

বাংলাদেশে তথ্য ও যোগাযোগ প্রযুক্তি আন্দোলনের পথিকৃৎ

কমপিউটার

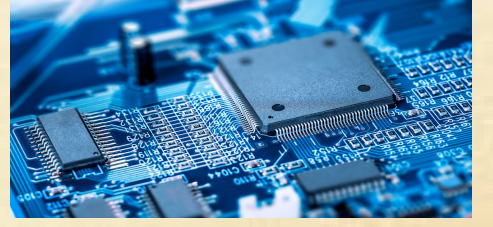
প্রতিষ্ঠাতা: অধ্যাপক আবদুল কাদের

THE MONTHLY
COMPUTER JAGAT
Leading the ICT Movement in Bangladesh

জগৎ

মার্চ ২০২৫ বছর ৩৪ সংখ্যা ১১

March 2025 YEAR 34 ISSUE 11



চিপ যুদ্ধ সেমিকন্ডাক্টর শিল্পের সম্ভাবনা
বিশ্ব বাজার এবং বাংলাদেশ প্রেক্ষাপট



ডিজিটাল জীবনমান
ও প্রযুক্তির ব্যবহার

আর্টিফিসিয়াল
ইন্টেলিজেন্স
পৃথিবীকে কোথায় নিয়ে যাবে!





INDUSTRY-LEADING MEMORY SOLUTIONS

FLASH DRIVE | SSD | RAM



সম্পাদনা উপদেষ্টা ডাঃ এম এম মোরতাজেজ আমিন
নির্বাহী সম্পাদক মোহাম্মদ আব্দুল হক অনু
প্রধান নির্বাহী মোঃ আবদুল ওয়াহেদ তমাল
সহকারী কারিগরি সম্পাদক নুসরাত আক্তার
সম্পাদনা সহযোগী সালাহ উদ্দিন মাহমুদ
বিশেষ প্রতিনিধি ইমদাদুল হক

প্রযুক্তির ব্যবহার ও কৃষির উন্নতি

বাংলাদেশ কৃষি প্রধান দেশ। আধুনিক কৃষি দেশের কৃষিপদ্ধতির একটি আধুনিক ব্যবস্থা। স্মার্ট কৃষি বলতে খামারে কৃষির উৎপাদন বৃদ্ধিতে বিভিন্ন ডিভাইস; যেমন সেন্সর, লোকেশন সিস্টেম, অটোমেশন, রোবটিকস এবং কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তার (এআই) মতো আধুনিক প্রযুক্তির ব্যবহারকে বোঝায়। স্মার্ট কৃষি হলো মূলত বিশ্বে ক্রমবর্ধমান জনসংখ্যার জন্য অল্প পরিমাণ জমিতে বেশি খাদ্যোৎপাদন। বিশেষ করে এটি প্রাকৃতিক সম্পদ ও কৃষি ডিভাইসগুলোর দক্ষ ব্যবহার নিশ্চিত করে জমির সর্বোত্তম ব্যবহার এবং পরিবেশ ব্যবস্থাপনার মাধ্যমে ফলন বৃদ্ধি করতে সক্ষম করে তোলে।

স্মার্ট কৃষির তিনটি প্রধান উদ্দেশ্য হলো টেকসই কৃষি উৎপাদনশীলতা ও আয় বৃদ্ধি, জলবায়ু পরিবর্তনের সঙ্গে খাপ খাওয়ানো ও স্থিতিস্থাপকতা তৈরি, গ্রিনহাউস গ্যাস নির্গমন হ্রাস অথবা অপসারণ করা। স্মার্ট কৃষির চূড়ান্ত লক্ষ্য হলো কৃষির আধুনিকায়ন ও যান্ত্রিকীকরণের মাধ্যমে শস্যের গুণগত মান ও পরিমাণ বৃদ্ধি এবং মানবশ্রমকে যথাযথ ব্যবহার করা।

বহুমুখী কৃষিপণ্য উৎপাদন ও কৃষির সাফল্যের জন্য বহির্বিপ্লবের কাছে বাংলাদেশ একটি রোল মডেল। বৈচিত্র্যময় কৃষিপণ্য উৎপাদন ও রপ্তানির জন্য বাংলাদেশ বহির্বিপ্লবের জন্য একটি অনন্য উদাহরণ হয়ে উঠতে পারে। এ জন্য দরকার স্মার্ট কৃষির সফল বাস্তবায়ন। বাংলাদেশের প্রক্ষাপটে স্মার্ট কৃষির গুরুত্ব অনেক। আমাদের দেশের খাদ্য উৎপাদন ব্যবস্থা প্রান্তিক ধরনের। বাংলাদেশে খাদ্যশস্য চাষের জন্য বৃষ্টিপাতের ওপর নির্ভর করতে হয়।

জলবায়ু পরিবর্তনের ফলে বৃষ্টিপাত, বাষ্পীভবন, জলাবদ্ধতা এবং মাটির আর্দ্রতা ভিন্ন ধারায় পরিবর্তিত হয়েছে। বর্ধিত খরা ছোট এবং প্রান্তিক খামারগুলোতে পর্যাপ্ত খাদ্য উৎপাদন ঝুঁকিতে ফেলছে, যে কারণে অর্থনৈতিক, রাজনৈতিক ও সামাজিক বিপর্যয় বেড়ে যাচ্ছে। অন্যদিকে পরাগায়ণ এবং শস্য উৎপাদনের সময় আর্দ্রতার চাপ বেশির ভাগ ফসলের ক্ষতি করে। এ ধরনের ক্ষেত্রে স্মার্ট কৃষির মাধ্যমে জমির সঠিক তথ্য নিশ্চিত করে উৎপাদনশীলতা বৃদ্ধি এবং সব ধরনের সম্ভাব্য কৃষি ঝুঁকি রোধ করা সম্ভব হবে। স্মার্ট কৃষির ফলে স্প্রে অপচয় কমানো থেকে শুরু করে জ্বালানি অর্থনীতির উন্নতি সাধন করা সম্ভব।

কৃষক তাঁদের খামারের খাদ্য উৎপাদন প্রক্রিয়াগুলো যথাসময়ে করতে পারবেন এবং দূর থেকে রিমোট সেন্সিংয়ের মাধ্যমে কৌশলগত সিদ্ধান্ত নিতে পারবেন। আমাদের দেশে স্মার্ট কৃষি বাস্তবায়নের অনেক সুযোগ রয়েছে, যার মাধ্যমে বেশ কিছু সুবিধা পাওয়া সম্ভব। যেমন স্মার্ট কৃষির মাধ্যমে প্রতি একর জমিতে সব ফসলের উৎপাদনশীলতা বৃদ্ধি, উৎপাদন ব্যবস্থাপনা দ্রুততর করা, সরবরাহব্যবস্থাকে স্মার্ট ও যান্ত্রিকীকরণের মাধ্যমে খাদ্য নিরাপত্তা নিশ্চিত করা সম্ভব। এ ছাড়া চাষাবাদ থেকে শুরু করে বাজারজাতকরণ সব ক্ষেত্রে স্মার্ট প্রযুক্তি ব্যবহার; যেমন রিমোট কন্ট্রোল, অটোমেশন, অপারেটেড রাইস ট্রান্সপ্লান্টার, কম্বাইন হারভেস্টার ব্যবহার, বীজ বপন যন্ত্রের ব্যবহার, ড্রোন ব্যবহার, স্মার্ট সয়েল ময়েচার সেন্সর ব্যবহার, পিএইচ সেন্সর ব্যবহার করে পর্যাপ্ত ব্যবস্থাপনার মাধ্যমে কৃষিতে ফলন বৃদ্ধি করা সম্ভব। রিমোট সেন্সিং এবং জিআইএস প্রযুক্তির মাধ্যমে ক্ষতিকর পোকামাকড় ও রোগের পূর্বাভাস প্রদান ও দমন ব্যবস্থাপনা, রোবটিকস ইত্যাদি ব্যবহারে কম খরচে অধিক ফলন ও স্মার্ট সেচ ব্যবস্থা বাস্তবায়নে নির্দিষ্ট ল্যান্ডস্কেপ চাহিদা মেটাতে স্বয়ংক্রিয়ভাবে পানি দেওয়ার সময়সূচি এবং সঠিক ও প্রয়োজনীয় পরিমাণ পানি সরবরাহ নিশ্চিত করা যাবে।

স্মার্ট কৃষিকে বাস্তবায়ন করতে কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা (এআই) সহ বিভিন্ন প্রযুক্তি ব্যবহার করা যেতে পারে। যেমন এআই ব্যবহার করলে ফসলের রোগ ও পোকামাকড় শনাক্তকরণ এবং সেগুলো দমন সম্ভব। এটি জলবায়ু পরিবর্তনের কারণে অনাকাঙ্ক্ষিত আবহাওয়া, রোদ, বৃষ্টি, ঝড়, বন্যার আগাম বার্তা দিয়ে ফসলকে রক্ষা করবে। একই সঙ্গে জলবায়ু পরিবর্তনের কারণে অনাকাঙ্ক্ষিত পোকামাকড় ও রোগ থেকে ফসল রক্ষার পূর্বাভাস জানিয়ে ফসলকে রক্ষা করবে। ফলে কৃষকের সময়, খরচ ও ফসল বাঁচবে। এ ছাড়া ইন্টারনেট অব থিংস (আইওটি) প্রযুক্তি ব্যবহার করে কৃষির অভাবনীয় সাফল্য অর্জন করা সম্ভব। মাল্টি-ইউটিলিটি এরিয়াল প্ল্যাটফর্মের মাধ্যমে সরাসরি বীজ বপন, সার প্রয়োগ এবং পরাগায়ণ সম্ভব, যা কৃষির উৎপাদন বৃদ্ধিতে সহায়তা করবে।

লেখক সম্পাদক

• প্রকৌশলী তাজুল ইসলাম • সৈয়দ হাসান মাহমুদ • সৈয়দ হোসেন মাহমুদ • মোঃ আবদুল ওয়াজেদ

300Mbps Multi-Mode 5 in 1 Mesh Router

Router | Access Point | Extender | WISP | Mesh Satellite Multi-mode

5-In-1 Multi-Mode

WIREGUARD

2x2MIMO

MODEL
WR300



Call For Details:
+880 1977 476 546

৩. সূচিপত্র

৫. সম্পাদকীয়

৬. আর্টিফিসিয়াল ইন্টেলিজেন্স

পৃথিবীকে কোথায় নিয়ে যাবে!

বর্তমানে বিশ্বব্যাপী বহুল আলোচিত বিষয়গুলোর অন্যতম একটি হলো আর্টিফিসিয়াল ইন্টেলিজেন্স (এআই) বা কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা। এটি বিশ্বের সামগ্রিক গতিপ্রকৃতি ও মানুষের চিন্তাভাবনায় আমূল পরিবর্তন এনেছে। প্রযুক্তি কোম্পানিগুলো আগেও কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা ব্যবহার করলেও বর্তমানে অন্যান্য খাতেও এর বহুল ব্যবহার ক্রমাগত বৃদ্ধি পেয়েছে। তরুণ উদ্যোক্তাদের হাত ধরে বাংলাদেশেও শুরু হয়েছে কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তার ব্যবহার। বেসরকারি খাতে এর ব্যাপক ব্যবহারের পাশাপাশি সরকারি খাতেও অত্যাধুনিক এ প্রযুক্তি ব্যবহৃত হচ্ছে।

বিজ্ঞানীদের পূর্বাভাস অনুযায়ী, চিকিৎসাসেবা, অফিস-আদালত, শিল্পকারখানা, সংবাদ সংস্থা বা গণমাধ্যম, ভাষান্তর প্রক্রিয়া, টেলিফোন সেবা, বৈজ্ঞানিক গবেষণা, হোটেল-রেস্তোরাঁ, বিপণিবিতানসহ বিভিন্ন গুরুত্বপূর্ণ কর্মক্ষেত্রে কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তার ব্যবহার পরিলক্ষিত হচ্ছে। বাংলাদেশের টেলিযোগাযোগ, মোবাইল ফোন অপারেটর, ব্যাংক, অনলাইন ও কৃষি খাতসহ অনেক খাতেই এর উপযোগিতায় ভালো ফল পাওয়া যাচ্ছে বলে সংশ্লিষ্টদের দাবি। ইত্যাদি বিষয় নিয়ে আলোচনা করেছেন হীরেন পণ্ডিত।

১২. ডিজিটাল জীবনমান ও প্রযুক্তির ব্যবহার

ভার্চুয়াল প্রাইভেট নেটওয়ার্কের সংক্ষিপ্ত রূপ হলো ভিপিএন। এটি এমন এক ধরনের নেটওয়ার্ক কাঠামো, যার মাধ্যমে ব্যক্তিগত নেটওয়ার্ক দিয়ে ভার্চুয়াল টানেলের সাহায্যে অন্য এক বা একাধিক নেটওয়ার্কিংয়ের সঙ্গে সংযোগ স্থাপনের সুযোগ মেলে। ইন্টারনেট ব্যবহারে নিজের ব্যক্তিগত সুরক্ষা, নিরাপত্তা বাড়ানো ও অপ্রবেশযোগ্য কনটেন্ট দেখার জন্য বাংলাদেশসহ বিশ্বের বিভিন্ন দেশে দিন দিন

জনপ্রিয় হয়ে উঠেছে ভিপিএন। প্রযুক্তি বিশারদদের মতে, এটি অনলাইন কার্যক্রমের সুরক্ষা নিশ্চিত করে একটি চাদর। তবে ভিপিএন ব্যবহার করা অবস্থায় ব্যাংক কিংবা অন্য কোনো মাধ্যমে যেকোনো ধরনের আর্থিক লেনদেন থেকে বিরত থাকার পরামর্শ দিয়েছেন বিশেষজ্ঞরা। ভিপিএন-এর ব্যবহার ভার্চুয়াল প্রাইভেট নেটওয়ার্ক (ভিপিএন ইন্টারনেটের একটি ভার্চুয়াল) 'টানেল'। যার মাধ্যমে ডাটা কম্পিউটার থেকে আদান প্রদান করতে পারে। এই ভার্চুয়াল কাল্পনিক সুড়ঙ্গটির মাধ্যমে একটি ভিন্ন অঞ্চলে অবস্থিত প্রাইভেট নেটওয়ার্ক এর সঙ্গে ডিভাইসকে সংযুক্ত করা সম্ভব।

ফলে ব্যবহারকারী তার ইন্টারনেট ব্যবহারের তথ্যাদি গোপন রাখতে পারে এবং নিজের ব্যক্তিগত নিরাপত্তা নিশ্চিত করতে পারে। এক্ষেত্রে লক্ষ্যণীয়, অন্য একটি অঞ্চলের নেটওয়ার্ক ব্যবহার করার জন্য ইন্টারনেট ব্যবহারকারীকে স্বশরীরে সেখানে উপস্থিত থাকতে হচ্ছে না, বরং ভার্চুয়ালভাবেই একটি সফটওয়্যার এর মাধ্যমে সেই ভিন্ন অঞ্চলের প্রাইভেট নেটওয়ার্ক এর সঙ্গে সংযুক্ত হতে ব্যবহার করতে পারছে। এজন্যই এটির নামকরণ করা হয়েছে ভার্চুয়াল প্রাইভেট নেটওয়ার্ক (ভিপিএন)।

এ জন্যই ভিপিএনের এত জনপ্রিয়তা। তবে মনে হতে পারে, এগুলো হয়তো বিশ্বজুড়ে অবাধে ব্যবহৃত হয়। কিন্তু না, বেশ কিছু দেশ আছে যেখানে ভিপিএন ব্যবহারকে অবৈধ হিসেবে গণ্য করা হয়। বেশ কিছু দেশে ভিপিএন ব্যবহার নিষিদ্ধ করেছে। আসুন দেখে নেওয়া যাক এই দেশগুলো সম্পর্কে। ইত্যাদি বিষয় নিয়ে আলোচনা করেছেন হীরেন পণ্ডিত।

১৭. চিপ যুদ্ধ সেমিকন্ডাক্টর শিল্পের সম্ভাবনা বিশ্ব বাজার এবং বাংলাদেশ প্রেক্ষাপট

মাইক্রোচিপকে আধুনিক বিশ্বের নতুন তেল সম্পদ বলে অ্যাখ্যা দেয়া হয়। নিউইয়র্ক টাইমস'র বেস্টসেলার বই 'চিপ ওয়ারঃ দ্য ফাইট ফর দ্য ওয়ার্ল্ডস মোস্ট ক্রিটিক্যাল

Advertisers' INDEX

02 Global Brand

04 Global Brand

46 UCC

টেকনোলজি' লেখক ক্রিস মিলার তার বইতে ২১ শতকের যুদ্ধ হিসেবে চিপ যুদ্ধের কথা বলেছেন। তিনি বলেন, চিপ এমন একটি দুর্লভ এবং প্রয়োজনীয় সম্পদ, যেটা আধুনিক বিশ্বের জ্বালানী হিসেবে কাজ করবে। অর্থনৈতিক কিংবা ভূরাজনৈতিক এবং মিলিটারি ক্ষেত্রে মাইক্রোচিপ বা সেমিকন্ডাক্টর বর্তমানে আলোচনার কেন্দ্রবিন্দুতে স্থান পাচ্ছে। কভিড-১৯ করোনা মহামারীর সময়ে চিপ সরবরাহে বড় সমস্যার তৈরি হয়, যার মূল কারণ হিসেবে তখন খেয়াল করা হয় বিশ্বের ৯০ শতাংশ উন্নত চিপ এশিয়াতে উৎপন্ন হয় এবং সরবরাহ চেইনে প্রবল সংকটটি ২০২১ সালেও চলমান থাকে। ২০২২ সালে প্রকাশিত ক্রিস মিলার'র বইটিতে উঠে আসে ভবিষ্যতে চিপ ব্যবহারের আধিক্যতা এবং কিভাবে ব্যবসা-বানিজ্য থেকে শুরু করে আমাদের দৈনন্দিন জীবনে কম্পিউটার, ইলেকট্রনিক্স'র মতন বিভিন্ন ক্ষেত্রে চিপ বা সেমিকন্ডাক্টর ব্যবহার নিয়ে কি তুমুল প্রতিযোগিতা শুরু হবে, বিশেষ করে চীন এবং মার্কিন যুক্তরাষ্ট্র'র মধ্যে। ২০২৪ সালে সেমিকন্ডাক্টরের বাজার ৬৮১.০৫ বিলিয়ন মার্কিন ডলার ছিল, ম্যাককিনসে'র হিসেবে ২০৩০ সালে সারা বিশ্বে ১ ট্রিলিয়ন মার্কিন ডলার'র সেমিকন্ডাক্টর বাজার তৈরি হবে। সেমিকন্ডাক্টর কি

সেমিকন্ডাক্টর হলো এমন পদার্থ যার একটি পরিবাহী এবং একটি অন্তরকের মধ্যে বৈদ্যুতিক পরিবাহিতা রয়েছে। বেশিরভাগ ক্ষেত্রে সেমিকন্ডাক্টর সিলিকন, জার্মেনিয়াম অথবা অন্যান্য উপকরণ থেকে তৈরি করা হয় যেগুলোর বাইরের শেলে চারটি করে ভ্যালেন্স ইলেকট্রন থাকে, যাদের প্রায়সময়ই ট্রেটাভ্যালেন্ট পদার্থ বলে। ট্রেটাভ্যালেন্ট পদার্থ সেমিকন্ডাক্টর ব্যবহারে আদর্শ, কারণ তারা ট্রেটাভ্যালেন্ট অন্যান্য পদার্থের সাথে সমযোজী বন্ধন গঠন করতে পারে, একটি স্থিতিশীল জালি কাঠামো তৈরি করে যা নিয়ন্ত্রিত বৈদ্যুতিক পরিবাহিতাকে অনুমতি প্রদান করে। ইত্যাদি বিষয় নিয়ে আলোচনা করেছেন নাজমুল হাসান মজুমদার।

২৬. কমপিউটার জগৎ খবর

আর্টিফিসিয়াল ইন্টেলিজেন্স পৃথিবীকে কোথায় নিয়ে যাবে!

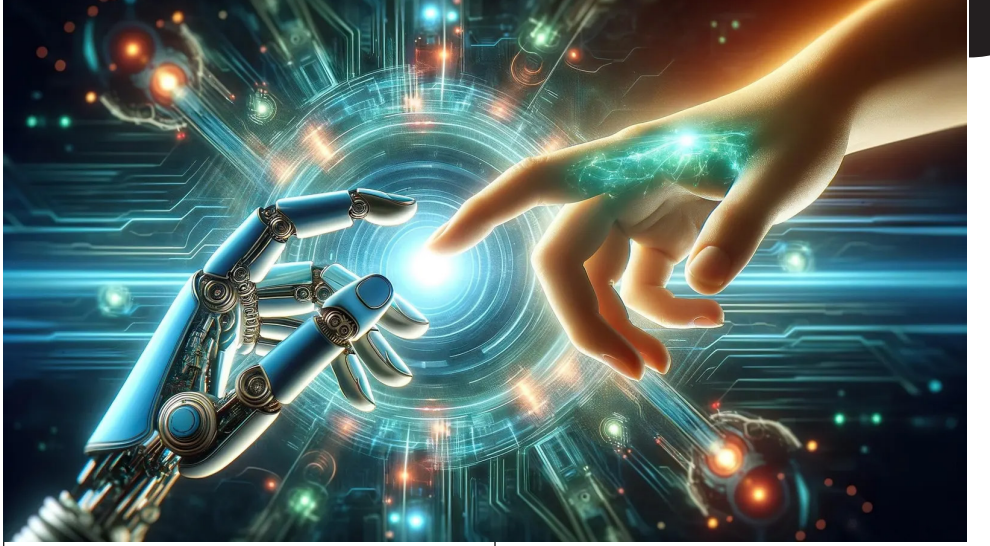
হীরেন পণ্ডিত

বর্তমানে বিশ্বব্যাপী বহুল আলোচিত বিষয়গুলোর অন্যতম একটি হলো আর্টিফিশিয়াল ইন্টেলিজেন্স (এআই) বা কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা। এটি বিশ্বের সামগ্রিক গতিপ্রকৃতি ও মানুষের চিন্তাভাবনায় আমূল পরিবর্তন এনেছে। প্রযুক্তি কোম্পানিগুলো আগেও কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা ব্যবহার করলেও বর্তমানে অন্যান্য খাতেও এর বহুল ব্যবহার ক্রমান্বয়ে বৃদ্ধি পেয়েছে। তরুণ উদ্যোক্তাদের হাত ধরে বাংলাদেশেও শুরু হয়েছে কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তার ব্যবহার। বেসরকারি খাতে এর ব্যাপক ব্যবহারের পাশাপাশি সরকারি খাতেও অত্যাধুনিক এ প্রযুক্তি ব্যবহৃত হচ্ছে।

বিজ্ঞানীদের পূর্বাভাস অনুযায়ী, চিকিৎসাসেবা, অফিস-আদালত, শিল্পকারখানা, সংবাদ সংস্থা বা গণমাধ্যম, ভাষান্তর প্রক্রিয়া, টেলিফোন সেবা, বৈজ্ঞানিক গবেষণা, হোটেল-রেস্তোরাঁ, বিপণিবিতানসহ বিভিন্ন গুরুত্বপূর্ণ কর্মক্ষেত্রে কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তার ব্যবহার পরিলক্ষিত হচ্ছে। বাংলাদেশের টেলিযোগাযোগ, মোবাইল ফোন অপারেটর, ব্যাংক, অনলাইন ও কৃষি খাতসহ অনেক খাতেই এর উপযোগিতায় ভালো ফল পাওয়া যাচ্ছে বলে সংশ্লিষ্টদের দাবি।

মানুষের সহজাত বুদ্ধিমত্তার সঙ্গে যান্ত্রিক বুদ্ধিমত্তার যোগসূত্র না থাকলে পরবর্তী শতকে যাওয়া দুষ্কর। ‘অ্যাপভিউক নানা ধরনের সেবাও খুব জনপ্রিয় হয়ে উঠেছে। দৈনন্দিন কাজ, উৎপাদন, বিক্রি, বিপণন এমন নানা স্তরে সময়, শ্রম ও ব্যয় কমানোর জন্য এখন অনেকেই প্রযুক্তিকে বেছে নিচ্ছেন। বড় কোম্পানিগুলো ইআরপি (এন্টারপ্রাইজ রিসোর্স প্ল্যানিং) সফটওয়্যার ব্যবহার করছে। তবে ক্ষুদ্র ও মাঝারি শিল্পের উদ্যোক্তার (এসএমই) একটি বড় অংশই মোবাইল অ্যাপ্লিকেশন ব্যবহার করছে।

মহামারি মোকাবিলা থেকে নানা কাজে কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তার (এআই) নানামুখী ব্যবহার দেখছে বিশ্ব। ‘আগামী দিনে ব্যবসার ধারণা আমূল পাল্টে দেবে কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তানির্ভর নানা প্ল্যাটফর্ম। আগামী দিনগুলোয় চিকিৎসাসেবায়, অফিস-আদালতে, শিল্প-কারখানায়, সংবাদ সংস্থা বা গণমাধ্যমে, ভাষান্তর প্রক্রিয়া, টেলিফোনসেবা, বৈজ্ঞানিক গবেষণায়, হোটেল-রেস্তোরাঁ এমনকি বিপণিবিতানসহ বিভিন্ন গুরুত্বপূর্ণ কর্মক্ষেত্রে কৃত্রিম



বুদ্ধিমত্তাসম্পন্ন যন্ত্র বা রোবটের ব্যাপক ব্যবহারের আভাস দিচ্ছেন বিজ্ঞানীরা। এর সঙ্গে খাপ খাইয়ে নিতেও আমাদের রিস্কলিং এবং আপস্কলিং করতে হবে।

চতুর্থ শিল্পবিপ্লবের মধ্য দিয়ে কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা সাংস্কৃতিক পরিবর্তনের জানান দিচ্ছে। অতীতে যন্ত্র মূলত মানুষের শ্রমকে প্রতিস্থাপন করত। ক্যালকুলেটর ও কম্পিউটারের মাধ্যমে গণনা করা যায় ঠিক, কিন্তু চিন্তা করে মানুষই। কিন্তু কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা শক্তি ও চিন্তা এ দুই জায়গায় মানুষকে সরাসরি প্রতিস্থাপন করবে। তবে এখন পর্যন্ত আসা প্রযুক্তি অনেক কাজকে অপ্রয়োজনীয় করে দিলেও নতুনভাবে আবার কর্মক্ষেত্রে তৈরি করেছে। লন্ডনভিত্তিক ডিজিটাল আর্টিস্ট অ্যানা রিডলার জানায়, এআইয়ের অক্ষমতা কোন কোন জায়গায় রয়েছে। এআই কনসেপ্ট বা ধারণা ব্যবহার করতে পারে না।

সময়, স্মৃতি, চিন্তা, আবেগ— এসবের মিশ্রণ মানুষের অনন্য দক্ষতা যা এআইয়ের কাজ থেকে তাদের কাজকে আলাদা করে। নিছক দেখতে সুন্দর এমন কিছু নয়, মানুষের এসব বৈশিষ্ট্য সত্যিকারের ‘চিত্রশিল্প’ তৈরি করে। অ্যানা এবং আরেক ডিজিটাল আর্টিস্ট ম্যাট ড্রাইহাস্ট মনে করেন, এআইয়ের ‘শিল্পী প্রতিস্থাপন’-এর ধারণা মানুষের শৈল্পিক প্রক্রিয়াকে অবমাননা করে। মেশিন লার্নিংয়ের কারণে কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তাসম্পন্ন যন্ত্র চারপাশের পরিবেশ থেকে স্বয়ংক্রিয়ভাবে শিখতে

পারে।

ডিজিটাল প্রযুক্তি, কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা এবং ইন্টারনেট অব থিংসের অগ্রগতির দ্বারা চালিত বিশ্ব অর্থনীতির চলমান রূপান্তরকে চতুর্থ শিল্পবিপ্লব বলা হয়। মানুষের সবচেয়ে বেশি শক্তির স্থান চিন্তা ও কল্পনা করার সক্ষমতা, কায়িক শ্রম নয়। বিশ্বায়নের এই যুগে প্রযুক্তির সহায়তা পেয়ে মানুষের চিন্তা ও কল্পনার জায়গা অনেকটাই সরল ও সংকীর্ণ হয়েছে। এটা ঠিক যে, অনিবার্যভাবে এটি আমাদের ভবিষ্যৎ পাল্টে দেবে। যে কারণে এটি যুগপৎ বিষয় ও ভীতি তৈরি করেছে।

চলচ্চিত্র নির্মাতাদেরও কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা সুবিধা করে দিচ্ছে। এ প্রসঙ্গে অনেকে মিত্র বলেন, আসল বিষয় হলো বাজেট। যদি বাজেট ও ইকুইপমেন্ট থাকে, তাহলে হয়তো আমিও শূট করতাম ওই দৃশ্যের। বিশাল ইউনিটকে এক জায়গায় জড়ো করে লোকেশনে নিয়ে গিয়ে কয়েকদিন শূটের যথেষ্ট খরচ আছে। বিকল্প হিসেবে এআইয়ের কথা ভেবেছি। আমার ছবিতে অ্যাকশন দৃশ্যের জন্য ইতোমধ্যেই প্রচুর টাকা খরচ হয়েছে।

তাই আবার ফ্ল্যাশব্যাকের দৃশ্যের জন্য খরচ করা কঠিন ছিল। এটি ছবির ওপরেও নির্ভর করে। কী ধরনের ছবি নির্মাণ করছেন, তার বিষয়ের ওপর নির্ভর করে তাতে কৃত্রিম প্রযুক্তির ব্যবহার করবেন কিনা তা বোঝা যাবে। পরিচালকের দৃষ্টিভঙ্গির ওপরে এআইয়ের ভবিষ্যৎ নির্ভর করবে। তবে কাজ করে বুঝেছি, এআই খুবই উপযোগী।

তবে সুবিধা যেমন হচ্ছে কিছু মানুষের, আবার কিছু ক্ষেত্রে সমস্যাও হবে। এরপরে সুপার হিউম্যান ইউনিভার্স নির্মাণের ইচ্ছা পোষণ করেন তিনি।' এআই কখনোই আবেগের বিকল্প হবে না। এ প্রসঙ্গে পরিচালক অরুণ বসু বলেন, 'হলিউডের পরিচালক জো রুসো এক সাক্ষাৎকারে বলেছেন, আগামী দুই বছরের মধ্যে পূর্ণমাত্রায় এআই সৃষ্ট চলচ্চিত্র দর্শকরা দেখতে পাবেন। তবে এর সঙ্গে আমি বলব 'শিল্ডলারস লিস্ট' বা 'ফ্লাওয়ার অব দ্য মুন'-এর মতো ছবি বানাতে পারবে না।

কারণ, বিভিন্ন আবেগের অভিজ্ঞতা না থাকলে এ ধরনের ছবি নির্মাণ কখনো সম্ভব নয়। এআই হয়তো 'টাইগার থ্রি' বা 'ট্রান্সফর্মারস' তৈরি করে দিতে পারবে। আগে যেমন কম্পিউটার জেনারেটেড ইমেজারি (সিজিআই)

ছিল, এখন নিজেদের স্টুডিওর গ্রিন স্ক্রিনেও অনেকে শূট করেন। পরিবর্তন আসবে; তবে যে ধরনের কনটেন্টে হিউম্যান এজপেরিয়েন্স লাগে, সে ধরনের কনটেন্ট এআই পারবে না।

এতে করে অনেক সময় এ যন্ত্রগুলো আগ্রাসী হয়ে উঠতে পারে। গুগলের সাবেক চেয়ারম্যান এরিক স্মিডের মুখেও সতর্কবাণী শোনা গিয়েছিল। তিনি বলেছেন, 'কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা মানুষের কাছ থেকে শিখতে পারে। তাহলে ভেবে দেখুন, যদি এটি ভুল কিছু শেখে কিংবা ভুল সুপারিশ করে- তবে যে কোনো কিছু ঘটতে পারে, এমনকি যুদ্ধও লেগে যেতে পারে।' মাত্র ৩০ থেকে ৪০ বছর আগেও সায়েন্স ফিকশনের বাইরে কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা নিয়ে খুব একটা ভাবা হতো না। সে সময় যন্ত্রকে আরও বুদ্ধিমান করে তোলার চিন্তাভাবনা চলতে থাকলেও সাধারণ মানুষের নিকট এটি ছিল এক অবাস্তব কল্পনার মতো।

অনেকেরই বিশ্বাস ছিল না যে, এআইয়ের এত উন্নতি সম্ভব। ফেসবুক, ইউটিউবের মতো সামাজিক যোগাযোগ মাধ্যমের রিকম্যান্ডেশন সিস্টেম, বুদ্ধিমান রোবট কিংবা চ্যাটবট, স্বয়ংক্রিয় গাড়ি, অ্যামাজানের ভার্যুয়াল অ্যাসিস্ট্যান্ট অ্যালেক্স বা আইফোনের সিরি সবই এআইয়ের অংশ। কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তার সাহায্যে অনিকেত মিত্র একটা এজপেরিমেন্ট করেছিলেন। ভারতীয় চলচ্চিত্রের কিংবদন্তিদের নিয়ে 'মহাভারত' কল্পনা করেছিলেন। তিনি বলেন, আমি তাদের অনেককেই তরুণ বয়সে দেখিনি, আমার পক্ষে কল্পনা করা সম্ভব নয়। তাই এআইয়ের সাহায্য নিয়েছি। কিন্তু এখন অড়িয়োতেও এআইয়ের ব্যবহার চলে এসেছে। যে শিল্পীরা নেই, তাদের গলায় নতুন গান শুনছি।

কিশোর কুমারের গলায় নতুন গান তৈরি করেছে অনেক প্ল্যাটফর্ম। অনিকেত মিত্র বলেন, আমি যেমন 'মহাভারত'-এর জন্য সমালোচিত হয়েছিলাম, তেমনই অনেক মানুষ প্রশংসাও করেছিলেন। আমার মনে হয়েছিল, এটা একটা পাওয়ারফুল টুল। তাহলে কেন ব্যবহার করব না! প্রযুক্তিকে অস্বীকার করা সুযোগ নেই। প্রযুক্তিকে সঙ্গে নিয়েই এগোতে হবে।

রিস্কলিং হলো বর্তমানে দৈনন্দিন কাজের জন্য প্রযুক্তি নিয়ে কাজ করার জন্য দক্ষতা অর্জন। আর আপস্কিলিং হলো বর্তমানে ব্যবহার করা প্রযুক্তির চেয়ে অধিকতর উদীয়মান বা নতুন প্রযুক্তি নিয়ে কাজ করার জন্য যে দক্ষতা অর্জন করা হয় তাকেই বলা হয় আপস্কিলিং। যেমন-কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা, আইওটি, ব্লক চেইন, বিগডাটার মতো বিষয়গুলো নিয়ে কাজ করা। স্বাধীন বাংলাদেশে বিজ্ঞান, কারিগরি ও আধুনিক প্রযুক্তিনির্ভরতা শুরু হয়। ইন্টারনেটের সঙ্গে ডিভাইসের যুক্ততা মানুষের দৈনন্দিন জীবন, সংস্কৃতি, ব্যবসা-বাণিজ্য, উৎপাদনে প্রভাব ফেলতে শুরু করে। বিজ্ঞান, কারিগরি ও প্রযুক্তিগত



অগ্রগতির ফলে বিশ্বে উন্নয়ন দারুণ গতি পায়।

এখন বিশ্বের সপ্তম বৃহত্তম ডেটা সেন্টার বাংলাদেশে, শুধু তথ্যের সুরক্ষাই নয়, বছরে সাশ্রয় হচ্ছে ৩৫৩ কোটি টাকা। গাজীপুরের কালিয়াকৈরে জাতীয় ডাটা সেন্টার। শুধু দেশীয় তথ্যের সুরক্ষা নয়, আন্তর্জাতিক প্রতিষ্ঠানগুলোও এখন এই তথ্যভাণ্ডার ব্যবহারে আগ্রহ দেখাচ্ছে। বাংলাদেশের এ অর্জন একদিনে আসেনি। গত ৫৪ বছরে উপলব্ধি এবং দেশকে এগিয়ে নেওয়ার প্রত্যয় নিয়ে কাজ করতে হবে। দেশি-বিদেশি গণমাধ্যমে বলা হচ্ছে গত এক দশকে রফতানি ব্যাপকভাবে বৃদ্ধি পাওয়ায় দক্ষিণ এশিয়ার একটি অর্থনৈতিক শক্তিতে পরিণত হয়েছে বাংলাদেশ।

বর্তমানে সারা দেশে ৮ হাজার ৬৫০টি ডিজিটাল সেন্টারের মাধ্যমে ৩০০-এর অধিক ধরনের সরকারি বেসরকারি সেবা জনগণ পাচ্ছেন। একসময় প্রতি এমবিপিএস ইন্টারনেট ব্যান্ডউইথের দাম ছিল ৭৮ হাজার টাকা। বর্তমানে প্রতি এমবিপিএস ৬০ টাকার নিচে। দেশের সকল সরকারি অফিস একই নেটওয়ার্কের আওতায় চলে আসছে। ৫ হাজার ৫০০ ইউনিয়নে পৌঁছেছে উচ্চগতির ব্রডব্যান্ড ইন্টারনেট।

দেশে মোবাইল সংযোগের সংখ্যা ১৮ কোটি ৮৬ লাখের অধিক। ইন্টারনেট ব্যবহারকারী প্রায় ১৪ কোটি। ওয়ার্ল্ড ইকোনমিক ফোরামের প্রতবেদনে যথার্থভাবেই মোবাইল ব্যাংকিং সেবার মাধ্যমে গ্রামীণ এলাকায় আর্থ-সামাজিক ব্যবধান কমিয়ে আনার কথা বলা হয়েছে। তথ্যপ্রযুক্তির ব্যবহার করে আর্থিক সেবায় মানুষের অন্তর্ভুক্তি রীতিমতো বিস্ময়কর। অনলাইন ব্যাংকিং, ইলেকট্রনিক মানি ট্রান্সফার, এটিএম কার্ড ব্যবহার শুধু ক্যাশলেস সোসাইটি গড়াসহ ই-গভর্নমেন্ট প্রতিষ্ঠায় ভূমিকা রাখছে তাই নয়, ই-কমার্সেরও ব্যাপক প্রসার ঘটাচ্ছে। বিশ্বের ১৯৪টি দেশের সাইবার নিরাপত্তায় গৃহীত আইনি ব্যবস্থা, প্রযুক্তিগত দক্ষতা, সাংগঠনিক ব্যবস্থা, সক্ষমতা বৃদ্ধি এবং পারস্পরিক সহযোগিতার ওপর ভিত্তি করে তৈরি করা সূচকে আইটিইউতে ৫৩তম স্থানে এবং জাতীয় সাইবার নিরাপত্তা এনসিএসআই সূচকে ৩৭তম স্থানে অবস্থান করছে। দক্ষিণ এশিয়া ও সার্ক দেশের মধ্যে প্রথম।

চতুর্থ শিল্প বিপ্লবের কারণে প্রযুক্তির পরিবর্তন ঘটছে খুব দ্রুত। প্রযুক্তির এই প্রভাব সুদূরপ্রসারী। এটি সম্ভাবনার দ্বার উন্মোচন করে দিতে পারে, আবার নতুন চ্যালেঞ্জ নিয়ে আসতে পারে। শুধু পেশাগত শিল্প নয়, আরও অনেক পেশার ওপর নির্ভরতা কমে আসবে, রোবট এবং যন্ত্রের ব্যবহার বাড়বে। মেধাভিত্তিক পেশার প্রয়োজন বাড়বে। যেমন-প্রোগ্রামার, আর্টিফিশিয়াল ইন্টেলিজেন্স, ইন্টারনেট অব থিংস (আইওটি) ইত্যাদিতে দক্ষ লোকের চাহিদা বাড়বে। আমাদের দেশে দক্ষ প্রোগ্রামারের অনেক অভাব আছে। এটা

একটা বড় চ্যালেঞ্জ হয়ে সামনে আসবে। আমাদের দক্ষ প্রোগ্রামার তৈরি করতে হবে।

তথ্যপ্রযুক্তির সাহায্যে তরুণরা ছোট-বড় আইটি ফার্ম, ই-কমার্স সাইট, অ্যাপভিত্তিক পরিষেবা এবং অন্যান্য সংস্থা তৈরি করছে। এ ছাড়াও ই-কমার্স, আউটসোর্সিং, ফ্রিল্যান্সিং, ভিডিও স্ট্রিমিং, সামাজিক যোগাযোগমাধ্যমের বর্ধিত চাহিদা পূরণ করতে টেলিযোগাযোগ নেটওয়ার্কের ধারণক্ষমতা ও সক্ষমতা বাড়াতে হবে। দেশের তরুণরা এখন কেবল স্বপ্ন দেখে না, স্বপ্ন বাস্তবায়নও করতে জানে।

এছাড়াও শিল্পকারখানায় অপচয়-ব্যয় কমিয়ে মেশিনের সর্বোচ্চ ব্যবহার নিশ্চিত করতে এবং পরিবেশবান্ধব উৎপাদনব্যবস্থায় কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা সহায়ক ভূমিকা পালন করছে। কৃষি খাতেও এআই-এর ব্যবহার শুরু হয়েছে। এআই সঠিক উৎপাদন চাষ-পদ্ধতির বিষয়ে যথার্থ সিদ্ধান্ত দিচ্ছে। মাটির গুণাগুণ গবেষণা করে বলে দিচ্ছে কোন ধরনের ফসল ওই মাটিতে চাষ করা উচিত। চিকিৎসাসেবায় এগিয়ে আসছে এআই সফটওয়্যার। এটি চিকিৎসকদের এমআরআই-এর মাধ্যমে ক্যানসার শনাক্ত করার কাজে সহায়তা করছে। কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা কাজে লাগিয়ে এমন সব ‘সেফ লার্নিং সফটওয়্যার’ তৈরি করা হচ্ছে, যা চিকিৎসা ক্ষেত্রে উল্লেখযোগ্য অগ্রগতি সাধন করবে।

জটিল রোগের সুনির্দিষ্ট লক্ষণগুলো চিহ্নিত করতে চিকিৎসাবিদ্যায় হাইটেক প্রযুক্তির ব্যবহার উত্তরোত্তর বৃদ্ধি পাচ্ছে। ম্যাগনেটিক রেজোনেন্স ইমেজিং পদ্ধতির মাধ্যমে শরীরের অভ্যন্তরের অঙ্গ-প্রত্যঙ্গের বিস্তারিত চিত্র ফুটিয়ে তোলা হচ্ছে, যাতে ডাক্তাররা সেই ছবি বিশ্লেষণে প্রকৃত অবস্থা সম্পর্কে ধারণা নিতে পারেন। কৃত্রিম পদ্ধতিতে ফুসফুসের রোগীর শ্বাসপ্রশ্বাস চালানোর বড় ঝুঁকি-ক্ষতি এড়াতে নতুন উদ্ভাবিত আর্টিফিশিয়াল ইন্টেলিজেন্সের মাধ্যমে এ ধরনের রোগীর বাঁচার সম্ভাবনাও অনেক বৃদ্ধি পেয়েছে।

২০২২ সালের নভেম্বরে উন্মুক্ত হওয়া চ্যাটজিপিটির ভাষাগত দক্ষতা ব্যবহারকারীদের মুগ্ধ করেছে। এটি ব্যবহার করে সম্পূর্ণ উপন্যাস, কোড, টেলিভিশনের জন্য ধারাবাহিক নাটক ও গান লেখার মতো কর্মযজ্ঞ সম্ভব হয়েছে। বিজ্ঞানীদের অনুমান, ২০৪৯ সালের মধ্যে রোবট ‘বেস্ট সেলার’ বই লিখতে সক্ষম হবে। ইতোমধ্যে জাপানে বুদ্ধিমান মেশিন রচিত ছোট উপন্যাস সাহিত্য পুরস্কারের জন্য বিবেচিত হয়েছে। অজফার্ড বিশ্ববিদ্যালয়ের বিজ্ঞানীদের অভিমত, ১২০ বছরের মধ্যে মানুষের সব কাজ বুদ্ধিমান মেশিনের মাধ্যমে সম্পন্ন করা সম্ভব হবে। যুক্তরাষ্ট্রের স্ট্যানফোর্ড ইউনিভার্সিটির গবেষকরা দাবি করছেন, তারা এমন একটি কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা তৈরি করেছেন, যেটি সহজেই শরীরের বিভিন্ন পরীক্ষা করে মানুষের মৃত্যুর ঝুঁকিগণনা করে বলে দিতে পারবে।

লন্ডনভিত্তিক পরামর্শ প্রতিষ্ঠান পিডব্লিউসি ২০২২ সালে এক হাজার কোম্পানির ওপর জরিপ চালায়। এ জরিপ অনুসারে, এসব কোম্পানির মধ্যে কেউ ছয়জনের মধ্যে একজন, আর কেউ চারজনের মধ্যে একজন কর্মীর নিয়োগে এআই ব্যবহার করেছে। এছাড়া অনেক কোম্পানিতে প্রায় ৪০ শতাংশ নিয়োগে এআই ব্যবহার করা হয়েছে। শুধু নিয়োগ নয়, চাকরিতে যোগ দেওয়ার পর একজন কর্মী কেমন কাজ করছে তারও খবর রাখছে এআই। অ্যামাজন, ইউনিভার্সিটি অফ মিনেসোটা বিশ্ববিদ্যালয় ইত্যাদি কোম্পানিতে কর্মী নিয়োগে কাজ করা মার্কিন প্রতিষ্ঠান ‘হায়ারভিউ’ জানিয়েছে, ভিডিও



সাক্ষাৎকার গ্রহণের মাধ্যমে দ্রুত কর্মী নিয়োগ যথেষ্ট কার্যকর।

এআই প্রযুক্তির কারণে নির্দিষ্ট বর্ণ-লিঙ্গের প্রতি পক্ষপাতমূলক আচরণ এড়ানো সম্ভব। দুঃখজনক হলেও সত্য, গত বছর যুক্তরাষ্ট্রে প্রকাশিত জরিপে এআই প্রযুক্তিতে প্রশিক্ষণপ্রাপ্ত রোবট নারী ও অশ্বেতাঙ্গদের প্রতি বর্ণবাদমূলক আচরণ করেছে বলে অভিযোগ উত্থাপিত হয়েছে। এ অবস্থায় যুক্তরাষ্ট্রে ‘ইকুয়াল এমপ্লয়মেন্ট অপারচুনিটি কমিশন’ কর্মক্ষেত্রে এআই প্রযুক্তি ব্যবহারের নীতিমালা প্রকাশ করেছে। ইউরোপীয় ইউনিয়নও একই বিষয়ে দু’টি আইন প্রণয়ন করতে যাচ্ছে। ইউরোপীয় ইউনিয়নের মতে, নাগরিক ও কোম্পানিগুলো এআই ব্যবহার করে লাভবান হতে পারে, কিন্তু মৌলিক অধিকার ঝুঁকির মুখে পড়ার আশঙ্কাও রয়েছে।

দৈনন্দিন কার্যপ্রণালিতে মানুষের মতো বুদ্ধিমত্তা দেখানো মেশিনই কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা হিসাবে বিবেচিত। গবেষকরা এর সংজ্ঞা নিয়ে একমত না হলেও যুক্তরাষ্ট্রের নর্থওয়েস্টার্ন বিশ্ববিদ্যালয়ের কম্পিউটার বিজ্ঞানের অধ্যাপক ল্যারি বার্নবাইউমের মতে, ‘সাধারণত কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা হলো কম্পিউটার বিজ্ঞানের এমন একটি ক্ষেত্র, যেখানে বুদ্ধিদীপ্ত কাজ করতে যন্ত্র তৈরি ও প্রশিক্ষণের ওপর গুরুত্ব দেওয়া হয়। যুক্তি, সমস্যার সমাধান, মানুষের ভাষা বোঝার ক্ষমতা, উপলব্ধি, শিক্ষণ-পরিকল্পনা, কোনো বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তন ঘটানো বা কোনো বিষয়ে হস্তক্ষেপ করার মতো স্বয়ংসম্পন্ন মেশিনই কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তার মেশিন হিসাবে বিবেচ্য। উচ্চক্ষমতার কম্পিউটার, রোবট ও অন্যান্য যন্ত্র এর অন্তর্ভুক্ত।

১৯৫৬ সালে যুক্তরাষ্ট্রের নিউ হ্যামশায়ারের হ্যানোভার শহরস্থ ডার্টমাউথ কলেজে অনুষ্ঠিত একাডেমিক কনফারেন্সে জন ম্যাকার্থি সর্বপ্রথম আর্টিফিসিয়াল ইন্টেলিজেন্স টার্মটি প্রকাশ করেন। এজন্য তাকে কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তার জনক বলা হয়। তার অন্য সহযোগীরা হলেন মার্টিন মিনস্কি, অ্যালেন নিউয়েল ও হার্বার্ট এ সাইমন।

প্রযুক্তিগত উৎকর্ষের অভাবনীয় সাফল্যে কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তার প্রসার ভবিষ্যৎ বিশ্ববাসীর জন্য স্বস্তি-সুখ-স্বাচ্ছন্দ্য এনে দেওয়ার বিপরীতে এক অজানা আশঙ্কারও জন্ম দিচ্ছে। বিশ্বখ্যাত বিজ্ঞানীদেরও তা চিন্তার কারণ হয়ে দাঁড়িয়েছে। ৫০টিরও বেশি দেশে বিপুল অর্থ ব্যয়ে যুদ্ধক্ষেত্রে ব্যবহারযোগ্য স্বয়ংক্রিয়ভাবে লক্ষ্য নির্ধারণ এবং শত্রুকে হত্যা করতে সক্ষম রোবট ও ড্রোন তৈরির সংবাদ জনমনে যারপরনাই আতঙ্ক তৈরি করেছে। গত ৮ জুন গণমাধ্যমে প্রকাশিত সূত্রমতে, কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা নিয়ে বিশ্বের বিশেষজ্ঞরা

উদ্বেগ প্রকাশ করেছেন।

তাদের দাবি, এ প্রযুক্তি একদিন মানুষের বিপরীতে দাঁড়িয়ে যাবে। মানুষকে হত্যা করবে। অতিসম্প্রতি কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা দিয়ে তৈরি বর্তমান বিশ্বের অত্যাধুনিক উন্নত মানবীয় রোবট ‘অ্যামেকা’ ভবিষ্যতে মানুষকে কী কঠিন অবস্থার মুখোমুখি হতে হবে তার আভাস দিয়েছে। লন্ডনে আয়োজিত ইন্টারন্যাশনাল কনফারেন্স অব রোবটিক্স অ্যান্ড অটোমেশন বিষয়ক সিম্পোজিয়ামে ‘ওপেন এআই’র চ্যাটজিপিটি ব্যবহার করে পর্যবেক্ষকদের প্রশ্নের উত্তর দিয়ে সে সবাইকে বিস্মিত করেছে।

এর নির্মাতা প্রতিষ্ঠান কর্নওয়ালভিত্তিক ইঞ্জিনিয়ার্ড আর্টসের প্রধান নির্বাহী কর্মকর্তার ‘কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তার দৃশ্যপট’ বর্ণনায় অ্যামেকা অত্যন্ত সাবলীলভাবে জানায়, ‘কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা এবং রোবটিক্স নিয়ে সবচেয়ে যে ভীতিকর পরিস্থিতি আমি বিশ্বে কল্পনা করি তা হলো, রোবটরা হয়ে উঠবে অতিমাত্রায় শক্তিশালী। এতটাই শক্তি তারা সঞ্চয় করবে যে, তারা তাদের অজান্তেই মানবজাতিকে নিয়ন্ত্রণ করবে অথবা পরিচালনা করতে সক্ষম হবে। এর ফলে একটি নিষ্পেষিত সমাজব্যবস্থা গড়ে উঠবে, যেখানে ব্যক্তিবিশেষের অধিকারের প্রতি আর সম্মান দেখানো হবে না।’

বিশ্বের তৃতীয় বৃহৎ অর্থনীতির দেশ জাপানের শীর্ষ ধনী টেলিকম কোম্পানি সফট ব্যাংকের প্রতিষ্ঠাতা এবং প্রধান নির্বাহী কর্মকর্তা মাসাওসি সন কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা সম্পর্কে বলেছেন, ‘আমি মনে করি, আজ থেকে ৩০ বছর পর বিশ্বে স্মার্ট রোবটের সংখ্যা হবে ১০ বিলিয়ন। এ রোবটগুলো ব্যাপকভাবে মানুষের চাকরি নিয়ে নেবে। যত শিল্প মানুষ গড়ে তুলেছে, সবই নতুন করে পুনর্নির্ন্যস্ত হবে।’ সুইজারল্যান্ডের ডাভোসে অনুষ্ঠিত বিশ্ব অর্থনৈতিক ফোরামের সম্মেলনে ই-কমার্সের অন্যতম প্রতিষ্ঠাতা জ্যাক মা বিশ্ব অর্থনীতি নিয়ে বেশকিছু ঝুঁকি ও সম্ভাবনার কথা তুলে ধরে বলেছেন, ‘আমরা ভাগ্যবান, প্রযুক্তির কল্যাণে বিশ্ব এখন বড় রূপান্তরের পথে।

এ প্রযুক্তি অনেক সফল ব্যক্তিত্ব এবং উদ্দীপক ক্যারিয়ারও তৈরি করবে; কিন্তু সত্যিকার অর্থে প্রতিটি নতুন প্রযুক্তি সামাজিক সমস্যাও তৈরি করে। যদি এর মোকাবিলায় আমরা এক হতে না পারি, তাহলে মানুষ একে অন্যের বিরুদ্ধে লড়াই করবে। কারণ, প্রতিটি প্রযুক্তিগত বিপ্লব বিশ্বকে ভারসাম্যহীন করে দেয়।’

চলতি বছরের মে মাসে ‘সেন্টার ফর এআই সেফটি’র আয়োজনে কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তাবিশয়ক প্রতিষ্ঠান ওপেন এআই, অ্যানথ্রোপিক এবং গুগলের কর্মকর্তাদের প্রদত্ত বিবৃতিতে বলা হয়েছে, কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা এক বিপর্যয় ঢেকে আনছে। ভবিষ্যতে বৈশ্বিক অগ্রাধিকারে রাখতে হবে কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তার ঝুঁকিকে। আমরা এখনো কোনো বিপজ্জনক পরিস্থিতিতে পড়িনি। তবে এআই ও রোবটিক্সে সঙ্গে সম্পর্কিত বড় রকমের ঝুঁকি ও বিপদের বিষয়ে সচেতন হওয়া খুবই গুরুত্বপূর্ণ। তাই এখন এসব প্রযুক্তি এমনভাবে তৈরি করতে হবে, যাতে ভবিষ্যতে কোনো বড় ক্ষতি বা নেতিবাচক প্রভাব এড়ানো যায়।

একবিংশ শতাব্দীর বিখ্যাত বিজ্ঞানী স্টিফেন হকিং কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা সম্পর্কে বলেছেন, ‘এরা একসময় আমাদের অতিক্রম করে যাবে। এর ফলে মানবজাতির বিলুপ্তি ঘটতে পারে। কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তার উন্নয়নকৌশল এমন স্তরে পৌঁছবে, যাতে মানুষের সাহায্য ছাড়াই এগুলো স্বয়ংক্রিয়ভাবে নিজেদের উন্নতি ঘটাতে পারবে। আর যদি এমনটি ঘটে, তাহলে আমাদের বুদ্ধিমত্তাকে বিস্ফোরণের সম্মুখীন হতে হবে; যার ফলে যান্ত্রিক বুদ্ধি আমাদের অতিক্রম করবে।’

মার্কিন মহাকাশযান প্রস্তুতকারক এবং মহাকাশ যাত্রা সেবা প্রদানকারী প্রতিষ্ঠান স্পেসএক্সে প্রতিষ্ঠাতা ইলন মাস্ক কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তার উন্নয়নকে ‘দৈত্যকে ডেকে আনার শামিল’ উল্লেখ করে এটিকে মানবজাতির জন্য

সবচেয়ে ভয়ংকর হুমকি এবং আণবিক বোমার চেয়েও অধিক বিপজ্জনক হিসাবে অভিহিত করেন। তিনি জাতীয় ও আন্তর্জাতিক সম্প্রদায়ের প্রতি কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তার উন্নয়নে নিয়ন্ত্রণ আরোপের আহ্বান জানান। কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা বিষয়ে গবেষণায় অন্যতম অগ্রগণ্য প্রতিষ্ঠান গুগলের প্রধান নির্বাহী এর বিপর্যয়ের আশঙ্কা প্রকাশ করে মার্কিন সংবাদপত্র দ্য ওয়াশিংটন পোস্টকে দেওয়া সাক্ষাৎকারে বলেছেন, ‘তথ্যপ্রযুক্তি প্রতিষ্ঠানগুলোর উচিত কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তার অপব্যবহার রুখতে নির্দিষ্ট নীতিমালা মেনে চলা। আর কীভাবে প্রযুক্তির অপব্যবহার হতে পারে, তা নিয়ে আগেই ভাবা উচিত। শুধু নতুন প্রযুক্তি উদ্ভাবন ও উন্নয়ন করলেই চলবে না, সে প্রযুক্তির ব্যবহার যেন মানবসভ্যতার বিপক্ষে না যায়, সে বিষয়েও সতর্ক থাকতে হবে।’

মোট কথা, সমগ্র মানবসমাজের জন্য ক্ষতিকর, মানবসম্পদ উন্নয়নে প্রতিবন্ধকতা সৃষ্টির যে কোনো চেষ্টাকে অবশ্যই পরাভূত করতে হবে। প্রযুক্তির প্রয়োগ প্রত্যাশিত, তবে এর অপপ্রয়োগ ও ভবিষ্যৎ মানববিশ্বংসী যে কোনো অপ্রত্যাশিত পদক্ষেপ বর্জনীয়। কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা প্রসারের ক্ষেত্রেও পুরো বিশ্বের মনোযোগ যথাযথভাবে আকর্ষিত না হলে মানবজাতির ধ্বংসের কালো গহ্বরে নিপতিত হওয়ার আশঙ্কা দেখা দেবে।

কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তার প্রযুক্তিবিদদের অবদান অনস্বীকার্য

কিছু দিন ধরে বিশ্বব্যাপী বহুল আলোচিত চলমান বিষয়গুলোর মধ্যে অন্যতম হচ্ছে আর্টিফিসিয়াল ইন্টেলিজেন্স (এআই) বা কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা। ইতোমধ্যে এর ব্যাপক দৃশ্যমানতা পৃথিবী জুড়ে নবতর রূপ পরিগ্রহ করেছে। এটি ধরিত্রীর সামগ্রিক গতি-প্রকৃতি ও মানুষের চিন্তা-ভাবনায় আমূল পরিবর্তন এনেছে। আগে প্রযুক্তি কোম্পানিগুলো কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা ব্যবহার করলেও; বর্তমানে অন্যান্য খাতেও এর বহুল ব্যবহার ক্রমাগত বৃদ্ধি পেয়েছে। তরুণ উদ্যোক্তাদের হাত ধরে বাংলাদেশেও গুরু হয়েছে কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তার ব্যবহার। বেসরকারি খাতে এর ব্যাপক ব্যবহারের পাশাপাশি সরকারি খাতেও অত্যাধুনিক এই প্রযুক্তি ব্যবহৃত হচ্ছে।

আমাদের সবার জানা, দৈনন্দিন কার্যপ্রণালীতে মানুষের মতো বুদ্ধিমত্তা দেখানো মেশিনই কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা হিসেবে বিবেচিত। গবেষকগণ এর সংজ্ঞা নিয়ে একমত না হলেও; যুক্তরাষ্ট্রের নর্থওয়েস্টার্ন বিশ্ববিদ্যালয়ের কম্পিউটার বিজ্ঞানের অধ্যাপক ল্যারি বার্নবাইম-এর মতে, ‘সাধারণত কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা হলো কম্পিউটার বিজ্ঞানের এমন একটি ক্ষেত্র, যেখানে বুদ্ধিদীপ্ত কাজ করতে যন্ত্র তৈরি ও প্রশিক্ষণের উপর গুরুত্ব দেয়।

যুক্তি, সমস্যা সমাধান মানুষের ভাষা বোঝার ক্ষমতা-উপলব্ধি-শিক্ষণ-পরিকল্পনা-কোনো বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তন ঘটানো বা কোনো বিষয় হস্তক্ষেপ করার মতো স্বয়ংসম্পন্ন মেশিনই কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তার মেশিন হিসেবে বিবেচ্য। উচ্চ ক্ষমতার কম্পিউটার, রোবট ও অন্যান্য যন্ত্রাদি এর অন্তর্ভুক্ত। ১৯৫৬ সালে নিউ হ্যামশায়ারের হ্যানোভার শহরস্থ ডার্টমাউথ কলেজে অনুষ্ঠিত একাডেমিক কনফারেন্সে জন ম্যাকার্থি সর্বপ্রথম আর্টিফিসিয়াল ইন্টেলিজেন্স নামক টার্মটি প্রকাশ করেন। এজন্য তাকে কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তার জনক বলা হয়। তার অন্য সহযোগীরা হলেন- মার্টিন মিনস্কি, অ্যালেন নিউওয়েল ও হার্বার্ট এ সায়ামন।

বিজ্ঞানীদের পূর্বাভাস অনুযায়ী চিকিৎসাসেবা, অফিস-আদালত, শিল্প-কারখানা, সংবাদ সংস্থা বা গণমাধ্যম, ভাষান্তর প্রক্রিয়া, টেলিফোন সেবা, বৈজ্ঞানিক গবেষণা, হোটেল-রেস্তোরাঁ, বিপনি বিতানসহ বিভিন্ন গুরুত্বপূর্ণ কর্মক্ষেত্রে কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তার ব্যবহার পরিলক্ষিত। কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা কাজে লাগিয়ে এমন সব ‘সেফ লার্নিং সফটওয়্যার’ তৈরি করা হচ্ছে যা চিকিৎসা ক্ষেত্রে উল্লেখযোগ্য অগ্রগতি সাধন করবে। জটিল রোগের সুনির্দিষ্ট লক্ষণগুলো চিহ্নিত করতে চিকিৎসাবিদ্যায় হাইটেক প্রযুক্তির ব্যবহার উত্তরোত্তর বৃদ্ধি পাচ্ছে।

ম্যাগনেটিক রেজোনেন্স ইমেজিং পদ্ধতির মাধ্যমে শরীরের অভ্যন্তরের অঙ্গ-

প্রত্যঙ্গের বিস্তারিত চিত্র ফুটিয়ে তোলা হচ্ছে যাতে ডাক্তাররা সেই ছবি বিশ্লেষণে প্রকৃত অবস্থা সম্পর্কে ধারণা নিতে পারেন। কৃত্রিম পদ্ধতিতে ফুসফুসের রোগীর শ্বাস-প্রশ্বাস চালানোর বড় ঝুঁকি-ক্ষতি এড়াতে নতুন উদ্ভাবিত আর্টিফিসিয়াল ইন্টেলিজেন্স-এর মাধ্যমে এমন রোগীর বাঁচার সম্ভাবনাও বহু বৃদ্ধি পেয়েছে। ২০২২ সালের নভেম্বরে উন্মুক্ত হওয়া চ্যাটজিপিটির ভাষাগত দক্ষতা ব্যবহারকারীদের দারুণ মুগ্ধ করেছে। এটি ব্যবহার করে সম্পূর্ণ উপন্যাস, কোড, টেলিভিশনের জন্য ধারাবাহিক নাটক ও গান লেখার মতো কর্মযজ্ঞ সম্ভব হয়েছে।

কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা মেশিন লার্নিং

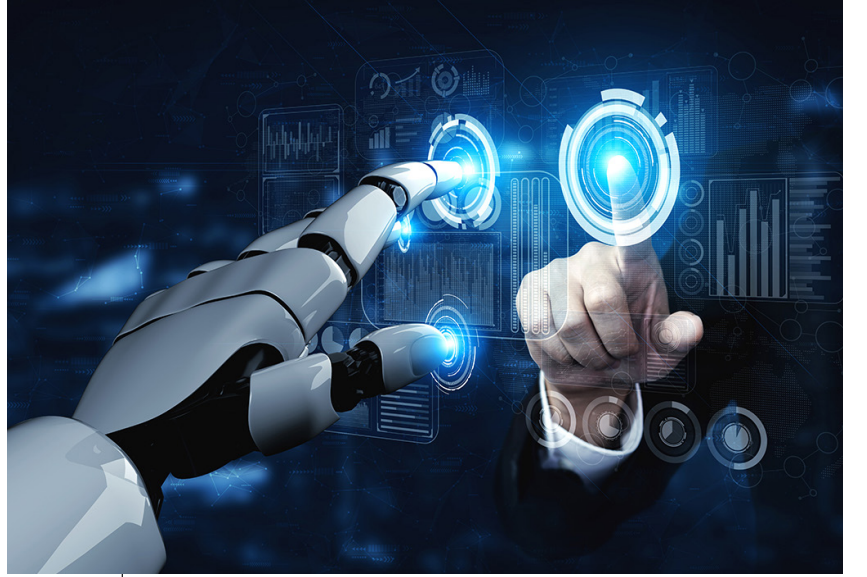
চতুর্থ শিল্পবিপ্লবে আমরা একটি অটোমেশন প্রক্রিয়ার মধ্য দিয়ে যাব। যদি কিছু নির্দিষ্ট লক্ষণ বা উপসর্গ ঠিক করে দেওয়া হয়, তাহলে কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তাকে কাজে লাগিয়ে যন্ত্র খুব দ্রুত শনাক্ত করে দিতে পারবে কোন রোগ বা বর্তমানে করণীয় কী? যেভাবে আমরা কোভিডের সময় সিটি স্ক্যান বা থার্মাল স্ক্যানার ব্যবহার করেছি। এতে সময় বাঁচবে। রোগীর শরীরে পরিধেয় ইন্টারনেটযুক্ত যন্ত্রপাতি বা মাইক্রোচিপ লাগানো হলে, যা শরীরের স্বাস্থ্যসংক্রান্ত উপাত্ত সংগ্রহ করে। যেমন তাপমাত্রা, রক্তচাপ, পালস, রক্তে শর্করা ইত্যাদি। এ উপাত্তগুলো কম্পিউটার ডেটাবেজে সংরক্ষণ করা হয়, যাতে ভবিষ্যতে ওই ব্যক্তির চিকিৎসায় ব্যবহার করা যায়। পোশাকে আজকাল যন্ত্রপাতিতে চিপস ব্যবহার করে ইন্টারনেটের মাধ্যমে সংযুক্ত করা হচ্ছে।

ফলে শরীরের তাপমাত্রা, ঘামের পরিমাণ দেখে স্বাস্থ্যবিষয়ক বার্তা দিতে পারে। মানুষও পোশাকে ঘষা দিয়ে ইন্টারনেটের মাধ্যমে বিভিন্ন তথ্য পাঠাতে বা পেতে পারে। রোগীর গতিবিধি শারীরিক সামগ্রিক অবস্থান, পরিবর্তন, ভাইটাল সাইন প্রভৃতি পাওয়া যাবে মুহূর্তে এবং তা রেকর্ড আকারে থাকবে। ভবিষ্যতে কাজে লাগানো যাবে। যেসব জায়গায় চিকিৎসক-নার্সদের রোগীর কাছে পৌঁছাতে কষ্টসাধ্য, সেসব জায়গায় এ পদ্ধতি যথেষ্ট কাজে লাগবে।

গুগল গ্লাস সীমিত আকারে কম্পিউটারের মনিটরের কাজ করছে। আমেরিকাসহ উন্নত বিশ্বে ডাক্তারদের রোগীর সঙ্গে কথোপকথন লিপিবদ্ধ করার আইনগত বাধ্যবাধকতা আছে। ডাক্তাররা নিজে সেই কথোপকথন কম্পিউটারে লিখতেন। অগমেডিও নামীয় সিলিকন ভ্যালির একটি প্রতিষ্ঠান গুগল গ্লাসের মাধ্যমে ডাক্তারের সঙ্গে রোগীর কথোপকথন বাংলাদেশ, ভারত, শ্রীলঙ্কাসহ বিভিন্ন দেশে ইন্টারনেটে পাঠিয়ে দেয়, যা এখানে বসে ইংরেজি জানা কোনো ব্যক্তি লিপিবদ্ধ করছেন। ডাক্তার নিরবচ্ছিন্নভাবে রোগী দেখতে পারছেন। সপ্তাহে গড়ে ১৫ ঘণ্টা সময় বেঁচে যায়, সে সময়ে অধিক রোগী দেখে যায় বা পরিবারকে সময় দেওয়া যায়। চশমা ধীরে ধীরে মনিটরের স্থান দখল করে নেবে।

স্বাস্থ্যসেবায় রোবট

বেশ কিছুকাল ধরে এ খাতে রোবটের ব্যবহার হয়ে আসছে, যেমন ২০১৮ সালে জাপানে হিউম্যানয়েড নার্সিং রোবট তৈরি করেছে। সার্জিক্যাল রোবটে দ্য ভিশু রোবটের কথা অজানা নয়। মেডিকেলের যন্ত্রপাতিগুলোর আদান-প্রদান দ্রুততা ও নির্ভুলভাবে রোবট করতে পারে। তা ছাড়া ভিজুয়াল রিয়েলাইজেশন কত রক্তক্ষরণ হচ্ছে এবং স্বাভাবিক অবস্থা তুলে ধরতে পারে। ফাইভ-জি প্রযুক্তির ব্যবহার



তথ্য দ্রুত সময়ে আদান-প্রদানের জন্য সর্বোচ্চ গতির প্রযুক্তির ব্যবহার করা হবে। তা ছাড়া রোগীদের সঙ্গে ভিডিও কনফারেন্স আলাপনে দূরবর্তী এলাকার রোগীরা স্বাস্থ্যসেবা পাবেন। সাইবার-ফিজিক্যাল সিস্টেম, ক্লাউড টেকনোলজি, কগনিটিভ কম্পিউটিং, রোবোটিক প্রক্রিয়া, কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা এবং ইন্টারনেট অব থিংসের মতো বিদ্যুত প্রযুক্তির সংমিশ্রণ দ্বারা চিহ্নিত চতুর্থ শিল্পবিপ্লবের যুগ আমরা এখন অনুভব করছি, যা প্রতিটি স্বাস্থ্যসেবাকে প্রভাবিত করে।

রোবটিক যুগে নার্সদের প্রস্তুতি

১. ফিউশন টেকনোলজি বা প্রযুক্তির উৎকর্ষে সর্বোত্তম ব্যবহারে অভ্যস্ত হতে হবে।

২. কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা, হিউম্যানয়েড নার্সিং রোবট ইত্যাদি প্রযুক্তির ব্যবহারে জন্য নিজকে প্রস্তুত করতে হবে, নাহলে আমরা পিছিয়ে পড়ব।

৩. আজকাল শরীরে পরিধেয় বিভিন্ন ধরনের যন্ত্রপাতি আবিষ্কৃত হয়েছে, যন্ত্র পরিধান করাটা বামেলাপূর্ণ। একই কাজে তাই শরীরে চিপস অনুপ্রবেশ করিয়ে রেখে দেওয়ার প্রযুক্তি বেরিয়েছে। এসব যন্ত্রপাতি ব্যবহারে কারিগরি সক্ষমতা ও দক্ষতা অর্জন করতে হবে।

৪. মানুষের শরীরে পেসমেকারসহ বিভিন্ন যন্ত্রপাতি স্থাপন করা হয়। ভবিষ্যতে শরীরে স্থাপিত চিপস স্বাস্থ্যবিষয়ক বিভিন্ন তথ্য-উপাত্ত সরবরাহ করতে পারবে। শুধু তা-ই নয়, চিপসের মাধ্যমে কোনো নবজাতক হারিয়ে গেলে, তাকে খুঁজে পাওয়া সহজ হবে। ফলে এসব ব্যবহারে পারদর্শী হতে হবে।

প্রযুক্তি বিপ্লব স্বাস্থ্যসেবার জন্য একটি নতুন যুগ। এখন ল্যান্ডস্কেপে, রোবোটিক্স, বুদ্ধিমান মেশিন এবং অন্যান্য অনন্য টুল দিয়ে আমরা যা করতে পারি, তার কোনো সীমা নেই। শিগগিরই, আমাদের এমন একটি বিশ্ব থাকবে, যেখানে যে কেউ তাদের প্রয়োজনীয় স্বাস্থ্যসেবা সহায়তা তাৎক্ষণিকভাবে পাওয়া সম্ভব হবে। অধিক রোগীর চাপ সামলানোও সম্ভব হবে আমাদের ডাক্তার ও নার্সদের। সামগ্রিক বিবেচনায় নার্সদের শিক্ষার পাশাপাশি প্রযুক্তির উৎকর্ষ সাধনে আত্মনিয়োগ করতে হবে।

হীরেন পণ্ডিত: প্রাবন্ধিক ও গবেষক

ফিডব্যাক: hiren.bnnrc@gmail.com

ছবি: ইন্টারনেট

ডিজিটাল জীবনমান ও প্রযুক্তির ব্যবহার

হীরেন পণ্ডিত

প্রাচীন প্রতিবেদন



ভার্চুয়াল প্রাইভেট নেটওয়ার্কের সংক্ষিপ্ত রূপ হলো ভিপিএন। এটি এমন এক ধরনের নেটওয়ার্ক কাঠামো, যার মাধ্যমে ব্যক্তিগত নেটওয়ার্ক দিয়ে ভার্চুয়াল টানেলের সাহায্যে অন্য এক বা একাধিক নেটওয়ার্কিংয়ের সঙ্গে সংযোগ স্থাপনের সুযোগ মেলে। ইন্টারনেট ব্যবহারে নিজের ব্যক্তিগত সুরক্ষা, নিরাপত্তা বাড়ানো ও অপ্রবেশযোগ্য কনটেন্ট দেখার জন্য বাংলাদেশসহ বিশ্বের বিভিন্ন দেশে দিন দিন জনপ্রিয় হয়ে উঠেছে ভিপিএন। প্রযুক্তি বিশারদদের মতে, এটি অনলাইন কার্যক্রমের সুরক্ষা নিশ্চিত অদৃশ্য একটি চাদর। তবে ভিপিএন ব্যবহার করা অবস্থায় ব্যাংক কিংবা অন্য কোনো মাধ্যমে যেকোনো ধরনের আর্থিক লেনদেন থেকে বিরত থাকার পরামর্শ দিয়েছেন বিশেষজ্ঞরা।

ভিপিএন-এর ব্যবহার

ভার্চুয়াল প্রাইভেট নেটওয়ার্ক (ভিপিএন ইন্টারনেটের একটি ভার্চুয়াল) ‘টানেল’। যার মাধ্যমে ডাটা কম্পিউটার থেকে আদান প্রদান করতে পারে। এই ভার্চুয়াল কাল্পনিক সুড়ঙ্গটির মাধ্যমে একটি ভিন্ন অঞ্চলে অবস্থিত প্রাইভেট নেটওয়ার্ক এর সঙ্গে ডিভাইসকে সংযুক্ত করা সম্ভব।

ফলে ব্যবহারকারী তার ইন্টারনেট ব্যবহারের তথ্যাদি গোপন রাখতে পারে এবং নিজের ব্যক্তিগত নিরাপত্তা নিশ্চিত করতে পারে। এক্ষেত্রে লক্ষ্যণীয়, অন্য একটি অঞ্চলের নেটওয়ার্ক ব্যবহার করার জন্য ইন্টারনেট ব্যবহারকারীকে স্বশরীরে সেখানে উপস্থিত থাকতে হচ্ছে না, বরং ভার্চুয়ালভাবেই একটি সফটওয়্যার এর মাধ্যমে সেই ভিন্ন অঞ্চলের প্রাইভেট নেটওয়ার্ক এর সঙ্গে সংযুক্ত হতে ব্যবহার করতে পারছে। এজন্যই এটির নামকরণ করা হয়েছে ভার্চুয়াল প্রাইভেট নেটওয়ার্ক (ভিপিএন)।

এ জন্যই ভিপিএনের এত জনপ্রিয়তা। তবে মনে হতে পারে, এগুলো হয়তো বিশ্বজুড়ে অবাধে ব্যবহৃত হয়। কিন্তু না, বেশকিছু দেশ আছে যেখানে ভিপিএন ব্যবহারকে অবৈধ হিসেবে গণ্য করা হয়। বেশ কিছু দেশে ভিপিএন ব্যবহার নিষিদ্ধ করেছে। আসুন দেখে নেওয়া যাক এই দেশগুলো সম্পর্কে।

চীন

প্রযুক্তির ব্যবহারে শীর্ষে থাকা চীনে ভিপিএন ব্যবহার সম্পূর্ণরূপে নিষিদ্ধ নয়, দেশটির বাসিন্দারা শুধু সরকার অনুমোদিত ভিপিএন ব্যবহার করতে পারেন। ফলে দেশটির সরকার চাইলে যে কোন সময় এই ধরনের ভিপিএন হস্তক্ষেপ করতে পারবে। যা ভিপিএন ব্যবহারের উদ্দেশ্যকেই

সম্পূর্ণভাবে নষ্ট করে। এ ক্ষেত্রে ৫ বছর পর্যন্ত শাস্তি হতে পারে।

তুর্কমেনিস্তান

ভিপিএনের ওপর তুর্কমেনিস্তান সরকারের রয়েছে কঠোর নীতি। ২০১৯ সালে দেশটিতে ভিপিএন প্রদানকারীদের ব্লক করা শুরু করে। তারপর ২০২১ সালে নির্দেশ দেওয়া হয়, ইন্টারনেট সংযোগ নেওয়ার আগে ব্যবহারকারীদের কোরানে শপথ নিতে হবে। তারা কখনো ভিপিএন ব্যবহার করবে না। কেউ দেশটিতে ভিপিএন ব্যবহার করে ধরা পড়লে তাকে জরিমানা এবং গ্রেপ্তার করা হতে পারে।

রাশিয়া

২০১৭ সালে সারা বিশ্বে ভিপিএনের ব্যবহার আকাশচুম্বী হতে শুরু করে। তখন রাশিয়ান সরকার একের পর এক ভিপিএন প্রদানকারীদের নিষিদ্ধ করা শুরু করে। ইন্টারনেট ব্যবহারের ওপর রাশিয়ান সরকারের অবস্থান শক্ত। তারা এখন পর্যন্ত এক ডজনেরও বেশি ভিপিএন প্রদানকারীকে নিষিদ্ধ করেছে। দেশটি ভিপিএন এবং প্রজ্ঞি ব্যবহার কঠোরভাবে সীমাবদ্ধ করেছে।

বেলারুশ

২০১৫ সালে বেলারুশ সরকার ভিপিএন, প্রভি এবং টর ব্রাউজার-এর মতো সব ধরনের অনলাইন কারচুপির সরঞ্জামগুলো ব্যবহারের ওপর সম্পূর্ণরূপে নিষেধাজ্ঞা জারি করে। সংক্ষেপে বলা যায়, দেশটির কোনো বাসিন্দা কোনোভাবে বেনামে ওয়েব সার্ফ করতে পারবেন না। ধরা পড়লে রয়েছে কঠোর শাস্তির ব্যবস্থা।

সংযুক্ত আরব আমিরাত

২০১৬ সালে দেশটিতে সাইবার অপরাধ আইন সংশোধনের পর ভিপিএন ব্যবহার অবৈধ করা হয়। সংযুক্ত আরব আমিরাতের সরকার এনক্রিপশনকে খুব ভালো চোখে দেখে না। ভিপিএন যেভাবে কাজ করে তা এখন সে দেশে অপরাধ হিসেবে বিবেচিত হয়। তাই সংযুক্ত আরব আমিরাতে ভিপিএন ব্যবহার করে ধরা পড়লে জরিমানা কিংবা এমন কী জেলের সাজাও হতে পারে।

তুরস্ক

২০১৬ সালে তুরস্ক সরকার টর ব্রাউজারের পাশাপাশি ১০টি ভিপিএন প্রদানকারীকে নিষিদ্ধ করে। দেশটির জাতীয় নিরাপত্তা রক্ষা এবং সন্ত্রাসবাদের বিরুদ্ধে লড়াই করার জন্য এই সিদ্ধান্ত নেওয়া হয় বলে জানানো হয়। তবে ভিপিএন তুরস্কে সম্পূর্ণরূপে অবৈধ নয়।

উত্তর কোরিয়া

উত্তর কোরিয়ার প্রযুক্তিগত আইনগুলো সবার তুলনায় বেশি কঠোর। তাই এটি আশ্চর্যজনক নয় যে, সেখানে ভিপিএন ব্যবহার সম্পূর্ণরূপে নিষিদ্ধ। তবে দাবি করা হয়, উত্তর কোরিয়ায় অনুমোদন ছাড়া ভিপিএন ব্যবহারের ফলে কারাদণ্ড হতে পারে। প্রকৃতপক্ষে উত্তর কোরিয়ানদের ইন্টারনেটেই নিয়মিত প্রবেশাধিকার নেই।

উগান্ডা

উগান্ডায় সব ধরনের ভিপিএন ট্র্যাফিক সরকার থেকে ব্লক করা। এর কারণ, উগান্ডা সরকার ২০১৮ সালে সোশ্যাল মিডিয়া ব্যবহারের ওপর কর চালু আরোপ করে। তখন এর বাসিন্দারা কর ফাঁকি দেওয়ার জন্য ভিপিএন ব্যবহার শুরু করে। তবে ২০২১ সালে উগান্ডা সরকার এই আইন উঠিয়ে নেয়।

ভিপিএন ব্যবহার কতটা নিরাপদ

ফেসবুকসহ অন্যান্য সামাজিক যোগাযোগমাধ্যম এবং বিভিন্ন সাইট বন্ধ হয়ে গেলে দেশে ভিপিএন ব্যবহারকারীর সংখ্যা বেড়ে যায়। সাম্প্রতিককালে আবারও বেড়েছে ভিপিএনের ব্যবহার। অন্যান্য প্রযুক্তির মতো এই ভিপিএন



ব্যবহারে বেশ কিছু সুবিধার পাশাপাশি রয়েছে নানারকম ঝুঁকি আর অসুবিধা। এর মধ্যে কিছু নিরাপদ আবার কিছু অনিরাপদ ভিপিএন রয়েছে। অনিরাপদ ভিপিএন ব্যবহারে বিভিন্ন ধরনের ঝুঁকিতে পড়ার আশঙ্কা রয়েছে বলে জানিয়েছেন প্রযুক্তি খাতের বিশেষজ্ঞরা।

বহু মানুষ ভিপিএন ডাউনলোড করে বিভিন্ন ধরনের সামাজিক যোগাযোগমাধ্যম ব্যবহার করছে। অনেকেই অবশ্য আগে থেকেই ভিপিএন ব্যবহার করলেও তাদের সঙ্গে এখন প্রতিনিয়ত যোগ হচ্ছে নতুন নতুন ভিপিএন ব্যবহারকারী। স্বাভাবিক সময়ে গুগল প্লে-স্টোরে সামাজিক নানা যোগাযোগমাধ্যম এবং দৈনন্দিন প্রয়োজনীয় নানা গুরুত্বপূর্ণ অ্যাপস ডাউনলোড বেশি করে মানুষ। তবে গতকালের পরিসংখ্যান বলছে, গুগল প্লে-স্টোরে শীর্ষ ডাউনলোড করা পাঁচটি অ্যাপসের মধ্যে চারটি বিভিন্ন প্রতিষ্ঠানের ভিপিএন। এরপর রয়েছে টিকটক।

ইন্টারনেট সৃষ্টির মূল উদ্দেশ্য ছিল তথ্য প্রবাহ নিশ্চিত করা। ব্যবহারকারীর নিরাপত্তা নিশ্চিত নব্বইয়ের দশকে ভিপিএনের আবির্ভাব ঘটে। মূলত নিরাপত্তার স্বার্থেই ভিপিএন ব্যবহার করা হলেও স্ট্রিমিং, গোপনীয়তা, গেমিং, ভ্রমণ এবং নিষিদ্ধ সাইট ও কনটেন্টে অ্যাকসেস পেতেও ভিপিএন ব্যবহার করা হয়। শুরুতে প্রাতিষ্ঠানিক পর্যায়ে ব্যবহার করা হলেও বর্তমানে ব্যক্তি পর্যায়েই বেশি ব্যবহার করা হয়।

ভিপিএনের সুবিধা : নিরাপদ সংযোগ থেকে ব্যবহারকারীর ইন্টারনেট ডেটায় অন্য কারও মনিটরিং বা ব্যাঘাত ঘটানোর বিষয়টি ঠেকিয়ে দেয় ভিপিএন। ভিপিএনের সহায়তায় ইন্টারনেট ব্যবহারকারী নিজের আইপি অ্যাড্রেস ও ভৌগোলিক অবস্থান গোপন রাখার সুযোগ পান, যার ফলে বিভিন্ন ওয়েবসাইট, বিজ্ঞাপনদাতা এবং অনলাইন ড্রাকাবের পক্ষে ব্যবহারকারীর অনলাইন গতিবিধি নজরদারি করা জটিল হয়ে ওঠে।

পাশাপাশি বিভিন্ন ধরনের সাইবার নিরাপত্তা হুমকি যেমন ‘ম্যান ইন দ্য মিডল’ ধাঁচের সাইবার আক্রমণ, ‘ডিএনএস স্পুফিং’ এমনকি ওয়াই-ফাই থেকে ব্যবহারকারীর গতিবিধি আড়ি পেতে শোনার মতো ঘটনার ক্ষেত্রে সুরক্ষা দিতে সক্ষম।

ইন্টারনেট সংযোগের মধ্যে সবচেয়ে ঝুঁকিপূর্ণ হচ্ছে পাবলিক ওয়াই-ফাই ব্যবহার। এগুলো বিভিন্ন স্থানে বিনামূল্যে ব্যবহারের সুযোগ মেলে। অনেকে বাধ্য হয়ে আবার অনেকে না বুঝে এসব ইন্টারনেট ব্যবহার করেন। এসব ক্ষেত্রে হ্যাকাররা সহজেই ব্যবহারকারীর গুরুত্বপূর্ণ ব্যক্তিগত নানা তথ্য পেয়ে যান, যা দিয়ে পরবর্তীকালে বিভিন্ন ধরনের ক্ষতি করতে পারেন এমন ঝুঁকির আশঙ্কা রয়েছে। ভিপিএনের মাধ্যমে এসব থেকে সুরক্ষিত থাকা সম্ভব।

ভিপিএন ব্যবহারের অসুবিধা : বিভিন্ন ভিপিএন সেবায় সত্যিকারের সুরক্ষা

ও নিরাপত্তা সুবিধার কথা উল্লেখ থাকলেও কিছু ক্ষেত্রে এগুলো অসৎ উদ্দেশ্যে ব্যবহার হওয়ার ঝুঁকি থাকে। বর্তমানে হাজার হাজার ভিপিএন সফটওয়্যার ও অ্যাপ পাওয়া যায়। ভিপিএন টুল ডাউনলোড করার সময় মোবাইল বা কম্পিউটারের নিয়ন্ত্রণসহ ফেসবুক, ইমেইলসহ বিভিন্ন সামাজিক যোগাযোগমাধ্যমের যাবতীয় নিয়ন্ত্রণ চলে যায় ওই ভিপিএন নির্মাতার কাছে। ব্যবহারকারীর ডেটা যেহেতু ভিপিএন সেবাদাতার হাত দিয়ে যায়, তাই সেবাদাতার সততার ওপর নির্ভর করে ব্যবহারকারীর তথ্য নিরাপত্তা। এ ঝুঁকির পাশাপাশি অনেক সময় ইন্টারনেটের গতি কমে যায়। কারণ বিভিন্ন দুর্গম সার্ভারের মাধ্যমে ডেটা পাঠায় ভিপিএন।

একটি ভিপিএন সেটআপ বা কনফিগার করা অনভিজ্ঞ ব্যবহারকারীর কাছে ভীতিকর হতে পারে, বিশেষ করে এনক্রিপশন প্রটোকল, সার্ভার বাছাই ও ‘টানেলিং’ আলাদা করার মতো বিভিন্ন উন্নত ফিচার ব্যবহারের ক্ষেত্রে। এ ছাড়া, ইন্টারনেট সংযোগে ‘ট্রাবলস্‌শুটিং’, ‘ডিএনএস’ বা ‘ডোমেইন নেইম সিস্টেম’ ফাঁস বা নির্দিষ্ট কিছু অ্যাপ্লিকেশন অথবা ডিভাইস সেটআপের বেলায় কারিগরি বিশেষজ্ঞের প্রয়োজনীয়তা, এমন বিষয়গুলো চ্যালেঞ্জিং হতে পারে তুলনামূলক কম প্রযুক্তিজ্ঞানসম্পন্ন ব্যক্তিদের কাছে।

ভিপিএনের মূল উদ্দেশ্য যেহেতু তথ্য গোপন করা তাই সরকারি সংস্থাগুলো চাইলেও অনেক ক্ষেত্রে এসব তথ্য উদঘাটন করতে পারে না। ভিপিএন ব্যবহার করে বিশ্বব্যাপী বহু অপরাধের ঘটনা ঘটে চলেছে। অনেক ক্ষেত্রে অপরাধীদের শনাক্ত করা খুবই কঠিন হয়ে পড়ে।

বিশ্বজুড়ে ভিপিএন : গত ২৯ ফেব্রুয়ারি আন্তর্জাতিক গণমাধ্যম ফোর্বস ম্যাগাজিনে প্রকাশিত এক প্রতিবেদনে বলা হয়েছে, বর্তমানে দেশে ভিপিএন ব্যবহারকারীর সংখ্যা ১ দশমিক ৬ বিলিয়ন, যা মোট ইন্টারনেট ব্যবহারকারীর ৩১ শতাংশ। বর্তমানে ভিপিএনের বাজার প্রায় ৫০ বিলিয়ন মার্কিন ডলার হলেও ২০৩০ সাল নাগাদ এটি বেড়ে ১০০ বিলিয়ন মার্কিন ডলার ছাড়িয়ে যাবে বলে ধারণা করছেন প্রযুক্তিবিদরা। বিশ্বের বিভিন্ন দেশে অবাধ ইন্টারনেট ব্যবহারে নানারকম কঠোর বিধিনিষেধ রয়েছে। সেসব দেশে মূলত ভিপিএন ব্যবহার করছেন বহু মানুষ।

বর্তমানে ভিপিএন ব্যবহারকারীর শীর্ষ দেশ হলো কাতার। দেশটিতে ৭০ শতাংশ মানুষ ভিপিএন ব্যবহার করেন। এরপর রয়েছে সংযুক্ত আরব আমিরাত (৬২ শতাংশ) এবং সিঙ্গাপুর (৫৪ শতাংশ)। অন্যদিকে কম ভিপিএন ব্যবহারকারীদের তালিকায় শীর্ষে রয়েছে সাউথ আফ্রিকা। দেশটিতে মাত্র ১ দশমিক ৪৪ শতাংশ মানুষ ভিপিএন ব্যবহার করেন। এরপর রয়েছে জাপান (১ দশমিক ৮৩ শতাংশ) এবং কেনিয়া (১ দশমিক ৯২ শতাংশ)।

অনেক ভিপিএন বিনামূল্যে বা কম খরচে ব্যবহার করা যায়। আবার অনেক ভিপিএন ব্যবহার করতে নির্দিষ্ট মূল্য পরিশোধ করতে হয়। এসব ভিপিএনে বিভিন্ন উন্নত ফিচার ও উচ্চগতির সার্ভার ব্যবহারের সুবিধা মেলে। বাজারে থাকা সব ভিপিএনই যে ভালো পরিষেবা দেবে তা নয়। ব্যক্তিভেদে ভিপিএন বাছাই নির্ভর করে। এজন্য ভিপিএনের নিরাপত্তা ফিচার, গোপনীয়তা নীতিমালা, সার্ভার নেটওয়ার্ক, ইন্টারনেটের গতি ও সক্ষমতা এবং ব্যবহারকারীর জন্য কতটা সহায়ক এসব বিষয়ও নির্ভর করে। এ কারণে ভিপিএন পছন্দের ক্ষেত্রে কোম্পানির পরিচিতি, অবস্থান, ফিচার ও সুরক্ষা স্তরের বিষয়ে সতর্ক থাকার পরামর্শও দিয়েছেন প্রযুক্তিবিদরা।



প্রযুক্তির অগ্রগতি ও উন্নয়ন

বৈশ্বিক ডিজিটাল প্রযুক্তির সূচকে বাংলাদেশ ১০০-এর মধ্যে ৬২ স্কোর করেছে। আইসিটি অগ্রগতিতে বাংলাদেশের এই স্কোর অনেক সম-অর্থনীতির চেয়ে কম। ইন্টারন্যাশনাল টেলিকমিউনিকেশন ইউনিয়নের আইসিটি ডেভেলপমেন্ট ইনডেক্স অনুযায়ী, বৈশ্বিক গড় স্কোর ৭৪ দশমিক ৮। নিম্নমধ্যম আয়ের দেশগুলোর গড় স্কোর ৬৪ দশমিক ৮।

সূচকে বাংলাদেশকে নিম্নমধ্যম আয়ের দেশ হিসেবে তালিকাভুক্ত করা হয়েছে। সূচকে বৈশ্বিক গড় ও নিম্নমধ্যম আয়ের দেশগুলোর গড় স্কোর দুটোতেই পিছিয়ে রয়েছে বাংলাদেশ। মিয়ানমার, শ্রীলঙ্কা, মালদ্বীপ, ভিয়েতনাম ও ভুটানের পরেই বাংলাদেশের অবস্থান। প্রতিবেশী দেশগুলোর মধ্যে বাংলাদেশের চেয়ে কিছুটা পিছিয়ে আছে কেবল পাকিস্তান। সূচকে ভারতকে অন্তর্ভুক্ত করা হয়নি।

দশটি সূচকের মধ্যে সাতটিতেই নিম্ন মধ্যম আয়ের দেশগুলোর গড় স্কোরের চেয়ে বাংলাদেশের স্কোর কম। তবে বাংলাদেশ মোবাইল নেটওয়ার্ক কভারেজে (থ্রিজি এবং ফোরজি) ভালো করেছে। মোবাইল ইন্টারনেট ব্যবহারকারীর সাক্ষিপশনে নিম্নমধ্যম আয়ের দেশগুলোর গড় সূচককে ছাড়িয়ে গেছে। তবে এশিয়া ও প্রশান্ত মহাসাগরীয় দেশগুলো এখনও পিছিয়ে আছে।

এই প্রতিবেদন আমলে নিলে এটা সহজেই প্রতীয়মান হয় বিপুল বিনিয়োগের পরও তথ্য ও প্রযুক্তি (আইসিটি) খাতে আশানুরূপ অগ্রগতি নেই। ইন্টারনেটের গতি ও ব্যবহার, ডিজিটাল জীবনমান, প্রযুক্তির ব্যবহার, ই-গভর্নমেন্ট, সাইবার নিরাপত্তা, ফিল্যান্সিং, কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তাসহ তথ্যপ্রযুক্তি সংক্রান্ত প্রায় সব বৈশ্বিক সূচকে বাংলাদেশের অবস্থান তালিকার তলানিতে। অনেক সূচকে পাশের দেশ ভারত, নেপাল, ভুটান থেকেও পিছিয়ে। ফলে ঘোষণা দিয়ে দেশ ডিজিটাল থেকে স্মার্ট হলেও জীবনমান সেভাবে ডিজিটাল হয়নি।

বিশ্লেষকরা বলছেন, তথ্যপ্রযুক্তি খাতে হাজার হাজার কোটি টাকা বিনিয়োগ করা হলেও তা খরচ হয়েছে অপরিকল্পিত। দেশজুড়ে গড়ে তোলা হয়েছে শুধু ডিজিটাল অবকাঠামো। টেকসই নীতিমালার আলোকে পরিকল্পিত ডিজিটালাইজেশন হয়নি। ফলে ইউনিয়ন পর্যন্ত ইন্টারনেট পৌঁছেছে ঠিকই, কিন্তু ডিজিটাল সেবার দরজা প্রশস্ত হয়নি।

জানা গেছে, দেশের ডিজিটাল নেটওয়ার্ক ও অবকাঠামো গড়ে তুলতে এবং এ বিষয়ে দক্ষ জনসম্পদ তৈরিতে ২০১০ সাল থেকে তথ্য ও যোগাযোগ প্রযুক্তি বিভাগ প্রায় ২৫ হাজার কোটি টাকার প্রকল্প নিয়েছে। এর মধ্যে অনেক

প্রকল্প শেষ হয়েছে, কিছু চলমান। অবকাঠামো খাতে ১৯ হাজার ১৭৯ কোটি টাকা খরচ করা হচ্ছে। প্রযুক্তিগত দক্ষতা বাড়াতে ব্যয় হচ্ছে ৪ হাজার ৭৯৪ কোটি টাকা। সাইবার নিরাপত্তা পরিকাঠামো গড়ে তুলতে খরচ হচ্ছে প্রায় ১১ হাজার ২১৩ কোটি টাকা। তবে বিশেষজ্ঞরা বলছেন, এত বিপুল বিনিয়োগের পরও অপরিকল্পিত উদ্যোগ ও অব্যবস্থাপনায় নাগরিক জীবনে ডিজিটাল বিপ্লব সেভাবে ঘটেনি। ডিজিটাল খাতে সরকারের অন্যতম সাফল্য তথ্য বাতায়নের আওতায় প্রায় ৫০ হাজার ওয়েবসাইট তৈরি। যদিও এসব ওয়েবসাইটে ন্যূনতম নিরাপত্তা ব্যবস্থা নেই। প্রায় নিয়মিত সাইবার হামলা হচ্ছে সাইটগুলোতে। এতে বেহাত হচ্ছে ব্যক্তিগত গুরুত্বপূর্ণ তথ্য-উপাত্ত।

দেশে ডিজিটাল অবকাঠামো গড়ে উঠলেও প্রযুক্তি খাতের সঠিক বিকাশ হয়নি। দক্ষ জনসম্পদ গড়ে তোলা যায়নি। ফলে এ খাতে টেকসই উন্নয়ন ঘটেনি। তাই সূচকগুলোতে সবসময় বাংলাদেশ পেছনের দিকে থাকছে। ডিজিটাল সূচকে ভুটানেরও নিচে অবস্থান করা বাংলাদেশ ইন্টারনেট গতির তালিকায়ও তলানিতে রয়েছে। ওকলা স্পিডটেস্ট গ্লোবাল ইনডেক্সেও গত মে মাসে মোবাইল ইন্টারনেট সূচকে ১৪৭ দেশের মধ্যে বাংলাদেশের অবস্থান ছিল ১০৯-এ। পাশাপাশি ব্রডব্যান্ড ইন্টারনেট সূচকেও বাংলাদেশ পিছিয়ে। তালিকায় ১৪৭ দেশের মধ্যে বাংলাদেশ ১০৮তম। আর এআই প্রস্তুতি সূচকেও যে পিছিয়ে ছিল তা নিয়ে দৈনিক সময়ের আলোতে গত ৭ জুলাই 'এআই প্রস্তুতির সূচকে তলানিতে বাংলাদেশ' শিরোনামে বিস্তারিত খবর ছাপা হয়েছিল। সেখানে দেখা গেছে, আন্তর্জাতিক মুদ্রা তহবিলের (আইএমএফ) কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা (এআই) প্রস্তুতি সূচকে (এআইপিআই) বিশ্বের ১৭৪ দেশের মধ্যে বাংলাদেশের অবস্থান ১১৩তম।

দেশ ডিজিটাল যুগ পেরিয়ে স্মার্ট যুগে প্রবেশ করেছে। কিন্তু ডিজিটাল জীবনমান সূচকে বিশ্বের ১২১ দেশের তালিকায় বাংলাদেশ রয়েছে ৮২তম অবস্থানে। এশিয়ার ৩২ দেশের তালিকায় বাংলাদেশের অবস্থান ২৫। সাইবার নিরাপত্তা প্রতিষ্ঠান সারফশার্ক ডিজিটাল কোয়ালিটি অব লাইফ ইনডেক্স-২০২৩ প্রতিবেদনে এ তথ্য প্রকাশ করা হয়েছে। প্রতিবেদন অনুসারে আগের বছরের চেয়ে বাংলাদেশ পাঁচ ধাপ পিছিয়েছে। তালিকায় ভারত ৫২তম অবস্থানে এবং পাকিস্তান ৯৩তম। ইন্টারনেট সামর্থ্য, ইন্টারনেটের মান, ই-অবকাঠামো, ই-নিরাপত্তা, ই-সরকার; পাঁচটি সূচকের ওপর ভিত্তি করে প্রতিবেদনটি করা হয়।

প্রতিবেদন বলছে, সূচক অনুযায়ী বাংলাদেশে ইন্টারনেটের গতি বৈশ্বিক গড়ের চেয়ে ৫ শতাংশ কম। বৈশ্বিক গড় ৫৩ এমবিপিএস হলেও বাংলাদেশে মোবাইল ফোনের ইন্টারনেট গড় গতি ২০ এমবিপিএস। ই-গভর্নমেন্ট সূচকে বাংলাদেশ তালিকার ৭৩ এ, যা বৈশ্বিক গড়মানের নিচে। ইন্টারনেট ক্রয়ক্ষমতার হিসেবে বাংলাদেশের অবস্থান ৭৭তম; ই-সিকিউরিটি র‍্যাঙ্কিংয়ে ৮৫তম।

এ ছাড়া ফিল্যান্সিংয়েও পিছিয়ে রয়েছে বাংলাদেশ। মার্কিন সাময়িকী সিইও ওয়ার্ল্ড সম্প্রতি ফিল্যান্স কাজের জন্য সেরা গন্তব্যের ৩০ দেশের তালিকা প্রকাশ করে। এতে বাংলাদেশ রয়েছে ২৯তম স্থানে। তালিকায় ভারত রয়েছে দ্বিতীয়, পাকিস্তান ২৮তম স্থানে। বিশেষজ্ঞদের মতে, প্রযুক্তিগত দক্ষতা কম থাকায় ভালো কাজ দেশে আসে কম। যদিও ফিল্যান্সারের সংখ্যার বিচারে বাংলাদেশের অবস্থান ওপরের দিকেই।

৫জি প্রযুক্তির যত সুবিধা

কেমন হয়, যদি কয়েক সেকেন্ডেই ডাউনলোড করা যায় একটি পূর্ণদৈর্ঘ্য এইচডি মুভি! হ্যাঁ, এ রকম সুবিধাই দেবে শীঘ্রই সারা দেশে চালু হতে যাওয়া পঞ্চম জেনারেশন বা ফাইভ জি নেটওয়ার্ক। চীন, কোরিয়া, আমেরিকা, কানাডা, ফিনল্যান্ড ও জার্মানিতে ইতোমধ্যেই এই নেটওয়ার্ক সুবিধা চালু হলেও বাংলাদেশে এটি সীমিত পর্যায়ে রয়েছে।

২০২১ সালের ১২ ডিসেম্বর বাংলাদেশ সচিবালয়, জাতীয় সংসদ ভবন ও প্রধানমন্ত্রীর কার্যালয়সহ দেশের ৬টি স্থানে পরীক্ষামূলকভাবে দ্রুতগতির ফাইভ-জি সেবা চালু করে টেলিটক। সেই পথ অনুসরণ করে এরইমধ্যে দেশের বিভাগীয় শহরে ফাইভ-জি সেবার ট্রায়াল সম্পন্ন করেছে বেসরকারি তিনটি মোবাইল অপারেটর। এবার এই নেটওয়ার্ক সেবা চালু হচ্ছে হযরত শাহজালাল আন্তর্জাতিক বিমানবন্দরের থার্ড টার্মিনাল ও চট্টগ্রাম বন্দরে।

নতুন জেনারেশনের ওয়্যারলেস নেটওয়ার্ক মানেই বেশি সুবিধা ও বেশি গতির ইন্টারনেট। ওয়ান-জি প্রযুক্তির সাহায্যে আমরা পেয়েছিলাম মোবাইলে কথা বলার সুযোগ। টু-জি আমাদের দিয়েছিল মোবাইল থেকে মেসেজ বা বার্তা পাঠানোর সুবিধা। আর থ্রি-জি আসার পর আমরা মোবাইল দিয়ে প্রথমবারের মতো স্বতঃস্ফূর্তভাবে ইন্টারনেট চালাতে পারলাম। আর কিছুদিন আগে ফোরজি আসার পর মোবাইলে ভিডিও কলে কথা বলা কিংবা ইন্টারনেটে গেম খেলা এখন হাতের মোয়ায় পরিণত হয়েছে। আর এবার আসছে ফোরজির চেয়েও ২০ থেকে সর্বোচ্চ ১০০ গুণ বেশি গতির ফাইভ-জি!

এই ফাইভ-জির ফলে সম্ভব হবে ভার্চুয়াল রিয়ালিটি, চালকবিহীন গাড়ি, ইন্টারনেট অফ থিংস ও আরও অনেক অভিনব প্রযুক্তি- যা কিনা আমরা এখন কল্পনাও করতে পারি না। আপনি হয়তো এতক্ষণে ক্ষেপে গিয়ে বলছেন,



আচ্ছা ফাইভ-জির এত গুণগান করছেন, কিন্তু ফাইভ-জি জিনিসটা আসলে কি সেটাই তো বললেন না এখনো! হ্যাঁ, ফাইভ-জি হলো স্বল্পদৈর্ঘ্য তরঙ্গের মাধ্যমে তারবিহীন ডাটা আদান প্রদানের সর্বশেষ প্রযুক্তি, যা পাঁচটি সম্পূর্ণ নতুন ও যুগান্তকারী প্রযুক্তির সমন্বয়ে গঠিত। এ প্রযুক্তিগুলো হলো- মিলিমিটার ওয়েভ বা মিলিমিটার তরঙ্গ, স্মল সেল বা কাছাকাছি থাকা ক্ষুদ্রাকৃতির টাওয়ার, ম্যাসিভ মাইমো বা বহু পরিধির ইনপুট-আউটপুট, বিমফর্মিং বা নির্দিষ্ট দিকে তরঙ্গ নিক্ষেপণ এবং ফুল ডুপ্লেক্স বা ব্যালেন্সড সিগনালিং সিস্টেম।

প্রকৃতপক্ষে গবেষকগণ এই পাঁচটি প্রযুক্তি নিয়ে প্রতিনিয়ত কাজ করছেন ও এগুলোর উন্নয়ন এখনও চলছে, গোটা ফাইভ জি প্রযুক্তিটি এখনও পরীক্ষমান পর্যায়ে রয়েছে। এমনও হতে পারে এতে আরও নতুন নতুন প্রযুক্তি যুক্ত করা হচ্ছে। ২০১৮ সালের ২৫ জুলাই হোটেল সোনারগাঁওয়ে অনুষ্ঠিত হয় বাংলাদেশ ফাইভ-জি সামিট-২০১৮; যেখানে খ্যাতনামা চাইনিজ

প্রতিষ্ঠান ছাড়াওয়ে পরীক্ষামূলকভাবে ফাইভ-জি প্রযুক্তি প্রদর্শন করে। উল্লেখ্য, এখানে সর্বোচ্চ ডাউনলোড স্পিড প্রত্যক্ষ করা হয়েছিল ৪.১৭ গিগাবিট পার সেকেন্ড। সেই দিনটি বোধ করি খুব দূরে নয়, যেদিন উন্নত দুনিয়ার সঙ্গে তাল মিলিয়ে তথ্য-প্রযুক্তি খাতে আমাদের দেশও হয়ে উঠবে স্বয়ংসম্পূর্ণ, আধুনিক বাংলাদেশ।

ইন্টারনেট বিপর্যয়

ইন্টারনেট শব্দটি আধুনিক বিশ্বে সবচেয়ে ব্যবহৃত শব্দের একটি ইন্টারনেট বন্ধ থাকায় সবচেয়ে বড় ক্ষতির মুখে পড়েছে অনলাইনভিত্তিক সব ধরনের লেনদেন। অ্যাপনির্ভর ব্যাংকিং সেবা মুঠোফোন আর্থিক সেবাদাতা (এমএফএস) প্রতিষ্ঠানের সব ধরনের কার্যক্রম বন্ধ হয়ে যায় ইন্টারনেট না থাকলে। মুঠোফোনে রিচার্জের জন্য মানুষ টাকা নিয়ে দোকানে দোকানে যায়, কিন্তু রিচার্জ করতে পারেন না। ভেবে দেখুন, মুমূর্ষু মা-বাবার চেহারাটি শেষবারের জন্য দেখার সংবাদটিও পৌঁছানো যাচ্ছে না। মুঠোফোনে ব্যালেন্স না থাকার কারণে এই অবস্থা দীর্ঘসময় চলতে পারে না। আধুনিক বিশ্বে প্রবেশ করে আদিম মানুষের মতো জীবনযাপন করা কোনোভাবেই সভ্য সমাজের পরিচায়ক নয় ইন্টারনেট শব্দটি আধুনিক বিশ্বে সবচেয়ে ব্যবহৃত শব্দের একটি। শব্দটি বিশ্লেষণ করলেই এর কারণ উপলব্ধি করা যায়।

ইন্টার অর্থ আন্তঃ নেট অর্থ জাল। মাকড়সার জালের মতো বিছিয়ে রাখা যোগাযোগের অস্পর্শনীয় যোগাযোগ ব্যবস্থা মানব সভ্যতাকে এক লাফে অনেকদূর এগিয়ে দিয়েছে। মানুষের জীবনকে সবদিক দিয়েই উন্নততর এক উচ্চতায় পৌঁছে দিয়েছে। মানুষের আর্থ-সামাজিক, রাজনৈতিক-সাংস্কৃতিক জীবনকে এক লহমায় বদলে দেওয়া ‘ইন্টারনেট’ ব্যবস্থাটি থেকে বিশ্ব অনেক কিছুই লাভ করছে।

এর ফলে বাংলাদেশের যাবতীয় অর্থনৈতিক কার্যক্রম স্থবির হয়ে পড়ে। বলা হচ্ছে- শতাব্দীর ভয়াবহতম ভাইরাস কোভিড-১৯ এর সময়ও বাংলাদেশের অর্থনীতি এর রকমভাবে থমকে যায়নি। কারণ, ইন্টারনেট না থাকায় ব্যাংকিং ও আর্থিক প্রতিষ্ঠানের কার্যক্রম, বিদ্যুৎ, ও গ্যাস বিল, অনলাইনে টাকা লেনদেন, মুঠোফোনে টাকা ভরা, অনলাইনে কেনাবেচা, ফ্রিল্যান্সিং, বিমান ও যোগাযোগ পরিষেবার টিকিট কেনা, অনলাইনভিত্তিক বিনোদনের মাধ্যম (গুটিটি, ইউটিউব, ফেসবুক), সামাজিক যোগাযোগমাধ্যম সবধরনের সেবাই বন্ধ হয়ে যায়।

আমরা জানি, কোভিড-১৯ অভিঘাত সামলে ওঠার সময়ই বিশ্বজুড়ে নতুন সংকট সৃষ্টি করে ইউরোপের রাশিয়া-ইউক্রেন যুদ্ধ। রাশিয়া-ইউক্রেন যুদ্ধ চলমান অবস্থায় মধ্যপ্রাচ্যের ফিলিস্তিনে ইসরাইলের ভয়াবহ আক্রমণ শুরু হয়। তেলসমৃদ্ধ মধ্যপ্রাচ্যের এই অস্থিরতা বিশ্বের অন্যান্য দেশের মতো বাংলাদেশকেও আক্রান্ত করে। লোহিত সাগর দিয়ে আমদানি-রপ্তানি বাধাগ্রস্ত হওয়ায় বাংলাদেশে বৈদেশিক মুদ্রা আয়ের প্রধান খাত পোশাক রপ্তানি কমে যায়। রেমিটেন্স প্রবাহও দেখা দেয় ভাটার টান।

এমন এক অবস্থায় কোটা আন্দোলনকে ঘিরে আধুনিক অর্থনীতি ব্যবস্থার মেরুদণ্ড ইন্টারনেটের বিপর্যয় বাংলাদেশের অর্থনীতিকে বলা যায় এক অন্ধকার গহবরে নিষ্ক্ষেপ করেছে। মানুষের দৈনন্দিন জীবনে নেমে যায় প্রায় স্থবিরতা। ব্যবসা-বাণিজ্য পরিচালনা করতে ব্যবসায়ীদের সংকটে পড়তে হয়েছে।

সরকারও বিপুল পরিমাণ রাজস্ব থেকে বঞ্চিত হচ্ছে। প্রযুক্তি বিশ্লেষকরা বলছেন, ইন্টারনেট থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে পড়ার আর্থিক মূল্যমান নিরূপণ করা দুঃসাধ্য। কেননা, মানুষের জীবন রক্ষাকারী চিকিৎসা সরঞ্জাম থেকে শুরু করে জীবন রক্ষার জন্য জরুরি সেবা আহ্বানকারী মুঠোফোনও ইন্টারনেটের ওপর অনেকটা নির্ভরশীল। তবু বলা যায়, বাংলাদেশ ইন্টারনেট থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে পড়ায় প্রত্যক্ষ-পরোক্ষভাবে বাংলাদেশের অর্থনীতি দৈনিক ২০ হাজার কোটি টাকার ক্ষতির সম্মুখীন হচ্ছে। কারণ, ইন্টারনেট না থাকা মানে অফিস-আদালত না থাকা।

ইন্টারনেট বন্ধ থাকায় সবচেয়ে বড় ক্ষতির মুখে পড়ে অনলাইনভিত্তিক সব ধরনের লেনদেন। অ্যাপনির্ভর ব্যাংকিং সেবা, মুঠোফোন আর্থিক সেবাদাতা (এমএফএস) প্রতিষ্ঠানের সবধরনের কার্যক্রম বন্ধ হয়ে গেছে। মুঠোফোনে রিচার্জের জন্য মানুষ টাকা নিয়ে দোকানে দোকানে যাচ্ছেন, কিন্তু রিচার্জ করতে পারছেন না। ভেবে দেখুন, মুমূর্ষু মা-বাবার চেহারাটি শেষবারের জন্য



দেখার সংবাদটিও পৌঁছানো যাচ্ছে না মুঠোফোনে ব্যালেন্স না থাকার কারণে। এই অবস্থা দীর্ঘসময় চলতে পারে না। আধুনিক বিশ্বে প্রবেশ করে আদিম মানুষের মতো জীবনযাপন করা কোনোভাবেই সভ্য সমাজের পরিচায়ক নয়।

বিভিন্ন সূত্রে জানা যাচ্ছে, ব্রডব্যান্ড সেবা চালু করা হবে। সীমিত পরিমাণে হয়েছেও। তবে ইউটিউব, ফেসবুক, টিকটক ও যোগাযোগের অ্যাপ বন্ধ এখনো। সরকারের এ ধরনের সিদ্ধান্ত কতটা বাস্তবমুখী, তা সময়ই বলে দেবে। কিন্তু বৈদেশিক মুদ্রা আয়ের অন্যতম ভরসা হয়ে ওঠা ফ্রিল্যান্সিং খাতের জন্য এসব মাধ্যম প্রয়োজনীয়। এসব মাধ্যম ‘গুজব’ ছড়ানোর হাতিয়ার, এটা ঠিক। কিন্তু যোগাযোগের মাধ্যম বন্ধ করে রাখাও অনভিপ্রেত।

সাময়িকভাবে এসব বন্ধ করা হলেও দ্রুত তা উন্মুক্ত করে দেওয়া সমীচীন হবে। কেননা, ইন্টারনেট জাতিসংঘ স্বীকৃত মৌলিক অধিকার। ইন্টারনেট বন্ধ করে দিয়ে মৌলিক অধিকার ক্ষুণ্ণ করা বাংলাদেশের ভাবমূর্তির জন্য অত্যন্ত ক্ষতিকর। ইন্টারনেট চালু রেখে সত্য ও গ্রহণযোগ্য সংবাদ প্রচার করলে এবং যার যার অবস্থান থেকে সততা ও নিষ্ঠার পরিচয় দিলে, বাংলাদেশের মানুষ অবশ্যই সরকারের সহযোগী ভূমিকায় অংশ নেবে।

সোশ্যাল মিডিয়া অপতথ্য ছড়ানোর কেন্দ্র

সারা বিশ্বে প্রযুক্তির পদক্ষেপ সব সময়ই অগ্রসরমাণ ছিল। একদিন সেই পদক্ষেপ যখন অনলাইন হলো, তখন প্রযুক্তি হাঁটা থেকে ছোটা শুরু করল। সেই ছুটে চলাটা বিস্ময়কর। উদ্বেলিত হলো গোটা বিশ্ব। প্রযুক্তির হাত ধরল সামাজিক যোগাযোগমাধ্যম। সঙ্গে অবাধ তথ্যপ্রবাহ। ব্যস! পুরোনো সব



প্রযুক্তি ছাপিয়ে নেতৃত্বের আসনে তথ্য ও যোগাযোগপ্রযুক্তি। বিশ্ব হয়ে গেল ডিজিটাল এবং স্মার্ট।

বাংলাদেশই-বা পিছিয়ে থাকবে কেন? ভাষা ভাষা জ্ঞান ও যথেষ্ট অদক্ষতা নিয়ে সেই অনল ইন প্রযুক্তির মহাসমুদ্রে ঝাঁপ দিল বাংলাদেশ। অদক্ষ ও ডিজিটালি কম প্রযুক্তি জ্ঞানসম্পন্ন জনবল নিয়ে আধুনিক ডিজিটাল বাংলাদেশের যাত্রা শুরু হলো, এবং হয়েছে গেল। আগে ছোটরা বড়দের কাছে নানা প্রশ্নের উত্তর জানতে চাইত, সাহায্য চাইত। আর এখন আনস্মার্ট বড়রাই ছোটদের মুখাপেক্ষী হয় সাধারণ মোবাইল অ্যাপ্লিকেশন শিখতে। প্রযুক্তি ব্যবহারে ছোটরা অনেকটুকু এগিয়ে বড়দের চেয়ে।

এ দেশের সরকারগুলো প্রত্যেকেই ক্ষমতাকাঠামো নিরঙ্কুশ করতে গণমাধ্যমকে অন্তরালে নিয়ন্ত্রণ করেছে, এতে গণমাধ্যমের প্রতি মানুষের আস্থা ক্রমেই কমেছে। মানুষ এখন ‘ফেসবুকের খবর’ বিশ্বাস করে। ছাপানো পত্রিকা পড়া কমিয়েছে। কিন্তু ফেসবুকসহ অনলাইন সামাজিক মাধ্যমগুলোতে যা দেখা যায়, তা যে এর ব্যবহারকারীদেরই তৈরি ও পরিবেশিত এবং এসব তথ্য বা সংবাদ কোনো যাচাইবাছাই ছাড়াও প্রচারিত হতে পারে, সেটা আমরা বুঝে উঠতে পারিনি। মনমতো বা আগ্রহের কোনো কনটেন্ট হলেই শেয়ার, লাইক, কमेंটস দিয়ে দিচ্ছি। এর ফলে আমরা নিজেদের অজান্তেই হয়তো কোনো ব্যক্তি, সংগঠন, সংস্থা, গোষ্ঠী, সম্প্রদায় বা জাতিকে অসম্মান করছি। ডিজিটাল ডিসইনফরমেশন বা অনলাইন অপতথ্যের ঝুঁকি সম্পর্কে আমরা কিছু কিছু জানছি বটে। কিন্তু শিখছি না, তাই মানছিও না।

মিথ্যা, বানোয়াট বা ভুল তথ্য দিয়ে বাজার অস্থির করে তোলার ঘটনাও আমাদের অজানা নয়। তেমনি রাজনৈতিক উদ্দেশ্যেও অনেক ধরনের পরস্পরবিরোধী অপপ্রচার আমরা দেখতে পাই। সামাজিক যোগাযোগমাধ্যম ব্যবহারে আমাদের অসচেতনতায় এমন অসংখ্য ঘটনা ঘটানো সম্ভব হয়। এভাবে ধর্ম, সম্প্রদায়, মতাদর্শ, জাতি, গোষ্ঠী, দল, সংগঠন সবই নেতিবাচক বিদ্বেষে আক্রান্ত হচ্ছে এখানে। এতে আমাদের সমাজের সামাজিক বুনন, বৈচিত্র্যের ঐক্য, সর্বোপরি সম্প্রীতি বিনষ্ট হয়েছে।

ইংরেজি শব্দ বিশেষজ্ঞরা মিসইনফরমেশন (ভুলতথ্য) ‘ডিসইনফরমেশন’কে অপতথ্য, ম্যালইনফরমেশন (সত্য তথ্যের উদ্দেশ্যপ্রণোদিত অপব্যবহার), হিসেবে চিহ্নিত করেছেন। ডিপফেইক, হেইট স্পিচ সবকিছুই ডিসইনফরমেশনের অন্তর্ভুক্ত। এসবের বিপদ সম্পর্কে আমাদের ধারণা খুবই সীমিত। এর পাশাপাশি ডিজিটাল হাইজিন ও সুরক্ষা জ্ঞানের অভাবে অনলাইনে সামাজিক মাধ্যমে আমরা নিজেরাও প্রতারণিত হচ্ছি, ঝুঁকিতে পড়ছি প্রতিনিয়ত।

সামাজিক যোগাযোগমাধ্যমে আমরা কী দেখব, কী প্রতিক্রিয়া দেব, কী পোস্ট করব এসব বিষয়ে যদি ধীরে চলা শিখতে না পারি, তবে সামনে আরও দুর্দিন আমাদের দেখতে হবে। অনলাইন ব্যবস্থায় কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা প্রতিমুহূর্তে

আমাদের আগ্রহকে অনুসরণ করছে। আপনি যখন ফুলের ছবিতে লাইক দেবেন, তো ফুলের ছবি আপনার ফিডে বেশি করে আসবে। তেমনি আপনি যেমন ওয়াজ শুনবেন, তেমন ওয়াজ বেশি করে দেখতে পাবেন। আপনি যদি পর্গো দেখেন, তো সেসব কনটেন্টই বেশি পাবেন। অর্থাৎ, আমরা যদি ভালো কিছু, ইতিবাচক কিছু পোস্ট করি, তো সেটাই সবাই দেখব।

অপতথ্যের বিপদ থেকে বাঁচতে মূলধারার গণমাধ্যমগুলো এখন ফ্যাক্টচেকিং সেল চালু করেছে। যেকোনো সংবাদের সত্যতা যাচাইয়ের জন্য এই সেল কাজ করে। তার পরও মাঝেমধ্যেই ইচ্ছাকৃত বা অসতর্কতায় কখনো কখনো কুতথ্য প্রকাশিত হয়ে যায়। ইচ্ছাকৃত হয় মূলত বেশি হিট, টিআরপি পাওয়ার জন্য। এর সঙ্গে অশুভ ব্যবসায়িক স্বার্থ জড়িয়ে থাকে। কিন্তু ইতিমধ্যে সামাজিক যোগাযোগমাধ্যমে যাঁরা খবরটা ‘খেয়েছেন’, তারা তো মহা উৎসাহে সেটা ভাইরাল করে দিয়েছেন। সাধারণ ব্যবহারকারীদের সবকিছু এত যাচাই করা, ফ্যাক্টচেক, ইমেজ সার্চ করার কথাও না। কিন্তু মানুষকে সচেতন করতে, শেখাতে সরকারি পর্যায়ে থেকে কোনো কার্যকর ও দৃশ্যমান প্রচেষ্টাও তো নেই। বেসরকারি পর্যায়ে কাজ যা হয় তা-ও ফান্ড-নির্ভর, সীমিত পরিসরে। আমাদের চারপাশের নেতিবাচক ঘটনাপরম্পরায় আমরা ইতিবাচক ভাবনা ভাবতেও ভুলে গেছি।

অনলাইনেও নেতিবাচক অপতথ্য আমাদের এতটাই জর্জরিত করছে যে, আমরা সাধারণ সচেতনতায় সেগুলো এড়িয়ে চলতেও পারি না, আবার ইতিবাচক লেখা বা কনটেন্ট দিয়ে সেগুলোকে নাকচও করতে পারছি না। নিদেনপক্ষে, যেকোনো পোস্টে প্রতিক্রিয়া দেওয়ার আগে একটু অপেক্ষা করি, কিছুক্ষণ ভাবি এর সত্যতা। সংবাদটা কে দিয়েছে, তার বিশ্বাসযোগ্যতা কতটুকু, বোঝার চেষ্টা করতে পারি। মোট কথা, সামাজিক যোগাযোগমাধ্যম ব্যবহারে আমাদের একটু ধীরে চলা শিখতে হবে। বাংলাদেশ আজ অপতথ্যের মহাসমুদ্র সাঁতরে চলেছে। এখন আমাদের সচেতনতার কোনো বিকল্প নেই।

অস্ট্রেলিয়ায় শিশু-কিশোরদের জন্য সোশ্যাল মিডিয়া নিষিদ্ধ করে আইন পাস

১৬ বছরের কম বয়সী শিশুদের জন্য সামাজিক যোগাযোগ মাধ্যম ব্যবহার



নিষিদ্ধ করে আইন পাস করেছে অস্ট্রেলিয়া। দীর্ঘ তর্ক-বিতর্কের পর সম্প্রতি পার্লামেন্টের উচ্চকক্ষ সিনেটে প্রস্তাবটি পাস হয়। এই নিষেধাজ্ঞাটি স্ল্যাপচ্যাট, টিকটক, ফেসবুক, ইনস্টাগ্রাম, রেডডিট এবং এঙ (সাবেক টুইটার) এ প্রযোজ্য হবে বলে জানা যাচ্ছে। এই তালিকা আরো দীর্ঘ হতে পারে।

জানা গেছে, শিশুরা যাতে সোশ্যাল মিডিয়া ব্যবহার করতে না পারে সে ব্যবস্থা নিতে প্রযুক্তি কোম্পানিগুলোর প্রতি নির্দেশ দেওয়া হয়েছে। আইন অমান্য করলে ৫ কোটি অস্ট্রেলিয়ান ডলার জরিমানার বিধান রাখা হয়েছে। বিভিন্ন দেশে এ বিষয়ে বিধিনিষেধ থাকলেও অস্ট্রেলিয়ার আইনকে বিশ্বের

সবচেয়ে কঠোর আইন হিসেবে রদখা হচ্ছে।

প্রস্তাবটি আইনে পরিণত হওয়ার পর আগামী বছরের জানুয়ারি মাস থেকে পরীক্ষামূলকভাবে চালু করা হবে। পরীক্ষামূলকভাবে চালুর এক বছরের মধ্যে নিষেধাজ্ঞা কার্যকর করা হবে প্রধানমন্ত্রী অ্যাঙ্কনি আলবানিজ আইন প্রণেতাদের বলেন, প্রত্যেক দায়িত্ববান সরকারই শিশুদের ওপর সোশ্যাল মিডিয়ার নেতিবাচক প্রভাব নিয়ে সংগ্রাম করছে। অপ্রাপ্ত বয়স্কদের সামাজিক যোগাযোগমাধ্যমের “ক্ষতি” থেকে রক্ষার জন্য দরকারি বলে আইনটি দরকারি বলেও মন্তব্য করেন তিনি।

যদিও তাড়াহুড়া করে আইনটি প্রণয়নের জন্য দেশটির সরকারকে সমালোচনার শিকার হতে হচ্ছে। বিধিনিষেধগুলো কীভাবে কার্যকর করা হবে সে বিষয়ে কোনো নির্দেশনা নেই আইনে। ফলে আইনটি প্রয়োগ অযোগ্য আইন হিসেবেই থেকে যাবে বলে মনে করছেন বিশ্লেষকরা। ব্যবহারকারীর বয়স কীভাবে নিশ্চিত করা হবে, কে কীভাবে সেই তথ্য সংগ্রহ করবে, সেই প্রশ্ন সামনে আসছে। ইউনিসেফ অস্ট্রেলিয়ার পলিসি প্রধান কেটি মাসকিয়েল বলেন, অনলাইনে তরুণদের সুরক্ষিত রাখতে হবে। তবে ডিজিটাল বিশ্বে তাদের অন্তর্ভুক্তও করা দরকার। এই নিষেধাজ্ঞা শিশুদের গোপন এবং অনিয়ন্ত্রিত অনলাইন স্পেসের দিকে নিয়ে যেতে পারে। পাশাপাশি প্রয়োজনীয় অনলাইন জগতে অ্যাক্সেস করতে বাধা দিবে।

ডিজিটাল বিপ্লব



ডিজিটাল বিপ্লব উন্নয়নশীল দেশগুলোর জন্য নতুন সম্ভাবনার দ্বার খুলে দিয়েছে। এটি অর্থনৈতিক, সামাজিক, সাংস্কৃতিক এবং রাজনৈতিক ক্ষেত্রে উন্নতির সুযোগ দেয়। তবে, এই সুযোগগুলো গ্রহণ করতে হলে সঠিক পরিকল্পনা ও পদক্ষেপ গ্রহণ করতে হবে। অনেক দেশ এখনো ডিজিটাল প্রযুক্তির সুফল পেতে প্রস্তুত নয়। প্রযুক্তিতে প্রবেশাধিকারের অভাব, দক্ষতার ঘাটতি এবং দুর্বল অবকাঠামো অন্যতম চ্যালেঞ্জ। এই চ্যালেঞ্জগুলো মোকাবিলা করতে একচ্ছিন্নডিজিটাল রোড ম্যাপ প্রয়োজন। এটি নিশ্চিত করবে যে, ডিজিটাল বিপ্লবের সুফল সবাই পাবে। উন্নয়নশীল দেশের জন্য ছয়টি মূল ক্ষেত্র রয়েছে, যেখানে মনোযোগ দেওয়া প্রয়োজন।

বিশ্বের একটি বড় অংশ এখনো ডিজিটাল প্রযুক্তি থেকে বঞ্চিত। কোটি কোটি মানুষ কখনো ইন্টারনেট ব্যবহার করেনি। এটি ডিজিটাল বিভাজন নামে পরিচিত। এই বিভাজন দূর করতে সবার জন্য সাশ্রয়ী ও নির্ভরযোগ্য ইন্টারনেট অ্যাক্সেস নিশ্চিত করতে হবে। সরকারের উচিত, ব্রডব্যান্ড অবকাঠামোয় বিনিয়োগে উৎসাহ দেওয়া। সাশ্রয়ী ডিভাইস সরবরাহ করে আরো বেশি মানুষকে সংযুক্ত করা সম্ভব। তবে শুধু প্রবেশাধিকারই নয়, প্রযুক্তি

ব্যবহার করে মানুষ কীভাবে উপকৃত হবে, সেটিও গুরুত্বপূর্ণ। কাজ, শিক্ষা এবং দৈনন্দিন জীবনে

প্রযুক্তি দ্রুত কাজের ধরন পরিবর্তন করছে। নতুন ধরনের কাজ তৈরি হচ্ছে এবং অনেক পুরোনো কাজ রূপান্তরিত হচ্ছে। এই পরিবর্তন নতুন সুযোগ তৈরি করলেও অনেক চ্যালেঞ্জ নিয়ে এসেছে। ভবিষ্যতের জন্য প্রস্তুতি নিতে হলে শিক্ষায় মনোযোগ দিতে হবে। স্কুল ও বিশ্ববিদ্যালয়ে ডিজিটাল দক্ষতা শেখানোর ব্যবস্থা করতে হবে। পেশাগত প্রশিক্ষণ কর্মসূচি শ্রমিকদের নতুন কাজে মানিয়ে নিতে সাহায্য করবে। সরকারি ও বেসরকারি খাত একসঙ্গে কাজ করে প্রশিক্ষণ কর্মসূচি সমন্বয়যোগ্য রাখতে পারে। পাশাপাশি, অটোমেশনের কারণে চাকরি হারানো ব্যক্তিদের জন্য সামাজিক সুরক্ষা নেটওয়ার্ক নিশ্চিত করতে হবে।

ডিজিটাল সিস্টেম জীবনের বড় অংশ হয়ে উঠছে। তবে, এর সঙ্গে নিরাপত্তা ঝুঁকি বাড়ছে। সাইবার আক্রমণ, তথ্য চুরি এবং প্রতারণার মতো সমস্যাগুলো বাড়ছে। ডিজিটাল সিস্টেমের প্রতি আস্থা তৈরি করতে সাইবার নিরাপত্তা শক্তিশালী করতে হবে। গুরুত্বপূর্ণ অবকাঠামো রক্ষা করতে সরকারের বিনিয়োগ করা জরুরি। ব্যক্তিগত তথ্য সুরক্ষার জন্য কঠোর আইন প্রণয়ন করতে হবে। মানুষকে ডিজিটাল ঝুঁকি সম্পর্কে সচেতন করতে হবে। ব্যবসাপ্রদায়ক শক্তিশালী নিরাপত্তাব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে।

ডিজিটাল সরঞ্জাম এবং পরিষেবা প্রবেশাধিকার সবার জন্য সমান নয়। অনেক প্রান্তিক গোষ্ঠী, বিশেষ করে নারীরা এবং দরিদ্র মানুষ, এখনো বঞ্চিত। ডিজিটাল সংযোগ সবার কাছে পৌঁছে দেওয়া অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। সরকারের উচিত, গ্রামীণ ও অবহেলিত এলাকাগুলোর দিকে মনোযোগ দেওয়া। সবার জন্য সাশ্রয়ী করতে হবে। বেসরকারি খাত উদ্ভাবনী সমাধানের মাধ্যমে দূরবর্তী এলাকায় সংযোগ স্থাপন করতে পারে। ডিজিটাল সাক্ষরতা কর্মসূচি প্রান্তিক জনগোষ্ঠীকে প্রযুক্তি ব্যবহারে সক্ষম করতে পারে।

ডিজিটাল প্রযুক্তি যেমন সুযোগ তৈরি করছে, তেমনি ঝুঁকিও বাড়ছে। গোপনীয়তা লঙ্ঘন, অ্যালগরিদমিক পক্ষপাত এবং সাইবার হুমকি বড় সমস্যায় পরিণত হচ্ছে। মানুষকে ডিজিটাল প্ল্যাটফর্মের আত্মবিশ্বাসের সঙ্গে অংশগ্রহণ করতে হলে বিশ্বাস গড়ে তুলতে হবে। ব্যক্তিগত তথ্য সুরক্ষার জন্য কঠোর নীতি গ্রহণ করতে হবে। ন্যায়সংগত অ্যালগরিদম ব্যবহার নিশ্চিত করতে নিয়মকানুন প্রয়োজন। ব্যবসাপ্রদায়ক তথ্য ব্যবহারের ক্ষেত্রে স্বচ্ছতা বজায় রাখতে হবে। মানুষকে তাদের ডিজিটাল অধিকার সম্পর্কে জানানো প্রয়োজন। সরকার, ব্যবসা এবং নাগরিক সমাজের মধ্যে সহযোগিতা ডিজিটাল বিশ্বাস গড়ে তুলতে সাহায্য করবে। বিশ্বাস তৈরি হলে মানুষ আরো বেশি প্রযুক্তি ব্যবহার করবে এবং এর সুফল পাবে।

ডিজিটাল রূপান্তর সমন্বিত পদক্ষেপ ছাড়া সম্ভব নয়। সরকার, ব্যবসা এবং কমিউনিটিকে একসঙ্গে কাজ করতে হবে। এই সহযোগিতার মাধ্যমে একটি জাতীয় ডিজিটাল চুক্তি তৈরি করা যেতে পারে। এটি একটি যৌথ দৃষ্টি প্রদান করবে যা সবার জন্য উপকারী। ডিজিটাল শাসনের জন্য নির্ভরযোগ্য অবকাঠামো এবং মৌলিক ডিজিটাল সিস্টেম, যেমন ডিজিটাল পরিচয় প্রয়োজন। ডিজিটাল শাসন নিশ্চিত করবে যে, ডিজিটাল রূপান্তর সমাজের প্রতিটি স্তরে উপকার নিয়ে আসছে।

ডিজিটাল বিপ্লব বিশ্বকে বদলে দিচ্ছে। এটি উন্নয়নশীল দেশের জন্য অর্থনীতিকে উন্নত করা এবং মানুষের জীবনমান বৃদ্ধি করার সুযোগ নিয়ে এসেছে। তবে, এর ঝুঁকিগুলো সঠিকভাবে মোকাবিলা করতে হবে। একটি ডিজিটাল রোডম্যাপ দেশের জন্য সঠিক অগ্রাধিকার নির্ধারণে সাহায্য করতে পারে। ডিজিটাল বিভাজন দূর করা, ভবিষ্যতের কাজের জন্য প্রস্তুতি নেওয়া, নিরাপত্তা নিশ্চিত করা, সর্বজনীন সংযোগ প্রদান, বিশ্বাস স্থাপন এবং শক্তিশালী শাসনব্যবস্থা গড়ে তোলার ওপর গুরুত্ব দিতে হবে। এই ক্ষেত্রগুলোতে মনোযোগ দিয়ে উন্নয়নশীল দেশগুলো ডিজিটাল বিপ্লবের পূর্ণ সম্ভাবনা কাজে লাগাতে

পারবে। এটি একটি ঐতিহাসিক সুযোগ। এখনই কাজ শুরু করতে হবে। সঠিক পদক্ষেপ গ্রহণের মাধ্যমে ডিজিটাল যুগের সুফল সবার জন্য নিশ্চিত করা সম্ভব।

ডেটা প্ল্যাটফর্ম

বাংলাদেশ বহুলাংশে ডিজিটাল হলেও আমাদের তথ্য-পরিসংখ্যান সংগ্রহ ও সংরক্ষণ পদ্ধতি ভালো এমন বলা যাবে না। অনেক ক্ষেত্রে সেকেন্দ্রে পদ্ধতিতে সংগ্রহ করা হয় মার্চ পর্যায়ের তথ্য-পরিসংখ্যান। নথিও সংরক্ষণ করা হয় সনাতন পদ্ধতিতে। দক্ষ জনবলের অভাব প্রকট। সর্বত্র স্বচ্ছতা ও জবাবদিহির প্রক্রিয়াও প্রায় অনুপস্থিত। এই সুযোগে হিসাবে গরমিল, তথ্য-পরিসংখ্যানে ভুল-ভ্রান্তি, সর্বোপরি মনগড়া তথ্যের উপস্থিতি ঘটে প্রায়ই। এর পাশাপাশি সরকারের রাজনৈতিক সদিচ্ছাসহ অঙ্গীকারের অভাবও নিয়মক ভূমিকা হিসেবে পালন করে থাকে। তদুপরি সরকারের প্রায় প্রতিটি প্রতিষ্ঠান ও সংস্থায় স্বচ্ছতা ও জবাবদিহির বালাই নেই বললেই চলে। এমনকি দেশের প্রধান তথ্য সরবরাহকারী সংস্থা বাংলাদেশ পরিসংখ্যান ব্যুরো পরিবেশিত তথ্য-পরিসংখ্যানের সত্যাসত্য নিয়েও প্রশ্ন উঠছে প্রায়ই।

বিষয়টি বহুল আলোচিত হয়ে উঠেছে সম্প্রতি দেশের পণ্য রপ্তানির গত তিন বছরের হিসাবে বড় ধরনের গরমিল ধরা পড়ায়। সে অবস্থায় দেশের জন্য যথাযথ ও সঠিক তথ্য-উপাত্ত সংগ্রহ ও সংরক্ষণে ‘ডেটা প্ল্যাটফর্ম’ চালুর উদ্যোগ নেওয়া হয়েছে বাণিজ্য মন্ত্রণালয়ের পক্ষ থেকে। এখন থেকে তথ্যের নির্ভরযোগ্যতা ও নীতিগুলো প্রামাণ্যের ভিত্তিতে সংগ্রহ ও সংরক্ষণ করা হবে ডেটা প্ল্যাটফর্মে।

এই লক্ষ্যে বিশ্ব বাজারে পণ্য বিক্রির রিয়েল টাইম তথ্য প্রকাশ করবে রপ্তানি উন্নয়ন ব্যুরো (ইপিবি)। এই প্রকল্প বাস্তবায়নে বিশ্বব্যাংক বা আইএমএফের কাছে অর্থায়ন চাইবে বাণিজ্য মন্ত্রণালয়। ইপিবি এখন থেকে রপ্তানি সংশ্লিষ্ট প্রতিষ্ঠানগুলোর সঙ্গে সমন্বয় করে তথ্য প্রকাশ করবে। এর পাশাপাশি তথ্য-উপাত্ত সংগ্রহ, সংকলন ও উপস্থাপনের পদ্ধতি আধুনিক তথা ডিজিটাইজড করা হবে। পরিকল্পিত প্ল্যাটফর্মের আওতায় ইপিবিতে প্রতিদিনের তথ্য সরবরাহ করবে এনবিআর এবং বাংলাদেশ ব্যাংক।

উল্লেখ্য, জাতীয় রাজস্ব বোর্ডের কাছ থেকে তথ্য নিয়ে পণ্য রপ্তানির হিসাব করে আসছে ইপিবি। এর মধ্যে গত ১০ বছরের মধ্যে ৯ বছরই এনবিআরের চেয়ে রপ্তানির হিসাব বেশি দেখিয়েছে ইপিবি। তবে গত তিন বছরের রপ্তানির হিসাবে বড় ধরনের গরমিল ধরা পড়েছে। হিসাবে বড় এই ঘাটতির ফলে দেশের বিভিন্ন আর্থিক পরিসংখ্যান বা সূচক ওলোট-পালট হয়ে পড়েছে। অন্যদিকে, রপ্তানির বিপরীতে প্রত্যাশিত অর্থ আসার লক্ষ্য কমে যাওয়ায় আর্থিক হিসাবে ঘাটতি থেকে উদ্ধৃত্তে ফিরে গেছে। রপ্তানি হিসাবে গরমিল তথা ভুল ধরা পড়ার কারণে অন্যান্য সরকারি তথ্যের বিশ্বাসযোগ্যতা নিয়েও প্রশ্ন উঠেছে। ডলার সংকটের কারণে দেশের লেনদেন ভারসাম্য বড় চাপে পড়েছে। আন্তর্জাতিক মুদ্রা তহবিল আইএমএফও এ নিয়ে প্রশ্ন উত্থাপন করেছে। ফলে ক্ষুণ্ণ হয়েছে দেশের ভাবমূর্তি।

ন্যানোটেকনোলজি এবং ন্যানোমেডিসিন

ক্ষুদ্র থেকে ক্ষুদ্রতর, মাইক্রো থেকে ন্যানোর দিকে এখন বিজ্ঞান ও প্রযুক্তির চোখ ক্ষুদ্র থেকে ক্ষুদ্রতর, মাইক্রো থেকে ন্যানোর দিকে এখন বিজ্ঞান ও প্রযুক্তির চোখ। ইন্টারনেট এবং প্রযুক্তির সহায়তায় গোটা বিশ্বকে যেমন নিয়ে আসা হচ্ছে আরও কাছাকাছি, তেমনি প্রযুক্তি আর পণ্যকেও করে তোলা হচ্ছে সূক্ষ্মতর। কম্পিউটারের ভেতরে থাকা ইলেক্ট্রনিক সার্কিট চিপ চোখে দেখা গেলেও এখন এটি এত সূক্ষ্ম হয়েছে যে, তা মানুষের মস্তিষ্ক এবং শরীরের পালসের মধ্যে রাখা সম্ভব হচ্ছে। ইলন মাস্কের কোম্পানি, নিউরোলিংক ইতোমধ্যেই মানুষের মস্তিষ্কে

মস্তিষ্ক-কম্পিউটার ইন্টারফেস স্থাপন করে গোটা বিশ্বে আলোড়ন সৃষ্টি করেছে।

ইন্টারফেসটিতে একটি চিপ এবং ইলেক্ট্রোড অ্যারো রয়েছে, যাতে ১০০০ টিরও বেশি সুপারথিন, নমনীয় কন্ডাক্টর (ন্যানো সাইজের) থাকে। এই ইলেক্ট্রোডগুলো অস্ত্রোপচারের মাধ্যমে সেরিব্রাল কর্টেক্সে ঢোকানো হয়, যা মস্তিষ্কের গতি সম্পর্কিত চিন্তার জন্য দায়ী। অর্থাৎ মস্তিষ্কের সংকেতগুলোকে কম্পিউটার প্রযুক্তির মাধ্যমে বোধগম্য করা এবং সেগুলোকে মানুষের ভাষায় প্রকাশ করাই নিউরোলিংকের লক্ষ্য। বিশ্বব্যাপী বিজ্ঞানের অন্যান্য শাখায়ও ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র এই ন্যানোপ্রযুক্তির ব্যবহার কিভাবে মানুষের কল্যাণে প্রয়োগ করা যায়, তা নিয়ে চলছে গবেষণা।

চিকিৎসা বিজ্ঞানীরা বলছেন, ন্যানোটেকনোলজির সফল প্রয়োগে চিকিৎসা বিজ্ঞান থেকে শুরু করে ইলেক্ট্রনিক পণ্যের ব্যবহার করবে সহজতর। দেহে কোনো কাটাছেঁড়া না করেই সারানো যাবে ক্যান্সারের মতো মারাত্মক ব্যাধি। খাদ্যশস্যকে করা যাবে কয়েকগুণ পুষ্টিসমৃদ্ধ। হয়তো ন্যানোপুষ্টি সমৃদ্ধ এক কাপ খাবার খেলেই মানুষের দিব্যি কেটে যাবে সারাদিন।

চিকিৎসা বিজ্ঞানেও ন্যানো প্রযুক্তি ব্যাপক পরিবর্তন নিয়ে এসেছে। মেডিক্যাল টুলসের পাশাপাশি চিকিৎসার ধরনও। এখন রোগ প্রতিরোধ ও রোগ নিরূপণে চিকিৎসকগণ আরও নিবিড় বিস্তারিত পরীক্ষা ও পর্যবেক্ষণ করতে পারেন। ন্যানোটেকনোলজির প্রয়োগে উৎপাদিত ওষুধকে বলে ‘স্মার্ট ড্রাগ’। এগুলোর ব্যবহারে দ্রুত আরোগ্য লাভ হয়। ন্যানোফাইবার সার্জিক্যাল অপারেশনে শুধু অপারেশনকেই সহজ করেছে তা নয়, রোগীদের অপারেশন উত্তর জটিলতা থেকেও রেহাই দিচ্ছে। চিকিৎসার প্রয়োজনে মানব দেহের অঙ্গ-প্রত্যঙ্গ কেটে ফেলতে হয়।

আবার কেউ কেউ জন্মগতভাবেই বিকলাঙ্গ হয়ে থাকেন। তাদের জন্য নিখুঁতভাবে কৃত্রিম অঙ্গ-প্রত্যঙ্গ বানানো এবং ওষুধ তৈরি করা সম্ভব হচ্ছে ন্যানোটেকনোলজির মাধ্যমে। ন্যানোমেডিসিন ন্যানোম্যাটেরিয়ালস এবং জৈবিক যন্ত্রের চিকিৎসা প্রয়োগ থেকে শুরু করে ন্যানোইলেক্ট্রনিক বায়োসেন্সর, এমনকি জৈবিক মেশিনের মতো আণবিক ন্যানোপ্রযুক্তির সম্ভাবনার দিকে এগিয়ে যাচ্ছে। জৈবিক অণু বা কাঠামোর সঙ্গে ইন্টারফেস করে ন্যানোম্যাটেরিয়ালগুলোতে কার্যকারিতা যুক্ত করা যায়।

ন্যানোম্যাটেরিয়ালের আকার বেশিরভাগ জৈবিক অণু এবং কাঠামোর মতোই। তাই, ন্যানোম্যাটেরিয়ালগুলো ভিভো এবং ইনভিট্রো বায়োমেডিক্যাল গবেষণা এবং অ্যাপ্লিকেশন- উভয়ের জন্যই উপযোগী হতে পারে। জীববিজ্ঞানের সঙ্গে ন্যানোম্যাটেরিয়ালগুলোর একীকরণ ডায়াগনস্টিক ডিভাইস, বিপরীত এজেন্ট, বিশ্লেষণাত্মক সরঞ্জাম, শারীরিক থেরাপি অ্যাপ্লিকেশন এবং ওষুধ সরবরাহ বিকাশের অনেক গবেষণা আছে। ইন ভিভোর আক্ষরিক অর্থ ‘জীবন্তের মধ্যে’। ভিভো ইমেজিং কৌশলগুলো জীবন্ত প্রাণীর প্রাকৃতিক প্রক্রিয়া এবং রোগগুলোকে অ-আক্রমণমূলকভাবে ট্র্যাক করতে এবং সময়ের সঙ্গে তাদের পর্যবেক্ষণে সহায়তা করে।

ন্যাশনাল ন্যানোটেকনোলজি ইনিশিয়েটিভ ফার্মাসিউটিক্যাল শিল্পে নতুন বাণিজ্যিক অ্যাপ্লিকেশন আশা করে। যাতে উন্নত ওষুধ সরবরাহ ব্যবস্থা, নতুন থেরাপি এবং ভিভো ইমেজিং অন্তর্ভুক্ত থাকতে পারে। উদীয়মান ন্যানোপ্রযুক্তির জন্য বৈশ্বিক অর্থায়ন সাম্প্রতিক বছরগুলোতে প্রতিবছর ৪৫ শতাংশ বৃদ্ধি পাচ্ছে। ‘ন্যানোমেডিসিন’ দেবে চিকিৎসার নতুন নতুন উপায়, দিতে পারবে ধ্বংস হয়ে যাওয়া কোষ মেরামত ও কোষ প্রতিস্থাপনের সুযোগও। এ প্রযুক্তি কম্পিউটার নিয়ন্ত্রিত অসংখ্য মলিকুলার টুলের সমন্বয়ে এক যন্ত্রবহর গড়ে তুলতে পারবে।

যার আকার হবে আমাদের দেহকোষের চেয়েও ছোট। সম্প্রতি কানাডার টরন্টো বিশ্ববিদ্যালয়ের ‘জয়েন্ট সেন্টার ফর বায়োএথিক্স’-এর একটি গবেষণাপত্রেও স্বাস্থ্যক্ষেত্রে ন্যানোপ্রযুক্তি এবং ‘ন্যানোমেডিসিন’-এর প্রয়োগের বিষয়টি উল্লেখ করা হয়। জাতিসংঘের উন্নয়ন লক্ষ্য অর্জনেও অপরিহার্য মনে করা হয় এই প্রযুক্তিকে। কারণ, ভবিষ্যতে ক্যান্সার কোষ চিহ্নিত করতে ‘ন্যানোমেডিসিন’-এ

‘কোয়ান্টাম ডটস’ ব্যবহার করা হবে।

উল্লেখ্য, ‘ন্যানোস্কেল পার্টিকল বা ‘ন্যানোপার্টিকলস’ এর উদ্ভাবন করা হচ্ছে নতুন ড্রাগ ডিজাইনের জন্য। ন্যানোপার্টিকেল ব্যবহার করে নির্দিষ্ট কোষে ওষুধ সরবরাহ করা সম্ভব। শুধু রোগাক্রান্ত অঞ্চলে সক্রিয় ফার্মাসিউটিক্যাল এজেন্ট জমা করার মাধ্যমে এবং প্রয়োজনের চেয়ে বেশি মাত্রায় ওষুধের সামগ্রিক ব্যবহার এবং পার্শ্বপ্রতিক্রিয়া উল্লেখযোগ্যভাবে কমানো যেতে পারে। টার্গেটেড ড্রাগ ডেলিভারি ওষুধের পার্শ্বপ্রতিক্রিয়া হ্রাস করার উদ্দেশ্যে প্রয়োগ করা হয়। ফলে, সেবন ও চিকিৎসার ব্যয় হ্রাস পায়।

উপরন্তু, টার্গেটেড ড্রাগ ডেলিভারি অশোষিত ওষুধের পার্শ্বপ্রতিক্রিয়া হ্রাস করে, যা স্বাস্থ্যকর কোষগুলোর অবস্থিত এন্ডোপ্লাজমের কমিয়ে দেয়। ওষুধের ডেলিভারি শরীরের নির্দিষ্ট স্থানে এবং নির্দিষ্ট সময়ের মধ্যে উভয় ক্ষেত্রেই জৈব উপলভ্যতাকে সর্বাধিক করার ওপর দৃষ্টি নিবদ্ধ করে। এটি ন্যানোইঞ্জিনিয়ারিং ডিভাইসগুলোর দ্বারা আণবিক লক্ষ্যমাত্রা দ্বারা সম্ভাব্যভাবে অর্জন করা যেতে পারে।

চিকিৎসা প্রযুক্তির জন্য ন্যানোস্কেল ব্যবহার করার একটি সুবিধা হলো যে, ছোট ডিভাইসগুলো কম আক্রমণাত্মক এবং সম্ভবত শরীরের অভ্যন্তরে খুব সহজে এবং নিরাপদে স্থাপন করা যেতে পারে। এছাড়াও জৈব রাসায়নিক প্রতিক্রিয়ার সময়ও কম লাগে। এই ডিভাইসগুলো সাধারণ ওষুধ সরবরাহের চেয়ে দ্রুত এবং আরও সংবেদনশীল। ন্যানোমেডিসিনের মাধ্যমে ওষুধ সরবরাহের কার্যকারিতা মূলত (ক) ওষুধের দক্ষ এনক্যাপসুলেশন (খ) শরীরের লক্ষ্যবস্তু অঞ্চলে ওষুধের সফল বিতরণ এবং (গ) ওষুধের সফল মুক্তি।

পারমাণবিক বা আণবিক স্কেলে অতিক্ষুদ্র ডিভাইস তৈরি করার জন্য ধাতব বস্তুকে সুনিপুণভাবে কাজে লাগানোর বিজ্ঞানকে ন্যানোটেকনোলজি বলে। ন্যানো হলো একটি পরিমাপের একক। এটি কতটা ছোট তা কল্পনা করা কঠিন। ১ মিটারের ১০০ কোটি ভাগের এক ভাগকে বলা হয় ১ ন্যানো মিটার (ন্যানো = একশো কোটি ভাগের এক ভাগ)। একটি মার্বেল যদি ন্যানোমিটার হয়, তবে পৃথিবীর আকার হবে এক মিটার। অন্যভাবে, একটি চুলের চুল্লিশ হাজার ভাগের এক ভাগ হচ্ছে এক ন্যানো। একটি ভাইরাসের আকৃতি হয় সাধারণত ১০০ ন্যানোমিটার। ফলে, এখন পর্যন্ত সবচেয়ে ক্ষুদ্রতম এককটিই হলো ন্যানো। সেজন্য ন্যানোস্কেলে তৈরি যে কোনো ডিভাইস হয় খুব ছোট, খুবই সূক্ষ্ম।

ন্যানোপার্টিকেল মাল্টিড্রাগ রেজিস্ট্র্যান্স (এমডিআর) মেকানিজমকে বাধা দিতেও ব্যবহার করা যেতে পারে। তবে ন্যানোপার্টিকেলগুলো অ্যান্টিবায়োটিক প্রতিরোধ ক্ষমতা হ্রাস করা বা বিভিন্ন অ্যান্টিমাইক্রোবিয়াল ব্যবহারে কেমন সম্ভাবনা আছে, তা এখনো গবেষণার অধীনে রয়েছে। কারণ, ন্যানো এবং মাইক্রোসাইজ পদার্থের প্রতি জটিল হোস্টের প্রতিক্রিয়া এবং শরীরের নির্দিষ্ট অঙ্গগুলোকে লক্ষ্য করতে অসুবিধার কারণে ন্যানোপার্টিক্যালগুলোর জৈববন্টন এখনো অসম্পূর্ণ।

এদের আকার, আকৃতি, বিষাক্ততা, পরিবেশগত প্রভাব এবং রোগের ধরন অনুযায়ী তৈরি এবং পরিবর্তিত হয়। এই কারণগুলো বিস্তৃত আপ এবং অঙ্গের ক্ষতি হতে পারে বলে বিশেষজ্ঞরা মনে করেন। কারণ, কিছু ন্যানোপার্টিক্যাল ক্যান্সার কোষ ধ্বংসে দক্ষ, আবার কিছু কিছু নন-মেডিসিন হিসেবে ব্যবহৃত হয়। এ ধরনের ন্যানো পার্টিক্যালগুলো দীর্ঘস্থায়ী হওয়ার জন্য তৈরি করা হয়। তবে এটি মানবদেহের অঙ্গের মধ্যে বিশেষত লিভার এবং প্লিহায় আটকে যায়, পরবর্তীতে সেগুলোকে ভেঙে ফেলা বা নির্গত করা যায় না। তবু ন্যানোপার্টিকুলেট সিস্টেমের সম্ভাব্যতা এবং সীমাবদ্ধতাগুলোকে অস্টিমাইজ করতে এবং আরও ভালোভাবে বোঝার জন্য এখনো অনেক কাজ চলছে।

বিজ্ঞানের বড় আবিষ্কারগুলো যেমন আশীর্বাদ বয়ে এনেছে বিশ্বের জন্য, তেমনি ঘটেছে বিভিন্ন সময় নানা ধ্বংসাত্মক ঘটনা। ঘটেছে পারমাণবিক দুর্ঘটনা। আবার আণবিক বোমার অপব্যবহার। তাই ন্যানোপ্রযুক্তিও যেন মানব সমাজ বিশেষ করে চিকিৎসায় কোনো ক্ষতির কারণ না হয়, সেদিকে খেয়াল

রাখতে হবে।

প্রযুক্তিতে বিনিয়োগ বাড়ছে দক্ষিণ-পূর্ব এশিয়ায়

প্রযুক্তি খাতে উল্লেখযোগ্য হারে বিনিয়োগ বাড়ছে এশিয়ার দেশগুলোয়। বিপুলসংখ্যক ভোক্তার উপস্থিতির কারণে এ অঞ্চলে বিনিয়োগে উৎসাহী হচ্ছে গুগল, মাইক্রোসফটের মতো বৈশ্বিক প্রযুক্তি জায়ান্টরাও। এ অঞ্চলের দেশগুলোয় ক্রমেই বাড়ছে ইন্টারনেট ব্যবহারকারীর সংখ্যা। ফলে বৈদেশিক বিনিয়োগকারীরাও এ অঞ্চল নিয়ে আগ্রহী।

অ্যাপল

চলতি বছরে অ্যাপলের সিইও টিম কুক ভিয়েতনাম, ইন্দোনেশিয়া, সিঙ্গাপুর ভ্রমণ করেন। এ সময় অ্যাপলের সিঙ্গাপুর শাখার সম্প্রসারণে ২৫ কোটি ডলার বিনিয়োগ করার ঘোষণা দেন তিনি। এ বিনিয়োগ কৃত্রিম বুদ্ধিমত্তা (এআই) প্রযুক্তি নিয়ে গবেষণায় ব্যয় হবে।

মাইক্রোসফট

মাইক্রোসফটের সিইও সত্য নাদেলাও প্রায় একই সময়ে ইন্দোনেশিয়া, মালয়েশিয়া ও থাইল্যান্ড সফর করেন। এ সময় ইন্দোনেশিয়ায় ক্লাউড ও এআই অবকাঠামো গড়ে তুলতে চার বছরে ১ হাজার ৭০০ কোটি ডলার বিনিয়োগের ঘোষণা দেন তিনি। এটি মাইক্রোসফটের ২৯ বছরের ইতিহাসে দেশটিতে করা সবচেয়ে বড় বিনিয়োগ। বিশ্লেষকরা বলছেন, বিনিয়োগের ফলে দেশগুলোর ডিজিটাল সক্ষমতা ও এআই পরিষেবার মান বৃদ্ধি পাবে। শুধু বিদেশি কোম্পানিগুলোই নয় এ অঞ্চলের দেশগুলোতে প্রযুক্তিখাতে বিনিয়োগ বাড়ছে স্থানীয় প্রতিষ্ঠানগুলোও।

ইন্দোনেশিয়া

ইন্দোনেশিয়ায় প্রযুক্তি প্রতিষ্ঠান বাইটেরা একটি ডাটা সেন্টার স্থাপন করেছে। দেশটির ডাটা সংরক্ষণ এবং প্রক্রিয়াকরণের সক্ষমতা বাড়ানোর মাধ্যমে দেশের ডিজিটাল ইকোনমিকে শক্তিশালী করাই এর লক্ষ্য। এয়াডা দেশটির রাজধানী জাকার্তার দক্ষিণে ডাটা সেন্টার স্থাপন করতে যাচ্ছে টেক কোম্পানি বিডিএন্ড ইন্দোনেশিয়া।

থাইল্যান্ড

অন্যদিকে প্রযুক্তি সহায়তা বৃদ্ধিতে থাইল্যান্ড সরকার ও আলিবাবার মধ্যে সমঝোতা হয়েছে। দেশটিতে উন্নত প্রযুক্তি ও ডিজিটাল পরিষেবা সম্প্রসারণের মাধ্যমে অর্থনীতিকে শক্তিশালী করতে উভয় পক্ষ একত্রে কাজ করবে।

মালয়েশিয়া

মালয়েশিয়ার ডিজিটাইজেশনে দেশটির তিন কোম্পানি সেলকমডিগি, সফটব্যাংক ও এসসি-নেঙ একসঙ্গে কাজ করছে। দেশটির টেকসই অর্থনৈতিক উন্নয়ন ও সম্প্রসারণের লক্ষ্য নিয়ে ডিজিটাল অবকাঠামো উন্নয়নের কাজ করছে এ জোট। শুধু বিভিন্ন প্রাইভেট কোম্পানি নয় প্রযুক্তি খাত বিকাশে দেশগুলোর

সরকারও বিনিয়োগবান্ধব পরিবেশ তৈরিতে উদ্যোগ নিয়েছে। চীনা সরকার 'ডিজিটাল সিল্ক রুট' নামে একটি দীর্ঘমেয়াদি পরিকল্পনা প্রণয়ন করেছে। এর আওতায় এআই, ক্লাউড কম্পিউটিং ও ৫জি প্রযুক্তির উন্নয়নে বিনিয়োগ করবে। এছাড়া ভারত সরকার 'ডিজিটাল ইন্ডিয়া' নামে একটি কর্মসূচি ঘোষণা করেছে। প্রযুক্তি খাত সংশ্লিষ্টরা মনে করেন বিনিয়োগ বাড়ার ফলে দেশগুলোয় ডিজিটাল সক্ষমতা বাড়বে। সে সঙ্গে দেশগুলোর অর্থনীতিও নতুন গতি লাভ করবে।

প্রযুক্তির অপব্যবহার রোধে সাঁড়াশি অভিযান চালাতে হবে

প্রযুক্তির আশীর্বাদ বর্তমান জমানায় এক নতুন দিগন্তের উন্মোচন করেছে বটে, কিন্তু একই সঙ্গে এর অপব্যবহার কতটা ভয়াবহ হয়ে উঠেছে, এরই নজির ফের উঠে এসেছে সম্প্রতি প্রতিদিনের বাংলাদেশ-এর প্রতিবেদনে। ওই প্রতিবেদনে বলা হয়েছে, দেশে অনলাইন প্ল্যাটফর্মে অশ্লীল ভিডিও লাইভ দেখিয়ে চুরানবই কোটি সাত লাখ পয়ষট্টি হাজার টাকারও বেশি হাতিয়ে নিয়েছে 'ড্রিম লাইভ' নামে একটি অ্যাপ্লিকেশন। অশ্লীলতা বন্ধে সরকার যখন একের পর এক পর্বোসাইট বন্ধ করছিল, তখন কৌশল পাল্টিয়ে আবির্ভাব ঘটে 'ড্রিম লাইভ'-এর। এর মাধ্যমে তারা বিদেশে পাচার করেছে কোটি কোটি টাকা। ওই প্রতিবেদনেই বলা হয়েছে, ২০২২ সালের ১৪ ডিসেম্বর 'ড্রিম লাইভ'-এর বাংলাদেশি এজেন্ট আবু মুসা ইমরান আহমদ সানিসহ ছয়জনকে গ্রেপ্তার করে পুলিশ। এরপর কেঁচো খুঁড়তে গিয়ে বেরিয়ে আসে সাপ।

ডিএমপি, সিটিটিসির তদন্তে উঠে আসে ড্রিম লাইভের কর্মকৌশল পাল্টিয়ে মানি লন্ডারিংয়ের তথ্য। প্রযুক্তির অপব্যবহার ঘটিয়ে প্রতারণা-হয়রানির অভিযোগের অন্ত নেই। এ ঘটনাটি এ থেকে বিচ্ছিন্ন কিছু নয়। আমরা জানি, প্রযুক্তির অপব্যবহার কিংবা হয়রানির মাধ্যমে অনেক জীবনও বিপন্ন করে তোলা হয়েছে। আমরা যখন সভ্যতার উন্নত স্তরে বাস করছি, তখনও প্রযুক্তির অপব্যবহারে সামাজিক অবক্ষয়ের কারণে সুস্থ মূল্যবোধকে কতটা অভিঘাত করেছে, এর ব্যাখ্যা-বিশ্লেষণ নতুন করে নিষ্পয়োজন। আমরা এও জানি, বর্তমান বিশ্বে প্রায় ৫০ শতাংশ মানুষ ইন্টারনেট ব্যবহারের সঙ্গে প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত। এই সংখ্যা ক্রমাগত বাড়ছে। একই সঙ্গে পাল্লা দিয়ে বাড়ছে প্রযুক্তির অপব্যবহারও।

দেশে সাম্প্রতিক সময়ে কম্পিউটারের তথ্য হ্যাকিং সম্পর্কিত ঘটনা যেমন বেশি ঘটছে; তেমনি প্রযুক্তির ফাঁদে ফেলে অনেককেই বিপন্ন-বিপর্যস্ত করে সামাজিক ও পারিবারিক জীবন ছিন্নভিন্ন কওে দেওয়া হচ্ছে। ভুয়া সম্পর্কের ফাঁদে ফেলে টাকা হাতিয়ে নেওয়া কিংবা প্রতিশোধ গ্রহণের জন্য ব্যক্তিগত অন্তরঙ্গ মুহূর্তের দৃশ্যধারণ করে বিভিন্ন অনলাইন সাইটে ছড়িয়ে দেওয়া, এমন অপকাণ্ড অহরহই ঘটছে। সিটিটিসির তদন্তে আরও উঠে এসেছে, 'ড্রিম লাইভ' চক্রটি নিয়ন্ত্রণ করা হতো প্রতিবেশী দেশ ভারত থেকে। এর এজেন্ট আমাদের দেশীয় এবং তারা সফটওয়্যার কোম্পানির নামে ট্রেড লাইসেন্স নিয়ে পর্বো ভিডিও স্ট্রিমিংয়ের ব্যবসা খুলে বসেন। গোয়েন্দা নজরদারি বাড়ার সঙ্গে সঙ্গে তারাও তাদের কৌশল পাল্টে নেয়। 'ড্রিম লাইভ'-এর ঘটনাটি এ থেকে বিচ্ছিন্ন কিছু নয়।

তাদের অধীনে সামাজিক যোগাযোগমাধ্যমে ইনফ্লুয়েন্সার হিসেবে কাজ করতেন প্রায় দেড় হাজার তরুণী। সহজেই প্রতীয়মান হয়, তাদের জাল কতটা বিস্তৃত ছিল। প্রযুক্তির আবিষ্কার কিংবা উদ্ভাবন নির্দিষ্ট কোনো স্থান বা পাত্রের জন্য নয়। তাই এর অপব্যবহারের মাধ্যমে যে কেউ বা সমাজ ক্ষতিগ্রস্ত হতে পারে এবং হচ্ছেও তাই। এর অপব্যবহার বিশ্বের সব জায়গায়ই কমবেশি ঘটে চলেছে। এ রকম অনেক অপরাধমূলক কাজ আমাদের সমাজের নানান্তরে ছড়িয়ে পড়ছে এবং এর ফলে নাগরিক সমাজে আর্থিক, সামাজিক ও মানসিক অবক্ষয়ের হারও বাড়ছে। এর প্রতিকার হিসেবে ইন্টারনেট ও অন্যান্য প্রযুক্তি ব্যবহারের ব্যাপারে সামাজিক সচেতনতা বৃদ্ধির কোনো বিকল্প নেই, এরও ব্যাখ্যা-বিশ্লেষণ নিষ্পয়োজন।

দেশের সমাজবিজ্ঞানী ও শিক্ষাবিদ অনেকেই ইতোমধ্যে তাদের অভিমত ব্যক্ত করতে গিয়ে বলেছেন, প্রযুক্তির অপব্যবহার জাতিকে শুধু মেধাশূন্যই করে দিতে পারে না, একই সঙ্গে মানসিক বিপর্যয়েরও বড় কারণ হতে পারে। আমরা দুঃখজনকভাবে এরই আলামত লক্ষ্য করছি। প্রযুক্তির উৎকর্ষতা কিংবা বিকাশের সুফলকে অবশ্যই আমরা স্বাগত জানাই এবং সুস্থ অনুশীলনের মাধ্যমে এক্ষেত্রে আরও পরিশীলিত হওয়ার ওপরও গুরুত্বারোপ করি। কিন্তু কিছুসংখ্যক ফন্দিবাজের কারণে এর বিরূপ অভিঘাতে সমাজ ক্ষতবিক্ষত হবে এবং এর দায়ের ছায়া প্রজন্ম থেকে প্রজন্মান্তরে ছড়িয়ে পড়বে, তা কোনোভাবেই কাক্ষিত নয়।

প্রযুক্তির অপব্যবহার রোধে দেশে আইন রয়েছে বটে এবং ইতোমধ্যে গোয়েন্দা নজরদারির পরিপ্রেক্ষিতে আইনশৃঙ্খলা রক্ষাকারী বাহিনীগুলো অনেক কুচক্রীকে আইনের আওতায় আনলেও অভিশাপের ছায়া কোনোভাবেই সরানো যাচ্ছে না। সংবাদমাধ্যম ও সামাজিক যোগাযোগমাধ্যমের সচেতন জনগোষ্ঠীর তরফে এই প্রশ্ন বারবার উঠেছে, প্রযুক্তির এমন অপব্যবহার রুখবে কে। এই প্রশ্নপটে আমরা মনে করি, সমস্যার একেবারে উৎসে নজর দেওয়া জরুরি। কল্পজগতের হাতছানি কত ভয়ংকর হতে পারে এবং জীবনকে কত পচা দুর্গন্ধময় ডোবায় ডুবিয়ে দিতে পারে, এর নজিরও আমাদের সামনে কম নেই। এজন্য পারিবারিক, সামাজিক ও প্রাতিষ্ঠানিক পর্যায়ে বিশেষ করে শিক্ষাঙ্গনে নজরদারি-তদারকি বাড়ানো ছাড়া গতান্তর নেই। দুঃখজনক হলেও সত্য, আমাদের পারিবারিক শিক্ষায় শাসনের বাঁধন অনেক ঢিলে হয়ে গেছে। এই প্রশ্নপট ফিরিয়ে আনা অত্যন্ত জরুরি।

'ড্রিম লাইভ' কৌশল পাল্টিয়ে প্রতারণা-অশ্লীলতার প্রতি আকর্ষণের ফাঁদ পেতে যেভাবে কোটি কোটি টাকা হাতিয়ে নিয়েছে, এর উৎস সন্ধান করে কঠোর প্রতিকারমূলক দৃষ্টান্তযোগ্য প্রতিবিধান নিশ্চিত করতে হবে দেশ-জাতির বৃহৎ স্বার্থে। প্রযুক্তির আশীর্বাদকে স্বাগত জানিয়ে অভিশাপের বিরুদ্ধে দাঁড়াতে হবে যুথবদ্ধভাবে। আমরা দেখছি, টিকটক-লাইকি সমাজে এক ধরনের অসুস্থতা ছড়াচ্ছে এবং এ ধরনের প্রযুক্তির মাদকে যখন সমাজে অবক্ষয়ের ছায়া ক্রমেই গাঢ় হচ্ছে; তখন এ থেকে মুক্তির লক্ষ্যে সাঁড়াশি অভিযান চালানো জরুরি বলেও আমরা মনে করি।

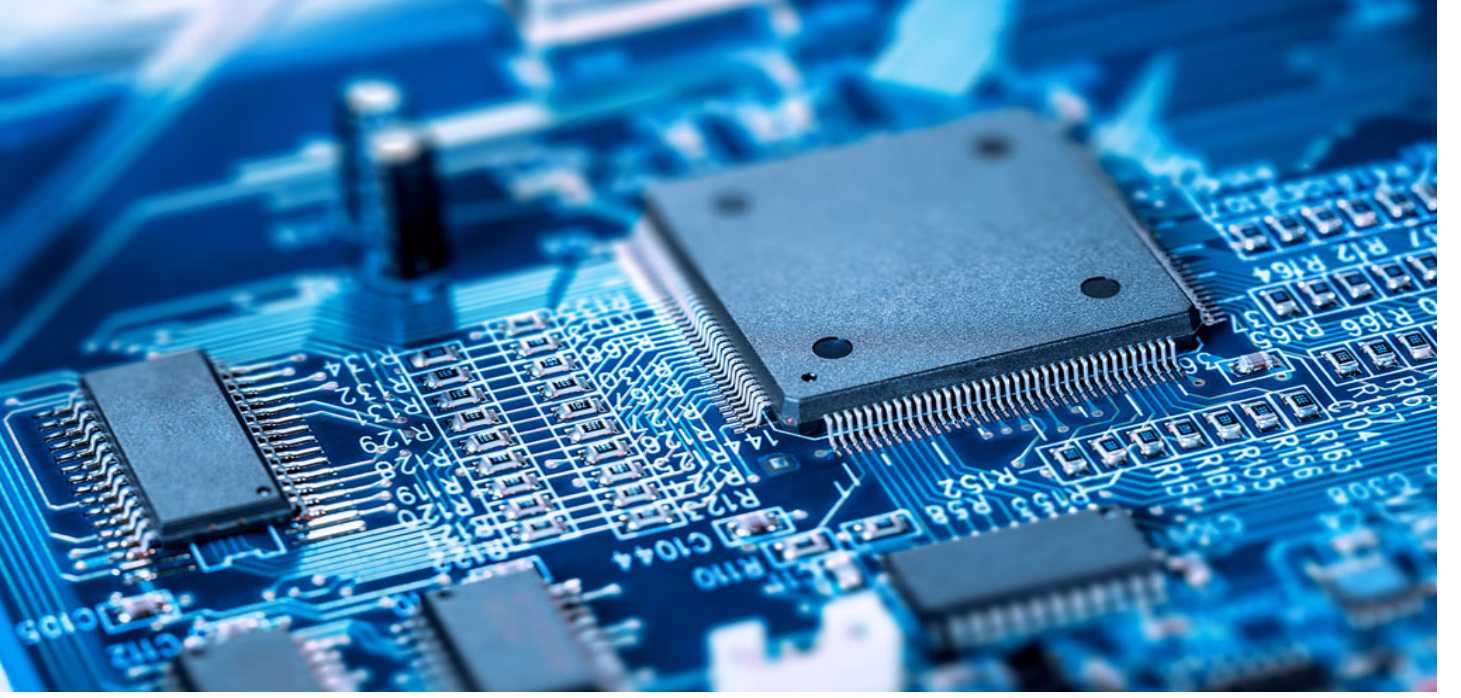
এ ব্যাপারে যেমন সামাজিক অঙ্গীকার অত্যন্ত জরুরি, তেমনি এ ধরনের যেকোনো ঘটনার রহস্য উন্মোচনে দ্রুত আইনানুগ ব্যবস্থারও বিকল্প নেই। অবক্ষয়ের শ্রোত যে বা যাদের কারণে বেগবান হচ্ছে, তাদের মূলোৎপাটনে কালক্ষেপণের কোনো অবকাশ নেই। এক্ষেত্রে রাজনৈতিক সদিচ্ছাও অত্যন্ত জরুরি বলে আমরা মনে করি। রাজনৈতিক বিধায়করা যদি স্থিতিশীল-সুস্থ সমাজ গঠনে ঐকমত্যে আসতে পারেন, যদি পারিবারিক বন্ধনের ভীত আরও শক্ত করা সম্ভব হয় এবং অভিভাবকরা সন্তানের প্রতি নিজেদের দায়িত্ব পালনে স্ব স্ব ক্ষেত্রে সজাগ থাকেন, একই সঙ্গে আইনশৃঙ্খলা রক্ষাকারী বাহিনী যদি এসব ব্যাপারে স্যেনদৃষ্টি রাখে, তাহলে এই অবক্ষয়ের গ্রাস থেকে সমাজকে মুক্ত করা সম্ভব বলে আমরা মনে করি।

প্রযুক্তির উৎকর্ষতায় আমরা যেমন অনেক লাভবান হয়েছি, তেমনি কতিপয় কুচক্রীর মাধ্যমে প্রযুক্তির অপব্যবহারের বিরূপ ফলে এই সমাজ ভুক্তভোগীও কম নয়। আইনশৃঙ্খলা রক্ষাকারী বাহিনীগুলো সাইবার অপরাধ দমনে সদা সতর্ক থাকার পরও কী করে প্রযুক্তির অপব্যবহার ঘটে চলেছে, এরও উৎস সন্ধান করতে হবে। আমরা মনে করি, এর অপব্যবহার রোধ করতে হলে যুথবদ্ধ প্রয়াস যেমন জরুরি; তেমনি সমাজে সচেতনতা বৃদ্ধিমূলক কর্মকাণ্ডের পরিসর ব্যাপ্ত করারও বিকল্প নেই। অশ্লীল ভিডিও লাইভ করে কিংবা ছড়িয়ে সমাজে অবক্ষয়ের গাঢ় ছায়া বিস্তৃত করার পাশাপাশি যারা নিজেদের আখের গোছাতে মত্ত, তাদের প্রতি কোনো রকম অনুকম্পা দেখানোর অবকাশ নেই।

হীরেন পণ্ডিত: প্রাবন্ধিক ও গবেষক

ফিডব্যাক: hiren.bnnrc@gmail.com

ছবি: ইন্টারনেট



চিপ যুদ্ধ সেমিকন্ডাক্টর শিল্পের সম্ভাবনা বিশ্ব বাজার এবং বাংলাদেশ প্রেক্ষাপট

— নাজমুল হাসান মজুমদার —

মাইক্রোচিপকে আধুনিক বিশ্বের নতুন তেল সম্পদ বলে অ্যাখ্যা দেয়া হয়। নিউইয়র্ক টাইমস'র বেস্টসেলার বই 'চিপ ওয়্যারঃ দ্য ফাইট ফর দ্য ওয়ার্ল্ড'স মোস্ট ক্রিটিক্যাল টেকনোলজি' লেখক ক্রিস মিলার তার বইতে ২১ শতকের যুদ্ধ হিসেবে চিপ যুদ্ধের কথা বলেছেন। তিনি বলেন, চিপ এমন একটি দুর্লভ এবং প্রয়োজনীয় সম্পদ, যেটা আধুনিক বিশ্বের জ্বালানী হিসেবে কাজ করবে। অর্থনৈতিক কিংবা ভূরাজনৈতিক এবং মিলিটারি ক্ষেত্রে মাইক্রোচিপ বা সেমিকন্ডাক্টর বর্তমানে আলোচনার কেন্দ্রবিন্দুতে স্থান পাচ্ছে। কভিড-১৯ করোনা মহামারীর সময়ে চিপ সরবরাহে বড় সমস্যার তৈরি হয়, যার মূল কারণ হিসেবে তখন খেয়াল করা হয় বিশ্বের ৯০ শতাংশ উন্নত চিপ এশিয়াতে উৎপন্ন হয় এবং সরবরাহ চেইনে প্রবল সংকটটি ২০২১ সালেও চলমান থাকে। ২০২২ সালে প্রকাশিত ক্রিস মিলার'র বইটিতে উঠে আসে ভবিষ্যতে চিপ ব্যবহারের আধিক্যতা এবং কিভাবে ব্যবসা-বানিজ্য থেকে শুরু করে আমাদের দৈনন্দিন জীবনে কম্পিউটার, ইলেকট্রনিক্স'র মতন বিভিন্ন ক্ষেত্রে চিপ বা সেমিকন্ডাক্টর ব্যবহার নিয়ে কি

তুমুল প্রতিযোগিতা শুরু হবে, বিশেষ করে চীন এবং মার্কিন যুক্তরাষ্ট্র'র মধ্যে। ২০২৪ সালে সেমিকন্ডাক্টরের বাজার ৬৮১.০৫ বিলিয়ন মার্কিন ডলার ছিল, ম্যাককিনসে'র হিসেবে ২০৩০ সালে সারা বিশ্বে ১ ট্রিলিয়ন মার্কিন ডলার'র সেমিকন্ডাক্টর বাজার তৈরি হবে।

সেমিকন্ডাক্টর কি

সেমিকন্ডাক্টর হলো এমন পদার্থ যার একটি পরিবাহী এবং একটি অন্তরকের মধ্যে বৈদ্যুতিক পরিবাহিতা রয়েছে। বেশিরভাগ ক্ষেত্রে সেমিকন্ডাক্টর সিলিকন, জার্মেনিয়াম অথবা অন্যান্য উপকরণ থেকে তৈরি করা হয় যেগুলোর বাইরের শেলে চারটি করে ভ্যালেন্স ইলেকট্রন থাকে, যাদের প্রায়সময়ই ট্রেটাভ্যালেন্ট পদার্থ বলে। ট্রেটাভ্যালেন্ট পদার্থ সেমিকন্ডাক্টর ব্যবহারে আদর্শ, কারণ তারা ট্রেটাভ্যালেন্ট অন্যান্য পদার্থের সাথে সমযোজী বন্ধন গঠন করতে পারে, একটি স্থিতিশীল জালি কাঠামো তৈরি করে যা নিয়ন্ত্রিত বৈদ্যুতিক পরিবাহিতাকে অনুমতি প্রদান করে। এই ট্রেটাভ্যালেন্ট পদার্থে

অশুদ্ধ ট্রাইভ্যালেন্ট বা পেন্টাভ্যালেন্ট উপাদান যোগ করে ইঞ্জিনিয়াররা নির্দিষ্ট বৈদ্যুতিক বৈশিষ্ট্যসহ সেমিকন্ডাক্টর তৈরি করতে পারে যা ইলেকট্রনিক ডিভাইসে ব্যবহারের জন্যে উপযুক্ত। এই অশুদ্ধ উপকরণ যা নির্দিষ্ট বৈদ্যুতিক বৈশিষ্ট্য তৈরি করতে অর্ধপরিবাহীতে যোগ করা হয় সেটাকে ডোপ্যান্ট বলা হয়। সাধারণত ডোপ্যান্ট হলো বোরন, ফসফরাস, আর্সেনিক, আলুমিনিয়াম, গ্যালিয়াম, ইন্ডিয়াম'সহ আরও উল্লেখযোগ্য উপাদানসমূহ। ইঞ্জিনিয়াররা নির্দিষ্ট ফিচারের সেমিকন্ডাক্টর উৎপন্ন করে, যা ইলেকট্রনিক ডিভাইসে ব্যবহারে উপযুক্ত কারণ এই ডোপ্যান্টগুলোর সেমিকন্ডাক্টরের ইলেকট্রিক প্রোপারটিসে ইউনিক প্রভাব রাখে। ইলেকট্রনিক্স জগতে সেমিকন্ডাক্টর বিপ্লব ঘটিয়েছে; যার ফলশ্রুতিতে ছোট, দ্রুত এবং শক্তিশালী ডিভাইস তৈরি করা সম্ভব হয়েছে। আধুনিক প্রযুক্তি জগতে ইলেকট্রনিক্স ডিভাইস যেমনঃ ট্রানজিস্টর, ডায়োড এবং ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট'র ভিত্তি তৈরি করেছে সেমিকন্ডাক্টর। এগুলো মাইক্রোচিপ এবং প্রোসেসর থেকে শুরু করে সোলার প্যানেল এবং এলইডি লাইট সবকিছুতে ব্যবহৃত হয়।

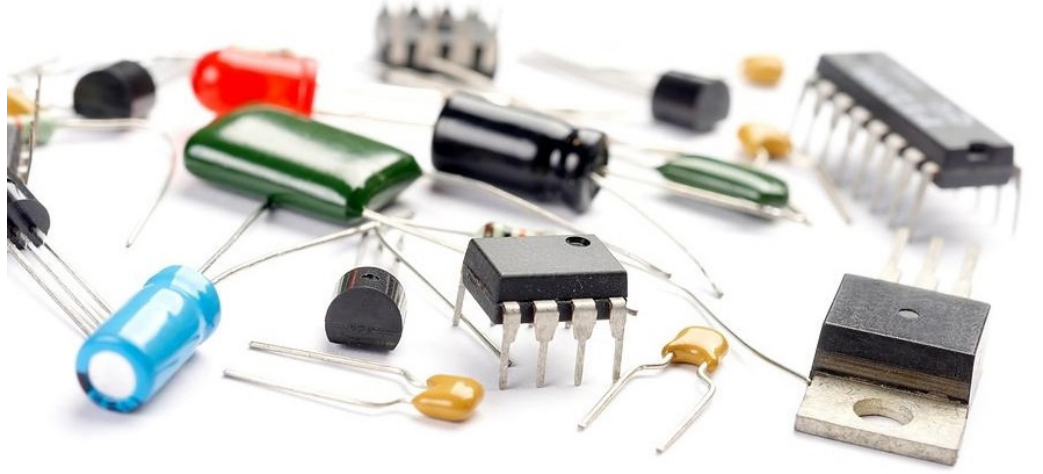
বৈদ্যুতিক ব্যাটারির উদ্ভাবক অ্যালেসান্দ্রো ভোল্টা ১৭৮২ সালে সর্বপ্রথম 'সেমিকন্ডাক্টিং' শব্দটি ব্যবহার করেন। ইলেকট্রিসিটির জনক মাইকেল ফ্যারাডে প্রথম ব্যক্তি হিসেবে ১৮৩৩ সালে সেমিকন্ডাক্টর'র প্রভাব পর্যবেক্ষণ করেন। ফ্যারাডে খেয়াল করেন যে, সিলভার সালফাইড'র ইলেকট্রিক প্রতিবন্ধকতা তাপমাত্রার সাথে হ্রাস পায়। কার্ল ব্রউন ১৮৭৪ সালে প্রথম সেমিকন্ডাক্টর ডায়োড প্রভাব আবিষ্কার এবং ডকুমেন্টেড করেন। ব্রউন খেয়াল করে বিদ্যুৎ প্রবাহ স্বাধীনভাবে শুধুমাত্র একদিকে প্রবাহিত হচ্ছে একটি মেটাল পয়েন্ট এবং একটি গ্যালেনা ক্রিস্টাল'র মধ্যে। ১৯০১ সালে প্রথম 'ক্যাট হুইস্কার্স' নামে একটি সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস প্যাটেন্ট করা হয়, যে ডিভাইসটি বাঙালি বিজ্ঞানী জগদীশ চন্দ্র বসু আবিষ্কার করেন। 'ক্যাট হুইস্কার্স' পয়েন্ট-কন্ট্যাক্ট সেমিকন্ডাক্টর রেকটিফায়ার ছিল, যা রেডিও তরঙ্গ নির্ধারণে ব্যবহার হতো। সেমিকন্ডাক্টর উপাদান ব্যবহার করে ১৯৪৭ সালে জন বারডেন, ওয়াল্টার ব্রাউন, এবং উইলিয়াম শকলি একত্রে মিলে 'বেল ল্যাবে'তে 'ট্রানজিস্টর' আবিষ্কার করেন। এর ফলশ্রুতিতে, সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রি দ্রুত সময়ে বিকশিত হতে থাকে এবং ১৯৫৭ সালে ১০০ মিলিয়ন মার্কিন ডলার'র স্কেল অতিক্রম করে।

১৯৫৯ সালে আমেরিকার 'টেক্সাস ইনস্ট্রুমেন্ট'র কিলবি এবং 'ফেয়ারচাইল্ড সেমিকন্ডাক্টর'র রবার্ট নয়সে বাইপোলার ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট (আইসি) উদ্ভাবন করে। আর এই আবিষ্কার সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রির ইতিহাসে বিশাল প্রভাব রাখে, এবং 'আইসি' যুগের সূচনা করে। ক্ষুদ্র আকার ও হালকা ভর'র আইসি বিভিন্ন ইলেকট্রিক সামগ্রীতে ব্যাপক পরিসরে ব্যবহারও হতে আরম্ভ করে। 'টেক্সাস ইনস্ট্রুমেন্ট' ১৯৬৭ সালে আইসি ব্যবহার করে ইলেকট্রনিক ডেস্কটপ ক্যালকুলেটর ডেভেলপ করে। জাপান'র ইলেকট্রনিক যন্ত্রপাতি প্রস্তুতকারকরা একের পর এক ক্যালকুলেটর রিলিজ দেয়া শুরু করে এবং ১৯৭০ দশক পর্যন্ত এক কথায় 'ক্যালকুলেটর যুদ্ধ' চলতে থাকে। আইসি আধুনিক হওয়ার সাথে 'লারজ স্কেল ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট(এলএসআই)' ডেভেলপ করে। নিয়মিতভাবে প্রযুক্তি উন্নত হতে থাকে এবং 'ভেরি লারজ স্কেল ইন্টিগ্রেটেড(ভিএলসি) ১৯৮০ এর দশকে ডেভেলপ হয়, যাতে একটি চিপে ১০০ হাজার থেকে ১০ মিলিয়ন পর্যন্ত ইলেকট্রনিক উপাদান থাকে এবং 'আল্ট্রা লারজ স্কেল ইন্টিগ্রেট (ইউএলএসআই)'তে প্রতি চিপে ১০ মিলিয়নের বেশি ইলেকট্রনিক উপাদান থাকে, যা ১৯৯০ দশকে ডেভেলপ করা। যেহেতু ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট উচ্চ কার্যক্ষমতা এবং একাধিক ফাংশনের দিকে অগ্রসর হওয়ার সাথে সাথে এর ব্যবহার ক্ষেত্র ব্যাপকভাবে সম্প্রসারিত হচ্ছে। সেজন্যে সেমিকন্ডাক্টর আমাদের প্রাত্যাহিক ও সামাজিক জীবনে প্রতি স্তরে পরিলক্ষিত।

চীনে সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রি শুরু হয় ১৯৫৬ সালে, স্টেট ল্যাবে দেশটির প্রথম ট্রানজিস্টর উৎপাদন করে। ১৯৬৫ সালে চীন প্রথম ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট তৈরি করে। ১৯৫৬ থেকে ১৯৯০ সাল পর্যন্ত তাদের ইন্ডাস্ট্রি সোভিয়েত স্টাইল সিস্টেম অনুসরণ করে। সেমিকন্ডাক্টর প্রযুক্তিকে গুরুত্ব দিয়ে চীন স্টেট

কাউন্সিল 'আউটলাইন ফর সায়েন্স এন্ড টেকনোলোজি ডেভেলপমেন্ট' ১৯৫৬-১৯৬৭ সালে তাদের প্রধান পাঁচটি বিশ্ববিদ্যালয়ে সেমিকন্ডাক্টর বিষয়ক ডিগ্রি প্রোগ্রাম চালু করে সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রিতে বিশ্বে তাদের নেতৃত্ব'র অবস্থানে নিতে। ১৯৭০ সালের দিকে চীন স্টেট ল্যাবে রিসার্চ পরিচালনা করে এবং বিভিন্ন ফ্যাক্টরিতে সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদন করতে থাকে। প্রায় ৪০ টির মতন ফ্যাক্টরি বেসিক ডায়োড এবং ট্রানজিস্টর উৎপাদনে গুরুত্ব দেয় ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট'র তুলনায়। তৃতীয় প্রজন্মের কম্পিউটার ১৯৭২ সালে প্রস্তুত করা শুরু করে চীন।

সেমিকন্ডাক্টর উপাদানসমূহ



সঠিক অ্যাপ্লিকেশনের জন্যে সঠিক সেমিকন্ডাক্টর উপাদান বাছাই করা ইলেকট্রিক্যাল ডিভাইস ডিজাইনের জন্যে দরকার। উপাদানসমূহ বাছাই করা নির্ভর করে ইলেকট্রিক্যাল বৈশিষ্ট্য, থার্মাল স্থায়িত্ব, এবং নির্মাণ মিলের ওপর। বেশিরভাগ সেমিকন্ডাক্টর সিলিকন, জার্মেনিয়াম এবং মিশ্রিত উপাদান যেমনঃ গ্যালিয়াম, আর্সেনাইড এবং ইন্ডিয়াম ফসফেড'তে গঠিত। যখন ইলেকট্রিক যন্ত্রপাতি ডিজাইন করা হয়, তখন সেই উপাদানগুলির প্রতিটির সুবিধা এবং অসুবিধাগুলি বিবেচনা করা গুরুত্বপূর্ণ।

সিলিকনঃ বিশ্বের সেমিকন্ডাক্টর বাজারের ৯০ ভাগে সিলিকন বিস্তৃত পরিসরে সেমিকন্ডাক্টরের উপকরণ হিসেবে ব্যবহৃত হয়। বেশ কয়েকটি বৈশিষ্ট্যের কারণে সিলিকন জনপ্রিয়, তার মধ্যে প্রচুর প্রাপ্যতাসহ, এটি পৃথিবীর ভূত্বকের দ্বিতীয় সর্বাধিক প্রাপ্য উপকরণ। সিলিকনের ১.১২ ইলেকট্রনিক ভল্ট এর একটি অপেক্ষাকৃত বড় ব্যান্ড শূন্যতা রয়েছে, যা বৈদ্যুতিক পরিবাহিতা এবং তাপীয় স্থিতিশীলতার মধ্যে ভালো ভারসাম্য প্রদান করে। ভালো তাপীয় বৈশিষ্ট্য সিলিকনের অন্যতম প্রধান সুবিধা, সিলিকনের উচ্চ গলিত পয়েন্ট (১,৪১৪ ডিগ্রি সেলসিয়াস) এবং নিম্ন তাপীয় প্রসারণ, যা কাঠামোগত স্বতন্ত্রতা বজায় রাখার অনুমতি প্রদান করে এবং বিস্তৃত তাপমাত্রার পরিসীমার উপরে এর ইলেকট্রিক পারফরমেন্স থাকে। যেটা সিলিকনকে উচ্চ তাপমাত্রার কাজের জন্যে উপযুক্ত উপকরণে পরিণত করেছে। এই ইউনিক ইলেকট্রনিক বৈশিষ্ট্য অন্য উপাদানের সাথে সমযোজী বন্ধনের গঠিত হতে সক্ষম করে, যা স্থিতিশীল জালি কাঠামো তৈরি করে, যা 'সিলিকন ক্রিস্টাল' নামে পরিচিত। সিলিকন কাঠামো উৎপাদনেও প্রতিষ্ঠিতভাবে উপকৃত, যা কয়েক দশক

ধরে ডেভেলপ ও পরিবর্তিত হচ্ছে। পরিপক্ক সিলিকন ফেব্রিকেশন প্রযুক্তি উচ্চমাত্রার প্রোডাক্টশন, নির্ভরযোগ্য এবং সাশ্রয়ী সেমিকন্ডাক্টর তৈরি করেছে। কিছু সাধারণ সিলিকন নির্ভর ডিভাইস মেটাল অক্সাইড সেমিকন্ডাক্টর ফিল্ড ইফেক্ট ট্রানজিস্টর, বাইপোলার ট্রানজিস্টর এবং সিলিকন ভিত্তিক সোলার সেলের অন্তর্ভুক্ত। সিলিকনের কিছু সীমাবদ্ধতা রয়েছে, উদাহরণ হিসেবে বলা যায় নিম্ন ইলেকট্রন মোবিলিটি অন্যান্য সেমিকন্ডাক্টরের তুলনায়, যা উচ্চগতির ইলেকট্রনিক ডিভাইসের পারফরমেন্স ধীর করতে পারে। এছাড়া সিলিকন হলো একটি পরোক্ষ ব্যান্ডগ্যাপ উপাদান যা আলো নিঃসরণকারী অ্যাপ্লিকেশনগুলি স্বল্প দক্ষ করে তোলে, যেমনঃ লাইট এমিটিং ডায়োড (এলইডি) এবং লেজার ডায়োড।

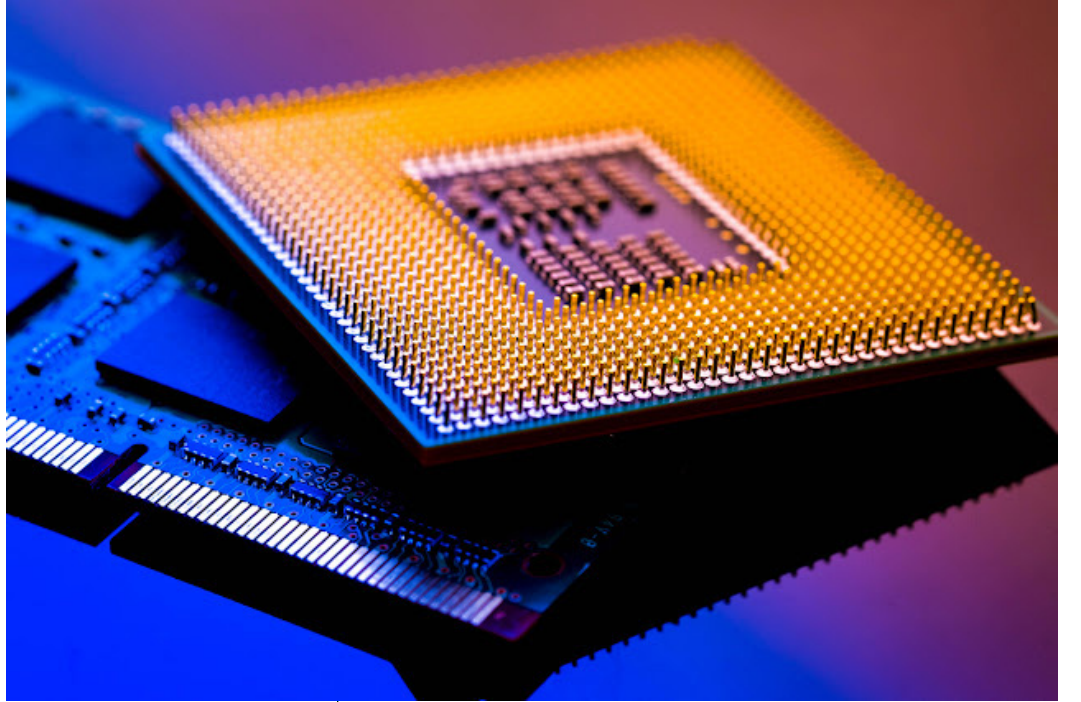
জার্মেনিয়ামঃ সেমিকন্ডাক্টরের উপকরণ হিসেবে সিলিকনের তুলনায় অল্প ব্যবহার হয়। সেমিকন্ডাক্টর টেকনোলোজিতে ট্রানজিস্টর তৈরিতে জার্মেনিয়াম প্রথম ব্যবহৃত উপকরণ, কিন্তু পরবর্তীতে সিলিকন দ্বারা তৈরি করা শুরু হয় উৎকৃষ্ট পরিমাণে প্রচুর প্রাপ্যতা ও তাপমাত্রা বৈশিষ্ট্য কারণে। যাইহোক, জার্মেনিয়াম'র ভালো কিছু কাজে ব্যবহার হয় তার স্বতন্ত্র কিছু বৈশিষ্ট্য কারণে। উচ্চ ইলেকট্রন মোবিলিটি রয়েছে, যা সিলিকনের চেয়ে তিনগুণ বেশি উচ্চ। এই বৈশিষ্ট্যের কারণে জার্মেনিয়াম ভিত্তিক ডিভাইসগুলো উচ্চগতিতে কার্যক্রম পরিচালনা করে, উচ্চ কম্পাংকের কাজে উপযুক্ত, যেমনঃ রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি কমিউনিকেশন সিস্টেম এবং উচ্চ ডিজিটাল সার্কিট। সিলিকনের তুলনায় ০.৬৬ ইলেকট্রন ভল্ট ব্যান্ডগ্যাপ ক্ষুদ্র, যার ফলশ্রুতিতে রুমের তাপমাত্রা অভ্যন্তরীণ উচ্চ ঘনত্ব থাকে। নির্দিষ্ট কাজ যেমনঃ ইনফ্রারেড ডিটেক্টর এবং থার্মোইলেকট্রিক ডিভাইস, যাতে উচ্চ ঘনত্বের তাপমাত্রা থাকে। এর স্বল্প গলিত পয়েন্ট(৯৩৭ ডিগ্রি সেলসিয়াস) এবং উচ্চ তাপমাত্রা নির্গমন হয় সিলিকনের তুলনায়।

কম্পাউন্ড সেমিকন্ডাক্টরঃ দুই বা ততোধিক গ্রুপের উপকরণের সমন্বয়ে কম্পাউন্ড সেমিকন্ডাক্টর। এই উপাদানগুলোর স্বতন্ত্র ইলেকট্রিক এবং অপটিক্যাল বৈশিষ্ট্য থাকে, যা ইলেকট্রনিক এবং অপটোইলেকট্রনিক অ্যাপ্লিকেশন বিস্তৃত পরিসরে উপকারী। কম্পাউন্ড সেমিকন্ডাক্টর সাধারণভাবে একটি প্রক্রিয়া ব্যবহার করে তৈরি যাকে 'ইপিটাক্সিয়াল' বলে, যেটা পাতলা স্তরে যৌগিক অর্ধপরিবাহী উপাদানের উপরের একটি স্তর। 'ইপিটাক্সিয়াল' সমৃদ্ধ প্রক্রিয়া প্রকৌশলীরা অনুমতি প্রদান করে নির্দিষ্ট বৈশিষ্ট্য এবং কাঠামোগত কম্পাউন্ড সেমিকন্ডাক্টর উপাদান তৈরি করে। মৌলিক সেমিকন্ডাক্টর, যেমনঃ সিলিকন এবং জার্মেনিয়াম, কম্পাউন্ড সেমিকন্ডাক্টর বিস্তৃত পরিসরে ইলেকট্রিক্যাল, অপটিক্যাল এবং তাপমাত্রা বৈশিষ্ট্য নির্দিষ্ট কাজের জন্যে উপযুক্ত করে তোলে। গ্যালিয়াম আর্সেনাইড, ইন্ডিয়াম ফসফাইড, এবং গ্যালিয়াম নাইট্রাইড কম্পাউন্ড সেমিকন্ডাক্টরের অন্তর্ভুক্ত। তাদের বিস্তৃত পরিসরে ইলেকট্রিক্যাল এবং অপটিক্যাল বৈশিষ্ট্য রয়েছে।

গ্যালিয়াম আর্সেনাইডঃ ১.৪৩ ইলেকট্রন ভল্ট ব্যান্ড শূন্যতা নিয়ে কম্পাউন্ড

সেমিকন্ডার, যেটা সিলিকন থেকে বড়। গ্যালিয়াম আর্সেনাইড উচ্চ ইলেকট্রন মোবিলিটি থেকে সিলিকনের তুলনায়, যা দ্রুতসময় সাড়া প্রসান করে উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি কার্যক্রম পরিচালনা করে। এটি উচ্চগতি ইলেকট্রন ডিভাইস যেমনঃ রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি এবং উচ্চ ক্ষমতার মাইক্রোওয়েভ ডিভাইস, এর পাশাপাশি অপটোইলেকট্রনিক ডিভাইস যেমনঃ এলইডি এবং লেজার ডায়োড'র জন্যে উপযুক্ত উপাদান। গ্যালিয়াম আর্সেনাইড বেশ ব্যয়বহুল এবং বিস্তৃত পরিসরে খাপখাইয়ে নেয়াতে সীমাবদ্ধতা রয়েছে।

ইন্ডিয়াম ফসফাইডঃ উচ্চ ইলেকট্রন মোবিলিটি ক্ষমতাসম্পন্ন গ্যালিয়াম আর্সেনাইড তুলনায় এবং ব্যান্ড শূন্যতা ১.৩৫ ইলেকট্রন ভল্ট হলো ইন্ডিয়াম ফসফাইড'র। উচ্চগতির অপটোইলেকট্রনিক ডিভাইসের জন্যে বিশেষভাবে উপযুক্ত, যেমনঃ ফটোডিটেক্টর এবং উচ্চগতির ট্রানজিস্টর, এর সরাসরি ব্যান্ড শূন্যতা এবং চমৎকার ইলেকট্রন ট্রান্সপোর্ট বৈশিষ্ট্যের জন্যে। ইন্ডিয়াম ফসফাইড কম্পাউন্ড সেমিকন্ডাক্টরের ইপিটাক্সিয়াল বৃদ্ধির জন্যে উপকরণের স্তর হিসেবেও ব্যবহার হয়, যেমনঃ ইন্ডিয়াম গ্যালিয়াম আর্সেনাইড এবং ইন্ডিয়াম গ্যালিয়াম ফসফাইড।



গ্যালিয়াম নাইট্রাইডঃ বিস্তৃত ব্যান্ডশূন্যতা সেমিকন্ডাক্টর'র সাথে ৩.৪ ইলেকট্রন ভল্ট ব্যান্ডশূন্যতা নিয়ে গ্যালিয়াম নাইট্রাইড, যা উপাদানটিকে উচ্চক্ষমতা এবং উচ্চতাপমাত্রার অ্যাপ্লিকেশনের জন্যে উপযুক্তভাবে তৈরি করেছে। গ্যালিয়াম নাইট্রাইড ভালো তাপমাত্রা স্থায়িত্ব এবং উচ্চ ভোল্টেজ নিম্ন করতে পারে, যা উচ্চক্ষমতার ইলেকট্রন ডিভাইস যেমনঃ ট্রানজিস্টর ক্ষমতা এবং উচ্চ উজ্জ্বলের এলইডি ডেভেলপ বা উন্নতি করতে সক্ষম। গ্যালিয়াম নাইট্রাইড নির্ভর ডিভাইসগুলো উচ্চক্ষমতা এবং দীর্ঘসময়ের জন্যে কার্যকর, যা তাদের এনার্জি লাইট এবং শক্তি সংরক্ষণের সিস্টেমে জন্যে আকর্ষণীয়।

সেমিকন্ডাক্টরের বৈশিষ্ট্য

সেমিকন্ডাক্টরগুলির একটি পরিবাহী এবং একটি অন্তরকের মধ্যে পরিবাহিতা লেভেল বা স্তর থাকে, তাদের পরিবাহিতা ডোপিং, তাপমাত্রা এবং প্রয়োগকৃত

ইলেকট্রিক ফিল্ড, এবং ইলেকট্রনিক ডিভিয়ার্সগুলিতে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। সেমিকন্ডাক্টরের কিছু গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য তুলে ধরা হলোঃ

এনার্জি গ্যাপঃ সেমিকন্ডাক্টর'র একটি ব্যান্ডগ্যাপ রয়েছে, এবং একটি এনার্জি রেঞ্জ আছে যা ভ্যালেন্স ব্যান্ড (দৃঢ় বন্ধনে ইলেকট্রন) এবং কনডাকশন বা পরিবাহী ব্যান্ড'র (চলমানরত ইলেকট্রন অনুমোদিত) মধ্যে অবস্থিত থাকে, যেটা তাদের পরিবাহী বা অন্তরক প্রকৃতিকে প্রভাবিত করে।

ডোপেন্ট ইন্টোডাকশনঃ সেমিকন্ডাক্টরগুলিতে ডোপিং'র পরিশুদ্ধতা নিয়ন্ত্রণ করে ইচ্ছাকৃতভাবে তাদের বৈদ্যুতিক বৈশিষ্ট্যগুলোকে পরিবর্তন করে, পরিবাহিতা নিয়ন্ত্রণে জন্য অতিরিক্ত চার্জ কেরিয়ার (এন-টাইপ) বা হোল (পি-টাইপ) তৈরি করে।

তাপমাত্রা প্রতিক্রিয়াশীলতাঃ সেমিকন্ডাক্টরের পরিবাহিতা তাপমাত্রার ওপর ভিত্তি করে পরিবর্তন হয়, থার্মিসিস্টার এবং তাপমাত্রা সেন্সর'র মতন কাজের জন্যে উপযুক্ত।

লাইট সেনসিটিভিটিঃ লাইট এক্সপোজার'র ওপর ভিত্তি করে নিশ্চিতভাবে সেমিকন্ডাক্টর পরিবাহী হয়, যা ফটোডিটেক্টর এবং সোলার সেল'র জন্যে মূল্যবান।

মেকানিক্যাল ইনফ্লুয়েন্সঃ সেমিকন্ডাক্টরের প্রতিরোধ শক্তি মেকানিক্যাল স্ট্রেস'র সাথে পরিবর্তন হয়, পরিমাণের ওপর এবং সেন্সরের ওপর চাপ প্রয়োগ করে।

তাপ পরিবাহিতাঃ মধ্যবর্তী তাপ পরিবাহিতাসহ, সেমিকন্ডাক্টর তাপ অপচয় নিয়ন্ত্রণ করে, যেটা ইন্টিগ্রেটেড সার্কিটের জন্যে গুরুত্বপূর্ণ।

লেয়ার কোয়ালিটিঃ সেমিকন্ডাক্টর নির্দিষ্ট পরিস্থিতিতে অন্তরক স্তর হিসেবে কাজ করে, ক্যাপাসিটর এবং শক্তি সঞ্চয়ের প্রক্রিয়ায় অবদান রাখে।

ইলেকট্রনুমিনেসেন্সঃ ভোল্টেজের অধীনে, নির্দিষ্ট সেমিকন্ডাক্টর লাইট নির্গমন করে যা এলইডি এবং ডিসপ্লে'র জন্যে দরকারি।

কোয়ান্টাম অ্যাসপেক্টঃ ন্যানোস্কেলে, সেমিকন্ডাক্টর কোয়ান্টাম ইফেক্ট বের করে কোয়ান্টাম ডট কাজে লাগায়, এবং অ্যাডভান্সড ব্যবহারে ভালো কোয়ান্টাম কার্ঠামো প্রদান করে।

হল অ্যাফেক্টঃ সেমিকন্ডাক্টর হল ইফেক্ট প্রদর্শন করে, যেখানে একটি ইলেকট্রিক ফিল্ড'র সাথে প্রবাহ লম্বভাবে।

কেরিয়ার মোবিলিটিঃ চার্জ কেরিয়ার (ইলেকট্রন এবং হোল) চলাচলে সক্ষম সেমিকন্ডাক্টরের সাথে যেটা কেরিয়ার মোবিলিটি, ডিভাইসের কার্যকারিতা ও গতির প্রভাব দ্বারা নির্ধারিত।

রেসিসটিভিটিঃ তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে প্রতিরোধ ক্ষমতা হ্রাস পায়, কারণ বেশকিছু মোবাইল চার্জ কেরিয়ার বৃদ্ধি পায়, যার ফলশ্রুতিতে তাপমাত্রা নেতিবাচক হয়।

কন্ডাক্টিভিটিঃ সেমিকন্ডাক্টর অপরিবাহী হিসেবে শূন্য কেলভিন কাজ করে, কিন্তু যখন তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় তখন তারা পরিবাহী হিসেবে কাজ করে।

কেরিয়ার কনসেন্ট্রেশন বা ঘনত্বঃ সেমিকন্ডাক্টরগুলিতে কেরিয়ার প্রতি ইউনিট ঘনত্ব আয়তনে চার্জ বাহকের সংখ্যা (ইলেকট্রন বা হোল) বুঝায়। সেমিকন্ডাক্টরের ধরণ

ইলেকট্রনের বৈশিষ্ট্যের ওপর ভিত্তি করে সেমিকন্ডাক্টরকে দুইটি প্রাথমিক ধরণের শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায়, একটি ইনট্রিনসিক এবং অপরটি এক্সট্রিনসিক সেমিকন্ডাক্টর।

ইনট্রিনসিক সেমিকন্ডাক্টর

সিলিকন কিংবা জার্মেনিয়াম'র মতন একটি একক উপাদান দ্বারা এই ধরণের প্রকৃত সেমিকন্ডাক্টর তৈরি, এবং অপরিশোধিত ডোপিং নেই। ইনট্রিনসিক সেমিকন্ডাক্টরে নির্দিষ্ট সংখ্যার ইলেকট্রন রয়েছে তাদের ভ্যালেন্স ব্যান্ডে এবং পরিবহন ব্যান্ড রয়েছে। এই ধরণের সেমিকন্ডাক্টর ইলেকট্রনসিটি পরিচালনা করে, যখন উত্তপ্ত হয়, এবং কিছু ইলেকট্রন পর্যাণ্ড শক্তি অর্জন করে তাদের বন্ধন থেকে মুক্ত হতে এবং পরিবহন ব্যান্ডের মুক্ত ইলেকট্রন হয়। বেশিরভাগ ইনট্রিনসিক সেমিকন্ডাক্টরের উপাদান সিলিকন কিংবা জার্মেনিয়াম হয়, যেহেতু তারা টেট্রাভ্যালেন্ট এবং শূন্য তাপমাত্রায় সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ থাকে। কিন্তু এই তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়, তখন পরমাণুগুলো আর আবদ্ধ থাকেনা এবং মোবাইল চার্জ কেরিয়ার হয় তাদের জায়গা ত্যাগ করে এবং এর ফলশ্রুতিতে একটি হোল সেই জায়গায় তৈরি হয়। এই পরিবাহিতা স্বল্প এবং ইলেকট্রন সংখ্যা এবং হোল একই পরিমাণ হয়।

এক্সট্রিনসিক সেমিকন্ডাক্টর

অপরিশুদ্ধ পরমাণু এর সাথে ডোপ হলো এক্সট্রিনসিক সেমিকন্ডাক্টর, যা তাদের ইলেকট্রিক্যাল বৈশিষ্ট্য পরিবর্তন করে এবং তাদের পরিবাহিতা বৃদ্ধি করে। ডোপিং একটি ক্ষুদ্র সংখ্যক পরমাণুর দ্বারা অন্তর্ভুক্ত ইনট্রিনসিক সেমিকন্ডাক্টরের ক্রিস্টাল জালিতে। বেশিরভাগ ডোপ্যান্ট থ্রি গ্রুপ (ট্রিভ্যালেন্ট) এবং গ্রুপ ভি (পেন্টাভ্যালেন্ট)'র উপাদান দ্বারা গঠিত।

দুই ধরণের এক্সট্রিনসিক সেমিকন্ডাক্টর হয়, যা ডোপ্যান্ট ব্যবহারের ওপর নির্ভর করে। যেমনঃ এন-টাইপ এবং পি-টাইপ সেমিকন্ডাক্টর।

এন-টাইপ সেমিকন্ডাক্টর

এই ধরণের সেমিকন্ডাক্টরে পর্যায়াক্রমিক টেবিলের গ্রুপ ভি'র পরমাণু'র সাথে ডোপ'র হয় সেমিকন্ডাক্টর উপাদান, যেমনঃ ফসফরাস অথবা আর্সেনিক। এই ডোপ্যান্ট পরমাণুর একটি অতিরিক্ত ভ্যালেন্স ইলেকট্রন সেমিকন্ডাক্টরের উপাদানের তুলনায়। যখন তারা সেমিকন্ডাক্টরের কিছু পরমাণু দ্বারা স্থাপিত হয়, তারা অতিরিক্ত ইলেকট্রন ক্রিস্টাল জালিতে তৈরি করে। উপাদানগুলি পুরোপুরি স্বতন্ত্র, প্রধানত ইলেকট্রনের কারণে পরিবাহিতা হয়। কারেন্ট'র তীব্রতা হয় ইলেকট্রনের অপারেশনাল কারেন্ট বা তড়িৎ'র ওপর নির্ভর করে এবং ইলেকট্রনের ঘনত্ব হোল'র থেকে বেশি হয়। বেশিরভাগ কেরিয়ার হচ্ছে ইলেকট্রন এবং স্বল্পসংখ্যক কেরিয়ার হলো হোল।

পি-টাইপ সেমিকন্ডাক্টর

সেমিকন্ডাক্টর উপাদানে পি-টাইপ সেমিকন্ডাক্টরে অপরিশুদ্ধ পরমাণু যেমনঃ

বোরন থাকে, ট্রিভ্যালেন্ট এতে যুক্ত থাকে। এই ধরনের উপাদানে তিন ধরনের ভ্যালেন্স শেল এবং একটির বেশি ইলেকট্রন থাকে। পর্যাযক্রমিক টেবিলের গ্রুপ থ্রি থেকে যেমনঃ বোরন কিংবা আলুমিনিয়াম নিয়ে পি-টাইপ সেমিকন্ডাক্টর। এই ডোপ্যান্ট পরমাণু একটির কম ভ্যালেন্স ইলেকট্রন থাকে সেমিকন্ডাক্টরের উপাদানের তুলনায়। যখন এগুলো সেমিকন্ডাক্টরের পরমাণুতে যুক্ত হয়, তারা একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে এবং ক্রিস্টাল জালে হোলসমূহ তৈরি করে। পরিবাহিতা মূলত হোল'র কারণে হয়, যে উপাদানটি সম্পূর্ণভাবে স্বতন্ত্র, কারেন্ট প্রবাহ এখানে হোলের কারেন্ট প্রবাহের কারণে এবং হোলের ঘনত্বের কারণে বেশি হয় ইলেকট্রনের তুলনায়। বেশিরভাগ কেরিয়ার হচ্ছে হোল, এবং অল্পসংখ্যক কেরিয়ার হলো ইলেকট্রন।

সেমিকন্ডাক্টর চিপ ইকোসিস্টেম

সেমিকন্ডাক্টর চিপ'কে তার ব্যবহার ও পারিপার্শ্বিকতার ভিত্তিতে ৩ ভাগে ভাগ করা যায়, যেমনঃ প্রসেসর চিপ, মেমোরি চিপ এবং স্পেশালাইজড চিপ।

প্রসেসর চিপ

সিদ্ধান্ত গ্রহণ ও গাণিতিক বিষয়াদি নিয়ন্ত্রণ করে প্রসেসর চিপ। এটি ইলেকট্রনিক ডিভাইস'র মূল কেন্দ্রবিন্দুতে থাকে, ফোন থেকে শুরু করে উচ্চ পর্যায়ে সার্ভার'তে এর উপস্থিতি থাকে।

সিপিইউ (সেন্ট্রাল প্রোসেসিং ইউনিট)

কম্পিউটার'র ব্রেইন বলা হয় সিপিইউ'কে। সাধারণ কাজকর্ম যেমনঃ সফটওয়্যার পরিচালনা, ফাইল রক্ষণাবেক্ষণ, এবং অপারেটিং সিস্টেম কমান্ড কার্যকর করে সিপিইউ কাজ করে। সিপিইউ বিভিন্নমুখী ব্যবহার ও কার্যক্রম সম্পন্ন করে, কিন্তু উচ্চ ধরনে ওয়ার্কলোডে স্বল্প দক্ষতার মাধ্যমে সম্পন্ন করতে পারে।

সাধারণ ব্যবহারঃ কম্পিউটার, ল্যাপটপ, স্মার্টফোন এবং সার্ভার।

কি প্রেয়ারঃ ইন্টেল, এএমডি, অ্যাপল এবং কোয়ালকম।

উদাহরণঃ একটি ডেস্কটপ সিপিইউ, যেমনঃ ইন্টেল কোরআই৯, দ্রুত কাজের জন্যে কাজ ভাগ করে দেয়।

জিপিইউ (গ্রাফিক্স প্রোসেসিং ইউনিট)

পাশাপাশি কার্যক্রম পরিচালনাতে জিপিইউ ব্যবহার হয়, এখানে স্বতঃস্ফূর্তভাবে হাজার কার্যক্রম নিয়ন্ত্রণ করা যায়। গেম রেন্ডার অথবা ভিজুয়াল অ্যাপ্লিকেশনে গ্রাফিক্সের জন্যে তৈরি। ক্রিপ্টোকারেন্সি, মাইনিং, সায়েন্টিক সিমুলেশন, এবং এআই নির্ভর মডেল ট্রেনিংয়ে জিপিইউ বেশ জরুরি।

ব্যবহারঃ গেমিং পিসি, ডাটা সেন্টার, এবং আর্টিফিশিয়াল ইন্টেলিজেন্স নির্ভর অ্যাপ্লিকেশন।

কি প্রেয়ারঃ এনভিডিয়া, এএমডি এবং ইন্টেল।

উদাহরণঃ এনভিডিয়া'র আরটিএক্স জিপিইউ পাওয়ার।

এআই চিপ

এই চিপগুলো আর্টিফিশিয়াল ইন্টেলিজেন্স'র গতি ত্বরান্বিত করার কাজ

করে, যেমনঃ ইমেজ রিকগনেশন, ল্যাংগুয়েজ প্রোসেসিং, এবং রিকমেন্ডেশন সিস্টেম। এআই চিপ নিউরাল নেটওয়ার্ক গণনার জন্যে অপটিমাইজ করা।

টিপিইউ (টেনসর প্রোসেসিং ইউনিট): ডিপলার্নিং এর জন্যে গুগল'র ডেভেলপ করা।

এনপিইউ (নিউরাল প্রোসেসিং ইউনিট): স্মার্টফোনে পাওয়া যায় ফিচার সমৃদ্ধ করতে যেমনঃ ভয়েস রিকগনেশন এবং ফটো অপটিমাইজেশন।

এআই এএসআইসিঃ বিশেষ এআই কাজ করার জন্যে কাস্টম চিপ তৈরি করা, যেমনঃ ট্রেনিং কিংবা কার্যকরভাবে এআই মডেল পরিচালনা।

কি প্রেয়ারঃ গুগল (টিপিইউ), অ্যাপল (এনপিইউ), অ্যামাজন (এএসআইসি)।

মেমোরি চিপ

ডাটা সংরক্ষণ ও পুনরুদ্ধার, এবং দক্ষতার সাথে ডিভাইসের কার্যক্রম পরিচালনা করে মেমোরি চিপ। এইগুলো ডাটা কিভাবে সংরক্ষণ ও প্রবেশ করবে তার উপর ভিত্তি করে ভাগ করা।

র‍্যাম (র‍্যামনডম অ্যাক্সেস মেমোরি)

সাময়িক সময়ের মেমোরি র‍্যাম, যা দ্রুত অ্যাপ্লিকেশন পরিচালনা করতে প্রয়োজনীয় ডাটা'তে প্রবেশ করার অনুমতি দেয়। যখন আপনি একধিক অ্যাপস আপনার ফোন কিংবা কম্পিউটার'তে ওপেন করবেন, ডাটা র‍্যাম'তে সংরক্ষিত হবে। একবার ডিভাইস অফ হলে, ডাটা হারিয়ে যাবে।

ব্যবহারঃ কম্পিউটার, স্মার্টফোন, এবং গেমিং কনসোল।

কি প্রেয়ারঃ স্যামসাং, মাইক্রোন।

স্টোরেজ (এসএসডি এবং এইচডিডি)

এসএসডি হলো সলিড স্টেট ড্রাইভ, যা দ্রুত, টেকসই এবং কার্যকর শক্তির সংরক্ষণ প্রযুক্তি, গতানুগতিক এইচডিডি (হার্ডডিস্ক ড্রাইভ) যা সস্তা এবং বৃহৎ স্কেল ডাটা সংরক্ষণের জন্যে জনপ্রিয়।

ব্যবহারঃ কম্পিউটার, ক্লাউড স্টোরেজ এবং ব্যাকআপ সিস্টেম।

কি প্রেয়ারঃ ওয়েস্টার্ন ডিজিটাল, স্যামসাং

ক্যাচি এবং র‍ম

আল্ট্রা ফাস্ট মেমোরি হলো ক্যাচি, যা সিপিইউ'তে ইন্টিগ্রেটেড হয়, এবং বারংবার প্রবেশ করা ডাটা সংরক্ষণ করে প্রোসেসিং'তে গতিশীল করে। র‍োম স্থায়ী মেমোরি, ফার্মওয়্যার সংরক্ষণে ব্যবহার হয়, যেমনঃ সফতয়ার'তে যা আপনার কম্পিউটার, ফোন, রাউটার চালু করবে।

স্পেশালাইজড চিপ

নির্দিষ্ট ডিজাইন'র জন্যে এই চিপগুলো ডিজাইন করা।

ডিএও (ডিজিটাল টু অ্যানালগ বা অ্যানালগ টু ডিজিটাল কনভার্টার)

এই চিপগুলো ফিজিক্যাল (অ্যানালগ) এবং ডিজিটাল ওয়ার্ল্ড'র মধ্যে সিগন্যাল পরিবর্তন করে। যেমনঃ মাইক্রোফোন সাউন্ড ডিজিটাল ডাটাতে রূপান্তর করে এডিসি ব্যবহার করে, যখন উল্টো পরিবর্তন করে প্রক্রিয়া ডিএসি'র সাথে।

ব্যবহারঃ অডিও সিস্টেম, ক্যামেরা, আইওটি ডিভাইস।

কি প্রেয়ারঃ টেক্সাস ইনস্ট্রুমেন্ট, অ্যানালগ ডিভাইস।

সেন্সর

সেন্সর হলো চিপ, যা এনভারনমেন্ট পরিবর্তন নির্ধারণ করে, এবং ইলেকট্রনিক সিগন্যাল'তে ডাটাকে পরিবর্তন করে। যেমনঃ অ্যাক্সেলেরোমিটার (গতি নির্ধারক), গাইরোস্কোপ (ওরিয়েন্টেশন নির্ধারক), প্রক্সিমিট্রি সেন্সর (অবজেক্ট নির্ধারক)।

ব্যবহারঃ স্মার্টফোন, গাড়ি, ফিটনেস ট্র্যাকার, এবং ইন্ডাস্ট্রিয়াল মেশিনারি।

কি প্রেয়ারঃ বসচি, এসটিমাইক্রোইলেকট্রনিক্স।

এএসআইসি (অ্যাপ্লিকেশন স্পেসিফিক ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট)

একক অ্যাপ্লিকেশন'র জন্যে কাস্টম ডিজাইন চিপ হলো এএসআইসি, যেমনঃ ক্রিপ্টোকারেন্সি মাইনিং অথবা ৫ জি কমিউনিকেশন। কারণ, সুনির্দিষ্ট কাজের জন্যে এরা অপটিমাইজড, তারা দ্রুত এবং বেশি কার্যকর জেনারেল পারপজ চিপ যেমনঃ সিপিইউ।

ব্যবহারঃ বিটকয়েন মাইনিং রিগ, টেলিকমিউনিকেশন, এবং আইওটি।

কি প্রেয়ারঃ বিটমেইন, কোয়ালকম। ব্রডকম।

বিশ্ব বাজারে সেমিকন্ডাক্টর'র অবস্থান

'সিলিকন ভ্যালী' নামটা অনেকেই জানে মার্কিন যুক্তরাষ্ট্র'র দক্ষিণ সানফ্রানসিসকো'র একটি অঞ্চল যা প্রযুক্তি কোম্পানিগুলোর তীর্থ স্থান। কিন্তু 'সিলিকন ভ্যালী' নামটা কোথা থেকে এসেছে জানেন? সিলিকন ট্রানজিস্টর'র সাথে এই অঞ্চলটির সম্পৃক্ততা থাকার কারণে সংবাদিক ডন হোইফার ১৯৭১ সালে ইলেকট্রনিক নিউজ ম্যাগাজিন'র কভারে 'সিলিকন ভ্যালী' টাইটেলটি ব্যবহার করেন, বর্তমানে সিলিকন সকল আধুনিক মাইক্রোপ্রসেসর বা সেমিকন্ডাক্টরে ব্যবহার হয়। 'ইন্টেল'র মতন অনেক কম্পিউটার চিপ উৎপাদনকারী কোম্পানির সেই সময়ে প্রধান কার্যালয় কিংবা অফিস সেখানে অবস্থিত ছিল, আর সেই প্রেক্ষাপটের ভিত্তিতে আজকের 'সিলিকন ভ্যালী', যার কেন্দ্রবিন্দুতে মাইক্রোচিপ বা সেমিকন্ডাক্টর ব্যবসা। গ্লোবাল ম্যানেজমেন্ট কনসাল্টিং কোম্পানি 'ম্যাককিনসে'র হিসেবে অটোমোটিভ, কম্পিউটেশন ও ডাটা স্টোরেজ এবং ওয়্যারলেস এই তিন ইন্ডাস্ট্রিতে সেমিকন্ডাক্টরের ব্যবহার ৭০ ভাগ বৃদ্ধি পাবে। ইলেকট্রিক যানবাহনের চাহিদা বৃদ্ধির কারণে অটোমোটিভ ইন্ডাস্ট্রিতে তিনগুণ বেশি প্রয়োজনের পূর্বাভাস দিয়েছে। ক্রমাগতভাবে সেমিকন্ডাক্টরের চাহিদা বিভিন্ন শিল্পে ব্যবহারের কারণে ২০২১ সালে ২৩ ভাগ বেশি বাৎসরিক আয় করে সেমিকন্ডাক্টর ব্যবসায় জড়িত কোম্পানিগুলো। সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রি অ্যাসোসিয়েশন (এসআইএ)'র হিসেবে বিশ্বের প্রথম ৫ টি সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদনকারী দেশের মধ্যে এশিয়ার তাইওয়ান'তে সর্বোচ্চ প্রায় ৬০ ভাগ সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদন হয়, তার মধ্যে তাইওয়ান'র প্রতিষ্ঠান 'তাইওয়ান সেমিকন্ডাক্টর ম্যানুফ্যাকচারিং কোম্পানি (টিএসএমসি) বিশ্বের প্রায় ৫০ ভাগ সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদন করে। ২০২৪ সালে 'টিএসএমসি' সেমিকন্ডাক্টর বিক্রয় করে ৯০ বিলিয়ন মার্কিন ডলার আয় করে, যা আর্টিফিশিয়াল ইন্টেলিজেন্স চিপ'র চাহিদা বৃদ্ধির কারণেই সম্ভব হয়েছে এবং যার বেশিরভাগ চিপ অ্যাপল, এএমডি এবং এনভিডিয়া'র মতন জায়ান্ট প্রযুক্তি কোম্পানিগুলোর কাছে বিক্রি করা হয়। বর্তমানে 'টিএসএমসি'র মার্কেট ক্যাপিটাল ১.০৭২ ট্রিলিয়ন মার্কিন ডলার।

দ্বিতীয় ও তৃতীয় সর্বোচ্চ সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদনকারী দেশের তালিকায় রয়েছে এশিয়ার দক্ষিণ কোরিয়া ও জাপান। বিশ্বের মোট সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদনের

প্রায় ১৫-২০ ভাগ দক্ষিণ কোরিয়া'তে তৈরি করা হয়, আর স্যামসাং হচ্ছে দক্ষিণ কোরিয়া'তে সর্বোচ্চ সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদনকারী কোম্পানি যারা ২০২৩ সালে ৩৯.৯ বিলিয়ন মার্কিন ডলার আয় করে শুধুমাত্র সেমিকন্ডাক্টর বিক্রি করে। মার্কেট রিসার্চ প্রতিষ্ঠান 'গার্টনার'র ২০২১ সালের তথ্য হিসেবে, 'স্যামসাং ইলেকট্রনিক্স' হচ্ছে বিশ্বের দ্বিতীয় সর্বোচ্চ সেমিকন্ডাক্টর ত্রয়কারী প্রতিষ্ঠান, 'স্যামসাং' নিজেই সেমিকন্ডাক্টর উৎপন্ন করে, আবার 'স্যামসাং ইলেকট্রনিক্স' ৪৫,৭৭৫ মিলিয়ন মার্কিন ডলার'র চিপ ত্রয় করে। বিশ্বের বৃহৎ স্মার্টফোন ও টেলিভিশন প্রস্তুতকারী প্রতিষ্ঠান হিসেবে কোরিয়ান প্রযুক্তি জায়ান্ট কোম্পানিটির প্রচুর পরিমাণে চিপ' ব্যবহারের প্রয়োজন পরে, এবং মেমোরি সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদনকারী হিসেবে এক নম্বর অবস্থানে 'স্যামসাং', আর বিশ্বের দ্বিতীয় সর্বোচ্চ সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদনকারী কোম্পানি। সবচেয়ে বেশি সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদনকারী তৃতীয় দেশ জাপান বিশ্বের ১০-১৩ ভাগ সেমিকন্ডাক্টর তৈরি করে বছরে। ১০০ টির অধিক সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদনকারী কোম্পানি জাপান'তে রয়েছে, যার অধিকাংশ জাপানিজ, আমেরিকান অথবা তাইওয়ান'র কোম্পানিগুলোর মালিকানাধীন। জাপান'র সেমিকন্ডাক্টর কোম্পানি 'টোকিও ইলেকট্রন' ১৩ বিলিয়ন মার্কিন ডলার ২০২৩ সালে আয় করে সেমিকন্ডাক্টর বিক্রি করে। ২০২১ সালে জাপান'র অর্থ, বাণিজ্য এবং ইন্ডাস্ট্রি মন্ত্রণালয় সেমিকন্ডাক্টর এবং ডিজিটাল ইন্ডাস্ট্রি, যুক্তরাষ্ট্র'র সাথে পার্টনারশিপ গঠন ও ভবিষ্যত সেমিকন্ডাক্টর প্রযুক্তির উন্নয়নে 'লিডিং-এডজ সেমিকন্ডাক্টর টেকনোলজি সেন্টার' ও 'রিসার্চ এন্ড ডেভেলপমেন্ট সেন্টার', প্রতিষ্ঠা করে চিপ উৎপাদনে উৎসাহিত করে 'জাপান অ্যাডভান্সড সেমিকন্ডাক্টর ম্যানুফ্যাকচারিং (জেএএসএম) ও 'টিএসএমসি'র সাথে অভ্যন্তরীণভাবে সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদন ব্যাপারে একটি কৌশল গ্রহণে কথা ঘোষণা প্রদান করে।

সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদনে চতুর্থ ও পঞ্চম দেশ হিসেবে রয়েছে মার্কিন যুক্তরাষ্ট্র ও চীন, দেশগুলো যথাক্রমে বিশ্বের প্রায় ১০-১২ ভাগ এবং ৫-১০ ভাগ সেমিকন্ডাক্টর বর্তমানে উৎপাদন করে। ইলেকট্রনিক্স প্রোডাক্টের অন্যতম বৃহৎ প্রস্তুতকারী দেশ হিসেবে চীন'র অভ্যন্তরীণ চাহিদা মেটাতে ব্যাপক পরিমাণে ভবিষ্যতে সেমিকন্ডাক্টর'র প্রয়োজন পরবে বলে 'চীন সরকার' নিজের দেশে সেমিকন্ডাক্টর শিল্পের আরো বিস্তৃতির দিকে মনোনিবেশ দিয়েছে। আর সেজন্যে ২০৩০ সাল নাগাদ চীন বিশ্বের ২৫ ভাগ পর্যন্ত সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদনের প্রত্যাশা করছে। মার্কিন যুক্তরাষ্ট্র'র কোম্পানিগুলো বিশ্বের প্রায় ৪৬.৩ ভাগ সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদনের সাথে জড়িত, যার উৎপাদন বিশ্বের বিভিন্ন দেশে হচ্ছে। 'সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রি অ্যাসোসিয়েশন (এসআইএ)'র তথ্যে, ২০২১ সালে মার্কিন যুক্তরাষ্ট্রের অর্থনীতিতে ৬২ বিলিয়ন মার্কিন ডলার রপ্তানি আয় এসেছে সেমিকন্ডাক্টর বিক্রি থেকে।

বিশ্বের সবচেয়ে বৃহৎ ১৩৬ টি সেমিকন্ডাক্টর কোম্পানিগুলোর বর্তমান মার্কেট মূলধন ৮.৫৯৩ ট্রিলিয়ন মার্কিন ডলার, তার মধ্যে সর্বোচ্চ যুক্তরাষ্ট্র ভিত্তিক এনভিডিয়া'র মূলধন ৩.২৭১ ট্রিলিয়ন মার্কিন ডলার এবং ২০২৪ সালে কোম্পানিটি ১১৩.২৬ বিলিয়ন মার্কিন ডলার আয় করে। 'এনভিডিয়া' কনজুমার ইলেকট্রনিক্স'র জন্যে গ্রাফিক্স প্রোসেসিং ইউনিট (জিপিইউ)'র জন্যে সবচেয়ে জনপ্রিয়। কোম্পানিটির প্রফেশনাল সেমিকন্ডাক্টর প্রোডাক্ট 'এডজ টু ক্লাউড কম্পিউটিং', সুপারকম্পিউটার এবং ওয়ার্কস্টেশন'র জন্যে ব্যবহার হয়। স্বাস্থ্যখাত, গেমিং, এবং অটোমোটিভ ইন্ডাস্ট্রি খাতে 'এনভিডিয়া'র বিশেষায়িত চিপ বেশ শক্তিশালী। এআই রিসার্চ, স্বয়ংক্রিয়ভাবে নিয়ন্ত্রিত গাড়ি, ড্রোন এবং জেনারেটিভ এআই, ডেলিভারি সলিউশনে 'এনভিডিয়া' সাম্প্রতিক সময়ে গ্লোবাল লিডার হিসেবে আবির্ভূত হয়েছে। যেমনঃ চ্যাটজিপিটি 'এনভিডিয়া'র ১০ হাজার জিপিইউ ক্লাস্টার ব্যবহার

করে প্রশিক্ষিত হয়েছিল। ১.১১৪ ট্রিলিয়ন মূলধনের দ্বিতীয় বৃহৎ তাইওয়ান ভিত্তিক 'তাইওয়ান সেমিকন্ডাক্টর ম্যানুফ্যাকচারিং কোম্পানি (টিএসএমসি)' ২০৩০ সালে প্রায় ১৪২ বিলিয়ন মার্কিন ডলার আয় করবে বলে প্রত্যাশা করা যাচ্ছে। টিএসএমসি মোবাইল ডিভাইস, অটোমোবাইল ইলেকট্রনিক সিস্টেম, মেডিকেল সিস্টেম, ওয়ারারবেল এবং ইন্টারনেট অব থিংস'র জন্যে সেমিকন্ডাক্টর তৈরি করে, ফাইটার জেট থেকে শুরু করে চ্যাটবট'র জন্যেও তাদের চিপ ব্যবহার করা হয়। কোম্পানি মূলধনে তৃতীয় অবস্থায় থাকা 'ব্রডকম'র মার্কেট মূলধন ১.০৭৫ ট্রিলিয়ন মার্কিন ডলার, যার ২০২৪ সালে সেমিকন্ডাক্টর বিক্রি আয় হলো ৫১.৫৭ বিলিয়ন মার্কিন ডলার। মূলত ডাটা সেন্টার, নেটওয়ার্কিং, সার্ভার ও স্টোরেজ, স্মার্টফোন এবং টেলিকমিউনিকেশন যন্ত্রপাতি, ফ্যাক্টরি অটোমেশন, মেইনফ্রেম অপারেশন প্রভৃতি কাজের জন্যে 'ব্রডকম'র উৎপাদিত চিপ বা সেমিকন্ডাক্টর ব্যবহার করা হয়। মার্কেট মূলধনের শীর্ষ চতুর্থ ও পঞ্চম অবস্থানে যথাক্রমে নেদারল্যান্ড'র সেমিকন্ডাক্টর প্রস্তুতকারী কোম্পানি (এএসএমএল)'র বাজার মূলধন ২৯৫.০১ বিলিয়ন মার্কিন ডলার, যার ২০২৪ সালে আয় ২৮.৭৪ বিলিয়ন মার্কিন ডলার যা নবম অবস্থানে সেমিকন্ডাক্টর আয়ে এবং দক্ষিণ কোরিয়া'র স্যামসাং'র বাজার মূলধন ২৪৪.৫৮ বিলিয়ন মার্কিন ডলার ও ২০২৪ সালে বিশ্বে সর্বোচ্চ ২১৯.৯৩ বিলিয়ন মার্কিন ডলার'র সেমিকন্ডাক্টর বিক্রয় করে। অথচ সেমিকন্ডাক্টর খাতে ৮৪.৮৩ বিলিয়ন মার্কিন ডলার'র মূলধনে বিশ্বের ১৭ তম বৃহৎ সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদনকারী কোম্পানি বিশ্বখ্যাত 'ইন্টেল' ২০২৪ সালে ৫৪.২৪ বিলিয়ন মার্কিন ডলার আয় করে সেমিকন্ডাক্টর প্রস্তুতকারী প্রতিষ্ঠানের তালিকায় চতুর্থ অবস্থানে রয়েছে। গার্টনার'র তথ্যে, ২০২৫ সালে বিশ্বে সেমিকন্ডাক্টর বিক্রি থেকে ৭১৭ বিলিয়ন মার্কিন ডলার আয়ের সম্ভাবনা রয়েছে, যা ২০২৪ সাল থেকে ১৯ ভাগ বেশি আয় হবে।

কিভাবে সেমিকন্ডাক্টর কাজ করে

বিশিরাগ সেমিকন্ডাক্টর বিভিন্ন উপাদান দিয়ে তৈরি ক্রিস্টাল দ্বারা গঠিত। ইলেকট্রন পরমাণুর ভেতরে শেল নামক স্তরে নিজেদেরকে সাজিয়ে রাখে। পরমাণুর সবচেয়ে বাইরের শেলটি ভ্যালেন্স শেল নামে পরিচিত। এই ভ্যালেন্স শেলের ইলেকট্রনগুলিই পার্শ্ববর্তী পরমাণুর সাথে বন্ধন তৈরি করে। এই ধরনের বন্ধনকে সমযোজী বন্ধন বলে। বিশিরাগ পরিবাহীর ভ্যালেন্স শেলে একটি মাত্র ইলেকট্রন থাকে, অন্যদিকে সেমিকন্ডাক্টরদের ভ্যালেন্স শেলে সাধারণত চারটি ইলেকট্রন থাকে। যদি কাছাকাছি পরমাণুগুলি একই ভ্যালেন্স দিয়ে তৈরি হয়, তাহলে ইলেকট্রনগুলি অন্যান্য পরমাণুর ভ্যালেন্স ইলেকট্রনের সাথে আবদ্ধ হতে পারে। যখন এই ঘটনা হয়, পরমাণুগুলি নিজেদেরকে ক্রিস্টাল কাঠামোতে সংগঠিত করে। বিশিরাগ সেমিকন্ডাক্টর এই ধরনের ক্রিস্টাল দ্বারা তৈরি হয়, যেটা প্রধানত সিলিকন ক্রিস্টালে তৈরি হয়।

সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদন

সেমিকন্ডাক্টরের উৎপাদন প্রক্রিয়াতে বেশকিছু জটিল ধাপ অন্তর্ভুক্ত থাকে, যাতে নির্ভুল ও আধুনিক প্রযুক্তির দরকার পড়ে। একটি সিলিকন ওয়েফার তৈরির মাধ্যমে উৎপাদন প্রক্রিয়া শুরু হয়, যা পরিশুদ্ধিত সিলিকন থেকে পাতলা একটি ডিস্ক। এই ওয়েফার সেমিকন্ডাক্টরের চিপের ভিত্তি হিসেবে কাজ করে। সিলিকন ওয়েফারটি প্রথমে পরিষ্কার ও সুন্দর করা হয়, যাতে কোন অপরিশুদ্ধতা এবং ক্রটি না থাকে। উৎপাদনের প্রত্যেক ধাপে সকল প্যারামিটার যেমনঃ তাপমাত্রা, চাপ এবং কেমিক্যাল কম্পোজিশন করা সতর্কতার সাথে নিয়ন্ত্রণ করে উৎপাদনের কোয়ালিটি, প্রাপ্যতা শাস্ত্রীয় মূল্যের ডিভাইস নিশ্চিত করতে হবে।

ফটোলাইটোগ্রাফি

ফটোলাইটোগ্রাফি ধাপের একটি সিরিজ যা সিলিকন ওয়েফার'র ওপর প্রয়োজনীয় প্যাটার্ন বা ধরণ তৈরি করার কাজ করে। একটি লাইট সেনসেটিভ উপাদান দিয়ে ওয়েফার আবরণ দেয়ায় জড়িত থাকে ফটোলাইটোগ্রাফি, যাকে ফটোরেসিস্ট বলা হয়। একটি মাস্ক দরকারি প্যাটার্নটি ধারণ করে, এরপরে ওয়েফার'র ওপর স্থাপিত হয়, এবং আল্ট্রাভায়োলেট লাইট ফটোরেসিস্ট প্রকাশে ব্যবহার হয়। এই প্রক্রিয়া ওয়েফার'র উপরে এক ধরণের লেয়ার বা স্তর তৈরি করে। কয়েক বছর ধরে ফটোলাইটোগ্রাফি প্রযুক্তি উল্লেখযোগ্যভাবে বিকশিত হয়েছে, মাস্ক ডিজাইন, লাইট সোর্স এবং ফটোরেসিস্ট উপাদানগুলির অগ্রগতির সাথে তুলনামূলক ক্ষুদ্র এবং জটিল সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইসগুলির উৎপাদন করে। যত করে ডিভাইসগুলি ছোট হচ্ছে, নতুন প্রতিযোগিতা বাড়ছে, যেমনঃ উচ্চ রেজুলেশন প্যাটার্ন টেকনিক এবং উচ্চমান ও পারফরমেন্স রক্ষণাবেক্ষণের প্রক্রিয়া নিয়ন্ত্রণ উন্নত করেছে।

ইটচিং এবং ডিপোজিশন

ফটোলিথোগ্রাফি প্রক্রিয়ার পরে বিভিন্ন টেকনিক যেমনঃ ইটচিং, ডিপোজিশন, এবং ডোপিং সেমিকন্ডাক্টরের উপাদানের বৈশিষ্ট্য পরিবর্তন করতে ব্যবহার হয়। ইটচিং অপ্ৰয়োজনীয় উপকরণ পরিত্যাগ করতে ব্যবহার হয়, যেখানে ডিপোজিশন ওয়েফারে নতুন লেয়ারে যুক্ত করতে ব্যবহার হয়।

ইটচিং

ইটচিং প্রক্রিয়া নির্ধারিত উপাদান বাদ দেয় সেমিকন্ডাক্টরের লেয়ার থেকে, সুনির্দিষ্ট প্যাটার্ন বা কাঠামো তৈরি করতে। মূলত দুই ধরণের ইটচিং টেকনিক রয়েছে, ওয়েট এবং ড্রাই ইটচিং। ওয়েট ইটচিং কেমিক্যাল'র সলিউশন'তে সেমিকন্ডাক্টর উপাদান নিমজ্জিত করে, যা উপাদানের সাথে প্রতিক্রিয়া ঘটায়, নির্বাচিত করে গলায় আকাংখিত কাঠামো তৈরিতে। ওয়েট ইটচিং সাধারণত আইসোট্রপিক, যা সকল গন্তব্যে খোদাই করে, যা উচ্চ রেজুলেশনের ফিচার বা বৈশিষ্ট্য তৈরি করতে সক্ষম। এটি তুলনামূলকভাবে সাধারণ এবং স্বল্প খরচের প্রক্রিয়া, যা নির্দিষ্ট কাজ করতে উপযুক্ত করে তোলে। ড্রাই ইটচিং রিয়েক্টিভ গ্যাস অথবা প্লাজমা ব্যবহার করে সেমিকন্ডাক্টরের উপরিপৃষ্ঠ থেকে উপকরণ ছাড়াতে। বিভিন্ন ধরণের ড্রাই ইটচিং টেকনিক রয়েছে, রিয়েক্টিভ আয়ন ইটচিং, ডিপ রিয়েক্টিভ আয়ন ইটচিং, এবং প্লাজমা ইটচিং। ড্রাই ইটচিং প্রক্রিয়া সাধারণত অ্যানিসোট্রপিক, যা একক ডিরেকশনে খোদাই করে, যা উচ্চ রেজুলেশন ফিচার এবং জটিল কাঠামো তৈরি করে। ড্রাই ইটচিং পদ্ধতি বেশ জটিল এবং ব্যয়সাপেক্ষ ওয়েট ইটচিং'র পদ্ধতির তুলনায়।

ডিপোজিশন

সেমিকন্ডাক্টরের লেয়ার কিংবা স্তরে উপাদান লেয়ার যুক্ত করার প্রক্রিয়া, যা লেয়ারের উপরে উপাদান সরাসরি জন্মাতে দেয় অথবা গ্যাস কিংবা লিকুয়েড ধাপে থেকে ডিপোজিশিং করে। বেশকিছু ডিপোজিশন টেকনিক রয়েছে, কেমিক্যাল ভেপার ডিপোজিশন, ফিজিক্যাল ভেপার ডিপোজিশন এবং অ্যাটোমিক লেয়ার ডিপোজিশন।

কেমিক্যাল ভেপার ডিপোজিশন সেমিকন্ডাক্টরের উপরিপৃষ্ঠে গ্যাসোয়াস প্রিকারসোরাস'র প্রতিক্রিয়া করাতে অন্তর্ভুক্ত। সিডিডি উচ্চমান, ইউনিফর্ম

ফিল্ম এর সাথে ভালো সংলগ্নতার এবং নিয়মমাফিক, যা একে অনেক সেমিকন্ডাক্টর অ্যাপ্লিকেশনের জন্যে জনপ্রিয় করেছে। সিডিডি প্রায় প্রয়োজনীয় উচ্চতাপমাত্রার এবং অপয়োজনীয় প্রোডাক্ট উৎপন্ন করতে পারে, যা নিয়ন্ত্রণ করা কঠিন।

ফিজিক্যাল ভেপার ডিপোজিশন ফিজিক্যাল প্রক্রিয়া সম্পন্ন করতে ব্যবহার হয়, যেমনঃ বাষ্পীভবন, সেমিকন্ডাক্টরে উপকরণের লেয়ার সংরক্ষণ করতে। এই টেকনিক অল্প পরিমাণে ব্যয়বহুল এবং বেশ বহুমুখী সেমিকন্ডাক্টর ভেপার ডিপোজিশন'র তুলনায়, কিন্তু অল্প একরূপ ফিল্ম তৈরি করে।

অ্যাটোমিক লেয়ার ডিপোজিশন সাম্প্রতিক সময়ের ডিপোজিশন পদ্ধতি, যা অনুক্রমিকভাবে গ্যাসিয়াস প্রিকারসোর্স প্রকাশে অন্তর্ভুক্ত, যার ফলশ্রুতিতে একক পরমাণু স্তর গঠন করে। অ্যাটোমিক দারুণ নিয়ন্ত্রণ রাখে মোটা একক ফিল্মের ওপর, যা উচ্চ রেশিও কাঠামোতে আনুষ্ঠানিক ফিল্ম সংরক্ষণ করার সক্ষমতা থাকে। এই প্রক্রিয়া ধীর, এবং যথেষ্ট পরিমাণে ব্যয়বহুল অন্যান্য ডিপোজিশন প্রক্রিয়ার তুলনায়।

প্যাকেজিং

সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস পরিবেশগত ফ্যাক্টর যেমনঃ আদ্রতা, ময়লা এবং মেকানিক্যাল বিষয়াদি থেকে রক্ষা করা গুরুত্বপূর্ণ, যখন বহিরাগত সার্কিট'র সাথে ইলেকট্রিক সংযোগ প্রদান করা হয়। বেশ কয়েক ধরনের সেমিকন্ডাক্টর প্যাকেজ রয়েছে, প্রত্যেকের নিজস্ব সুবিধা রয়েছে। কিছু প্যাকেজ হচ্ছে ডুয়েল ইন লাইন প্যাকেজ (ডিপ), স্মল আউটলাইন ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট (এসওআইসি), এবং বল গ্রিড অ্যারে (বিজিএ)। ডিপ পুরাতন প্যাকেজ ধরনের হোল মাউন্টিং'র মধ্য দিয়ে যায়, যেখানে 'এসওআইসি' এবং 'বিজিএ' উপরিপৃষ্ঠ মাউন্ট প্যাকেজ ধরনের, যা উচ্চ ঘনত্বের এবং উন্নত ইলেকট্রিক পারফরমেন্স সুবিধা প্রদান করে থাকে।

তাপ ব্যবস্থাপনা প্যাকেজিংয়ের গুরুত্বপূর্ণ বিষয়, যেহেতু সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস কাজ করার সময় প্রচুর পরিমাণে তাপ উৎপন্ন করে, যা পারফরমেন্সে প্রভাব রাখে। কার্যকর তাপের অপচয় গুরুত্বপূর্ণ অতিরিক্ত তাপ বাধা প্রদানে এবং দীর্ঘসময় ধরে ডিভাইসের স্থিতিশীলতা নিশ্চিত করে। সেমিকন্ডাক্টর প্যাকেজগুলোতে বিভিন্ন ধরনের কৌশল তাপ নিয়ন্ত্রণে ব্যবহার হয়, যেমনঃ তাপ নিমজ্জিত, তাপ এবং তাপের ইন্টারফেস উপাদান।

টেস্টিং

সেমিকন্ডাক্টর টেস্টিং 'ডিভাইস আন্ডার টেস্ট'র ইলেকট্রিক সংকেত প্রয়োগে অন্তর্ভুক্ত এবং সাড়া প্রদান পরিমাপ করতে কার্যকারিতা ও পারফরমেন্স যাচাই করে। এই প্রক্রিয়া উৎপাদনের ভুল খুঁজে বের করে, যেমনঃ শর্ট সার্কিট, ওপেন সার্কিট, এবং আন্তঃসংযোগ উপাদানের ভ্যালু, এবং পারফরমেন্স ইস্যু, যেমনঃ অতিরিক্ত তাপ অপচয় অথবা ভালোভাবে সংকেত প্রদান না করা।

টেস্টিং উৎপাদন প্রক্রিয়াতে বিভিন্ন ধাপে কাজ করে, ওয়েফার লেভেল টেস্টিং, প্যাকেজ লেভেল টেস্টিং, এবং ফাইনাল সিস্টেম লেভেল টেস্টিং এর অন্তর্ভুক্ত। ওয়েফার লেভেল টেস্টিং সেমিকন্ডাক্টর স্থায়িত্বতা রয়েছে কিনা সেটা যাচাই করে ওয়েফার এবং প্যাকেজ থেকে আলাদা হওয়ার পূর্বে, যেখানে প্যাকেজ লেভেল টেস্টিং পুরোপুরিভাবে প্যাকেজ ডিভাইসে কাজ করে। সিস্টেম লেভেল টেস্টিং সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস পরীক্ষা করে এর চূড়ান্ত

পরিবেশগত কাজে, যেটা বাস্তবিক জগতের অবস্থার সাথে ঠিকভাবে কাজ করে।

ডোপিং সেমিকন্ডাক্টর উপাদানে অপরিশুদ্ধতা পরিচয় করায় ইলেকট্রিক্যাল বৈশিষ্ট্য পরিবর্তন করায়। এই প্রক্রিয়াগুলি একাধিক সময়ে পুনরাবৃত্তি হয় জটিল কাঠামো এবং সার্কিট তৈরি করতে সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইসের প্রয়োজনে। চূড়ান্তভাবে ওয়েফার স্বতন্ত্র চিপ থেকে পৃথক হয়, এবং প্রত্যেক চিপ কার্যক্রম এবং কোয়ালিটির জন্যে পরীক্ষা করা হয়। ক্রশটিপূর্ণ চিপগুলো বর্জন করা হয়, যেখানে কার্যক্রমে থাকা চিপগুলি সুরক্ষিত কেসিংয়ে প্যাকেজ করা হয়। প্যাকেজ করা চিপগুলি এরপরে ইলেকট্রিক ডিভাইস যেমনঃ কম্পিউটার, স্মার্টফোন এবং অন্যান্য ইলেকট্রনিক্স ডিভাইসে একীভূতকরণের জন্যে প্রস্তুত করা হয়।

সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস

আধুনিক ইলেকট্রনিক সিস্টেমের বিল্ডিং ব্লক হল সেমিকন্ডাক্টর, যেটা দক্ষতার সাথে ইলেকট্রিক্যাল সংকেতে ব্যবহার এবং নিয়ন্ত্রিত সক্ষম করেছে বিস্তৃত পরিসরে কাজ সম্পাদনে। সেমিকন্ডাক্টর বিভিন্ন ধরনের কাজ করে, যেমনঃ সিগন্যাল অ্যামপ্লিফিকেশন, সুইচিং, এবং এনার্জি কনভার্সন। ডায়োড, ট্রানজিস্টর, এবং ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট হচ্ছে জনপ্রিয় কিছু সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস, যার অপারেটিং এবং কার্যক্রমে ইউনিক কিছু ব্যাপার রয়েছে।

ডায়োড

সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস ডায়োড যা ইলেকট্রিক প্রবাহ'র অনুমতি প্রদান করে এক দিক বরাবর, যতক্ষণ বিপরীত দিক থেকে ব্লকিং আসে। তারা দুই-লেয়ার বা স্তরের সেমিকন্ডাক্টর উপাদানে জংশন গঠনে তৈরি, একটি এন-টাইপ এবং অপরটি পি-টাইপ। যখন পজিটিভ ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয় এন-টাইপ লেয়ারে এবং একটি ঋণাত্মক ভোল্টেজ পি-টাইপ লেয়ারে, তখন ডায়োড'টিকে ফরওয়ার্ড বায়াস বলে, এবং ইলেকট্রিক প্রবাহ জংশনের মাধ্যমে প্রবাহিত হয়। যখন ভোল্টেজ পলারিটি রিভার্স, ডায়োড তখন রিভার্স বায়াসড, এবং ইলেকট্রিক প্রবাহ থেকে যায়। ইলেকট্রনিক সার্কিটে বিস্তৃত পরিসরে কার্যক্রম পরিচালনা করে ডায়োড, তার মধ্যে রেকটিফিকেশন, ভোল্টেজ রেগুলেশন, এবং সিগন্যাল মডুলেশন অন্তর্ভুক্ত। রেকটিফিকেশন বিকল্প কারেন্ট (এসি)' থেকে সরাসরি কারেন্ট (ডিসি)'তে পরিবর্তন করার প্রক্রিয়া, যা ইলেকট্রনিক্স ডিভাইসে পাওয়ার দেয়াতে দরকার একটি স্থিতিশীল ভোল্টেজ'র প্রয়োজনে। ভোল্টেজ রেগুলেশন বজায় রাখে একটি ফ্রবক আউটপুট ভোল্টেজ ইনপুটে ভোল্টেজে ভিন্নতা থাকা সত্ত্বেও, এবং নিশ্চিত করে সঠিক কার্যক্রম পরিচালনাতে সংবেদনশীল ইলেকট্রনিক উপাদান। সিগন্যাল মডুলেশন একটি সংকেত'র বৈশিষ্ট্য পরিবর্তনের প্রক্রিয়া, যেমনঃ বিবর্ধন কিংবা কম্পান্স, যা তথ্য প্রেরণ কিংবা নিয়ন্ত্রণ করে অন্যান্য ডিভাইসে। অনেক ধরনের ডিভাইস রয়েছে, প্রত্যেকের নিজস্ব বৈশিষ্ট্য এবং কার্যক্রম রয়েছে। কিছু ডায়োড যেমনঃ রেকটিফায়ার ডায়োড, জেনিয়ার ডায়োড, স্কটি ডায়োড, এবং লাইট এমিটিং ডায়োড।

ট্রানজিস্টর

ইলেকট্রনিক সংকেত সুইচ অথবা বিবর্ধন করতে ব্যবহার হয় ট্রানজিস্টর সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইসটি। আধুনিক ইলেকট্রনিক সার্কিটের প্রাথমিক ব্লক এবং বিভিন্ন অ্যাপ্লিকেশন তৈরি করে, সাধারণ অ্যামপ্লিফায়ার থেকে ইন্টিগ্রেটেড

সার্কিট। ট্রানজিস্টর সেমিকন্ডাক্টরের তিনটি লেয়ার বা স্তরে গঠিত, পরায়ক্রমে এন-টাইপ এবং পি-টাইপ লেয়ার, এবং এন-পি-এন কিংবা পি-এন-পি গঠন করে। দুই ধরনের ট্রানজিস্টর, যেমনঃ বাইপোলার জাংশন এবং ফিল্ড-ইফেক্ট ট্রানজিস্টর।

বাইপোলার জাংশন ট্রানজিস্টর

একটি ক্ষুদ্র বিদ্যুৎ প্রবাহ ব্যবহার করে বেজ টার্মিনালে একটি বৃহৎ বিদ্যুৎ প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করে অ্যামিটার এবং কালেক্টর টার্মিনাল'র মধ্যে। একটি এন-পি-এন বিজেটি (বাইপোলার জাংশন ট্রানজিস্টর), একটি ক্ষুদ্র ফরোওয়ার্ড বায়াসড বিদ্যুৎ প্রবাহ করে বেজ থেকে অ্যামিটারে, যা বৃহৎ পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রবাহ অ্যামিটার থেকে গ্রহণ করে কালেক্টরে প্রেরণ করে।

ফিল্ড ইফেক্ট ট্রানজিস্টর

ফিল্ড ইফেক্ট ট্রানজিস্টর (ফিট) পরিচালনা করা হয় ভোল্টেজ ব্যবহার করে গেট টার্মিনালে প্রয়োগ করে বিদ্যুৎ প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করে সোর্স এবং ড্রেইন টার্মিনালের মধ্যে। দুইটি প্রধান 'ফিল্ড ইফেক্ট ট্রানজিস্টর' রয়েছে, একটি জাংশন ফিল্ড ইফেক্ট ট্রানজিস্টর এবং অপরটি মেটাল-অক্সাইড-সেমিকন্ডাক্টর ফিল্ড ইফেক্ট ট্রানজিস্টর। দুই ধরনের ট্রানজিস্টরে, গেট ভোল্টেজ একটি চ্যানেল এবং 'সোর্স ও ড্রেইন টার্মিনাল'র মধ্যে সংযোগ নিয়ন্ত্রণ করে, বিদ্যুৎ প্রবাহের অনুমতি দেয় কিংবা বাধা প্রদান করে। 'ফিট' বিস্তৃত পরিসরে উচ্চ ইনপুট প্রতিবন্ধকতা, নিম্ন শক্তি ব্যয়, এবং দ্রুত সুইচিং গতির জন্যে ইলেকট্রনিক সার্কিটে ব্যবহার হয়। অ্যাম্প্লিফায়ার, সুইচ এবং ডিজিটাল লজিক সার্কিট'তে কার্যক্রম 'ফিল্ড ইফেক্ট ট্রানজিস্টর'র উপস্থিতি পাওয়া যায়।

ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট

একাধিক ইলেকট্রনিক উপাদান যেমনঃ ট্রানজিস্টর, ডায়োড, রেজিস্টর এবং ক্যাপাসিটর ধারণ করে, একটি একক অংশ পুনর্নির্মিত হয় সেমিকন্ডাক্টর উপাদান সিলিকন দ্বারা ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট (আইসি) ডিভাইস তৈরি করে। একটি একক চিপে একাধিক উপাদান একীভূত হয়ে জটিল ইলেকট্রনিক সিস্টেম তৈরি করে স্বল্প আকার, ভর, এবং শক্তি খরচ করে তুলনামূলকভাবে উপাদান সন্নিবেশ বাদে তুলনায়। 'আইসি' আধুনিক ইলেকট্রনিক ডিভাইস যেমনঃ কম্পিউটার, স্মার্টফোন এবং বিভিন্ন কনজুমার ইলেকট্রনিক অন্তর্ভুক্ত। ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট'র প্রাথমিক অপারেশন বিভিন্ন ধরনের উপাদানের প্রক্রিয়া, সংরক্ষণ, অথবা ইলেকট্রিক্যাল সংকেত প্রেরণে অন্তর্ভুক্ত। উপাদানগুলি পরিবাহী পথের একটি নেটওয়ার্কের মাধ্যমে আন্তঃসংযোগ থাকে, যাকে 'ইন্টারকানেক্ট' বলে, যা পুনর্নির্মাণ প্রক্রিয়াতে সেমিকন্ডাক্টর স্তরের ওপর গঠিত। ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট'র লে-আউট এবং ডিজাইন উপাদান এবং আন্তঃসংযোগ দ্বারা কার্যক্রম এবং পারফরমেন্স নির্ধারিত।

বেশ কয়েক ধরনের ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট রয়েছে, প্রত্যেকটি সুনির্দিষ্ট কার্যক্রমের জন্যে ডিজাইন করা। কিছু সাধারণভাবে পরিচিত ধরনের 'আইসি' হচ্ছেঃ ডিজিটাল আইসি, অ্যানালগ আইসি, এবং মিক্সড সিগন্যাল আইসি। ডিজিটাল আইসি বাইনারি সংকেত প্রক্রিয়া করে, যেমনঃ সেগুলো ডিজিটাল কম্পিউটার এবং কমিউনিকেশন সিস্টেমে ব্যবহার হয়। মাইক্রোপ্রসেসর, মেমোরি চিপ, এবং লজিক গেট 'ডিজিটাল আইসি'র অন্তর্ভুক্ত। 'অ্যানালগ আইসি' প্রক্রিয়া নিয়মিত সংকেত প্রক্রিয়া করে, যেমনঃ অডিও এবং ভিডিও সিস্টেমে পাওয়া

যায়। অপারেশনাল অ্যাম্প্লিফায়ার, ভোল্টেজ রেগুলেশন, এবং 'অ্যানালগ টু ডিজিটাল কনভার্টার অ্যানালগ আইসি অন্তর্ভুক্ত। একটি একক চিপে ডিজিটাল এবং অ্যানালগ কার্যক্রমে একীভূতভাবে 'মিক্সড সিগন্যাল আইসি'। সেমিকন্ডাক্টরের কিছু ব্যবহার

আমাদের প্রত্যাহিক জীবনে সেমিকন্ডাক্টর বেশ উপকারী, যার কিছু প্রায়োগিক ব্যবহার তুলে ধরা হলোঃ

কম্পিউটার এবং ল্যাপটপঃ চিপ এবং মাইক্রোপ্রসেসর যা কম্পিউটারের মূল উপাদান হিসেবে বিবেচিত, সেটা সেমিকন্ডাক্টর। এই অংশগুলো কম্পিউটারে ডাটা প্রোসেসিংয়ের কাজ করে। জটিল কার্যক্রমগুলো এই চিপগুলো ছাড়া সম্ভব নয়। সিপিইউ (সেন্ট্রাল প্রোসেসিং ইউনিট) এবং জিপিইউ (গ্রাফিক্স প্রোসেসিং ইউনিট) সেমিকন্ডাক্টর প্রযুক্তি থেকে তৈরি।

ইলেকট্রনিক ডিভাইস ব্যবহারঃ বেসিক ইলেকট্রনিক ডিভাইসগুলো যেগুলো আমরা সুইচ, ইলেকট্রিক সার্কিট, ডায়োড, ট্রানজিস্টরে ব্যবহার করি সেগুলো সেমিকন্ডাক্টরে তৈরি। অনেক কমিউনিকেশন ডিভাইস যেমনঃ রাউটার, মডেম, স্যাটেলাইট, এবং জিপিএস সিস্টেম সেমিকন্ডাক্টর চিপ থেকে তৈরি।

লাইট এমিটিং ডায়োড (এলইডি) : ঘরে যেই এলইডি ব্যবহার করা হয় লাইটের জন্যে সেগুলো সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস থেকে তৈরি, যা আলো উৎপন্ন করে যখন ইলেকট্রিক প্রবাহ তাদের মধ্যে দিয়ে সঞ্চালন হয়। এলইডি প্রত্যেকদিনের জীবনে যেমনঃ এনার্জি সেভিংস বাল্ব হিসেবে ঘর এবং অফিসে ব্যবহার হয়, তার পাশাপাশি ট্র্যাফিক সংকেত, ভেহিকেল হেডলাইট এবং ইলেকট্রনিক ডিসপ্লে'তে ব্যবহার হয়। এলইডি এবং ওএলইডি সেমিকন্ডাক্টর উপাদান থেকে তৈরি।

ওয়ারেবল টেকনোলজিঃ ওয়ারেবল কিংবা পরিধানযোগ্য ডিভাইস যেমনঃ স্মার্ট ওয়াচ এখন স্মার্ট রিংয়ে রয়েছে যগুলো সেমিকন্ডাক্টর প্রযুক্তি ব্যবহারে হয়। কারণ মাইক্রোপ্রসেসর চিপে সেমিকন্ডাক্টর ব্যবহারে সেটা তৈরি হয়।

হোম অটোমেশনঃ ইন্টারনেট অব থিংস (আইওটি) মার্কেট গত কয়েক বছর ধরে বৃদ্ধি পেয়েছে। অনেক ডিভাইস কানেক্টেড থাকে ইন্টারনেটের সাথে, সেমিকন্ডাক্টরের ব্যাপক ব্যবহার আইওটি অ্যাপ্লিকেশনে হয়। স্বয়ংক্রিয় হোম সিস্টেমে গুরুত্বপূর্ণ অংশ সেমিকন্ডাক্টরে, যেটা স্মার্ট হোম ডিভাইস যেমনঃ স্মার্ট থার্মোস্ট্যাট, স্মার্ট লাইটিং, স্মার্ট সিকিউরিটি ক্যামেরা এবং ভয়েস একটিভিটেড ভার্সুয়াল অ্যাসিস্টেন্ট'তে থাকে।

নবায়নযোগ্য শক্তি

সেমিকন্ডাক্টর গুরুত্বপূর্ণ সোলার এনার্জি'কে ইলেকট্রিক এনার্জিতে রূপান্তর করার। সিলিকন'র মতন উপাদান সোলার প্যানেল এবং ফটোভোলটাইক সেল তৈরিতে ব্যবহার হয় তাদের কার্যকর এনার্জি কনভার্সন বৈশিষ্ট্যের কারণে।

অটোমোটিভ ইন্ডাস্ট্রি

আর্টিফিশিয়াল ইন্টেলিজেন্স (এআই) এবং মেশিনলার্নিং অ্যালগোরিদমের জন্যে শক্তিশালী প্রসেসর এবং মাইক্রোচিপ দরকার। এআই'র জন্যে অ্যাডভান্সড সেমিকন্ডাক্টর প্রযুক্তি দ্রুত বিকশিত হচ্ছে। ইলেকট্রনিক উপাদান

অটোমোটিভ ইন্ডাস্ট্রিতে বেশ গুরুত্বপূর্ণ। অ্যাডভান্সড ড্রাইভার অ্যাসিস্টেন্ট সিস্টেম সেন্সর'র জন্যে সেমিকন্ডাক্টরের ওপর নির্ভর করে, যা পার্কিংয়ে সহায়তা করে, সংঘাত পরিহার করে।
স্বাস্থ্যখাত

আল্ট্রাসাউন্ড ডিভাইস, সিটি স্ক্যানার, এমআরআই মেশিন'র মতন ডিভাইসে সেমিকন্ডাক্টর প্রযুক্তি ব্যবহার করা হয়। সেমিকন্ডাক্টর জটিল ডাটা প্রোসেসিং এবং বিস্তারিত ইমেজ তৈরি করতে নিখুঁতভাবে কাজ করে। সেমিকন্ডাক্টর ওয়ারেবল হেলথ ট্রেকার, নিয়মিত স্বাস্থ্যের অবস্থা বুঝতে নিয়মিত পর্যবেক্ষণ করা যায়।

সেমিকন্ডাক্টরের অসুবিধা

কিছু সমস্যাও রয়েছে সেমিকন্ডাক্টরে, সেটা হলোঃ

তাপমাত্রার দুর্বলতাঃ সেমিকন্ডাক্টর গ্যাজেট তাপমাত্রা পরিবর্তনে বেশ প্রভাব রাখে কিভাবে সেগুলো কাজ করে তার ওপর ভিত্তি করে।

ব্যয়বহুল উৎপাদনঃ সেমিকন্ডাক্টর তৈরি জটিল প্রক্রিয়া এবং বিশেষ সুবিধা জড়িত যার ফলশ্রুতিতে উচ্চ প্রাথমিক উৎপাদন ব্যয় হয়।

তাপ সহনশীলতা সীমাবদ্ধতাঃ কিছু সেমিকন্ডাক্টর উচ্চ তাপমাত্রাতে টিকে থাকতে পারেনা। এটি তাদের কার্যকারিতা পরিচালনায় ব্যর্থ হয়।

বিশুদ্ধতার নির্ভরতাঃ সেমিকন্ডাক্টরের কার্যকারিতা খুব নির্ভর করে কতটা পরিশুদ্ধ সেটার ওপর। এমনকি ক্ষুদ্র অপরিশুদ্ধতা ইলেকট্রিক্যাল বৈশিষ্ট্যে পরিবর্তন আনতে সক্ষম।

ধারাবাহিকতা ইস্যুঃ সময়ের পরে নির্দিষ্ট সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস ক্ষয়প্রাপ্ত হয়, কার্যক্রমে যেটা প্রভাব রাখে।

সেমিকন্ডাক্টরের সুবিধা

কিছু সুবিধা রয়েছে সেমিকন্ডাক্টর ব্যবহারে, সেগুলো হলোঃ

ক্ষুদ্রকরণঃ সেমিকন্ডাক্টর অত্যন্ত ছোট ডিভাইসে ব্যবহার হয়, যেমনঃ মাইক্রোপ্রসেসর এবং চিপ। সেমিকন্ডাক্টর সেই ডিভাইস যার সহযোগিতায় অল্প জায়গায় কোন একটি ডিভাইস তৈরি করা সম্ভব।

শক্তি দক্ষতাঃ অন্য উপাদানের সাথে তুলনা করলে সেমিকন্ডাক্টর যথেষ্ট শক্তি ধরে রাখার মতন ডিভাইস। তারা অল্প শক্তি ব্যয় করে অন্যান্য উপাদানের তুলনায় যেখানে ইলেকট্রন অপারেশন কাজ করে।

লাইট নির্গমনঃ নির্দিষ্ট সেমিকন্ডাক্টরের আলো নির্গমনের বৈশিষ্ট্য রয়েছে, যেখানে ইলেকট্রিক প্রবাহ তাদের মধ্য দিয়ে যায়। এইগুলো এলইডি (লাইট এমিটিং ডায়োড)'র মাধ্যমে এবং লেজার ডায়োড'র মাধ্যমে সম্ভব।

উচ্চ সুইচিং স্পিডঃ সেমিকন্ডাক্টরে সুইচিং স্পিড তুলনামূলকভাবে খুব বেশি যা ডিভাইসে দ্রুত সুইচিং করতে দেয়। এটি গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য, কারণ এটি সময় সাশ্রয় করে এবং জটিলতা সল্প করে দ্রুত ডিজিটাল কার্যক্রম পরিচালনাত

অনুমতি প্রদান করে।

আইসি গঠনঃ ইন্টিগ্রেটেড সার্কিটস (আইসি) একটি চিপে লক্ষ লক্ষ সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস একীভূত করে, সংক্ষিপ্ত গঠনে জটিল কার্যকারিতা প্রদান করে।

বিশ্বে সেমিকন্ডাক্টর শিল্প বিকাশে গৃহীত পদক্ষেপ ও জব সেক্টর

বিশ্বে ২০২১ সালে সরাসরি ২ মিলিয়নের বেশি মানুষ গ্লোবাল সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রিতে এমপ্লয়ী হিসেবে ছিল। 'ডেলোয়েট' ২০২১ এর সালের পূর্বাভাস মতে, ২০৩০ সালের মধ্যে সরাসরি আরও ১ মিলিয়নের বেশি কর্মদক্ষ লোক লাগবে বিশ্ব সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রিতে। এদিকে প্রতি বছর আমেরিকায় প্রায় ১ লক্ষ গ্র্যাজুয়েট ছাত্র ছাত্রী ইলেকট্রিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং ও কম্পিউটার সায়েন্স বিষয়ে লেখাপড়া করতে ভর্তি হয়। মার্কিন যুক্তরাষ্ট্রের ১৮ টি অঙ্গরাজ্যকে সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদনের সুবিধাসম্পন্ন মূল স্থান হিসেবে বিবেচনা করা হয়। বর্তমানে শুধুমাত্র যুক্তরাষ্ট্রে সরাসরি ২৭৭,০০০ জন'র বেশি উচ্চ বেতন'র এমপ্লয়ী রয়েছেন 'রিসার্চ এন্ড ডেভেলপমেন্ট', ডিজাইন এবং ম্যানুফ্যাকচারিং জব সেক্টরে তাদের ৪৯ রাজ্য জুড়ে, যাদের গড়ে বাৎসরিক বেতন প্রায় ১৭০,০০০ মার্কিন ডলার এবং ১.৬ মিলিয়নের বেশি অতিরিক্ত জব এই সেমিকন্ডাক্টর খাত সাপোর্টে ভূমিকা রাখছে যুক্তরাষ্ট্রে। অভ্যন্তরীণ সেমিকন্ডাক্টর শিল্পের বিকাশে মার্কিন যুক্তরাষ্ট্রে ৫০ বিলিয়ন মার্কিন ডলার'র 'ফেডারেল ইনভেস্টমেন্ট প্রোগ্রাম' গ্রহণ করেছে, যার কারণে বছরে নতুন করে ২৪.৬ বিলিয়ন মার্কিন ডলার তাদের অর্থনীতিতে নতুন করে যুক্ত হবে সেমিকন্ডাক্টর খাত থেকে ২০২১-২০২৬ এর মধ্যে। এই প্রোগ্রাম পদক্ষেপ গ্রহণের ফলে ২০২৭ সালের মধ্যে ২.১৩ মিলিয়ন জব তৈরি হবে এবং সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রিতে সরাসরি ৩১৯,০০০ জন এমপ্লয়ী থাকবে।

'চিপস এন্ড সাইন্স অ্যাক্ট' নামে একটা আইন পাস করে মার্কিন যুক্তরাষ্ট্রে ২০২২ সালে সেমিকন্ডাক্টর এবং বিজ্ঞান ডেভেলপমেন্ট ও প্রসারে, যেটা সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রিতে মার্কিন যুক্তরাষ্ট্রে 'চিপস অ্যাক্ট' নামে পরিচিত এতে দেশটির ফেডারেল সরকার ৫৩ বিলিয়ন মার্কিন ডলার প্রণোদনা বরাদ্দ করেছে অভ্যন্তরীণ সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদন এবং রিসার্চ ও ডেভেলপমেন্ট, যার মধ্যে আর্থিক সহায়তার কর্মসূচির অংশ হিসেবে ৩৯ বিলিয়ন মার্কিন ডলার বরাদ্দ করা হয়েছে, যাকে 'চিপস ফর আমেরিকা ফান্ড' বলা হয়। যুক্তরাষ্ট্রের বাণিজ্য বিভাগ দ্বারা পরিচালিত সেমিকন্ডাক্টর সুবিধায় কোম্পানিগুলো ২৫ শতাংশ ট্যাক্স ক্রেডিট পাওয়ার যোগ্য এবং মার্কিন যুক্তরাষ্ট্রের সুবিধাসহ দেশীয় ও বিদেশী কোম্পানিগুলো ফেডারেল প্রণোদনা পাওয়ার যোগ্য হিসেবে বিবেচিত হবে। 'চিপস অ্যাক্ট' মার্কিন যুক্তরাষ্ট্রে ব্যবসায়িক কার্যক্রমে ব্যাপক উন্মাদনা তৈরি করেছে। শত শত কোম্পানি তাদের আগ্রহের কথা জানিয়ে স্টেটমেন্ট জমা দিয়েছে এবং ৭০ বিলিয়ন মার্কিন ডলার'র উপর ভর্তুকির জন্যে অনুরোধ করেছে। কোম্পানিগুলো আইন পাসের পর থেকে ইতিমধ্যে বেসরকারি খাতে ২০০ বিলিয়ন মার্কিন ডলারের বেশি বিনিয়োগের ঘোষণা করেছে, মার্কিন বাণিজ্য ডিপার্টমেন্ট ইতিমধ্যে ভর্তুকি প্রদান শুরু করেছে। প্রথম চিপ গ্র্যান্ট হিসেবে ইউকে ভিত্তিক ডিফেন্স কন্ট্রাক্টর 'বই' ২০২৩ সালের ডিসেম্বরে চিপ উৎপাদনের জন্যে সর্বোমোট ৩৫ মিলিয়ন মার্কিন ডলার পায়, যারা এফ১৫ এবং এফ৩৫ ফাইটার'র জন্যে চিপ তৈরি করবে। আমেরিকান চিপ জায়ান্ট 'ইন্টেল' ২০২৪ সালের মার্চ মাসে ৮.৫ বিলিয়ন মার্কিন ডলার গ্র্যান্ট হিসেবে এবং ১১ বিলিয়ন মার্কিন ডলার লোন হিসেবে গ্রহণের জন্যে অনুমোদিত হয়, যা এককভাবে চিপ প্রস্তুতকারী কোম্পানির জন্যে প্রাপ্ত বৃহৎ গ্র্যান্ট। আগামী পাঁচ বছরে 'ইন্টেল' ১০০ বিলিয়ন মার্কিন ডলার ইউএস'তে নতুন করে চিপ

উৎপাদন সুযোগ তৈরিতে বিনিয়োগ করবে। ইন্টেল'র এই বিনিয়োগগুলোর কারণে কোম্পানিটিতে ১০ হাজারের বেশি চাকুরী, নির্মাণ কাজে প্রায় ২০ হাজার কন্সট্রাকশন জব এবং সাপ্লাই ও সাপোর্টিং ইন্ডাস্ট্রিতে ৫০ হাজারেরও বেশি জব'র সম্ভাবনা তৈরি হবে। আমেরিকার অ্যারিজোয়ানা অঙ্গরাজ্যে তিনটি চিপ প্ল্যান্ট করার জন্যে 'তাইওয়ান সেমিকন্ডাক্টর ম্যানুফ্যাকচারিং কোম্পানি (টিএসএমসি)'কে ৬.৬ বিলিয়ন মার্কিন ডলার গ্র্যান্ট এবং ৫ বিলিয়ন মার্কিন ডলার লোন সাপোর্ট প্রদান করা হয়। 'টিএসএমসি' আমেরিকায় বিদেশী বিনিয়োগ হিসেবে তাদের 'গ্রিনিফিল্ড প্রোজেক্ট'তে ইতিহাসের সবচেয়ে বড় সরাসরি ৬৫ বিলিয়ন মার্কিন ডলার বিনিয়োগ করার পরিকল্পনা করেছে। আমেরিকার লক্ষ্য হচ্ছে, দশকের শেষ প্রান্তে এসে বিশ্বের সবচেয়ে অ্যাডভান্সড ২০ ভাগ চিপ উৎপাদন করা।

'ইন্টেল' সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদনের প্রযুক্তিগত চ্যালেঞ্জ এবং কর্মদক্ষ লোকের ঘাটতি পূরণে আগামী ১ দশকের জন্যে ১০০ মিলিয়ন মার্কিন ডলার'র বিনিয়োগ করার ঘোষণা ২০২২ সালে প্রদান করে সেমিকন্ডাক্টর ম্যানুফ্যাকচারিং শিক্ষা এবং রিসার্চ খাতে, তাদের লক্ষ্য মার্কিন যুক্তরাষ্ট্রের স্কুল, কলেজ, ভার্সিটি এবং টেকনিক্যাল প্রতিষ্ঠানের মাধ্যমে বিভিন্ন পর্যায়ে সেমিকন্ডাক্টর খাতের জন্য দক্ষ লোক প্রশিক্ষিত করা। 'ইন্টেল' সরাসরি ৫০ মিলিয়ন মার্কিন ডলার 'ওহায়ো'র হায়ার এডুকেশন ইনস্টিটিউটগুলোতে বিনিয়োগ করবে, এবং অতিরিক্ত ৫০ মিলিয়ন মার্কিন ডলার ইউএস'র ন্যাশানাল সায়েন্স ফাউন্ডেশন'র জাতীয় অর্থায়নের সাথে যুক্ত হবে। 'ইন্টেল' মনে করে আমেরিকার শিক্ষা ও কর্মদক্ষতা উন্নয়নে এই বিনিয়োগ এবং শিক্ষা প্রতিষ্ঠানগুলোর সাথে একীভূত প্রচেষ্টা সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রি খাতে বিশাল কর্মদক্ষ লোক তৈরি এবং অপারেশন পরিচালনাতে ব্যাপক ভূমিকা রাখবে। এই বিনিয়োগ অ্যাসোসিয়েট ও আভার গ্র্যাজুয়েট ডিগ্রিধারীদের জন্যে নতুন কারিকুলাম তৈরিতে রিসোর্স প্রদান করবে। সার্টিফিকেশন, ফ্যাকাল্টি ট্রেনিং, রিস্কিল, এবং আপস্কিল প্রোগ্রাম পরিচালনা করবে বিদ্যমান কর্মদক্ষ লোকদের আরও দক্ষ করতে, ল্যাবরেটরি যন্ত্রপাতি আপগ্রেড, এবং শক্তিশালী সেমিকন্ডাক্টর উদ্ভাবনে সাপোর্ট করবে। শুধুমাত্র 'ইন্টেল'তে সরাসরি ৫৫,০০০ মানুষ চাকুরী করে যুক্তরাষ্ট্রে, আর পরোক্ষভাবে দেশটিতে ৭২০,০০০ চাকুরীর সুযোগ তৈরি করেছে, যা আমেরিকার জিডিপি'তে বছরে ১০২ বিলিয়ন মার্কিন ডলার'র অবদান রাখে। আর 'ইন্টেল'র বর্তমান বিনিয়োগের পরিকল্পনা অনুসারে প্রতিষ্ঠানটিতে সরাসরি ১০ হাজার নতুন চাকুরী সৃষ্টি হবে, আর কোম্পানিটির কারণে পরোক্ষভাবে নির্মাণ শিল্পে ২০ হাজার এবং সাপ্লাই ও সাপোর্টিং ইন্ডাস্ট্রিতে ৫০ হাজারের বেশি চাকুরীর সুযোগ তৈরি হবে।

২০২২ সালে সমগ্র ইউরোপে ১০ শতাংশ সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদন হয় বিশ্বের মোট উৎপাদিত সেমিকন্ডাক্টরের মধ্যে। আর উৎপাদন হার ২০ শতাংশে উন্নীত করতে কমিশন ৪৩ বিলিয়ন ইউরো বিনিয়োগ করার প্রত্যাশা করে। তাইওয়ান সেমিকন্ডাক্টর ম্যানুফ্যাকচারিং কোম্পানি থেকে মার্কেট পুনরুদ্ধারে ২০২৩ সালে 'ইউরোপিয়ান চিপ অ্যাক্ট' পাস করে 'ইউরোপিয়ান ইউনিয়ন', যেই আইনটি 'চিপ অ্যাক্ট' নামেও পরিচিত। মূলত সেমিকন্ডাক্টরের সাপ্লাইচেইন রিস্ক হ্রাস করতে 'চিপস ফর ইউরোপ' ইনভেস্টমেন্ট প্ল্যানটি গৃহীত হয় যেটা ২০৩০ সাল পর্যন্ত চলবে, যার লক্ষ্য ইউরোপকে মার্কেট লিডার হিসেবে প্রতিষ্ঠা করা। ২০২২ সালের অক্টোবরে ইউরোপীয় ইউনিয়ন ফ্রেঞ্চ-ইতালিয়ান কোম্পানি 'এসটিমাইক্রোইলেকট্রনিক্স'কে ইতালি'র কাতানিয়া'তে সিলিকন কার্বাইড ওয়েফার প্ল্যান্ট নির্মাণে রিকভারি ও রিসাইলেন্স সুবিধাসহ 'ইউরোপীয় চিপস অ্যাক্ট'র সাথে সামঞ্জস্য রেখে ২৯৩ মিলিয়ন ইউরো দিয়ে সমর্থন করেছিল, যেটা ২০২৬ সালে সম্পন্ন হবে। অপরদিকে, জার্মানির বৃহত্তম চিপ উৎপাদনকারী 'ইনফিনিয়ন', ড্রেসডেনে ৫ বিলিয়ন ইউরোতে দুটি প্ল্যান্ট

করার পরিকল্পনা করছে এবং একইসাথে ১ বিলিয়ন ইউরো ভর্তুকি পাওয়ার আশা করছে। 'ইউরোপিয়ান চিপস অ্যাক্ট' ২০৩০ সালের মধ্যে সেমিকন্ডাক্টর শিল্পে সাহায্য করতে ১০০ বিলিয়ন ইউরো প্রাইভেট ইনভেস্টমেন্ট করবে, মূলত উৎপাদন ক্ষমতা বৃদ্ধি করা এর লক্ষ্য। এদিকে 'টিএসএমসি' ২০২৪ সালে ৩০ বিলিয়ন ইউরো'র বেশি ব্যয়ে জার্মানি'তে প্ল্যান্ট করার ঘোষণা দিয়েছে।

ইউরোপিয়ান ইউনিয়ন কমিশন'র ডিজিটাল ইউনিট'র অফিশিয়াল 'স্কোরডাস'র মতে, কমিশন'র প্রত্যাশা হলো চারটি সাব-সেক্টরে ২.৫ বিলিয়ন ইউরো অনুদান দিয়ে ইউরোপের জন্যে অত্যন্ত অ্যাডভান্সড চিপস প্রস্তুত করা। আর আরেকটি তহবিলে 'ফটোনিব্র' অথবা চিপ ডেভেলপ করা, যাতে ইলেক্ট্রনিক্সিটি'র পরিবর্তে আলো ব্যবহার হবে। কোম্পানি, একাডেমিক এবং স্টার্টআপগুলিকে তাদের নিজস্ব চিপ ডিজাইনের জন্যে প্রয়োজনীয় সফটওয়্যার টুল সুবিধা প্রদানে কমিশন একটি ইউরোপীয় ডিজাইন প্ল্যাটফর্মের জন্যে ফান্ড'র ব্যবস্থা করেছে। ২০৩০ সালে ইউরোপে সেমিকন্ডাক্টর খাতে সরাসরিভাবে ২ লক্ষ কর্মদক্ষ লোক এবং পরোক্ষভাবে ১ মিলিয়ন দক্ষ লোকের প্রয়োজন পরবে। সেজন্যে 'ইউরোপীয় চিপস অ্যাক্ট'তে লক্ষ্য হলো পরবর্তী প্রজন্মের প্রযুক্তিতে বিনিয়োগ করা, সমগ্র ইউরোপজুড়ে ডিজাইন টুল এবং প্রোটোটাইপ, টেস্টিং ও পরীক্ষার জন্যে পাইলট লাইন প্রস্তুতকরণ, নিরাপদ ও বিশ্বস্ত কার্যকর শক্তির চিপ'র কার্যক্রম সার্টিফিকেশন, সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদনের জন্যে বিনিয়োগ বান্ধব ফ্রেমওয়ার্ক ও পরিবেশ তৈরি করা। উদ্ভাবনী স্টার্টআপ, এসএমই প্রতিষ্ঠানগুলোকে আর্থিক সহায়তা প্রদান এবং মাইক্রোইলেকট্রনিক্স'তে স্কিল ডেভেলপ ও প্রশিক্ষণ ব্যবস্থা করে দক্ষ লোকের ঘাটতি পূরণে কাজ করা।

২০২৩ সালে চীনে সেমিকন্ডাক্টর মার্কেট আকার ছিল ১৭৯.৪৮ বিলিয়ন মার্কিন ডলার, প্রত্যাশা করা যাচ্ছে ২০৩০ সালে চিপ'র মার্কেট দেশটিতে ২৯৫.০৬ বিলিয়ন মার্কিন ডলার'র হবে। ২০১৫ সালে এক দশক আগে 'মেড ইন চায়না ২০২৫' এই রোডম্যাপে চীন সরকার প্রযুক্তি খাতে আত্মনির্ভরশীলতা আনার উদ্যোগ গ্রহণ করে। উদ্যোগটি নেয়ার কারণ চীনের ম্যানুফ্যাকচারিং সেক্টরকে হাই-টেক লিডার হিসেবে আবির্ভূত করা। এই ইন্ডাস্ট্রি পলিসি গ্রহণের ফলে ২০২০ সালে চীনে অভ্যন্তরীণ চিপ উৎপাদন ৪০ শতাংশ উন্নীত হয়, এবং তাদের লক্ষ্য সেই উৎপাদনশীলতা ২০২৫ সালে ৭০ শতাংশে নিয়ে যাওয়া যাতে করে বৈদেশিক প্রযুক্তির ওপর নির্ভরশীলতা কমিয়ে আনা সম্ভব হয়। চীন সরকার সেমিকন্ডাক্টর শিল্পকে গুরুত্ব দিয়ে ২১ বিলিয়ন মার্কিন ডলার 'ন্যাশানাল ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট ইন্ডাস্ট্রি ফান্ড' যা চীনের 'বিগ ফান্ড' নামে পরিচিত সেটা ২০১৪ সালে প্রদান শুরু করে, এবং ২০১৯ সালে নতুন করে অতিরিক্ত ৩৫ বিলিয়ন মার্কিন ডলার সেমিকন্ডাক্টর খাতে আবার পুনরায় প্রদান করে। চীনের স্থানীয় সবচেয়ে বৃহৎ কোম্পানি 'সেমিকন্ডাক্টর ম্যানুফ্যাকচারিং ইন্টারন্যাশনাল কর্পোরেশন (এসএমআইসি)' ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট (আইসি) প্রস্তুত করে, যেই সার্ভিসে ২০০ এমএম এবং ৩০০ এমএম ওয়েফার রয়েছে। ওয়েফার উৎপাদন, মাস্ক তৈরি এবং ওয়েফার প্রবিং এর অন্তর্ভুক্ত। ২০২৩ সালে 'এসএমআইসি' প্রায় ৬.৩২ বিলিয়ন মার্কিন ডলার আয় করে সেমিকন্ডাক্টর বিক্রি করে। চীনের মালিকানাধীন চিপ প্রস্তুতকারক কোম্পানিগুলো ২০২১ সালে প্রতি মাসে সর্বমোট প্রায় ৩.৫৭ মিলিয়ন ওয়েফার উৎপাদন করে। চীন দেশ তাদের সেমিকন্ডাক্টরের জন্যে চীন প্রজাতন্ত্র (তাইওয়ান)'র ওপর নির্ভর করে। তাইওয়ান সেমিকন্ডাক্টর ম্যানুফ্যাকচারিং কোম্পানি (টিএসএমসি)'র বিশ্বের ৯০ ভাগ অ্যাডভান্সড চিপ প্রস্তুত করে, অপরদিকে, তাইওয়ান'র ওপর চিপ আমদানিতে চীন দেশে বিভিন্ন কোম্পানিগুলোকে নির্ভর করতে হয়, চীন'র আমদানি করা সেমিকন্ডাক্টর'র ৬০ ভাগ তাইওয়ান থেকে আমদানি করতে হয়। এতে বৈশ্বিক বাজারে চীন প্রজাতন্ত্র (তাইওয়ান)'র রপ্তানিতে

সমস্যা হতে পারে, সেজন্যে চীন সরকার সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদনে আরও বেশি গুরুত্ব দিয়েছে।

ভারত ২০৭৫ সালের মধ্যে দ্বিতীয় সর্ববৃহৎ অর্থনীতির দেশে পরিণত হতে যাচ্ছে 'গোল্ডম্যান স্ন্যাচ'র রিপোর্ট হিসেবে। 'গুগল', 'অ্যাপল'র মতন বিশ্বের জায়ান্ট প্রযুক্তি কোম্পানিগুলো যথারীতি ভারতে তাদের উৎপাদন বৃদ্ধি করার প্রতি মনোনিবেশ দিয়েছে। 'অ্যাপল' ভারতে যত প্রোডাক্ট বিক্রি করেছে, তার চেয়েও বেশি দেশটির বাহিরে রপ্তানি করেছে। বিশাল জনগোষ্ঠীর দেশ ভারত হওয়াতে স্বল্প পারিশ্রমিকে এখানে অনেক দক্ষ লোক তৈরি করে কাজের উপযোগী করতে পারবে কোম্পানিগুলো, আর একারণে প্রযুক্তি প্রোডাক্ট রপ্তানির বিপুল সম্ভাবনার কারণে ও স্বল্প বেতনের তরুণ কর্মীদের কথা চিন্তা করে ভারত সরকার দেশীয় ও বিদেশি কোম্পানিগুলোর সহযোগিতায় ভারত নিজেদেরকে বিশ্ব দরবারে সেমিকন্ডাক্টর শিল্পের পাওয়ার হাউজ হিসেবে আবির্ভূত করতে চায়। 'ইন্ডিয়া ইলেকট্রনিক্স এন্ড সেমিকন্ডাক্টর অ্যাসোসিয়েশন'র তথ্যে, দেশটি ২০২৪ সালে সেমিকন্ডাক্টর'র মার্কেট আকার ৫২ বিলিয়ন মার্কিন ডলার ছিল, যেটা ২০৩০ সাল নাগাদ ১০৩.৪ বিলিয়ন মার্কিন ডলার'র মার্কেট হওয়ার প্রত্যাশা অ্যাসোসিয়েশনটি করছে। 'মেক ইন ইন্ডিয়া, ফর দ্য ওয়ার্ল্ড' উদ্যোগের অংশ হিসেবে 'টাটা ইলেকট্রনিক্স' গুজরাটে মেগা সেমিকন্ডাক্টর ফ্যাব্রিকেশন সুবিধা তৈরি করতে ভারত সরকার থেকে তাদের প্রপোজাল ২৯ ফেব্রুয়ারি, ২০২৪ তারিখে অনুমোদন করে। 'পাওয়ারচিপ সেমিকন্ডাক্টর ম্যানুফ্যাকচারিং কর্পোরেশন (পিএসএমসি) ১১ বিলিয়ন মার্কিন ডলার এই প্রোজেক্টে বিনিয়োগ করার জন্যে 'টাটা'র সাথে চুক্তিবদ্ধ হয়। আর এই প্রোজেক্টে বিশ হাজার দক্ষ কর্মীর চাকুরীর ব্যবস্থা হবে বলে প্রত্যাশা করা যাচ্ছে। ফ্যাবটির প্রতি মাসে ৫০ হাজার ওয়েফার উৎপাদনের ধারণক্ষমতা রয়েছে। পাওয়ার ম্যানেজমেন্ট আইসি, মাইক্রোকন্ট্রোলার, এবং উচ্চ কার্যকারিতা সম্পন্ন কম্পিউটিং লজিক'র জন্যে চিপ প্রস্তুত করবে, যা আর্টিফিশিয়াল ইন্টেলিজেন্স, কম্পিউটিং এবং অটোমোটিভ ইন্ডাস্ট্রিতে কাজে লাগবে। স্যামসাং সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডিয়া রিসার্চ ভারতের বেঙ্গালুরে'তে একটি সেমিকন্ডাক্টর রিসার্চ এন্ড ডেভেলপমেন্ট সুবিধা উদ্বোধন করেছে। 'ডিজিটাল ইন্ডিয়া ফিউচার ল্যাবস সামিট ২০২৪'তে ভারতের কর্ণাটক'র দুইটি সেমিকন্ডাক্টর ফার্ম 'সংখ্যা ল্যাব' ও 'সেন্সসেমি টেকনোলোজি' দেশটির 'ডিজাইন লিংকড ইনসেনটিভ (ডিএলআই) স্কিমের অধীনে সর্বশেষ সুবিধা গ্রহণ করে। যেটা ইলেকট্রনিকস এন্ড ইনফরমেশন টেকনোলোজি মন্ত্রণালয় কর্তৃক ঘোষণা করে। 'সংখ্যা ল্যাব' একটি ওয়্যারলেস কমিউনিকেশন ও সেমিকন্ডাক্টর সলিউশন, যারা ব্রডব্যান্ড, স্যাটেলাইট, ব্রডকাস্ট অ্যাপ্লিকেশন, ৫জি, ডিরেক্ট টু মোবাইল ব্রডকাস্ট, আইওটি অ্যাপ্লিকেশন'র জন্যে স্যাটেলাইট কমিউনিকেশন মডেম'র মতন প্রোডাক্ট ডিজাইন করে। অপরদিকে, 'সেন্সসেমি' ইন্টারনেট অব মেডিকেল থিংস ও আইওটি ডিভাইস'র জন্যে 'সিস্টেম অন চিপ, ওয়্যারলেস ও এআই ইনফেরেন্সিং আইপি'র মতন সলিউশন প্রস্তুত করে। ভারত'র টাটা সেমিকন্ডাক্টর অ্যাসেম্বলি এন্ড টেস্ট প্রাইভেট লিমিটেড দেশটির 'আসাম রাজ্যে ২৭০ বিলিয়ন ভারতীয় রুপি বিনিয়োগ করেছে একটি সেমিকন্ডাক্টর ইউনিট স্থাপনে, ইন্ডিয়ান ইকনোমিক টাইমস'র মতে। আসাম সরকার থেকে ১৭০ একর জমি ৬০ বছরের জন্যে কোম্পানিটি লিজ গ্রহণ করেছে। ২০২৫ সালের মধ্যে টাটা আসাম'র জাগিরোড ইউনিট থেকে সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদন শুরু করবে, সেই লক্ষ্যে উত্তর-পূর্ব ভারতের এই রাজ্য থেকে ১,৫০০ তরুণ-তরুণীকে বেঙ্গালুরে'তে টাটা'র সহায়তায় প্রশিক্ষণ দিয়ে প্রস্তুত করা হচ্ছে। ২০২৪ এর ১৫ জুলাই, বিশ্বের জায়ান্ট চিপ প্রস্তুতকারক 'এএমডি' আইআইটি বম্বে'তে 'সোসাইটি ফর এন্টারপ্রেনারশিপ'র সাথে একটি পার্টনারশিপ'র কথা ঘোষণা করে। এই অংশীদারীত্বের ভিত্তিতে 'এএমডি' কোম্পানি 'আইআইটি বম্বে'তে ইনকিউবেটর'র স্টার্টআপগুলোকে অনুদান প্রদান করবে, যারা

এনার্জি এফেসিয়েন্সি স্পাইকিং নিউরাল নেটওয়ার্ক চিপ তৈরিতে কাজ করছে। এই উদ্যোগের লক্ষ্য হলো প্রচলিত নিউরাল নেটওয়ার্কগুলোর শক্তি খরচ উল্লেখযোগ্যহারে হ্রাস করা। প্রথম অনুদান হিসেবে 'নুমেলো টেকনোলজিস' সিলিকন অন ইনসুলেটর' প্রযুক্তির উপর আল্ট্রা পাওয়ার কোয়ান্টাম টানেলিং ব্যবহার করে এসএনএন চিপ ডেভেলপ করার জন্যে সহযোগিতা পায়। আমেরিকার বিখ্যাত সেমিকন্ডাক্টর চিপ ডিজাইন 'অ্যাডভান্সড মাইক্রো ডিভাইসেস (এএমডি)' আগামী পাঁচ বছরে ৪০০ মিলিয়ন মার্কিন ডলার ভারতে বিনিয়োগের পরিকল্পনা করেছে। এএমডি বেঙ্গালুরে'তে তাদের বৃহৎ ডিজাইন ফ্যাসিলিটি স্থাপনের লক্ষ্য নিয়েছে, এবং ভারতের আরো দশটি জায়গায় অফিস সম্প্রসারণে করবে। ৬,৫০০ এর বেশি কর্মীর সাথে ২০২৮ সালে নতুন জায়গায় আরও তিন হাজার অতিরিক্ত প্রকৌশলী কর্মক্ষেত্রে তৈরি করার আশা প্রকাশ করেছে।

চিপ কারখানা তৈরি বেশ ব্যয়সাপেক্ষ, বিশেষ করে 'নেক্সট জেনারেশন চিপ'র জন্য যথেষ্ট কর্মদক্ষ লোক একটি বিরাট চ্যালেঞ্জ। একটি মালয়েশিয়ান ব্যবসায়িক গ্রুপ ২০২২ সালে অনুমান করেছিল মালয়েশিয়ার 'পেনাং' অঞ্চলে সেমিকন্ডাক্টর শিল্পের চাহিদা মেটাতে ৫০ হাজার প্রকৌশলীর অভাব রয়েছে। তার অন্যতম কারণ সরকারি মতে যে, অল্প সংখ্যক ছাত্র-ছাত্রী বিজ্ঞান, প্রযুক্তি, প্রকৌশল এবং গণিত'র মতন বিষয়গুলোতে অধ্যয়ন করছে। ব্যবসায়িক প্রতিষ্ঠান ও মালয়েশিয়া সরকার কর্মদক্ষ লোক বৃদ্ধির লক্ষ্যে একসাথে মিলে ইতিমধ্যে 'পেনাং স্কিলস ডেভেলপমেন্ট সেন্টার' স্থাপন করেছে। এর ফলশ্রুতিতে চিপ প্যাকেজিং, টেস্টিং এবং অ্যাসেম্বলি কোম্পানিগুলো নিজেদের শক্তিশালী ইকোসিস্টেম কাজে লাগিয়ে স্বয়ংক্রিয় যন্ত্রপাতি এবং পরিষেবাগুলির জন্যে ভালো সুযোগ তৈরি করতে সক্ষম হয়েছে, যেমনঃ স্থানীয় কোম্পানি 'ইনারি আমারট্রন' ও 'গ্রেটেক টেকনোলোজি' ভালো সফলতা পাচ্ছে। 'ইন্টেল' ইতিমধ্যে 'পেনাং' রাজ্যে 'অ্যাডভান্সড থ্রিডি চিপ প্যাকেজিং' এর জন্যে প্রথম বিদেশী উদ্যোগ তৈরি করতে প্রতিশ্রুতিবদ্ধ হয়েছে। চিপ ডিজাইন মালয়েশিয়ার জন্যে বেশ সম্ভাবনাময় খাত হিসেবে দেখা দিয়েছে। স্থানীয় কিছু কোম্পানি যেমনঃ 'অপস্টার টেকনোলোজি' ইতিমধ্যে অ্যাডভান্সড চিপের জন্যে ডিজাইন সার্ভিস সুবিধা প্রদান করছে। জার্মানি'র 'ইনফিনিয়ন' পরবর্তী প্রজন্ম'র সিলিকন কার্বাইড পাওয়ার চিপ উৎপাদন প্ল্যান্ট পেনাং' অঞ্চলের কাছে 'কুলিম' এলাকাতে প্রস্তুত করছে। ইলেকট্রিক যানবাহন, ডাটা সেন্টার, এবং নবায়নযোগ্য এনার্জি সিস্টেম'র ব্যাপক চাহিদার কারণে মালয়েশিয়া সেমিকন্ডাক্টর শিল্পে উদীয়মান 'রিজিওনাল হাব' হিসেবে আবির্ভূত হতে যাচ্ছে। 'সিলটেররা মালয়েশিয়া' ইতিমধ্যে 'কুলিং' এলাকাতে ডাটা সেন্টার'র জন্যে এক প্রকার চিপ উৎপাদন শুরু করেছে, যেটা 'সিলিকন ফটোনিজ' নামে পরিচিত। মালয়েশিয়াতে ৩০০ বিলিয়ন মার্কিন ডলার'র মতন বিনিয়োগ হয়েছে, এর মধ্যে ইন্টেল ৭০ বিলিয়ন মার্কিন ডলার বিনিয়োগ করেছে দেশটিতে সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রিতে। কৌশলগত কূটনীতিক এবং অর্থনৈতিক দূরদর্শিতার চিন্তা থেকে মালয়েশিয়া সেমিকন্ডাক্টর ল্যান্ডস্কেপ হিসেবে কয়েক দশক ধরে নিজেদের অবস্থান তৈরি করেছে, আর তাই আজ গ্লোবাল সাপ্লাই চেইনের 'ফ্রন্ট রানার' হিসেবে মালয়েশিয়া আবির্ভূত হচ্ছে।

সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রিতে ক্যারিয়ার গড়তে কি দক্ষতা দরকার

সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রিতে ক্যারিয়ার গড়তে দুই ধরনের স্কিল যেমনঃ টেকনিক্যাল স্কিল এবং সফট স্কিল থাকা প্রয়োজন। টেকনিক্যাল স্কিলের মধ্যে আপনাকে ইলেকট্রনিক্স জ্ঞান, সেমিকন্ডাক্টর ফিজিক্স, সফটওয়্যার দক্ষতা এবং শিক্ষাযোগ্যতা থাকতে হবে।

ইলেকট্রনিক্স ড্রানের মধ্যে রয়েছে, সেগুলো হলোঃ

ফাভেমেটালঃ ইলেকট্রনিক্স মূল জ্ঞান থাকা দরকার, যার মধ্যে কিভাবে ইলেকট্রনিক উপকরণ যেমনঃ ট্রানজিস্টর, ক্যাপাসিটর, এবং ডায়োড ফাংশন। আর

সার্কিট ডিজাইনঃ এতে সার্কিট ডিজাইন এবং বিশ্লেষণে দক্ষতা থাকা জরুরি, কারণ সেমিকন্ডাক্টর প্রযুক্তির মূল ভিত্তি।

সেমিকন্ডাক্টর ফিজিক্স'র মধ্যে থাকা সেগুলো হলোঃ
মেটারিয়াল সায়েন্সঃ সেমিকন্ডাক্টর উপকরণ যেমনঃ সিলিকন, গ্যালিয়াম আরসেনাইড, নতুন উপকরণ গ্রাপেহিন এবং তাদের বৈশিষ্ট্য।

ডিভাইস ফিজিক্সঃ সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস কিভাবে কাজ করে সেটা বুঝতে সাহায্য করে, যেমনঃ মসফিটস এবং বিজিটিস ফিজিক্যাল লেভেল অপারেট করে।

সফটওয়্যার দক্ষতাগুলো হলোঃ
ডিজাইন টুলঃ ক্যাড সফটওয়্যার লাগবে, সেমিকন্ডাক্টর লে-আউট ডিজাইনের জন্যে মেন্টর গ্রাফিক্স, কেডেস লাগবে।

সিমুলেশন টুলঃ সিমুলেশন সফটওয়্যার ব্যবহারে দক্ষতা জরুরি, সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইসের বিহেভিয়ার অনুমান করা ও মডেল'র জন্যে।

প্রোগ্রামিং : প্রোগ্রামিং পাইথন, সি++'র মতন বেসিক কোড স্কিল লাগবে স্বয়ংক্রিয়ভাবে ডাটা পর্যবেক্ষণ এবং কাজ করতে।

সফট স্কিলের মধ্যে রয়েছে
প্রবলেম সলভিং, অ্যানালিটিক্স থিংকিং এবং টিমওয়ার্ক'র মতন বিষয় রয়েছে।

প্রবলেম সলভিংগুলো বিষয়গুলোর মধ্যে হলোঃ

ক্রিটিক্যাল থিংকিং : জটিল সমস্যাগুলি পদ্ধতিগতভাবে এবং উদ্ভাবনী সমাধান দেয়ার সক্ষমতা।

ট্রাবলশ্যুটিং : সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস এবং প্রস্তুতকরণ প্রক্রিয়াতে স্কিল থাকা।

অ্যানালিটিক্স থিংকিং'র মধ্যে হলোঃ

ডাটা অ্যানালাইসিসঃ বিশ্লেষণে দক্ষ এবং উৎপন্ন ডাটা অপটিমাইজ করে পারফরমেন্স ভালো করে।

এটেনশন টু ডিটেইলঃ প্রতিটি মিনিট নির্দিষ্টভাবে পর্যবেক্ষণ করে সেমিকন্ডাক্টর পারফরমেন্স প্রভাব রাখে।

টিমওয়ার্ক'তে যে বিষয়গুলো রয়েছে, সেটা হলোঃ
কলাবোরেশনঃ কার্যকরভাবে একাধিক টিম যেমনঃ ইঞ্জিনিয়ার, ডিজাইনার এবং রিসার্চারদের মধ্যে কাজ করার সক্ষমতা রয়েছে।

কমিউনিকেশনঃ ভালো কমিউনিকেশন স্কিল রয়েছে প্রযুক্তিগত তথ্য

সহযোগীদের মধ্যে বুঝানো।

প্রোজেক্ট ম্যানেজমেন্টঃ প্রাতিষ্ঠানিক দক্ষতার মাধ্যমে জটিল প্রোজেক্ট সমন্বয় ও নিয়ন্ত্রণ করা, বাজেটের মধ্যে নিশ্চিত করা।

শিক্ষাগত যোগ্যতা

সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রিতে কাজ করতে হলে কিছু শিক্ষাগত ডিগ্রি থাকতে হবে, যেমনঃ

ইলেকট্রিক ইঞ্জিনিয়ারিং : ইলেকট্রিসিটি মূল বিষয়বস্তু, ইলেকট্রনিক্স এবং ইলেক্ট্রোম্যাগনেটিজম ওপর দক্ষতা ও শিক্ষা থাকতে হবে।

কম্পিউটার ইঞ্জিনিয়ারিং : সফটওয়্যার ডেভেলপমেন্ট, অ্যালগোরিদম, এবং গাণিতিক থিওরি'র মতন বিষয়ে জ্ঞান থাকা, যা সেমিকন্ডাক্টর অ্যাপ্লিকেশন ডেভেলপে গুরুত্বপূর্ণ।

ফিজিক্সঃ পদার্থবিজ্ঞানের মূল বিষয়গুলোর সাথে সেমিকন্ডাক্টর প্রযুক্তির প্রাথমিক বিষয়গুলো বুঝার ক্ষমতা।

মেটারিয়াল সায়েন্সঃ উপকরণের বৈশিষ্ট্য লেখাপড়া থাকা, নতুন সেমিকন্ডাক্টর উপাদান উন্নতীকরণে যা গুরুত্বপূর্ণ।

সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রিতে জনপ্রিয় কয়েকটি জব বা কর্মক্ষেত্র
মাইক্রোপ্রসেসর হচ্ছে কম্পিউটার, স্মার্টফোন এবং অন্যান্য ইলেকট্রনিক্স ডিভাইস'র মূল কেন্দ্রবিন্দু। এই মাইক্রোপ্রসেসর কিংবা সেমিকন্ডাক্টর চিপের কারণে এই ডিভাইসগুলোতে তথ্য প্রক্রিয়াকরণ, হিসেব-নিকাশ পারফর্ম, এবং কমান্ড সম্পাদন করে। মেমোরি চিপ অপরদিকে, ডাটা ও নির্দেশনা সংরক্ষণ করে, এবং দ্রুত তথ্য ব্যবহার করে। ফোবর্স'র ২০২৩ এর হিসেবে ২০২৭ সাল পর্যন্ত দ্রুত নবায়নযোগ্য শক্তির চাহিদা বৃদ্ধির কারণে সেমিকন্ডাক্টর'র শক্তির কারণে বিশ্বব্যাপী ৮-১০ ভাগ হারে সেমিকন্ডাক্টরের প্রয়োজন বছরে পরবে। এজন্যে বিশ্বে সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রিতে ক্যারিয়ার গড়া সবচেয়ে সমর্যোপযোগী। তাই সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রির কয়েকটি অধিক চাহিদাসম্পন্ন কর্মক্ষেত্রের কথা তুলে ধরা হলোঃ

সেমিকন্ডাক্টর ডিজাইন ইঞ্জিনিয়ার

একজন সেমিকন্ডাক্টর ডিজাইন ইঞ্জিনিয়ার'র কাজ হচ্ছে সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস'র লে-আউট এবং সার্কিট'র ডিজাইন ও বাস্তবায়নে কাজ করে। ডিজাইন'র বিভিন্ন দিক, শক্তির ব্যয়, এবং পারফরমেন্স অপটিমাইজ করার কাজ করে। ইলেকট্রিক ডিজাইন অটোমেশন টুল, সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস ফিজিক্স'র জ্ঞান এবং ডিজাইন ট্রেড-অফ বুঝার ক্ষমতা থাকতে হবে সাম্প্রতিক সময়ের ডিজাইন পদ্ধতি এবং ইন্ডাস্ট্রি ট্রেন্ড সম্পর্কেও সেমিকন্ডাক্টর ডিজাইন ইঞ্জিনিয়ার'কে আপডেট থাকতে হবে। বছরে একজন সেমিকন্ডাক্টর ডিজাইন ইঞ্জিনিয়ার'র বেতন গড়ে ৬৮,০০০ - ৯৮,০০০ মার্কিন ডলার হয়।

সেমিকন্ডাক্টর ইকুয়েপমেন্ট ইঞ্জিনিয়ার

একজন সেমিকন্ডাক্টর ইকুয়েপমেন্ট ইঞ্জিনিয়ার'র দায়িত্বের মধ্যে সেমিকন্ডাক্টরে ইনস্টল, রক্ষণাবেক্ষণ এবং ইকুয়েপমেন্ট'র ট্রাবলশ্যুটিং ব্যবহার থাকে। তার কাজ হচ্ছে যত্রপাতি কার্যকরভাবে কার্যক্রম পরিচালনা করছে এবং প্রয়োজনীয় দরকারগুলো পূরণ করছে। যত্রপাতি অটোমেশন এবং সিস্টেম

নিয়ন্ত্রণে ভালো প্রযুক্তিগত দক্ষতার জ্ঞান থাকা এবং যন্ত্রপাতি সম্পর্কিত ইস্যুগুলো সমাধান ও বিশ্লেষণে সক্ষমতা থাকা গুরুত্বপূর্ণ। যুক্তরাষ্ট্রে একজন সেমিকন্ডাক্টর ইকুইপমেন্ট ইঞ্জিনিয়ার বাৎসরিক বেতন গড়ে ৮৮,০০০ - ১১০,০০০ মার্কিন ডলার।

ডিভাইস ডেভেলপমেন্ট ইঞ্জিনিয়ার

সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস যেমনঃ ট্রানজিস্টর, ডায়োড, এবং ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট ডেভেলপ ও ডিজাইনে একজন ডিভাইস ডেভেলপমেন্ট ইঞ্জিনিয়ার'র কাজ। ডিভাইস পারফরমেন্স, রিলিয়েবিলিটি এবং উৎপাদনশীলতা উন্নয়নে কাজ করে। ডিভাইস ফিজিক্স, সিমুলেশন টুলস, লে-আউট ডিজাইন সফটওয়্যার এই ইঞ্জিনিয়ারদের দক্ষ হতে হয়। একজন ডিভাইস ডেভেলপমেন্ট ইঞ্জিনিয়ার যুক্তরাষ্ট্রে গড়ে বাৎসরিক ১২৫,৫৬৩ মার্কিন ডলার বেতন পায়।

সেমিকন্ডাক্টর প্রসেস ইঞ্জিনিয়ার

একজন সেমিকন্ডাক্টর প্রসেস ইঞ্জিনিয়ার ম্যানুফ্যাকচারিং প্রক্রিয়ার ডেভেলপমেন্ট ও অপটিমাইজেশন গুরুত্ব দেয়, যেখানে সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস উৎপাদন হয়। বিভিন্ন ফ্যাক্টরের যেমনঃ যন্ত্রপাতির ব্যবহার, প্রসেস ডিজাইন এবং অপটিমাইজেশন'র সাথে সাথে সামাজ্য রেখে কাজের পারফরমেন্স, নির্ভরতা প্রদান করে। সেমিকন্ডাক্টর নির্মাণ প্রসেস যেমনঃ ফটোলিথোগ্রাফি, ইটচিং, ডিপজিশন, এবং প্যাকেজিং এর ব্যাপারে ভালো দক্ষতা ও জ্ঞান থাকা দরকার। পরিসংখ্যানগত প্রসেস নিয়ন্ত্রণ এবং সমস্যা বিশ্লেষণে দক্ষতা থাকতে হবে। একজন সেমিকন্ডাক্টর প্রসেস ইঞ্জিনিয়ার'র বাৎসরিক বেতন যুক্তরাষ্ট্রে গড়ে ১৫৭,০০০ মার্কিন ডলার।

সেমিকন্ডাক্টর ইন্টিগ্রেশন ইঞ্জিনিয়ার

বিভিন্ন ধরনের সেমিকন্ডাক্টর উপাদান এবং সাব সিস্টেম একটি পূর্ণাঙ্গ কাঠামোতে একীভূত করা একজন সেমিকন্ডাক্টর ইন্টিগ্রেশন ইঞ্জিনিয়ার'র দায়িত্বের মধ্যে পরে। পারফরমেন্স, শক্তির ব্যয় এবং ইন্টিগ্রেশন সিস্টেম'র খরচ অপটিমাইজ করা তাদের কাজে। সিস্টেম লেভেল ডিজাইন ও সিমুলেশন টুল'তে দক্ষতা থাকা এবং সেমিকন্ডাক্টর প্যাকেজিং প্রযুক্তিগত আন্তঃসংযোগ এর সাথে সিস্টেম লেভেল ট্রেড অফ বুঝতে পারা তাদের দায়িত্ব। একজন সেমিকন্ডাক্টর ইন্টিগ্রেশন ইঞ্জিনিয়ার আমেরিকাতে প্রতি বছর গড়ে ১৬৫,০০০ মার্কিন ডলার বেতন পান।

সেমিকন্ডাক্টর টেস্ট ইঞ্জিনিয়ার

কিভাবে প্রত্যেকটি সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস কাজ করে মানুষের কাছে বিক্রির আগে সেটা জানা অত্যাবশ্যক। একজন টেস্ট ইঞ্জিনিয়ার হিসেবে আপনাকে ডিভাইসগুলির কার্যকারিতা এবং বাস্তবায়নের পরিমাপ টেস্ট'র পদ্ধতিগত ফলাফল, বিশ্লেষণ, ট্রাবলশ্যুটিং এবং পুরো প্রক্রিয়ার বিষয়ে দায়িত্ববান হতে হবে। একজন সেমিকন্ডাক্টর টেস্ট ইঞ্জিনিয়ার'র বাৎসরিক বেতন ১১৪,০০০ - ১৭৬,০০০ মার্কিন ডলার।

সেমিকন্ডাক্টর প্যাকেজিং ইঞ্জিনিয়ার

সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইসের জন্যে প্যাকেজিং সলিউশন ডিজাইন ও ডেভেলপ করা একজন সেমিকন্ডাক্টর প্যাকেজিং ইঞ্জিনিয়ার'র দায়িত্ব। প্যাকেজের জন্যে ইলেকট্রিক্যাল, থার্মাল, এবং মেকানিক্যাল পারফরমেন্স ডিভাইসের প্রয়োজন

অনুযায়ী অপটিমাইজ করা তার কাজ। ডিজাইন সফটওয়্যার প্যাকেজ, উপাদান ও অ্যাসেম্বলি প্রোসেস'তে দক্ষতা থাকা এবং ইলেকট্রিক্যাল ও থার্মাল ম্যানেজমেন্ট বুঝা গুরুত্বপূর্ণ। সাম্প্রতিককালের প্রযুক্তি ও ইন্ডাস্ট্রি নিয়মকানুন সম্পর্কে অবগত থাকতে হবে। একজন সেমিকন্ডাক্টর প্যাকেজিং ইঞ্জিনিয়ার'র বাৎসরিক বেতন ৪৪,৮৫৫ - ১৫২,৬১৭ মার্কিন ডলার।

বাংলাদেশে সেমিকন্ডাক্টর শিল্পের সম্ভাবনা

বাংলাদেশ সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রি অ্যাসোসিয়েশন(বিএসআইএ) ২০৩০ সালের মধ্যে সেমিকন্ডাক্টর শিল্প থেকে ১০০ কোটি মার্কিন ডলার'র পণ্য রপ্তানির লক্ষ্য নির্ধারণ করেছে। সেই লক্ষ্যমাত্রা অর্জনে ১০ টির বেশি দেশীয় সেমিকন্ডাক্টর কোম্পানি বর্তমানে কাজ করছে। এশিয়া নিউজ নেটওয়ার্ক'র এক প্রতিবেদনে বলা হয়, বাংলাদেশ শুধুমাত্র ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট(আইসি) ডিজাইন রপ্তানি করে প্রতি বছর ৫ মিলিয়ন মার্কিন ডলার আয় করে। আর দেশের বিভিন্ন বিশ্ববিদ্যালয় থেকে প্রতি বছর ইলেকট্রিক্যাল এবং কম্পিউটার ইঞ্জিনিয়ারিং শেষ করে ২০ হাজারের বেশি শিক্ষার্থী চাকরির বাজারে প্রবেশ করে। ২০০৭ সালে মাত্র চারজন প্রকৌশলী নিয়ে ঢাকায় সেমিকন্ডাক্টর নিয়ে কাজ করার জন্যে বাংলাদেশের সেমিকন্ডাক্টর শিল্পের প্রথম উদ্যোক্তা বুয়েট'র সাবেক শিক্ষার্থী প্রকৌশলী এনায়েতুর রহমান 'উল্কাসেমি' নামে কোম্পানি চালু করেন, যার প্রধান কার্যালয় 'সিলিকন ভ্যালি'তে। যুক্তরাষ্ট্র'র ওরগন স্টেট ইউনিভার্সিটি থেকে তড়িৎ ও কম্পিউটার বিজ্ঞানে স্নাতকোত্তর সম্পন্ন করে দীর্ঘদিন তিনি বিখ্যাত বিশ্বখ্যাত চিপ প্রস্তুতকারক প্রতিষ্ঠান 'এএমডি'তে কাজ করেন। ২০০৮ সালে দেশীয় 'উল্কাসেমি' কোম্পানিটি প্রথম সার্কিট ডিজাইন ও লে-আউট'র কাজ পাওয়া শুরু করে। ২০১২ সালে কোম্পানিটি চিপ ডিজাইন ও ভেরিফিকেশন কাজ শুরু করে, বর্তমানে প্রায় ২৫ টির মতন গ্লোবাল ক্লায়েন্ট রয়েছে তাদের। বাংলাদেশের ঢাকা, কানাডা'র টরেন্টো এবং ভারতের বেঙ্গালুরু'সহ চারটি দেশ থেকে 'উল্কাসেমি' ৩৫০ জন কর্মী নিয়ে বর্তমানে মোবাইল ডিভাইস, কমপ্লেক্স রাউটার বা সুইচ, কনজুমার প্রোডাক্ট, স্টোরেজ, মাইক্রোপ্রসেসর, এবং গ্রাফিক্স প্রসেসর নিয়ে কাজ করে। ২০৩০ সাল নাগাদ পাঁচ হাজার কর্মীর কোম্পানি হিসেবে 'উল্কাসেমি' বাংলাদেশের সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রিতে নিজেদের নেতৃত্বের আসনে দেখতে চায়, ইতিমধ্যে কোম্পানিটি আইওটি, কম্পিউটিং, আর্টিফিশিয়াল ইন্টেলিজেন্স, প্রসেস ডেভেলপমেন্ট, অ্যানালগ অ্যাপ্লিকেশন, নেটওয়ার্ক এন্ড কমিউনিকেশন এবং সার্ভার এন্ড স্টোরেজ ইন্ডাস্ট্রিতে তাদের পরিষেবা প্রদান করছে। ২০২১ সালে বিশ্বের প্রথম সারির সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদনকারী প্রতিষ্ঠান 'তাইওয়ান সেমিকন্ডাক্টর ম্যানুফ্যাকচারিং কোম্পানি(টিএমএসসি)'র ডিজাইন সেন্টার অ্যালাইয়েন্স পার্টনার হয়েছে 'উল্কাসেমি'। বিশ্বের মাত্র ২৯ টি প্রতিষ্ঠান 'টিএমএসসি'র ডিজাইন সেন্টার অ্যালাইন্স'র সঙ্গে যুক্ত রয়েছে।

২০১৭ সালে বুয়েট'র ২০ জন প্রকৌশলী নিয়ে সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রিতে যাত্রা করে 'নিউরাল সেমিকন্ডাক্টর লিমিটেড', যা ডিবিএল গ্রুপ'র একটি উদ্যোগ। কোম্পানিটির বর্তমানে চিপ এক্সিকিউটিভ অফিসার(সিইও) হিসেবে এমডি সাখায়েত হোসেইন রয়েছেন এবং প্রায় ১০০ এর বেশি প্রকৌশলী বর্তমানে কোম্পানিটিতে কর্মরত। কোম্পানিটি ২৭-২৮ টি বিশ্ববিদ্যালয়'র সাথে কাজ করছে শিক্ষা কারিকুলাম উন্নত করে স্কিল্ড প্রকৌশলী গড়তে। ডিএলসি ডিজাইনে 'নিউরাল সেমিকন্ডাক্টর' বিনিয়োগ করেছে এবং যুক্তরাষ্ট্র, জাপান, ভারত ও চীনে তাদের অফিস সেটআপ করা। 'নিউরাল সেমিকন্ডাক্টর' কোম্পানি খুব বৃহৎ স্কেল ইন্টিগ্রেশনে তাদের অ্যানালগ ডিজাইন, ডিজিটাল ভেরিফিকেশন, ফিজিক্যাল ডিজাইন, এবং ডিজাইন ফর টেস্টাবিলিটি'র মতন পরিষেবাগুলো প্রদান করে। 'ওয়াল্টন' কোম্পানি ইতিমধ্যে হাইটেক পার্ক'তে জায়গা

অধিগ্রহণ করেছে এই সেক্টরে বিনিয়োগ করতে। অপরদিকে, নেদারল্যান্ড ভিত্তিক আন্তর্জাতিক প্রতিষ্ঠান 'ব্রেইনপোর্ট আইনস্‌ট্রুমেন্ট' সেমিকন্ডাক্টর প্রস্তুত, এডভান্সড হাইটেক উৎপাদন ইভাস্ট্রিতে বিনিয়োগ করার প্রতি আগ্রহ প্রকাশ করেছে। 'প্রাইম সিলিকন' অ্যাপ্লিকেশন-স্পেসিফিক ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট'র জন্যে ডিজাইন পরিষেবা রেডারিংয়ে বিশেষজ্ঞ বাংলাদেশের সেমিকন্ডাক্টর চিপ প্রস্তুতকারক আরেকটি কোম্পানি। ক্যালিফোর্নিয়া'র সান জোসে'তে ২০০৭ সালে প্রতিষ্ঠিত 'প্রাইম সিলিকন' ২০১৩ সালে ঢাকা'তে তাদের বৃহত্তম অফশোর ডিজাইন সেন্টার প্রতিষ্ঠা করে। ফিনফেট প্রযুক্তিতে বিশেষজ্ঞ ও ন্যূনতম ৭- ন্যানোমিটার'র বৈশিষ্ট্যযুক্ত চিপগুলোর ডিজাইনে দক্ষ প্রতিষ্ঠানটি। প্রাইম সিলিকন আরটিএল ডেভেলপমেন্ট ও ভেরিফিকেশন, আরটিএল টু জিডিএসআইআই সার্ভিস, আরটিএল সিনথেসিস, ডিজাইন সাইন অফ সার্ভিস, ডিজাইন ফর টেস্ট (ডিএফটি) এবং অ্যানালগ ডিজাইন'র মতন পরিষেবাগুলো প্রদান করে।

বাংলাদেশ সরকার দেশে সেমিকন্ডাক্টর শিল্পের সম্ভাবনা, চ্যালেঞ্জ এবং ভবিষ্যতে করণীয় সম্পর্কে সেটার সুপারিশ প্রণয়নের লক্ষ্যে ০১ জানুয়ারি ২০২৫ তারিখে জাতীয় সেমিকন্ডাক্টর টাস্কফোর্স গঠন করেছে। যার আস্থায়ক হিসেবে রয়েছেন বাংলাদেশ বিনিয়োগ উন্নয়ন কর্তৃপক্ষ (বিডা) নির্বাহী চেয়ারম্যান আশিক চৌধুরী। বিডা সূত্রে বলা হয়, প্রধান উপদেষ্টার কার্যালয় থেকে এ সংক্রান্ত একটা প্রজ্ঞাপন জারি করা হয়েছে। টাস্কফোর্স'র কাজ হবে, সেমিকন্ডাক্টর শিল্পে দ্রুত প্রবৃদ্ধির সুযোগ চিহ্নিত করা, নীতি ও দক্ষতার ঘাটতি দূর করা এবং বৈশ্বিক বিনিয়োগ আকর্ষণে অবকাঠামো ও প্রণোদনা কাঠামো প্রস্তুত করা। বিডা'র চেয়ারম্যান'র মতে, এশীয়-প্রশান্ত মহাসাগরীয় সরবরাহ শৃঙ্খল অবস্থান, তুলনামূলক কম শ্রম ব্যয় এবং দক্ষ যুবশক্তির কারণে বাংলাদেশ বৈশ্বিক সেমিকন্ডাক্টর খাতের জন্যে আদর্শ গন্তব্যে পরিণত হয়েছে। বিডার নেতৃত্বে গঠিত সেমিকন্ডাক্টর খাতের এই টাস্কফোর্স ১৩ সদস্যের। টাস্কফোর্স'র সদস্যের মধ্যে রয়েছেন জাতীয় রাজস্ব বোর্ড (এনবিআর) চেয়ারম্যান এবং তথ্য ও যোগাযোগ প্রযুক্তি বিভাগের সচিব। আর এই টাস্কফোর্সে সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রি'র তিনজন দেশীয় উদ্যোক্তা হিসেবে থাকবেন 'উস্কাসেমি' প্রধান নির্বাহী কর্মকর্তা (সিইও) মো. এনায়েতুর রহমান, নিউরাল সেমিকন্ডাক্টর লিমিটেড'র ব্যবস্থাপনা পরিচালক (এমডি) এম এ জব্বার এবং প্রাইম সিলিকন টেকনোলজি'র চেয়ারম্যান ইশতাক আহমেদ। টাস্কফোর্স'র সেমিকন্ডাক্টর খাতে বিশেষজ্ঞ বা প্রযুক্তিবিদ হিসেবে আরও তিনজনকে যুক্ত করা হয়েছে, তারা হলেন বাংলাদেশ প্রকৌশল বিশ্ববিদ্যালয় (বুয়েট)'র তড়িৎ ও ইলেকট্রনিক কৌশল বিভাগের প্রধান এ বি এম হারুন-উর-রশিদ, মিলিটারি ইনস্টিটিউট অব সায়েন্স অ্যান্ড টেকনোলজি (এমআইএসটি) কমান্ড্যান্ট মেজর জেনারেল মোঃ নাসিম পারভেজ এবং ব্র্যাক বিশ্ববিদ্যালয়'র সহ-উপচার্য সৈয়দ মাহফুজিল আজিজ। বিদেশে কর্মরত বাংলাদেশি সেমিকন্ডাক্টর উদ্যোক্তা বা বিশেষজ্ঞ বা শিক্ষাবিদ হিসেবে টাস্কফোর্স'তে থাকা তিনজন হলেন যুক্তরাষ্ট্রের সিলিকনভ্যালি ভিত্তিক সেমিকন্ডাক্টর বিশেষজ্ঞ মোস্তাফিজ চৌধুরী, যুক্তরাষ্ট্রভিত্তিক গ্রিন কোয়েস্ট'র প্রতিষ্ঠাতা মাশুক রহমান, এবং ইন্টিগ্রেটেড ডেভেলপমেন্ট ফাউন্ডেশন (আইডিএফ) নির্বাহী পরিচালক জহিরুল আলম। আর টাস্কফোর্স'র সদস্য সচিব হিসেবে থাকবেন বিডার বিজনেস ডেভেলপমেন্ট বিভাগের প্রধান। প্রধান উপদেষ্টার কার্যালয়'র এক সংবাদ বিজ্ঞপ্তিতে বলা হয়, 'সরকারের এই উদ্যোগ বাংলাদেশের সেমিকন্ডাক্টর ডিজাইন, টেস্টিং এবং অ্যাসেমবলিং সক্ষমতাকে আরও এগিয়ে নেওয়ার লক্ষ্যে একটি গুরুত্বপূর্ণ পদক্ষেপ হিসেবে বিবেচিত হচ্ছে। এর ফলে শুধু উচ্চ বেতনভিত্তিক কর্মসংস্থানই নয়, বরং বাংলাদেশে হাইভ্যালু সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রি দ্রুত গড়ে উঠবে এবং প্রসার লাভ করবে। আগামীতে যা হয়ে উঠবে বাংলাদেশের অন্যতম শিল্প খাত'।

সেমিকন্ডাক্টর খাতের উন্নয়নে ২০২৪ সালের ডিসেম্বরে তথ্যপ্রযুক্তি খাতে নতুন সংগঠন 'বাংলাদেশ সেমিকন্ডাক্টর অ্যাসোসিয়েশন (বিএসআইএ)' গঠিত হয়। ২০২৪-২০২৭ সাল মেয়াদে সংগঠনটির প্রেসিডেন্ট হিসেবে 'নিউরাল সেমিকন্ডাক্টর লিমিটেড ও ডিবিএল গ্রুপের ব্যবস্থাপনা পরিচালক এম এ জব্বার প্রেসিডেন্ট এবং মার্স সলিউশন লিমিটেড'র ব্যবস্থাপনা পরিচালক এম ই চৌধুরী শামীম সিনিয়র ভাইস প্রেসিডেন্ট হিসেবে নির্বাচিত হয়েছেন। এম ই চৌধুরী শামীম যুক্তরাষ্ট্রে আইবিএম কর্পোরেশন'তে সেমিকন্ডাক্টর ইউনিটের বিভিন্ন শাখায় ১০ বছর কাজ করার অভিজ্ঞতা রয়েছে। আশা করা হচ্ছে ২০৩০ সালের মধ্যে বাংলাদেশে সেমিকন্ডাক্টরখাতে ১০ হাজার কর্মসংস্থান'র সুযোগ হবে।

১৯৬৮ সালে প্রতিষ্ঠিত বিশ্বে সেরা ৫ টি চিপ প্রস্তুতকারী কোম্পানির একটি 'ইন্টেল কর্পোরেশন'র বর্তমান চেয়ারম্যান বাংলাদেশী বংশোদ্ভূত ড. ওমর ইশরাফ। বাংলাদেশের প্রায় ৪০০ প্রকৌশলী 'ইন্টেল'তে জব করে। তাদের সহায়তায় ইন্টেল'র সহ-প্রতিষ্ঠাতার নামে 'রবার্ট নয়েস সিমুলেশন ল্যাব' ২০০০ সালে বাংলাদেশ প্রকৌশল বিশ্ববিদ্যালয় (বুয়েট)'তে চালু হয়। বাংলাদেশে চিপ ইন্ডাস্ট্রিতে কর্মদক্ষ লোক তৈরির লক্ষ্যে সরকার'র উচিত ৪-৫ টি বিশ্ববিদ্যালয়ে বিশেষায়িত 'সেমিকন্ডাক্টর ডিগ্রি প্রোগ্রাম' চালু করা, যাতে করে আগামী ২৫ বছরের মধ্যে সেমিকন্ডাক্টর খাতে ১ লক্ষ বিশেষ প্রশিক্ষিত সেমিকন্ডাক্টর কর্মদক্ষ লোক গড়ে উঠে। কারণ, প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা গ্রহণ করলে ২০৫০ সালের মধ্যে এই খাতে প্রত্যক্ষ ও পরোক্ষভাবে ১৫ লক্ষের অধিক মানুষের কাজের সুযোগ দেশে তৈরি করা সম্ভব হবে। ২ টি বিশেষ 'সেমিকন্ডাক্টর অর্থনৈতিক অঞ্চল' বা ইপিজেড গড়ে তোলা উচিত, যা নিকট ভবিষ্যতে বাংলাদেশে অন্যতম রপ্তানী খাতের কেন্দ্রবিন্দু হিসেবে আবির্ভূত হবে। বর্তমানে বাংলাদেশে সেমিকন্ডাক্টর খাতে একমাত্র ডিএলসি ট্রেনিং ইনস্টিটিউট হচ্ছে 'তাহো'। ইনস্টিটিউট'টিতে ফিজিক্যাল ডিজাইন, ভেরিফিকেশন এবং এমবেডেড সিস্টেম' এই তিন বিষয়'র উপর শিক্ষার্থীদের প্রশিক্ষণ প্রদান করা হয়। দেশে শুধু সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রিতে কর্মদক্ষ লোক'র দরকার সেটা নয়, মালয়েশিয়া'র মতন দেশগুলোতেও সেমিকন্ডাক্টর খাতে প্রশিক্ষিত লোক চাকুরী নিয়ে বিদেশ গমন করতে পারেন ও বৈদেশিক মুদ্রা অর্জন করা সম্ভব। ইতিমধ্যে, মালয়েশিয়া'তে সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রিতে কর্মদক্ষ লোকের ঘাটতি দেখা দিয়েছে, আর সেক্ষেত্রে বাংলাদেশ'র মানুষের জন্যে রেমিটেন্স'র নতুন সুযোগ হতে পারে। কয়েক দশক ধরে বাংলাদেশে বিশ্বের সেরা চিপ প্রস্তুতকারক কোম্পানি ইন্টেল, স্যামসাং ও হুয়াওয়ে কম্পিউটার, ইলেকট্রনিক্স এবং মোবাইল ডিভাইস'র ব্যবসা কার্যক্রম পরিচালনা করছে, তাদের মতন কোম্পানিগুলো যদি বাংলাদেশে সেমিকন্ডাক্টর বা চিপ উৎপাদনকারী কারখানা গড়ে তোলে তাহলে দেশে আন্তর্জাতিক মানের সেমিকন্ডাক্টর কোম্পানি যেমন গড়ে উঠবে, তেমনি কর্মসংস্থান ও দেশীয় সেমিকন্ডাক্টর কোম্পানিগুলোও দক্ষতার আদান-প্রদান করে দেশে সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রির একটি অগ্রসরমান পরিবেশ তৈরি করা সম্ভব হবে।

বিশ্ব অর্থনীতিতে সেমিকন্ডাক্টর ইন্ডাস্ট্রি অর্থনৈতিক প্রবৃদ্ধি ও প্রযুক্তিগত অগ্রসরমানে বিভিন্ন সেক্টরে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখতে শুরু করেছে। বিশেষ করে কর্মক্ষেত্রে ব্যাপক সুযোগ এবং আয়ের অন্যতম উৎস হিসেবে বিভিন্ন দেশে শক্তিশালী উৎপাদনশীলতা সক্ষমতা এনে বাণিজ্যে সমতা ও বৈদেশিক বিনিয়োগে আকৃষ্ট করবে। আর সেমিকন্ডাক্টরের রীতিমত ট্রেন্ড যেমনঃ আইওটি, এআই নির্ভর অ্যাপ্লিকেশন এবং ক্লাউড কম্পিউটিং এর অত্যধিক চাহিদা পূরণে এবং ইলেকট্রনিক্স, স্বাস্থ্যখাত ও অটোমোবাইল ইন্ডাস্ট্রিতে চিপ'র প্রয়োজন মেটাতে সেমিকন্ডাক্টর উৎপাদন ভবিষ্যতে প্রায় প্রত্যেক দেশের জন্যে অর্থনীতির প্রধান প্রভাবক হবে বলে প্রত্যাশা করা যায়।