজনক হবে না যেনেও পৃথিবীর প্রায় সব বড় শহরগুলো নতুন মেট্রোরেল তৈরী করছে অথবা বিদ্যমান মেট্রোরেল ব্যবস্থার প্রসার করছে। মেট্রোরেলের অনেক পরোক্ষ উপকারিতা আছে। সব রকম পরোক্ষ উপকারিতাকে টাকায় রূপান্তর করলে দেখা যায়, মেট্রোরেলের উপকারিতা অর্থনৈতিক ক্ষতির চেয়ে অনেক বেশী। এর আগে যে সমস্ত পরোক্ষ উপকারিতা উল্লেখ করেছি, তাছাড়া বায়ু দূষণে মানুষের অনেক রকম অসুখ হয়, কাজ করার ক্ষমতা কমে যায়, চিকিৎসা খাতে সরকারকে অনেক বেশী খরচ করতে হয় এবং সর্বশেষে দেশের মানুষের গড় আয়ু কমে যায়। এসব কিছু চিন্তা করলে, দেশে মেট্রোরেল তৈরীর প্রয়োজনীয়তা আছে। তবে আসে পাসের দেশগুলোর অভিজ্ঞতা থেকে আমাদের শিখতে হবে। আসে পাসের দেশ যে সমস্ত ভুল করেছে সেসব ভুল যাহাতে আমরা না করি সেটা দেখতে হবে। আর, আমাদের দেশে মেট্রোরেল তৈরীর মূলধন খরচ এত বেশী কেন সেটা দেখতে হবে। আমাদের মত গরীব দেশে যেখানে ধারের টাকায় মেট্রোরেল তৈরী হয়, সেখানে দুর্নিতি এবং অপচয় যাহাতে না হয় সেদিকে সরকারের দৃষ্টি দিতে হবে।



# Can Nanotechnology Enable AI to Create New Knowledge?

**Afreen Reza**



## **Abstract**

Artificial Intelligence (AI) has greatly impacted various sectors, transforming how tasks are performed and optimizing complex processes. However, despite its remarkable progress, AI remains restricted by its sole reliance on pre-existing data and algorithms. It excels in pattern recognition and predictive analytics, but lacks the complex human qualities of creativity and consciousness, which are essential for the generation of truly novel ideas. This presentation delves into the potential of nanotechnology to bridge this gap, exploring whether advancements can enhance AI's capabilities to contribute to the creation of new knowledge.

## **AI and Knowledge Creation**

Knowledge creation involves the generation of new ideas, theories, and concepts that were previously unknown. Humans possess an ability to generate new knowledge through a combination of curiosity, creativity, and experiential learning. AI, on the other hand, is designed to function within the limits of its training data and programmed algorithms. While AI can identify patterns and isolate data to make predictions, it lacks the ability to conceptualize or hypothesize independently.

The manipulation of nanotechnology has revolutionized various fields by creating materials and devices with new properties and functions. This presentation investigates how the integration of nanotechnology could potentially elevate AI's capacity to generate new knowledge, focusing on key areas such as enhanced computing power, novel material creation, precision assembly, advanced analysis, and human-AI collaboration.

## **Enhanced Computing Power through Nanotechnology**

One of the primary limitations of current AI systems is their computational power. AI requires immense computational resources to process large datasets and run complex algorithms. Nanotechnology can address this by enabling the development of nanocomputing, which utilizes nanoscale materials to increase processing power. Nanocomputers, with their superior processing speeds and energy efficiency, could

revolutionize AI by providing the necessary computational capabilities to handle more complex data and algorithms.

By adjusting the large language model (“LLM”), the main power of AI systems, the computing power is increased which allows it to increase its training space. The wider parameters allow for more complex computations with higher accuracy.

### **Creation of Novel Materials**

Nanotechnology facilitates the creation of materials with tailored properties, such as enhanced electrical conductivity and improved thermal stability. AI can also play a crucial role in the design and discovery of new nanomaterials by simulating their properties and behaviors before they are synthesized in the lab.

For example, AI algorithms can be used to predict the properties of nanomaterials based on their atomic structure, helping researchers identify the most promising candidates for specific applications. This relationship between AI and nanotechnology can accelerate the development of innovative materials that can be used in various industries, from electronics to medicine. The ability to design and create new materials with specific properties opens up possibilities for AI to solve problems that were previously difficult to understand, contributing to the generation of new knowledge.

### **Precision Assembly and Fabrication**

Nanotechnology enables the precise assembly and manipulation of materials at the atomic and molecular levels. This precision is crucial for the development of advanced nanodevices and systems. AI algorithms can assist in the precision assembly of nanostructures by optimizing the fabrication processes and ensuring the accuracy of the final product.

For example, AI can be used to control the deposition of atoms or molecules in a specific pattern, creating nanostructures with desired properties. AI-driven fabrication techniques can lead to the discovery of new fabrication methods and processes, further advancing the field of nanotechnology.

By leveraging AI’s capabilities in optimization and control, researchers can achieve greater precision in nanofabrication, leading to the creation of novel systems. These advancements can have a profound impact on various industries, from electronics to healthcare, by developing more efficient solutions.

### **Advanced Analysis and Characterization**

Nanotechnology relies heavily on the ability to analyze and characterize materials at the nanoscale. AI can enhance this process by providing advanced analytical tools that can process and interpret complex data. Machine learning algorithms, for example, can be

used to analyze images from electron microscopes, identifying patterns and features that are not easily recognized by the human eye.

AI-driven analysis can also help researchers understand the behavior of nanomaterials under different conditions, providing insights into their potential applications. For instance, AI algorithms can simulate the interaction of nanomaterials with various environments, predicting their performance. This information is crucial for the development of new materials and devices with specific functions.

Moreover, AI can assist in the design of experiments and the interpretation of results, enabling researchers to make more informed decisions. By automating the analysis and characterization processes, AI can significantly speed up the research and development cycle, leading to faster discoveries.

### **Human-AI Collaboration**

While AI has the potential to significantly enhance the capabilities of researchers, it is important to recognize that true knowledge creation often requires human intuition, creativity, and critical thinking. AI systems can support researchers by automating repetitive tasks, analyzing large datasets, and generating hypotheses, allowing humans to focus on more complex and creative aspects of research.

A collaborative approach that leverages the strengths of both AI and human intelligence will lead to more efficient and innovative discoveries. Both humans and AI have unique yet complementary capabilities that often cannot be replicated by the other. In scientific research, for example, scientists foster curiosity and ask questions which can be rapidly answered by AI's increased accuracy and time-efficient ability to scan large data sets.

In education, AI can provide personalized learning experiences, adapting to the needs and preferences of individual students. This can help students develop a deeper understanding of complex subjects, fostering curiosity and critical thinking skills. By combining AI-driven tools with human guidance, educators can create a more engaging learning environment.

### **Applications of AI-Enhanced Knowledge Creation**

- 1. Scientific Discoveries:** AI systems have already made significant contributions to scientific research by analyzing large datasets, identifying patterns, and generating hypotheses. For example, AI has been used to predict the properties of new materials, identify potential drug candidates, and analyze complex biological data. By enhancing AI's capabilities with nanotechnology, researchers can accelerate the discovery process and uncover new knowledge in various scientific fields.
- 2. Personalized Medicine:** AI can analyze patient data to create customized treatment plans, improving the effectiveness of medical interventions. By integrating



nanotechnology, AI systems can develop more precise therapies, leading to better patient outcomes. For example, nanotechnology can be used to create drug delivery systems that release medication at specific sites, while AI algorithms optimize the treatment plan based on the patient's pre-existing health conditions.

- 3. Automated Content Creation:** AI tools can generate human-like text, automating tasks such as writing news articles, reports, and even creative stories. By incorporating nanotechnology, AI systems can achieve greater fluency in content creation, producing high-quality text that is indistinguishable from human writing. This can have applications in journalism, marketing, and entertainment, and other literary fields.
- 4. Education:** AI can provide personalized learning plans, automatic grading, and offer tailored tutoring to enhance the educational experience. By leveraging nanotechnology, AI systems can develop advanced educational tools, such as interactive simulations and virtual labs, that provide hands-on learning experiences. These tools can help students better understand complex concepts and develop critical thinking skills.
- 5. Predictive Analytics:** AI processes large datasets to identify trends and make predictions, benefiting various industries from finance to logistics. By integrating nanotechnology, AI systems can develop reliable predictive models, leading to better decision-making. For example, in the finance industry, AI can analyze market data to predict stock prices and investment opportunities.

### Challenges in AI-Based Plagiarism Detection

AI-powered plagiarism detection tools are essential in research and academic publishing. These tools use machine learning algorithms to analyze research papers against a vast database, identifying potential plagiarism. However, challenges such as false positives, detection of paraphrasing, and AI-generated text persist. To address these issues, a combination of AI and human expertise is recommended, along with the development of specialized AI-based detectors and plagiarism policies.

For example, AI-based detectors can analyze the similarity between texts, identifying potential instances of plagiarism. However, these tools may struggle with paraphrased content or subtle changes in wording. Human reviewers can provide additional oversight, verifying the results and ensuring the accuracy of the detection process. Additionally, developing more sophisticated algorithms that can detect paraphrasing and AI-generated text can improve the effectiveness of plagiarism detection tools.

### Potential Drawbacks of AI in Nanotechnology Education

While AI offers numerous benefits in nanotechnology education, there are also potential

drawbacks that need to be addressed:

1. **Bias in AI Models:** Training datasets can contain biases, leading to skewed outputs. It is important to ensure that AI models are trained on diverse and representative datasets to minimize bias and produce accurate results.
2. **Lack of Personalization:** AI tools may not adapt to individual learning styles, limiting their effectiveness. It is important to develop AI systems that can provide personalized learning experiences, taking into account the unique needs and preferences of each student.
3. **Potential for Errors:** AI systems can produce erroneous outputs, which may go undetected without expert oversight. It is crucial to have human reviewers involved in the process, verifying the results.

### Conclusion

As a whole, AI possesses incredible capability and potential to revolutionize the efficiency of processing data, providing holistic solutions, and catching mistakes that would go unnoticed by humans. AI has already proven its ability to improve a wide range of fields from medicine to education to technology, and it can only increase in its accuracy. However, it is important to note that without human creativity and emotional intelligence, AI cannot reach its full potential. The human ability to recognize, problem solve, and generate new ideas is unmatched. Through a collaboration of both AI and human principles, many modern-day problems and sectors can be improved to create a better world for all humankind.

# Exploring New Horizons: The Challenges and Opportunities of Generative AI in Today's Classrooms

**Engr. Abubokor Hanip**

Chairman & Chancellor

Washington University of Science and Technology



## 1. Statement of the Problem

Next-generation generative AI technologies may just turn a new page across industries; however, few represent opportunities that are more promising for the integration of AI than education. Advanced language models such as GPT-4, Bard, LaMDA, BLOOM, Gemini, and other generative AI technologies have huge potential for transforming educational practices toward personalized learning, automatic content creation, and interactive tutoring. However, the decision to integrate technologies into classrooms comes with several challenges that appear along with concerns for data privacy, the rise of bias through AI, the quality of content generated by AI, and the readiness of educators to take up such tools and know how to use them effectively. One finds that the need here is to strike a balance between the innovative potential of generative AI and the pragmatic, ethical, and pedagogic issues this technology brings about.

## 2. Present Status of the Problem

Generative AI tools are making inroads into schools and universities. Most of them have already integrated AI-driven mechanisms, which automate administrative tasks, generate educational content, or offer support to students through the use of virtual assistants. The more sophisticated AI systems can be used to create quizzes that give instant feedback or even simulate famous historical figures or phenomena from science. There are some problems with the broad adoption of such technologies. Many educators are not technologically savvy, nor do they enjoy access to resources or adequate training. In fact, broader discussions about AI in education revolve around the ethical issues of privacy and fears of increased bias.

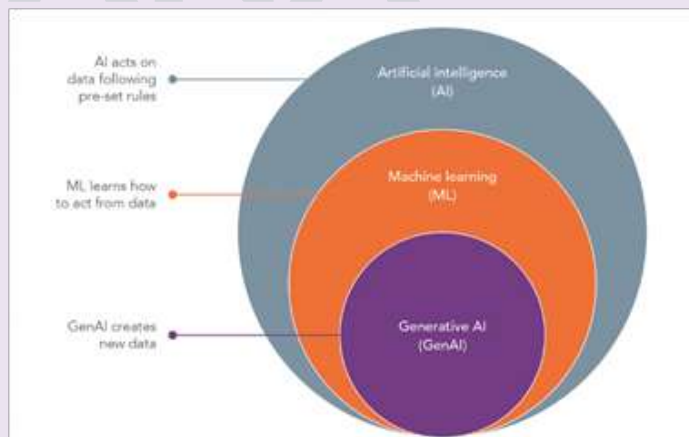


Figure 1: AI, Machine Learning and GenAI  
Adopted from HFS Research [1]



### 3. Proposed Solution

To address these, we have developed a comprehensive framework with a view to the following areas of focus: (1) Professional Development for Teachers; (2) Ethical Guidelines and Data Privacy; and (3) Quality Assurance of AI-Generated Content.

**Professional Development for Teachers:** Implement professional development programs to provide teachers with the necessary skills to put the tools of generative AI into practice. This includes hands-on training workshops, continuous technical support, and materials that will help the teacher learn to make sufficient and effective use of the tools of AI in their teaching methodologies.

**Ethical Guidelines and Data Privacy:** Clear ethical guidelines and steps for responsible takeoff should be laid out in putting AI tools. This includes standard setting of data protection; AI algorithms should be transparent, and there must be effective mechanisms to prevent and redress biases in content generated by AI.

**Quality Assurance for AI-Generated Content:** Implement strict quality control mechanisms for the evaluation of the accuracy and relevance of AI-generated educational content. This shall include periodic reviews by the experts in educational content and feedback arrangements to ensure continuous improvement in the quality and effectiveness of AI tools.



*Figure 2: Proposed framework of AI in education*

#### 4. Experiments of the Solution

To assess the effectiveness of the proposed framework, a preliminary study was undertaken in conjunction with three educational institutions. The study encompassed the following:

**Training Programs:** During this line, a certain number of workshops on AI tools, pedagogical strategies, and ethical considerations have been attended by educators from the participating institutions.

**Ethical Frameworks:** An array of ethical frameworks institutions adopted included practices protecting the privacy of data and eliminating bias on the use of A.I.

**Content Quality Check:** AI-powered education content was reviewed by an Education Expert Panel in line with preset quality standards.

The measures' impact on teaching effectiveness, student engagement, and overall satisfaction was gauged by data collected through surveys, interviews, and performance metrics.



Figure 3: Measuring the framework

#### 5. Results

Key Findings of the Pilot Study:

- I. **More Confident Educators:** A remarkable spurt in the confidence level and proficiency of the participants to use AI tools resulted after the training.
- II. **Enhanced Learning Experience:** Much better learning experience, with more individualized and personalized learning opportunities for students and more frequent coverage of the right content, with interactive AI-driven support.
- III. **Better Quality of Content:** Adequate quality assurance measures made more accurate and relevant AI-generated content, attested by the review from experts.

**IV. Compliance with Ethics:** The process of data privacy and handling the bias in content generated through AI are done with regard to ethical compliance.

## 6. Future Directions

Future research should focus on:

- I. Long-term influence:** Longitudinal studies on the long-term effects of generative AI on education outcomes and pedagogies should be conducted.
- II. Scalability:** How successfully tested interventions could be scaled up to a variety of educational institutions, including low-resource ones.
- III. Student Perspective:** Research into student perceptions about AI in the classroom helps answer questions about the requirements and preferences.
- IV. AI Technological Advancements:** Be updated on generative AI developments for the continuous betterment of educational tools and practices.

## 7. Conclusion

This could revolutionize education by individualizing learning and creating engaging educational content, all while automating administrative tasks. However, it is a tool whose use in the classrooms exacts careful consideration of the challenges that go with it. Top-of-the-line training programs for educators and principals, clearly stated ethics guidelines, tight quality control at the institutional level, and a national conversation about morals and values will help educational institutions utilize generative AI while controlling its risks. These technologies will continuously be a subject of research and development for their optimization, taking care of the new challenges that may arise, and enabling AI to become an invaluable tool in the betterment of learning outcomes.

### *References:*

1. HFS Horizons: Generative Enterprise™ Services, 2023 report



# বাংলা ভাষায় পরিবর্তন: সাহিত্যে সম্ভাব্য প্রভাব

আনিস আহমেদ



সাহিত্যের সব চেয়ে বড় উপাদান হচ্ছে ভাষা এবং ভাষাই হচ্ছে সাহিত্যের এক মাত্র বাহন। ভাষা যে সাহিত্যের অলংকরণ সে তো পরের কথা, সব চেয়ে গুরুত্বপূর্ণ কথা হচ্ছে ভাষাই হচ্ছে সাহিত্যের এক মাত্র স্তম্ভ যার উপর দাঁড়িয়ে থাকে সাহিত্যের শরীর। সাহিত্যের একট অত্যন্ত প্রচলিত সংজ্ঞা হচ্ছে সহিতের ভাব। অর্থাৎ কোন লেখা যদি পাঠকের সঙ্গে এক ধরনের সম্পৃক্ততা স্থাপন করে তাহলে তা সাহিত্য হয়ে ওঠে। এই সম্পৃক্ততা যে কেবল ভাষার মাধ্যমে হয়, তা নয়, হয় ভাবের মাধ্যমেও, বিষয়ও বর্ণনার মধ্য দিয়েও। আবার এ কথাও সত্যি যে কবিতার ভাষা এবং গদ্য সাহিত্যের ভাষা ভিন্ন হয় আর গদ্য সাহিত্যের মধ্যে উপন্যাস ও প্রবন্ধের ভাষাও ভিন্ন হয়, কবিতার ভাষা হয় অনেক বেশি অলংকার সমৃদ্ধ এমন কী আধুনিক ও উত্তরাধুনিক কবিতাগুলিতেও থাকে অলংকরণ আর এর যথার্থ প্রকাশ ঘটে ভাষার মাধ্যমেই। তবে সাহিত্যের শাখা যাই হোক না কেন সাহিত্য সাধারণ ভাষাকে, সৃজনশীলতার ভাষায় রূপান্তরিত করে।

তবে জীবনে যেমন তেমনি সাহিত্যেও ভাষার বিবর্তন ঘটেছে নিঃসন্দেহেই।

এক.

বাংলা ভাষার যে বর্ণমালা নক্ষত্রপুঞ্জের মতো জ্বলজ্বলে অস্তিত্ব নিয়ে টিকে থাকে বাঙালির হৃদয়ে, হয় অনাবিল আলোর উৎস কিংবা দিকনির্দেশনা করে আমাদের প্রতিদিনকার জীবনায়নে সেই বর্ণমালাকে যখন কবি দুঃখীনি বলে আখ্যায়িত করেন তখন সম্ভবত সেই দুঃখের মাত্রাটি কেবল মাত্র রাজনৈতিক বাদ-বিসম্বাদেই সীমাবদ্ধ থাকে না বরঞ্চ।

এই বর্ণমালার সমন্বয়ে যে শব্দ ও বাক্য আমরা উদায়ন্ত নির্মাণ করি সেই নির্মিতিতেও থেকে যায় অনেকগুলো বিচ্যুতি। কবি শামসুর রাহমান যখন সেই বর্ণমালাকে নিয়ে “খ্যাংরার নোঙরামি” দেখেন, দেখেন “খিস্তি খেউড়ের পোষ মাস” তখন আমরা দ্রুত সেই ঐতিহাসিক উপলব্ধিতে পৌঁছে যাই যেখানে পাকিস্তানি শাসকের হাতে আমাদের ভাষা হয়েছে সেই ভাবে লাঞ্ছিতা, যেভাবে হয়েছেন আমাদের বহু নারী। বাংলা ভাষা থেকে হিন্দুয়ানি শব্দ ও শব্দবন্ধ সযত্নে পরিহার করতে গিয়ে, বাংলা ভাষাকে চল্লিশের দশকের শেষের দিকে, এমন কী তার বেশ পরেও একটা কিছুত কিমাকার রূপ দেওয়ার চেষ্টা চালিয়েছিল পাকিস্তানি শাসক এবং তাদের কিছু বাঙালি অনুগামি। যেমন একটা দৃষ্টান্ত হচ্ছে পঞ্চাশ এর দশকে রেডিও পাকিস্তানের খবরে বলা হতো : “উজিরে আজম হাওয়াই আডডাতে নেমে সাহাফিদের বললেন পাকিস্তানকে আরও মজবুত কওম হতে হবে”। লক্ষ্য করুন যে এখানে প্রায় সব বিশেষ্যপদই আরবি অথবা ফারসি থেকে নেওয়া, কেবল মাত্র ক্রিয়াপদ বাংলা থেকে নেওয়া হয়েছে। এর পেছনে যে রাজনৈতিক উদ্দেশ্য বিরাজ করছিল সেটা বলাই বাহুল্য। প্রথমত সংস্কৃতজাত শব্দগুলো, যেমন তৎসম, অর্ধতৎসম, কিংবা তদ্ভব শব্দগুলো সযত্নে পরিহার করে সেখানে আরবি বা ফারসির মতো শব্দের প্রয়োগ করলে, বাংলা ভাষা ও বাঙালি সংস্কৃতি থেকে বাংলাদেশের মানুষকে বিচ্ছিন্ন রাখা যাবে। রবীন্দ্রনাথসহ, বাংলা ভাষার সকল সাহিত্যিকের সঙ্গে একটা দুষ্টর ব্যবধান রক্ষা করা সম্ভব হবে।

কেবল সংবাদমাধ্যমে ব্যবহৃত শব্দ ও বাক্যই নয় এমনকী নজরুল ইসলামের কবিতার গোরস্থানকে ও কবরস্থান করেছিল নব্য ঔপনিবেশিক শক্তি। কিন্তু ভাষার যে একটা নিজস্ব বৈশিষ্ট্য আছে, আছে নিজস্ব গতি, সেই প্রকৃতিসঞ্জাত গতিকে কৃত্রিম প্রাচীর নির্মাণ করে রুদ্ধ করা যায় না। তা ছাড়া ভাষাকে অবরুদ্ধ করার হীন প্রচেষ্টার বিরুদ্ধে একটি রাজনৈতিক সামাজিক আন্দোলন ও সক্রিয় ছিল গোটা পাকিস্তান আমল ধরেই। সে জন্যেই বাংলা ভাষাকে লাঞ্ছিত করার অপচেষ্টা সত্ত্বেও কোন মতেই এই

ভাষার মৌল উপাদানগুলোকে নিঃশেষিত করতে পারেনি পাকিস্তানি শাসক শ্রেণী। বর্ণমালা, শব্দ ও শব্দ-বন্ধ এবং বাক্যিক কাঠামো- এর সবগুলোর ওপরই প্রচণ্ড রকমের আঘাত এসছে নিঃসন্দেহেই কিন্তু কোনটার ওপরই স্থায়ী প্রভাব পড়েনি। ভাষা তার নিজস্ব গতিতে এগিয়েছে, কোন রকম কৃত্রিম অভিঘাতের তোয়াক্কা না করেই। ভাষার মধ্যে রাজনৈতিক কারণে সব রকমের কৃত্রিম সংযোজন ও বিয়োজনকে মানুষ প্রত্যাখ্যান করেছে স্বতঃস্ফূর্ততার সঙ্গে।

### দুই.

বাংলাদেশের স্বাধীনতা, নিঃসন্দেহেই বলা যায়, বাংলা ভাষার প্রসার ও সমৃদ্ধির ক্ষেত্রে সামাজিক ও রাজনৈতিক প্রেক্ষাপটে এক অপার সম্ভাবনা সৃষ্টি করে। সেই সম্ভাবনার সবটুকু যে অর্জিত হয়েছে তা নয় কিন্তু বাংলা ভাষার যে ব্যাপক ব্যবহার আমরা লক্ষ্য করি প্রায় এক ভাষিক বাংলাদেশে সেই সামাজিক ও রাজনৈতিক আনুকূল্যই আমাদের ভাষার বিস্তৃতিতে সব চেয়ে উল্লেখযোগ্য ভূমিকা রেখেছে। স্বাধীনতার পর গত আটচল্লিশ বছরে আমাদের ভাষা ও সাহিত্য একটি নতুন গতি লাভ করেছে এবং নানান প্রতিবন্ধকতা সত্ত্বেও আমরা এ ক্ষেত্রে এগিয়েছি অনেকখানি। পরিভাষাগত সীমাবদ্ধতা আমরা কাটাতে চেয়েছি, স্বাধীনতার সেই প্রথম প্রহর থেকেই। হয়ত বাংলা ভাষার যে সামূহিক ব্যবহারের প্রতিশ্রুতি ছিল আমাদের সত্ত্বুর দশকের গোড়ার দিকে, তার সবটুকু পূরণ সম্ভব হয়নি কিন্তু ভাষা ব্যবহারে আমাদের অর্জন ও নিতান্ত সামান্য নয়। তবে বাংলাদেশে বাংলা ভাষার বিস্তৃত ব্যবহারে নতুন যে কিছু চ্যালেঞ্জ এসছে তার কারণ বাংলাদেশের সমাজ ব্যবস্থায় যে ধরণের আর্থ-সামাজিক সাম্য আসার কথা ছিল, পরিবর্তিত বিশ্ব পরিস্থিতিতে সে ধরণের সাম্য বাংলাদেশের সমাজে আসেনি। বিশ্বায়ন এবং বহু জাতিক প্রতিষ্ঠানে নিজেদের সংশ্লিষ্ট করার পেশাগত তাগিদে কারণেই বেসরকারী বিশ্ববিদ্যালয় এবং ইংরেজী মাধ্যমে শিক্ষা লাভ এখন একটা স্বাভাবিক ব্যাপার হয়ে দাঁড়িয়েছে। ইংরেজী ভাষাকে এখন কেবল ঔপনিবেশিক বৃটিশ আমলের ভাষা বলে প্রত্যাখ্যান করলে চলবে না, বাস্তব সত্য হচ্ছে এই যে বিশ্বায়নের এই যুগে ইংরেজী ভাষা যে বানিজ্যিক আধিপত্য লাভ করেছে বিশ্বব্যাপী, সে কারণেই মূলত এই ভাষার পঠন-পাঠন সম্পর্কে অ-ইংরেজী ভাষী রাষ্ট্রগুলোতে জনপ্রিয়তা পাচ্ছে। চীন কিংবা জাপানের মতো যে সব দেশে ভাষা তাদের জাতীয় পরিচিতির একটি আবশ্যিক বাহন ছিল, সেখানেও পরিবর্তনের ঢেউ লেগেছে। কাজেই সত্ত্বরের দশকে ভাষা ভিত্তিক জাতীয়তাবোধের যে এক ধরণের উত্থান আমরা লক্ষ্য করি, এখনকার বিশ্ব সে থেকে অনেকখানি ভিন্ন।

কিন্তু এই কঠিন বাস্তবতা সত্ত্বেও বাঙালিকে এ কথা ভুললে চলবে না যে বাংলাদেশ নামের এই রাষ্ট্র প্রতিষ্ঠার পেছনে যে কারণটি সব চেয়ে প্রত্যক্ষ অবদান রেখেছে, তা হলো বাংলা ভাষার পক্ষে আমাদের নিরলস সংগ্রাম। বাংলা ভাষার প্রতি আমাদের যে কোনরকমের অবমূল্যায়ন, কেবল যে বাহানের শহিদদের আত্মার অবমাননা হবে তাই-ই নয়, বরঞ্চ যে ভিত্তি ও আদর্শের ওপর নির্মিত হয়েছিল স্বাধীন বাংলাদেশ একান্তরে, সেই আদর্শের প্রতি করা হবে বিশ্বাসঘাতকতা এবং সে রকমটি হলে বাংলাদেশ নামের রাষ্ট্রের একেবারে মর্মমূলে আঘাত লাগবে। আমাদের সৌভাগ্য যে বাংলাদেশের স্বাধীনতা বাংলাভাষার মর্যাদাকে দিয়েছে নতুন মাত্রা। বাংলা ভাষার এমন সার্বিক ব্যবহার দেখে পশ্চিম বঙ্গের বন্ধুরা অনেকেই দেখেছি বিস্মিত হতে। বাংলা সাহিত্য ও সংস্কৃতির পীঠস্থান কোলকাতার রাস্তায় আজকাল যে পরিমাণ হিন্দী শোনা যায় এবং সেখানকার বাংলা ভাষা হিন্দী দ্বারা যে রকম প্রভাবিত, তার পাশাপাশি বাংলাদেশে বাংলা ভাষার ব্যাপক ও বহুল ব্যবহার আমাদের জন্যে শ্লাঘার বিষয় নিঃসন্দেহেই।

### তিন.

বাংলাভাষার এই ব্যাপক ব্যবহারের কারণেই বোধ করি, প্রয়োগে শুদ্ধতা- অশুদ্ধতার প্রশ্ন উঠছে জোরে শোরে। মুখের ভাষার উচ্চারণ ও বাচন ভঙ্গির প্রসঙ্গ থেকে শুরু করে শব্দ নির্মাণ, বাক্যবিন্যাস এসব নিয়েও বিস্তার বিতর্ক রয়েছে। এ ধরণের বিতর্ক আমরা লক্ষ্য করেছি সব ভাষারবিবর্তন ও বিকাশের মুহূর্তে ঘটে থাকে, সনাতনপন্থীদের সঙ্গে সমসাময়িক পন্থীদের। ভাষা ব্যবহারের ক্ষেত্রে সনাতনপন্থীরা বরাবরই ব্যাকরণকে বাক্যের ক্ষেত্রে ব্যবস্থাপত্র হিসেবেই মনে করেন এবং তাঁরা যাকে ইংরেজীতে বলেন Prescriptive বা Normative Grammar সেই মতোই শব্দ গঠন ও বাক্যবিন্যাসের প্রক্রিয়াটি চালু

থাকুক সেটিই তাঁদের কাম্য। অন্যদিকে যারা Descriptive Linguistics বা বর্ণনামূলক ভাষাতত্ত্বের সমর্থক তাঁরা মনে করেন যে ভাষায় ঔচিত্যের প্রশ্নের চাইতেও বড় প্রশ্ন হচ্ছে, সমসাময়িক সময়ে ভাষা যে ভাবে ব্যবহৃত হচ্ছে তার বর্ণনা এবং সেই বর্ণনার ভিত্তিতে গঠিত সূত্র। এই দু ধরনের মেরুবর্তী মতবাদ যারা পোষণ করেন, তাঁদের মধ্যে বৌদ্ধিক বিতর্ক বহু পুরোনো। ভাষার যে নিজস্ব স্বতঃস্ফূর্ত ধারা বয়ে যায় অনেকটা নদীর মতোই, সেই প্রবাহই ভাষাকে করে তোলে জীবন্ত, ভাষায় আনে সৃজনশীলতা। সেখানে যে কোন রকমের নিয়মের দেয়াল ভাষার নিজস্ব গতিকে করে খর্ব, ভাষা হয়ে পড়তে পারে ব্যাকরণিক সূত্রে আবদ্ধ কোন বিষয়। এটি বোধ করি কোন জীবন্ত ভাষার অস্তিত্বের জন্যে কাম্য হতে পারে না। ভাষায় পরিবর্তন, পরিবর্ধন ও বিবর্তন একটি নিয়মিত প্রক্রিয়া। কিন্তু এই স্বতঃস্ফূর্ততা মেনে নেয়ার পর ও ভাষাকে একটি শৃঙ্খলার মধ্যে আনার প্রয়োজন রয়েছে, সর্বসাধারণের জন্যে।

কবি সাহিত্যিকরা সেই নিয়মকে লংঘন করুন না কেন, আমরা যারা সাধারণ মানুষ তাদের পক্ষে এই নিয়ম লংঘন আত্মঘাতী হয়ে দাঁড়াতে পারে। ভাষাকে নদীর সঙ্গে তুলনা করেও বলতে পারি যে বহুতা নদীকে যদি নিয়ন্ত্রণ করা সম্ভব না হয়, তা হলে সেই নদী দুকূল প্লাবিত করে ফেলতে পারে। ভাষা ও যদি নিয়মের নিগড় থেকে সম্পূর্ণ মুক্ত হয়ে পড়ে, তা হলে প্রতিটি মানুষের ভাষা হয়ে উঠবে ভিন্ন এবং কয়েক শতকের মধ্যেই পরস্পর দুর্বোধ্য। সে জন্যেই বোধ করি ভাষাতত্ত্বের এই দুই প্রান্তবর্তী মতবাদের মধ্যে সমন্বয় সাধন করে, ভাষার উন্নতিকে নিশ্চিত করা যায়।

চার.

বাংলা ভাষা ব্যবহারের ক্ষেত্রে সম্প্রতি যে ত্রুটি বিচ্যুতি আমরা লক্ষ্য করি, তার সবটাই অজ্ঞতা প্রসূত নয়, বরঞ্চ ইংরেজী থেকে অনুবাদের কারণে ও কিছু কিছু দৃষ্টিগ্রাহ্য ভুল ব্যবহার লক্ষ্য করা যাচ্ছে। যারা এ ধরনের শব্দ বা বাক্য বিন্যাস ব্যবহার করছেন, তাঁদের আপাতদৃষ্টিতে সব চেয়ে বড় যুক্তি হচ্ছে ভাষার সরলীকরণ। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে এক ধরনের ভিন্ন ভাষার প্রভাব থেকেই এ সব পরিবর্তন লক্ষ্য করি। ইংরেজী ভাষা শিক্ষার ক্ষেত্রে যাকে ভাষাতাত্ত্বিকরা MT Interference অথবা Mother Tongue Interference বলে থাকেন এবং সেই মাতৃভাষার কারণে ইংরেজী ভাষা ব্যবহারে যেমন ছাত্রছাত্রীরা ভুল করে থাকেন, বাংলাভাষা

ব্যবহারের ক্ষেত্রেও বলা যায় এক ধরনের FL Interference অর্থাৎ Foreign Language Interference ইদানিং লক্ষ্য করি। যেমন ধরুন, ঢাকা ও কোলকাতার সংবাদপত্রের শিরোনামে এবং ইদানিং সংবাদের ভেতরে ও আমরা লক্ষ্য করি সংখ্যাবাচক শব্দের প্রয়োগে যে সহজ পদ্ধতি ব্যবহার করা হচ্ছে তা যে কেবল ব্যাকরণ সম্মত নয় তা-ই নয়, তা শৃতিগ্রাহ্য ও নয়। যেমন ধরুন, চার ডাকাত খুন, পাঁচ পুলিশ আহত। বাংলা ভাষায় সংখ্যাবাচক বিশেষণ ব্যবহারের একেবারে মূল নিয়মটিই এই সরলায়নে বিনষ্ট হচ্ছে। ইংরেজীতে সংখ্যাবাচক বিশেষণের পর আর কিছু লেখার দরকার নেই, সংশ্লিষ্ট বিশেষ্য ছাড়া। কিন্তু বাংলায় এই সংখ্যাবাচক বিশেষণের পর, পরিমাপের একক ব্যবহার করতে হয়, অথবা টা, টি, গুলো, গুলি এ ধরনের শব্দ ব্যবহার করতে হয়। বাংলা ভাষায় জন শব্দটির দুটি অর্থ। একটি অর্থে জন হচ্ছে মানুষ আর অন্য অর্থে আবার এই জন হচ্ছে মানুষ পরিমাপের একক। সে জন্যেই তিন জন, চার জন ব্যবহৃত হয় এবং সেই কারণেই চারজন লোক কথাটি ভুল নয় কারণ এখানে জন 'এর অর্থ লোক নয়, এটি লোক পরিমাপের / গণনার একক। সংখ্যাবাচক বিশেষণের সঙ্গে অতএব পরিমাপের একক ব্যবহার না করলে, সেটি শুদ্ধ বলে ধরে নেওয়া যায় না। আজকাল অবশ্য বাংলাদেশ ও পশ্চিম বঙ্গের সংবাদপত্রে এই নিয়মটির ব্যত্যয় ঘটছে। ভাষাকে সরল করার উদ্দেশ্যে এই পরিবর্তন আনা হচ্ছে, নাকি এই প্রভাব ও অনূদিত সংস্কৃতির অংশ সেটি বোঝার প্রয়োজন রয়েছে।

এই সংখ্যা সম্পর্কিত আরো একটি ভ্রান্ত প্রয়োগ আমরা ইদানিং লক্ষ্য করছি, তারিখ লেখার সময়ে। আগে যেভাবে তেসরা, দোসরা, ৫ই, '২৭ শে এ ধরনের ব্যবহার ছিল প্রচলিত এবং বিশুদ্ধ ও বটে এখন তার বদলে দেখি ২ জানুয়ারী, ২১ ফেব্রুয়ারী, ২৬ মার্চ। সংবাদপত্রে ছাপার সময়ে স্থানসঙ্কুলানের জন্যে ছাপার অক্ষরে এই প্রয়োগ ভুল নয় কিন্তু বেতার-টেলিভিশনের সংবাদ পাঠক-পাঠিকারা যখন পাঠ করেন সংক্ষিপ্ত ভাবে তখন সেটি সিদ্ধপ্রয়োগ নয় আদৌ। সন্দেহ নেই যে এই রূপান্তরণ



ঘটেছে ইংরেজীতে তারিখ লেখার সনাতন নিয়মের বিবর্তনের মাধ্যমে কিন্তু বাংলায় তারিখ লেখার নিয়মের এই অতি সরলীকরণের কারণে সংখ্যার পাশে শব্দ প্রয়োগের যে নিয়ম ছিল, তাকে লংঘন করা হচ্ছে সজ্ঞানেই। বাংলাদেশের কিছু বেসরকারি বেতার, টেলিভিশনে এ ধরনের প্রয়োগ খুব বেশি শ্রুতিকটু হয়ে উঠছে।

পাঁচ.

অনূদিত সংস্কৃতির প্রভাব আমরা লক্ষ্য করি বাংলা ভাষার আরো কয়েকটি ক্ষেত্রে। বেশ কয়েক বছর ধরে টেলিফোন করা অর্থে ফোন দেয়া কথাটি প্রচলিত হয়ে উঠছে দ্রুত। গোড়াতে এই ফোন দেয়ার কথা আমার এক বন্ধু এক সময়ে বলায়, তাকে ঠাট্টা করে বলেছিলাম যে তার আগামী জন্মদিনে তাকে দোকান থেকে একটি ফোন কিনে দেবো। আমার এই ঠাট্টার বিষয়টি বুঝতে তার সময় লেগেছিল কিন্তু এখন এ নিয়ে ঠাট্টা করলে লোকজন আমার ভাষাজ্ঞান সম্বন্ধে প্রশ্ন তুলতে পারে কারণ ফোন দেয়া কথাটি এখন অতি ব্যবহারে এক ধরনের বিস্ময় লাভ করছে। এই বাক্যাংশটি ইংরেজী, এরাব সব ধ পঞ্চমষ এই ফ্রেজ থেকে

যে এসছে সে ব্যাপারে কোন সন্দেহ নেই। ভাগিস এর আক্ষরিক অনুবাদ, আমাকে ডাক দিও (ফোন করা অর্থে) এখনও কাউকে ব্যবহার করতে দেখিনি। লক্ষ্য করার বিষয় যে ইংরেজীতেও Give me a phone এই ফ্রেজটি আমাকে ফোন করো অর্থে কেউ ব্যবহার করে না। ইংরেজী ঐ বাক্যের অর্থ, আমাকে একটি ফোন দাও। ফোন এখানে ক্রিয়া নয় একটি বিশেষণ হিসেবেই ব্যবহৃত এবং পন্য টি দেবার কথাই বলা হয়েছে। আমরা সেদিকে লক্ষ্য না রেখেই ইংরেজী, Give me a call এর সহজ বাংলা করে ফেলেছি, আমাকে ফোন দাও/দিও। আমরা ভুলেই গেছি যে আমাদের ভাষার সব চেয়ে গুরুত্বপূর্ণ এবং শক্তিশালী ক্রিয়াপদকে আমরা অবহেলা করছি এই ভাবে। ইংরেজী ভাষার মতো বাংলা ভাষা প্রচুর ক্রিয়া পদে সমৃদ্ধ নয় কিন্তু বাংলা ভাষার মস্ত বড়ো সুবিধেটা হচ্ছে, করা ক্রিয়াপদটি যা যে কোন বিশেষণকে সহজেই বিশেষ্যে পরিণত করতে পারে, যেমন- গান করা, রান্না করা, সেলাই করা, চাকরী করা, পড়াশোনা করা... এ রকম প্রচুর দৃষ্টান্ত দেয়া যায় যেখানে এই ক্রিয়াপদটি ভাষাকে করেছে সহজ। অতএব ফোন দেওয়া ইদানিং সময়ের এই বহুল ব্যবহৃত বাক্যাংশটি সম্পূর্ণ ভুল। কিন্তু এর পাশাপাশি করা ক্রিয়াপদটির একটি ভ্রান্ত ব্যবহার ও সম্প্রতি লক্ষ্য করেছি পশ্চিম বঙ্গের একটি বেসরকারী স্যাটালাইট টেলিভিশনের অত্যন্ত জনপ্রিয় একটি গানের প্রতিযোগিতায়। প্রতিযোগিরা যেখানে ফোন করে তাঁদের ভোট দেয়ার কথা বলছেন, সেখানে অনেক প্রতিদ্বন্দ্বি, প্রচলিত ও শুদ্ধ ব্যবহার আমাকে ভোট দিন এর পরিবর্তে, আমাকে ভোট করুন বলছেন। প্রকৃত পক্ষে বিষয়টি ছিল ফোন করে, ভোট দিন। কিন্তু সংক্ষেপে এখন বলা হচ্ছে ভোট করুন। এই বাক্যাংশটি কোন উর্বর মস্তিস্কের ফল, সেটি বলা মুশ্কিল কিন্তু মনে করা হচ্ছে যে সনাতন পদ্ধতিতে ব্যালটে ভোট দেয়ার প্রক্রিয়া থেকে ফোনে ভোট প্রদানের পার্থক্য কে নির্দিষ্ট করে বোঝানোর জন্যেই বোধ হয় এই ভোট করুন বাক্যাংশটি প্রয়োগ করা হচ্ছে। কিন্তু ফোন করার কাজ এবং ফোন করে নির্দিষ্ট ব্যক্তিকে ভোট দেয়ার কাজটি যে পৃথক দুটি কাজ সে কথা এই বাক্যাংশ যাঁরা প্রয়োগ করছেন, তাঁরা বেমালুম বিস্মৃত হচ্ছেন।

ছয়.

এই সব অপপ্রয়োগের পাশাপাশি, বাংলা ভাষার প্রমিত উচ্চারণের ক্ষেত্রে ও একটা বড় রকমের ব্যত্যয় লক্ষ্য করা যাচ্ছে বাংলাদেশের, বিশেষত ঢাকা কেন্দ্রিক শাহরিক সমাজে। রাজধানী ঢাকায় বাংলাদেশের বিভিন্ন এলাকার বিভিন্ন জনগোষ্ঠীর বাস এবং বাংলাদেশ মূলত এক ভাষিক রাষ্ট্র হওয়া সত্ত্বেও এর আঞ্চলিক ভাষা বৈচিত্র ব্যাপক ও বহুমুখি। তেতুলিয়া থেকে টেকনাফ পর্যন্ত, ছাপ্পান্ন হাজার বর্গমাইলের এই অতি সামান্য আয়তনেও আঞ্চলিক ভাষা বৈচিত্র হচ্ছে অসামান্য। এই বৈচিত্র আমাদের ভাষাকে সামগ্রিক ভাবে সমৃদ্ধ করেছে এবং এই বৈচিত্রকে আমাদের সংরক্ষিত করতেই হবে কিন্তু এই আঞ্চলিক ভাষার এক ধরনের বিশৃঙ্খল মিশ্রণ, আমাদের প্রতিদিনকার প্রমিত বাংলা উচ্চারণে যে প্রায় এক ধরনের দুঃসহনীয় মিশ্র ধ্বনি সৃষ্টি করেছে সেটি লক্ষ্য করার বিষয়। একদিকে বাংলার সঙ্গে ইংরেজীর এবং অন্যদিকে আঞ্চলিক ভাষার এই মেরুবর্তী মিশ্রণ ভাষার স্বাভাবিক বিকাশকে ব্যাহত করছে। বাংলাদেশের টেলিভিশন নাটকে শহুরে কেতাদূরস্ত ছেলেমেয়েদের সংলাপ

বিস্ময়কর ভাবে একটি পৃথক রূপ নিচ্ছে। বাংলাদেশের কোন কোন নাট্যকার মনে করছেন যে ঢাকা কেন্দ্রিক একটি নতুন বাংলা কথ্য ভাষা তৈরী হচ্ছে এবং একে স্বাগত জানানো উচিত। প্রশ্ন হচ্ছে এই নতুন কথ্য ভাষা কতখানি স্বতঃস্ফূর্ত ও স্বাভাবিক এবং কতখানি আরোপিত ও কৃত্রিম। লক্ষ্য করা গেছে যে সব তরুণ প্রজন্মের ছেলেমেয়েদের বাবা মা প্রমিত বাংলা উচ্চারণে অভ্যস্ত তারাও এক ধরনের মিশ্র আঞ্চলিক ভাষা ব্যবহার করছে, অজ্ঞতা বশত নয় ততটা, যতটা সৌখীনতার বশবর্তী হয়ে।

ইংরেজীতে যাকে বলে Peer Pressure সহপাঠি বন্ধু বান্ধবদের সঙ্গে সম্ভবত এক ধরনের ভাষিক সাজু্য প্রকাশের তাড়নায় ভাষা আসছে এ ধরনের মিশ্রণ যা আমরা লক্ষ্য করি নাটকের মতো একটি শিল্প মাধ্যমেও। নাটক যে কেবল জীবনের প্রতিবিম্ব হতে পারে তাই নয়, এ ধরনের অত্যন্ত শক্তিশালী প্রচার মাধ্যমের একটা বড়ো দায়িত্ব হচ্ছে ভাষা ও সাহিত্যের মধ্যে এক ধরনের শৃঙ্খলা রক্ষা করা। ভাষা নদীর জলপ্রবাহের মতোই স্বতঃস্ফূর্ত গতিতে এগিয়ে যাবে এই যুক্তিতে ভাষার শৃঙ্খলাকে রক্ষা করার প্রয়োজনীয়তা নেই এ রকম মন্তব্য যাঁরা করেন তাঁরা ভুলে যান যে নদীর বিশৃঙ্খল বিস্তৃতিকেও রুদ্ধ করতে হয় মানুষ ও প্রকৃতির কল্যাণেই। ভাষার বিকাশ আমাদের অবশ্যই কাম্য এবং আঞ্চলিক ভাষা কিংবা বিদেশী ভাষার প্রয়োগ আমাদের ভাষাকে সমৃদ্ধ ও গতিশীল করতে পারে নিঃসন্দেহেই কিন্তু প্রশ্নটা হচ্ছে অনুপাতের।

অবিমিশ্র বাংলা প্রয়োগ করতে গিয়ে যেমন টেলিফোনের পরিবর্তে দূরালাপনী কিংবা ইন্টারনেটের বাংলা অন্তর্জাল শব্দটি ব্যবহারের প্রয়োজন নেই, তেমনি বাংলা ভাষার ব্যাকরণ, বাক্য কাঠামো এবং শব্দবন্ধের সব কিছু ভেঙ্গে ফেলার যে প্রবণতা লক্ষ্য করা যাচ্ছে সেটি

ভাষার সুশীল ব্যবহারের ক্ষেত্রে একটা বড় সমস্যা হতে পারে। রবীন্দ্রনাথ ও নজরুলও তাঁদের সাহিত্যে ব্যাকরণের বেড়া জাল ডিঙ্গিয়েছেন সৃজনশীল প্রতিভার শক্তিতে, কবি শামসুর রাহমান কিংবা সৈয়দ শামসুল হকের মতো সব্যসাচী লেখকেরাও প্রচুর আঞ্চলিক শব্দের ব্যবহার করেছেন তাঁদের কাব্যে কিন্তু এ সবই করেছেন বাংলা সাহিত্যের সমৃদ্ধির জন্যে। শামসুর রাহমানের “বেবাক” শব্দের যুৎসই ব্যবহার কিংবা সৈয়দ শামসুল হকের, “মানুষ আসতাছে বাণের লাহান”, আমাদের সাহিত্যকে দিয়েছে নতুন মাত্রা। আমরা লক্ষ্য করেছি আমাদের নিতান্ত আটপৌড়ে আঞ্চলিক শব্দগুলো কতখানি শক্তিশালী হতে পারে, সাহিত্যের ভাব প্রকাশের জন্যে। কিন্তু অপ্রয়োজনে এ রকম আঞ্চলিক বা ভুল ইংরেজী শব্দের, প্রাত্যহিক প্রয়োগ ভাষার মূল কাঠামোকে দুর্বল করে তোলে এবং মাঝে মাঝে আশঙ্কা হয় যে এ ধরনের মিশ্র শব্দ প্রয়োগে অভ্যস্ত তারুণ্য শক্তি হয়ত কালক্রমে রবীন্দ্রনাথ, নজরুল, সুকান্ত, জীবনানন্দ দাশ শামসুর রাহমান এমন কী হুমায়ূন আহমেদের লেখা পড়তেও আগ্রহী হবে না। বঙ্কিম কিংবা মীর মোশররাফ হোসেনের কথা না হয় বাদই দিলাম। এই অনভ্যেস, এই অপপ্রয়োগ এই ভুল অনুশীলন আমাদের নিজেদেরই তরুণ প্রজন্মকে নিয়ে যাবে, আমাদের থেকেই অনেক দূরে। আমাদের ভাষিক ও সাংস্কৃতিক ঐতিহ্য থেকে আমাদেরকে দূরে সরিয়ে রাখার জন্যে আরবী কিংবা রোমান হরফে বাংলা লেখার যে ষড়যন্ত্র শুরু হয়েছিল চল্লিশ ও পঞ্চাশের দশকে, আমরা তা প্রতিহত করেছিলাম, রাজনৈতিক সংগ্রামের মাধ্যমে যেমন তেমনি, বুদ্ধিবৃত্তিক সচেতনতার মাধ্যমেও। আজ আমাদের নিজেদের তারুণ্য শক্তি ভাষা প্রয়োগের ক্ষেত্রে যে নতুন ধারার সৃষ্টি করেছে, নিজের অজান্তেই সেটি কি আমাদেরকে মূলধারা থেকে বিচ্ছিন্ন করে ফেলবে, “আজি হ’তে শতবর্ষ পরে”? তাই আমাদের ভাবনা, বাংলা ভাষা কি থাকবে, বাংলা ভাষাতেই? না কি ভাষা অপহৃত হয়ে গিয়ে এর সমস্ত অপভ্রংশ নিয়েই তৈরী হবে এক নতুন ভাষা? ভাষার এই অনূদিত অথচ অনাকাঙ্ক্ষিত পরিবর্তন কি বাংলা সাহিত্যের ভাষায়ও ব্যাপক প্রভাব ফেলবে! ভাষার এ ধরনের পরিবর্তন কি আমাদের আগামি দিনের সাহিত্যের মূলধারার ভাষা হয়ে উঠবে? সেটি কি আশার দিক, নাকি আশংকার দিক?

# How Ordinary People Can Benefit from Open AI

**Avik Sanwar Rahman**



An advanced conversational AI developed by OpenAI offers many benefits to ordinary people through its free version. This article explores how individuals can leverage Open AI for personal, educational, and professional growth. By providing instant access to information and advice, AI serves as a versatile tool for everyday problem-solving, from answering general knowledge questions to offering recommendations and explanations on diverse topics. In education, AI acts as a supplemental learning resource, helping students understand complex subjects, practice language skills, and receive feedback on their writing. For professionals, AI assists in drafting emails, generating creative ideas, and improving productivity through efficient task management. Additionally, AI enhances digital accessibility, offering support to those with disabilities or limited internet literacy. Despite its benefits, users should be mindful of its limitations, such as occasional inaccuracies and the lack of personalized human touch. This article aims to highlight the practical applications of AI's free version, emphasizing its role in democratizing access to AI-driven assistance and enhancing the quality of life for ordinary people.

Artificial Intelligence (AI) is one of the most transformative and disruptive technologies of our time. The journey of AI, from its conceptual origins to its current applications and future potential, is a fascinating tale of human ingenuity and technological progress. This essay explores the history, development, applications, and ethical considerations of AI, offering a comprehensive overview of this revolutionary field.

The concept of artificial intelligence has its roots in ancient history, with myths and legends featuring mechanical beings endowed with intelligence. However, the scientific groundwork for AI was laid in the 20th century. Alan Turing, a British mathematician and logician, is often regarded as the father of AI. In 1950, Turing published a seminal paper titled "Computing Machinery and Intelligence," where he posed the question, "Can machines think?" He introduced the Turing Test, a criterion for determining whether a machine can exhibit intelligent behavior indistinguishable from that of a human.

The term "Artificial Intelligence" was coined in 1956 during the Dartmouth Conference, organized by John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester, and Claude Shannon. This conference is considered the birthplace of AI as an academic discipline. Early AI research focused on symbolic methods and problem-solving, leading to the development of programs that could perform tasks such as playing chess and solving mathematical problems.

The development of AI can be broadly categorized into several phases:



**Symbolic AI and Expert Systems (1950s-1980s):** Early AI research focused on symbolic reasoning and the development of expert systems. These systems used rule-based approaches to emulate the decision-making abilities of human experts in specific domains. While expert systems achieved success in fields like medicine and engineering, they were limited by their inability to handle uncertainty and adapt to new information.

**The AI Winter (1970s-1990s):** Despite initial enthusiasm, AI research faced significant challenges, leading to periods of reduced funding and interest, known as "AI winters." The limitations of rule-based systems and the inability to achieve general intelligence contributed to this decline.

**Machine Learning and Data-Driven Approaches (1990s-Present):** The resurgence of AI began with the advent of machine learning, a subset of AI that focuses on developing algorithms that enable computers to learn from and make predictions based on data. Key developments during this period include neural networks, support vector machines, and decision trees. The rise of big data and increased computational power fueled the success of machine learning, leading to breakthroughs in image recognition, natural language processing, and game playing.

**Deep Learning and Neural Networks (2010s-Present):** Deep learning, a subset of machine learning, involves the use of artificial neural networks with many layers (hence "deep"). Deep learning has achieved remarkable success in tasks such as speech recognition, autonomous driving, and even beating human champions in complex games like Go. The development of powerful GPUs and specialized hardware has accelerated the progress of deep learning.

AI has permeated various aspects of modern life, transformed industries, and enhanced the quality of human life. Some notable applications include:

**Healthcare:** AI has revolutionized healthcare by improving diagnostics, personalized treatment plans, and drug discovery. Machine learning algorithms analyze medical images to detect diseases such as cancer with high accuracy. AI-driven predictive models assist in identifying potential outbreaks of diseases and optimizing resource allocation in healthcare facilities.

**Finance:** In the financial sector, AI algorithms are used for fraud detection, algorithmic trading, and credit scoring. AI systems analyze vast amounts of financial data to identify patterns and make real-time trading decisions. They also assess creditworthiness and predict potential risks, enhancing the efficiency and accuracy of financial services.

**Transportation:** Autonomous vehicles, powered by AI, have the potential to revolutionize transportation. Companies like Tesla, Waymo, and Uber are developing self-driving cars that use deep learning algorithms to navigate complex environments. AI also optimizes traffic management systems, reducing congestion and improving road safety.

**Customer Service:** AI-powered chatbots and virtual assistants have become integral to customer service operations. These systems use natural language processing to

understand and respond to customer queries, providing instant assistance and improving customer satisfaction. Examples include Apple's Siri, Amazon's Alexa, and Google's Assistant.

**Education:** AI enhances the learning experience by personalizing education and providing intelligent tutoring systems. Adaptive learning platforms analyze students' strengths and weaknesses, offering customized learning paths and resources. AI also automates administrative tasks, allowing educators to focus more on teaching.

**Entertainment:** AI is used in the entertainment industry for content recommendation, creation, and moderation. Streaming platforms like Netflix and Spotify use AI algorithms to recommend personalized content based on user preferences. AI-generated art, music, and literature are also emerging as innovative forms of creative expression.

As AI continues to advance, it brings forth numerous ethical considerations and challenges that must be addressed to ensure its responsible and beneficial deployment:

**Bias and Fairness:** AI systems can perpetuate and amplify existing biases present in training data. Biased AI can lead to discriminatory outcomes in areas such as hiring, lending, and law enforcement. Ensuring fairness and mitigating bias in AI requires careful data curation, transparency in algorithm design, and ongoing monitoring.

**Privacy and Security:** AI systems often rely on vast amounts of personal data, raising concerns about privacy and data security. Unauthorized access to sensitive information can lead to identity theft, surveillance, and other privacy violations. Implementing robust security measures and establishing clear data usage policies are essential to protect individuals' privacy.

**Job Displacement:** The automation of tasks by AI threatens to displace jobs across various sectors. While AI can create new opportunities and enhance productivity, it also necessitates re-skilling and up-skilling of the workforce to adapt to changing job requirements. Policymakers and businesses must collaborate to manage the transition and ensure a just distribution of the benefits of AI.

**Accountability and Transparency:** AI systems often operate as "black boxes," making it challenging to understand their decision-making processes. Lack of transparency and accountability can hinder trust in AI and its adoption in critical areas such as healthcare and criminal justice. Developing explainable AI and establishing clear guidelines for accountability is crucial to building trust and ensuring ethical use.

**Autonomous Weapons and AI in Warfare:** The use of AI in military applications raises significant ethical concerns. Autonomous weapons, capable of making lethal decisions without human intervention, pose risks of unintended consequences and escalation of conflicts. International regulations and ethical frameworks are needed to govern the development and deployment of AI in warfare.

The future of AI holds immense potential and promise, but it also requires careful consideration and management to navigate its complexities and maximize its benefits:

**Advancements in General AI:** While current AI systems excel in narrow tasks, achieving artificial general intelligence (AGI) remains a long-term goal. AGI refers to machines that possess human-like intelligence and can perform any intellectual task that a human can. Advancements in AGI could lead to unprecedented innovations and challenges, necessitating robust ethical frameworks and safeguards.

**Human-AI Collaboration:** The future of AI will likely involve increased collaboration between humans and AI systems. Augmented intelligence, where AI enhances human capabilities, can lead to more effective decision-making and problem-solving. Human-AI collaboration can be particularly valuable in areas such as healthcare, education, and scientific research.

**Ethical AI Development:** Ensuring the ethical development and deployment of AI requires ongoing dialogue and collaboration among stakeholders, including researchers, policymakers, industry leaders, and the public. Ethical AI frameworks should prioritize transparency, accountability, fairness, and human rights to mitigate risks and promote the responsible use of AI.

**AI for Social Good:** AI has the potential to address some of the world's most pressing challenges, such as climate change, poverty, and healthcare access. Leveraging AI for social good involves developing and deploying AI solutions that prioritize sustainability, inclusivity, and equity. AI-driven initiatives in areas such as disaster response, environmental conservation, and public health can have a transformative impact on society.

**Education and Awareness:** As AI becomes increasingly integrated into everyday life, it is essential to educate and raise awareness among the public about its implications and potential. Promoting digital literacy and understanding of AI can empower individuals to make informed decisions and actively participate in shaping the future of AI.

Artificial intelligence is a transformative force that is reshaping industries, societies, and the human experience. From its early conceptual origins to its current applications and future potential, AI represents a remarkable journey of technological progress and human ingenuity. As we continue to advance AI, it is crucial to address the ethical considerations and challenges it presents, ensuring that AI serves as a force for good and contributes to the betterment of humanity.

The future of AI holds immense promise, with opportunities for unprecedented innovations and solutions to global challenges. By fostering human-AI collaboration, prioritizing ethical development, and leveraging AI for social good, we can navigate the complexities of this revolutionary technology and create a future where AI enhances the quality of life for all. As we stand on the brink of an AI-powered era, it is our collective responsibility to shape the trajectory of AI in a manner that aligns with our values and aspirations, ensuring a brighter and more equitable future for generations to come.



# Environmental Sustainability for Controlling Global Warming Issues

Lysha Rashid



## Abstract

Global warming is an urgent issue that affects the entire world. It impacts every aspect of our lives, from the air we breathe, water we drink, to the land we live and work on. This research is focused on exploring the current state of knowledge regarding the impact of global warming on the environment. In this study, the effects of global warming on the world and its impact on environmental sustainability are examined. The aim is to provide actionable insights on issues such as air pollution, water depletion, and deforestation. The impact of global warming on environmental sustainability and potential alternative solutions to mitigate its effects are examined in this study, with a focus on how the findings can contribute to the promotion of environmental sustainability. This research highlights the key findings and implications of global warming.

## Introduction

One of the most pressing issues facing our planet today is the increasingly urgent problem of climate change. Global warming, caused by excess emissions of greenhouse gases like carbon dioxide. This issue is bringing on many problems such as rising sea levels, melting glaciers, an increase in the frequency of natural disasters like floods, hurricanes, and droughts and continued.

To combat this problem, environmental sustainability is becoming an increasingly critical focus of both government policies and individual initiatives. It involves finding ways to meet the needs of the present generation without compromising the ability of future generations to meet their own needs.

The increasing concerns about global warming and its potential impact on the environment have led to widespread discussions about the need for greater environmental sustainability. This journal seeks to provide a comprehensive overview of the various approaches to environmental sustainability and their role in controlling global warming issues. The article discusses the concept of environmental sustainability and its importance in addressing global warming. This research is aiming to raise awareness about environmental problems and encourage others to take proactive steps towards sustainable practices.

## Explanation of Global Warming

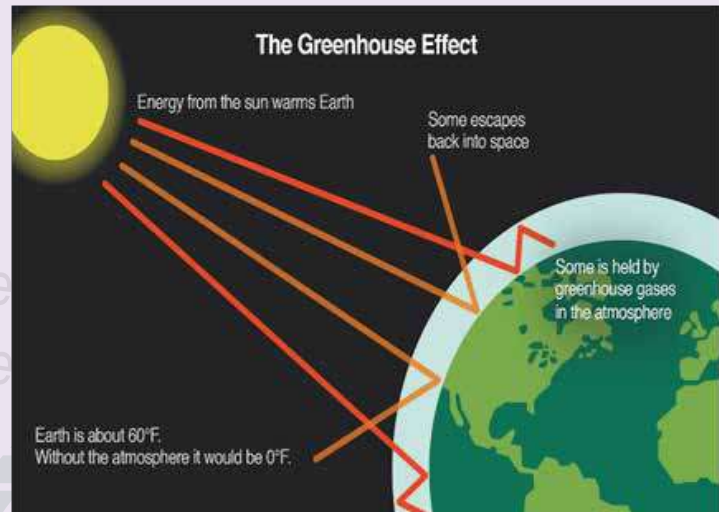
Global warming is the significant increase in average temperature across the Earth's surface and atmosphere. This increase is primarily driven by the release of greenhouse gases. Greenhouse gases are a group of gases in the Earth's atmosphere that trap heat.

They allow sunlight to enter the atmosphere freely but prevent some of the infrared radiation from escaping back into space. This process creates what is known as the greenhouse effect.

The most common greenhouse gases include carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane (CH<sub>4</sub>), nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), and fluorinated gases such as hydrofluorocarbons, perfluorocarbons, sulfur hexafluoride, and nitrogen trifluoride. These gases can come from natural sources like volcanic eruptions or decomposition processes in wetlands.

Greenhouse gases are naturally occurring and play a crucial role in maintaining the Earth's temperature at a level that allows for life to develop.

However, the increased concentration of greenhouse gases in the atmosphere due to human activities is enhancing the greenhouse effect and contributing to global warming.



### Impacts of Global Warming Issues

Global warming is having a significant impact on the environment in numerous ways.

Glaciers are massed bodies of ice that are present on land, usually in mountainous regions. Glaciers are important for the environment, as they store water in the form of snow and ice, which can be a valuable source of water for communities in drier regions during times of drought. However, global warming is causing glaciers to melt at an alarming rate, which can harm the animals and plants that rely on glaciers for their habitat. The melting of glaciers can lead to changes in river flow and water availability, affecting the habitats of animals and plants that rely on those waterways.

Animals and plants that live in the coldest parts of the planet, such as in Antarctica, are especially vulnerable to the effects of global warming. The ocean around the Antarctic coast is warming faster than in other parts of the world, causing the glaciers to melt rapidly, leading to a loss of habitat for animals like penguins and seals.

As the world continues to face the impacts of global warming, the melting of glaciers has increased significantly in recent years, causing the world's sea level to rise at an alarming rate. This rise in sea level is a major threat to coastal communities, as it can cause flooding, damage homes and infrastructure, and make it difficult for farmers to sustain healthy crops.

The rise in sea level can also increase the risk of the spread of diseases such as malaria and dengue, as mosquitoes thrive in warmer climates. This can lead to increased medical

costs and reduced economic activities in coastal areas. The negative impacts on tourism due to the flood risk can also impact the coastal economy.

Global warming is already resulting in changes in precipitation patterns around the world. Rising temperatures are causing changes in atmospheric circulation and changes in the amount of water vapor in the atmosphere. These changes are already leading to an increase in extreme weather events, including heavy rains and droughts.

In some areas of the world, the amount of precipitation is expected to increase due to global warming. These areas include Northern Europe, the northern United States, and parts of Southern Africa. This increase in precipitation is expected to lead to an increase in flooding, erosion, and damage to infrastructure in these areas.

Changes in precipitation patterns are also expected to have a significant impact on the availability of freshwater in some parts of the world. The increased frequency and intensity of heavy rains is expected to increase the likelihood of flash floods, which can contaminate freshwater sources, leading to shortages of drinking water.

Ocean acidification is also a major concern caused by global warming and can have severe effects on marine life and the ecosystem. The increasing amount of carbon dioxide in the atmosphere due to human activities causes the ocean's pH level to decrease, resulting in more acidic water, known as ocean acidification. Since the ocean absorbs about a third of the carbon dioxide produced by human activities, the ocean's ability to regulate pH levels is affected, and the ocean becomes increasingly acidic.

Coral reefs, clams, oysters, and mussels are some of the marine species that can be severely affected by ocean acidification. The increasing acidity of the ocean water can make it difficult for these marine organisms to build their shells or skeletons, thus impacting their ability to survive.

Furthermore, ocean acidification can also lead to changes in the ocean's biodiversity as certain species may be more vulnerable to the ocean's increasing acidity.

Global warming is a major threat to biodiversity, contributing to the spread of invasive species, which can disrupt native ecosystems and push certain populations towards extinction.

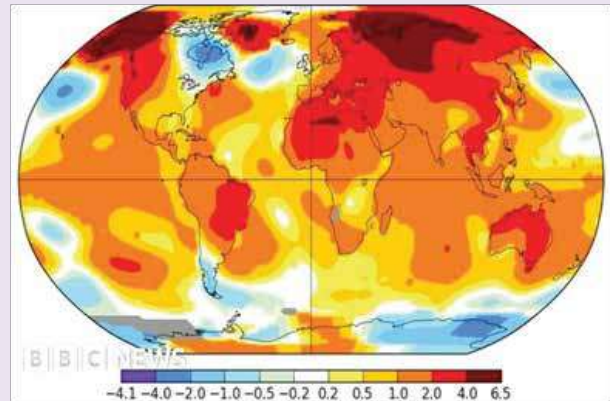
One of the most significant impacts of global warming is the loss of habitat, which can lead to population declines and ultimately extinctions. Temperature rises alter the timing of life-history events, such as nesting, which can lead to decreased survival and reproduction rates. Some species are also more sensitive to temperature extremes than others and may be unable to adapt to warming conditions. In addition, global warming can increase the severity and frequency of extreme weather events such as hurricanes, droughts, and wildfires, which can have significant impacts on ecosystems and the species that inhabit them.

Global warming is contributing to an increase in extreme weather events, such as heat



waves, droughts, floods, and hurricanes. The effects of global warming can further intensify existing extreme weather events and make them more frequent and severe, leading to a greater risk of harm to human's daily lives.

Extreme weather events are also becoming more frequent due to the impact of global warming on the Polar vortex. The Polar vortex is an atmospheric vortex that surrounds the Arctic. It helps to regulate the movement of cold air, and as global warming is weakening it, the cold air is penetrating further into the mid-latitudes, leading to more extreme and severe cold events, such as blizzards and ice storms.

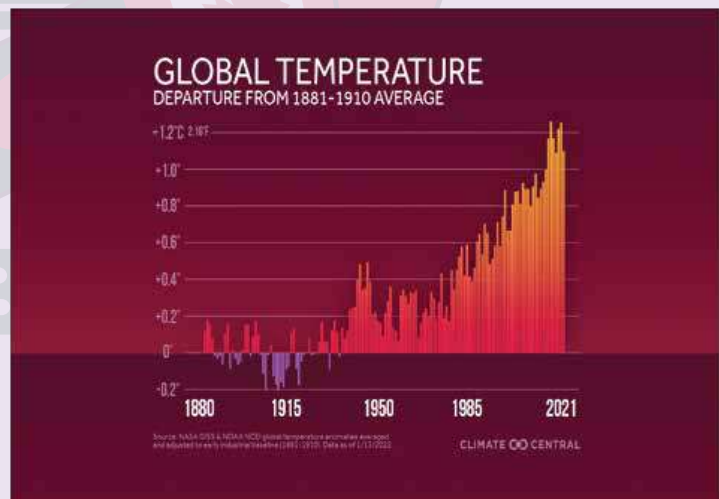


These extreme weather events can also lead to the displacement of people, damage to infrastructure, and harm to ecosystems and wildlife. They can also lead to economic problems and disrupt supply chains.

While the link between global warming and extreme weather events is still a topic of ongoing research, there is growing evidence that suggests a strong connection between rising temperatures and an increase in the frequency and severity of extreme weather.

Global warming is one of the major driving forces behind air pollution, as rising temperatures cause an increase in the amount of harmful chemicals in the atmosphere.

One of the main air pollutants that is affected by global warming is ozone. In the troposphere, ozone is known as a pollutant that can cause respiratory issues, such as coughing and shortness of breath. In the stratosphere, on the other hand, ozone acts as a protective layer against the sun's harmful ultraviolet radiation, preventing it from reaching the ground.



These are just a few examples of the many ways in which global warming is harming the environment. It's important for us to take steps to mitigate the impacts of global warming by reducing emissions of greenhouse gases and other pollutants, protecting and restoring natural habitats, and transitioning to clean and renewable energy sources.

### Solutions of Global Warming Issues

While not acting on global warming may seem like the easier and more convenient

choice in the short-term, Global warming poses a significant threat to our planet's environment and natural resources. Therefore, we must take immediate and decisive action to limit our carbon footprint and promote environmental sustainability to ensure a brighter future for generations to come.

Renewable energy sources are a key component in the fight against global warming, as they can help to reduce the dependency on fossil fuels and reduce greenhouse gas emissions.

Solar power is one of the most cost-effective and widely available renewable energy sources in the world. Solar panels can be installed on rooftops, in large solar farms, or in small-scale community solar projects. Solar power can generate electricity during daylight hours and can be stored in batteries for use during night-time.

Overall, renewable energy sources are a key solution to global warming, as they can help to reduce greenhouse gas emissions and reduce our dependency on fossil fuels

Improving energy efficiency is a key aspect of mitigating global warming. Energy efficiency refers to energy use in the most cost-effective and sustainable way possible, to reduce greenhouse gas emissions.

LED (light-emitting diode) lighting is one of the most efficient and cost-effective forms of lighting available today. LEDs use significantly less energy

than traditional incandescent light bulbs, and they last significantly longer as well. By implementing LED lighting, we can reduce the energy used for lighting, and reduce the amount of energy used in buildings and cities overall.

Energy-efficient appliances, such as refrigerators, washer, and dryer, can help to reduce energy consumption in households.

Overall, improving energy efficiency is a key aspect of mitigating global warming. By using energy in the most cost-effective and sustainable way possible, it is possible to reduce the amount of energy used.

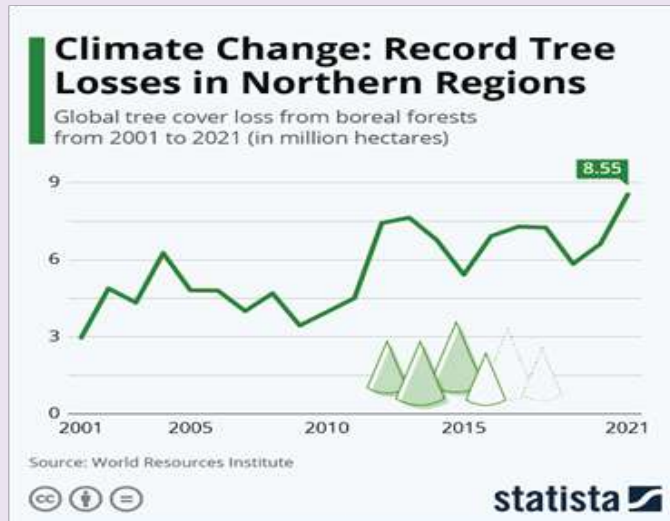
Green transportation, also known as sustainable transportation, is useful to reduce global warming along with creating a more sustainable and resilient transportation system.

Electric vehicles are one of the most well-known forms of green transportation, as they



emit no tailpipe emissions and can be powered by renewable energy sources such as solar or wind power.

Overall, green transportation is a key solution for global warming, as it reduces greenhouse gas emissions, creates a more sustainable and resilient transportation system, and provides a range of other benefits such as reducing traffic congestion and promoting active transportation.



Planting trees is a key solution for global warming. Trees play a vital role in capturing greenhouse gases, cooling the atmosphere, and reducing the impact of climate change.

Trees absorb carbon dioxide, they are one of the primary greenhouse gases responsible for global warming, from the atmosphere and store it in their branches, trunks, and roots. By planting trees, we can increase the amount of carbon sequestered in our ecosystems, reducing the amount of greenhouse gases in the atmosphere.

Trees provide shade, which helps to lower temperatures in urban areas, where the "urban heat island" effect creates higher temperatures than in surrounding rural areas.

Trees provide habitats for a wide range of animal and plant species, increasing the biodiversity of our ecosystems. By planting trees, we can help to create healthy and vibrant ecosystems, which are more resilient to the effects of climate change.

Trees act as natural air and water filters, removing pollutants such as particulate matter and harmful chemicals from the air and water. With more trees, we can improve the quality of our air and water.

Reducing deforestation can also have significant economic benefits, as forests are a key resource for many communities, providing a range of goods and services such as timber, non-timber forest products, and recreation opportunities.

Overall, planting trees and reducing deforestation is a key solution for global warming, as trees play a vital role in reducing temperatures, providing habitats for wildlife, improving air and water quality, and protecting against natural disasters.

## Conclusion

In conclusion, global warming is a significant issue that is impacting every aspect of our planet. Rising temperatures are causing severe consequences such as melting glaciers,



rising sea levels, extreme weather events, and losses in biodiversity. These impacts are not just limited to the environment, but are also affecting human health and well-being, food security, and economic growth.

The good news is that there are several things we can do to stop global warming. These solutions range from individual actions such as reducing our carbon footprint by driving less, using less electricity, and recycling more, to larger collective actions such as supporting renewable energy and sustainable infrastructure.

Overall, we must all realize that global warming is a major concern that requires urgent action. By making collective efforts to mitigate its impacts, we can help preserve our planet and secure a better future for generations to come.

## REFERENCE

*Introduction to Environmental Engineering (Fourth Edition); Mackenzie L. Davis, David A. Cornwell*

*Hazardous Waste Management; Michael D. LaGrega, Philip L. Buckingham, Jeffrey C. Evans, and Environmental Resources Management*

*Chemical Fate and Transport in the Environment (Second Edition); Harold F. Hemond, Elizabeth J. Fechner-Levy*

*Environmental Engineering – Fundamentals, Sustainability, Design; James R. Mihelcic, Julie Beth Zimmerman*

*Environmental Impact Assessment (Second Edition); Larry W. Canter*

*Boosting efficiency of mussel spat collection for ecological sustainability: Identifying critical drivers and informing management; Zhiyuan Zhao, Jacob J. Capelle, Jaco C. de Smit, Theo Gerkema, Johan van de Koppel, Lin Yuan, Tjeerd J. Bouma*

*Not all soil carbon is created equal: Labile and stable pools under nitrogen input; Huadong Zang, Imran Mehmood, Yakov Kuzyakov, Rong Jia, Heng Gui, Evgenia Blagodatskaya, Xingliang Xu, Pete Smith, Haiqing Chen, Zhaohai Zeng, Mingsheng Fan*

*Effects of Latent Heat Release from Single-Moment and Double-Moment Microphysical Schemes on the Simulated Intensity of Typhoon Songda; Wengfeng Xie, Xiaodian Shen, Baolin Jiang, Wenshi Lin, Yang Liu, Gang Wang*

*PPE pollution in the terrestrial and aquatic environment of the Chittagong city area associated with the COVID-19 pandemic and concomitant health implications; Md. Jainal Abedin, Mayeen Uddin Khandaker, Md. Ripaj Uddin, Md. Rezaul Karim, M. Shahab Uddin Ahamad, Md. Ariful Islam, Abu Mohammad Arif, Abdelmoneim Sulieman, Abubakr M. Idris*

# Integrating AI with Nanophotonics for Ultra-Fast Data Processing and Communication

Farin Ahmed



## Abstract

Leveraging the unparalleled speed and efficiency of light at the nanoscale, the integration of AI with nanophotonics is on the brink of revolutionizing the topography of data processing and communication. The ultra-fast, low-energy characteristics of nanophotonic devices combined with the potent computational capabilities of AI in this innovative synergy, which enables data transmission and processing at unprecedented rates. The efficiency of these devices in telecommunications, data centers, and beyond can be improved by optimizing their design and functionality with simultaneous deployment of AI algorithms. This leads to a significant enhancement in the overall effectiveness of digital communication networks, as well as the capacity to manage large data flows and reduce latency. The industry is at the onset of a new era in ultra-fast, intelligent data systems, which will fuel advancements across multiple sectors, such as cloud computing and real-time analytics, wherein simultaneous deployment of AI and nanophotonics will play the key role. In this paper we investigate the most recent developments in the integration of AI and nanophotonics, as well as pinpoint potential applications and future directions for this emergent technology. Furthermore, we address the difficulties and prospects that are linked to the implementation of AI-optimized nanophotonic systems.

## Introduction

The ever-growing demand for faster data processing and communication is pushing the boundaries of traditional electronics. A new frontier is emerging through the integration of Artificial Intelligence (AI) with nanophotonics. This exciting field combines the power of AI algorithms with the ultrafast nature of light manipulation at the nanoscale, offering the potential for revolutionary breakthroughs in data handling. By harnessing the unique properties of light and AI's ability to learn and adapt, researchers are developing novel photonic devices and systems capable of processing and transmitting information at unprecedented speeds. This integration holds the promise for a future of instantaneous communication, real-time data analysis, and significantly enhanced computing power.

## Recent Developments in AI and Nanophotonics

The merging of AI and nanophotonics is a revolutionary development that is on the

verge of revolutionizing the field of data processing and communication. The integration of these two technologies has the potential to substantially improve data flow management and reduce latency, thereby revolutionizing telecommunications, data centers, cloud computing, and real-time analytics.

Lamon et al. (2021) [1] investigated the potential of nanophotonics-enabled optical data storage to improve the storage and retrieval of vast quantities of data when combined with machine learning. This work is notable as it emphasizes the development of disruptive optical data storage techniques that can store petabytes of data on a single optical disk. The integration of machine learning algorithms enables these systems to perform new tasks including optimization of nanomaterials and design for next-generation data storage solutions, decode and extract information from images, and detect and forecast data patterns. Such incorporation is essential for the development of AI technology for enabling the writing and reading of optical data with high resolution, accuracy, and robustness. [1]

Peng et al. (2022) [2] reported a similar advancement where they introduced a compact photonic network that is specifically engineered for real-time AI processing in communication systems. They attempted to address the challenge of implementing AI models on peripheral devices, which require high throughput. Their solution combines a simplified convolutional neural network classifier with a silicon photonic recurrent neural network, resulting in a high degree of classification accuracy with a substantially reduced number of training parameters. This reduction in network size enables real-time processing with minimal latency, thereby illustrating the potential of photonic neural networks to improve communication systems by reducing power consumption and increasing processing speed. [2]

### **Applications in Telecommunications and Data Centers**

The integration of AI-optimized nanophotonic systems contains significant potential for telecommunications and data centers, where the capacity to manage large data flows and reduce latency is of the utmost importance. By employing AI algorithms to enhance the design and functionality of nanophotonic devices, these systems have the potential to significantly enhance the efficiency of digital communication networks. This results in a substantial enhancement in the overall efficacy of the network and the pace of data transmission.

Lee (2022) [3] highlights the significance of photonic circuits in the acceleration of computational systems, which are indispensable for AI applications that necessitate high bandwidth and low energy consumption. These circuits facilitate the dense integration of ultra-efficient optical transceivers, thereby addressing inefficiencies in off-package signaling. The continued scalability of AI applications can be facilitated by the implementation of photonic circuits in data centers, which can alleviate the thermal power density limitations of traditional processors and switches.



Hattori et al. (2021) [4] illustrates the ultra-fast inference processing capabilities of optical-electronic neural networks. Their proposed optical vector-matrix multiplication circuit employs wavelength division multiplexing, which enables ultra-wideband inference processing. They minimize power consumption without sacrificing speed or bandwidth by employing sparsely connected network structures. This development is essential for data centers that necessitate energy-efficient and high-speed processing capabilities.

### Challenges and Prospects

Despite the optimism for advancements, the merging of AI with nanophotonics continues to face challenges. The production of compact and efficient nanophotonic elements for spiking neural networks (SNNs) presents a substantial challenge. Romeira et al. (2023) [5] emphasize the significance of nanophotonic SNNs in the development of AI systems that are both power-efficient and inspired by the brain. These systems demand excitable subwavelength devices that are like neurons and capable of high-speed activity. Although the fabrication of such devices is mainly unexplored [5], early efforts by Anis Rahman (2011) demonstrated a number of critical devices, elements, and their integration on a photonic chip termed as the nanoPhotonic Integrated Circuit (nPIC) that can be fabricated from a new nanomaterial called dendrimer [6]. In a US patent awarded in 2011, Rahman disclosed the details of nanophotonic integrated circuit devices. In particular, an electro-optic dendrimer waveguide for electrooptic sensor applications was demonstrated. A terahertz system for detecting and imaging objects is implemented using electro-optic dendrimer-based terahertz emitters and probing sensors [6].

Romeira et al. [5] also identify the primary obstacles, initial successes, and prospects associated with the development of a critical photonic neuro-architecture that utilizes integrated spiking nodes that are constructed from nanoscale resonant tunneling diodes (nanoRTDs). These nanoRTDs function as nonlinear artificial neurons that are capable of high-speed spiking. Neuron emitter and receiver spiking nodes can be achieved through the monolithic integration of nanoRTDs with nanoscale light-emitting diodes, nanolaser diodes, and nanophotodetectors. This design would satisfy the primary criteria for effective nano-optoelectronic spiking operation by ensuring a small footprint, rapid operation, and minimal power usage. It is anticipated that the processing and transmission capabilities of next-generation AI applications will be considerably enhanced by future advancements in neuromorphic spiking photonic nanocircuits.

### Environmental and Sustainability Considerations

It is essential to evaluate the environmental and sustainability consequences of these technologies as the merging of AI with nanophotonics continues to develop. Addressing these concerns is crucial for the development of sustainable solutions, as both the manufacturing and use of nanophotonic devices and AI systems have the possibility of

significantly impacting the environment.

**Low Power Consumption:** Nanophotonic devices are naturally energy-efficient because they rely on light for data transmission and processing. This efficacy is essential for the reduction of the overall electrical consumption of data centers and communication networks, that are substantial contributors to global energy consumption [7].

**Optimization through AI:** The electrical power usage of nanophotonic systems can be optimized by utilizing AI algorithms. AI can assist in the reduction of energy consumption while simultaneously ensuring optimal performance by constantly altering the operational settings of these devices [1].

**Material Sustainability:** One of the main reasons that the photonics technology lags behind its electronic counter part is the fact that there is a lack of suitable photonic material that would allow designing and fabrication of PICs. While silicon is a workhorse material for electronic device fabrication, photonics needs such a material for versatile fabrication of different elements and photonic integrated circuit. Rahman (2011) [6] first demonstrated that dendrimer fits the need for PIC fabrication, including optical amplifier, modulator, mux/demux, and interconnects. Since

silicon is not suitable for intricate photonics, dendrimer has been dubbed as “silicon for photonics.” Further work is ongoing.

**Lifecycle Management:** It is essential to establish methods to manage every stage of nanophotonic devices, from production to discharge. This encompasses the development of materials that are secure for disposal, recyclable, and long-lasting to reduce environmental impact [8]. It is recommended to take these environmental and sustainability factors into account to guarantee that the integration of AI with nanophotonics makes a positive contribution to the global initiative to develop more sustainable and environmentally friendly technologies.

### Future Directions

Future research should concentrate on the challenges associated with the merging of AI with nanophotonics and the exploration of novel applications for this technology that is rapidly evolving. Muskens et al. (2023) [9] proposed that deep learning can be employed to develop nanophotonic devices that are more efficient. Lian et al. (2022) [10] reported a review of emerging nanophotonic devices that possess memory capabilities, emphasizing the potential for unconventional computing methodologies. These devices are equipped with tunable mechanisms that facilitate high-bandwidth, energy-efficient, and rapid data processing.

## Conclusion

The integration of AI with nanophotonics is a revolutionary approach to data processing and communication that has the potential to revolutionize a variety of sectors by substantially improving data storage, retrieval, and transmission speeds, while simultaneously reducing energy consumption and latency. Recent developments have demonstrated that AI algorithms can enhance the performance and scalability of nanophotonic devices, thereby facilitating the development of next-generation intelligent data systems. Nevertheless, the integration of AI with efficient nanophotonic elements and the development of such elements continue to pose a challenge, requiring ongoing research and innovation in architectures, hardware technologies, and device design. The next phase of AI and nanophotonics is highly auspicious, with significant potential for growth and innovation. This integration is anticipated to significantly influence the growth of digital communication networks and advanced data processing technologies by facilitating the development of better-performing, high-speed, and low-energy data processing and communication systems as new technologies emerge.

[1] Lamon, S., Zhang, Q., & Gu, M. (2021). Nanophotonics-enabled optical data storage in the age of machine learning. *APL Photonics*, 6(11).

[2] Peng, H. T., Lederman, J. C., Xu, L., De Lima, T. F., Huang, C., Shastri, B. J., ... & Prucnal, P. R. (2022). A photonics-inspired compact network: toward real-time AI processing in communication systems. *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, 28(4: Mach. Learn. in Photon. Commun. and Meas. Syst.), 1-17.

[3] B. G. Lee, "Photonic Circuits for Accelerated Computing Systems," in *European Conference on Optical Communication (ECOC) 2022*, J. Leuthold, C. Harder, B. Offrein, and H. Limberger, eds., Technical Digest Series (Optica Publishing Group, 2022), paper Tu1F.4.

[4] Hattori, N., Masuda, Y., Ishihara, T., Shiomi, J., Shinya, A., & Notomi, M. (2021). Optical-electronic implementation of artificial neural network for ultrafast and accurate inference processing. *OPTO*.

[5] Romeira, B., Adão, R., Nieder, J. B., Al-Taai, Q., Zhang, W., Hadfield, R. H., ... & Offrein, B. J. (2023). Brain-inspired nanophotonic spike computing: challenges and prospects. *Neuromorphic Computing and Engineering*, 3(3), 033001.

[6] Rahman, Anis, "Dendrimer Based Electro-Optic Sensor," US patent No. 7919755 B2, 2011. [7] Romeira, B., Adão, R., Nieder, J. B., Al-Taai, Q., Zhang, W., Hadfield, R. H., ... & Offrein, B. J. (2023). Brain-inspired nanophotonic spike computing: challenges and prospects. *Neuromorphic Computing and Engineering*, 3(3), 033001.

[8] Peng, H. T., Lederman, J. C., Xu, L., De Lima, T. F., Huang, C., Shastri, B. J., ... & Prucnal, P. R. (2022). A photonics-inspired compact network: toward real-time AI processing in communication systems. *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, 28(4: Mach. Learn. in Photon. Commun. and Meas. Syst.), 1-17.

[9] Muskens, O. L., Radford, T., Dinsdale, N., Wiecha, P., & Politi, A. (2023, March). Deep-learning enabled design of the flow of light in complex nanophotonic devices. In *Smart Photonic and Optoelectronic Integrated Circuits 2023* (p. PC124250D). SPIE.

[10] Lian, C., Vagionas, C., Alexoudi, T., Pleros, N., Youngblood, N., & Ríos, C. (2022). Photonic (computational) memories: tunable nanophotonics for data storage and computing. *Nanophotonics*, 11(17), 3823-3854.



## Glimpses of FOBANA Seminar 2024









