

சந்திரயானும் சிப்களும்: இந்தியாவின் குறைக்கடத்தித் துறைக்கு விண்வெளியிலிருந்து சில பாடங்கள்

பிரணய் கோடஸ்தனே & அபிராம் மஞ்சி



2023ஆம் ஆண்டில் சந்திரயான்-3 திட்டத்தில் இந்தியா பெற்ற வெற்றியின் மூலம் சந்திரனில் ரோவரைத் தரையிறக்கிய நான்காவது நாடாகவும், சந்திரனின் தென் துருவத்திற்கு அருகில் அவ்வாறு செய்த முதல் நாடாகவும் இந்தியா மாறியது. இது ஒரு கேள்வியை எழுப்புகிறது: பெருமளவில் அரசு முன்னெடுக்கும் முயற்சிகள் இந்தியாவைச் சிறந்த விண்வெளி சக்தியாக மாற்ற முடியும் என்றால் இந்த முயற்சிகளில் கிடைக்கும் பாடங்கள் இந்தியா குறைக்கடத்தித் (semiconductor) துறையில் முக்கியமான சக்தியாக மாற உதவுமா?



அமெரிக்காவிற்கும் சீனாவிற்கும் இடையிலான புவிசார் அரசியல் போட்டி நிலவுகிறது. மேம்பட்ட திறன் கொண்ட சிப்களுக்கான தேவையின் பெரும்பகுதிக்கு, பிரச்சினைக்குட்பட்டதாகத் தோன்றும் தைவானையே சார்ந்திருக்க வேண்டியிருக்கிறது. இந்தச் சூழ்நிலை, குறைக்கடத்தி உற்பத்தித் துறையைக் கடந்த சில ஆண்டுகளாகத் தீவிரமான தொழில்துறைக் கொள்கை முயற்சிகளின் மையமாக மாற்றியுள்ளது. இந்தத் துறை பல

பதிற்றாண்டுகளாக உலகமையமாக்கலின் அடையாளமாக விளங்கிய பிறகு இந்தச் சூழல் உருவாகியுள்ளது. உலக நாடுகளின் அரசுகள் தம் நாட்டிலேயே சிப் தயாரிக்கும் தொழிலை நிறுவும் நோக்கத்துடன் பல்வேறு ஊக்கங்களை வழங்கியுள்ளதுடன் இந்தத் தொழில் வளர்வதற்கான சாதகமான கொள்கைச் சூழல்களையும் உறுதியளித்துள்ளன. இந்தியாவும், சிப் உற்பத்தியின் முக்கிய மையமாக மாற முடியும் என்ற நம்பிக்கையுடன் செமிகான் இந்தியா திட்டத்தின் கீழ் இந்தத் துறையின் வளர்ச்சிக்காக 10 பில்லியன் டாலரை ஒதுக்கீடு செய்து அறிவித்தது. சிப் டிசைன் சேவைகள் பிரிவில் இந்தியா வலுவாக இருந்தாலும், வணிக ரீதியான சிப் உற்பத்தி வசதிகள் இந்தியாவில் இல்லை. செமிகான் இந்தியா திட்டம், சிப் விநியோகச் சங்கிலியின் அனைத்துப் பிரிவுகளிலும் இந்தியாவின் வலிமையைப் பெருக்கும் என்று நம்பப்படுகிறது.

விண்வெளித் திட்டங்களைப் போலவே, இந்த முயற்சிகளில் வெற்றி அல்லது தோல்வி என்பது அரசாங்கங்கள் மேற்கொள்ளும் கொள்கைத் தேர்வுகளைப் பொறுத்தே அமையும். இந்த முயற்சிகள் முதலீடு செய்யப்பட்ட பணத்தின் அளவைத் தாண்டிச் செல்லும். மேலும், விண்வெளித் திட்டங்களைப் போலவே, உள்நாட்டுக் குறைக்கடத்தித் தொழிலைக் கட்டியெழுப்பும் நோக்கத்தை உண்மையிலேயே அடைந்துவிட்டால், சிப் உற்பத்தியில் வெற்றிகண்ட ஒரு சில நாடுகளின் மதிப்பு வாய்ந்த குழுவில் இந்தியா இடம்பெறும். இதைச் சாதிப்பதற்கான முயற்சிகள் "மூன்ஷாட்கள்" (moonshots) என்று குறிப்பிடப்படுவது, சந்திரயானுடன் இந்தத் திட்டம் ஒப்பிடுவதைக் காட்டுகிறது. அப்படியானால், குறிப்பிடத்தக்க அளவிற்கு வெற்றிகரமாக

இந்தியா மேற்கொண்ட விண்வெளித் திட்டத்திலிருந்து இந்தியாவின் குறைக்கடத்தித் துறைக்கான படிப்பினைகள் ஏதேனும் உள்ளனவா?

இந்தக் கேள்வி எங்களுடைய [When the Chips Are Down: A Deep Dive into a Global Crisis](#) (ப்ளம்ஸ்பரி வெளியீடு, 2023) என்ற புத்தகம் உருவாவதற்கான காரணிகளில் ஒன்றாகும். அதில், உள்நாட்டுக் குறைக்கடத்தித் தொழில்துறையை உருவாக்குவதற்கான பல்வேறு தேசிய-அரசுகளின் முயற்சிகளை நாங்கள் ஆய்வு செய்திருக்கிறோம். விண்வெளி, அணுக்கரு ஆகியவற்றைப் பிரதானமாகச் சார்ந்த பழைய காலத் தொழில்நுட்பங்களுக்கும் செயற்கை நுண்ணறிவு ஆராய்ச்சி, அதிநவீன குறைக்கடத்திகள் ஆகியவற்றைக் கொண்ட புதிய தொழில்நுட்பங்களுக்கும் இடையே குறிப்பிடத்தக்க வேறுபாடுகளை நாங்கள் காண்கிறோம். கொள்கை அணுகுமுறைகளை ஒரு துறையிலிருந்து மற்றொன்றுக்கு மாற்றுவது விரும்பத்தக்கதோ பயனுள்ளதோ அல்ல என்ற முடிவுக்கு நாங்கள் வந்திருக்கிறோம்.

மூன்று அம்சங்கள் விண்வெளி, அணுத் தொழில்நுட்பத்தைக் குறைக்கடத்தித் தொழில்நுட்பத்திலிருந்து வேறுபடுத்துகின்றன. முதலாவதாக, விண்வெளி, அணுசக்தித் திட்டங்களிலிருந்து எதிர்பார்க்கப்படும் உற்பத்தியின் அளவு சிறியது. நிறுவனங்கள் பொதுவாக ஒரு வாடிக்கையாளருக்காக - இறையாண்மை கொண்ட அரசாங்கம் - மட்டுமே பொருட்களை உற்பத்தி செய்ய வேண்டும். குறைக்கடத்தி உற்பத்தி வசதியுடன் இதை ஒப்பிட்டுப் பாருங்கள். அரசாங்கத்தின் சிறிய தேவையை பூர்த்தி செய்வதன் மூலம் இந்த நிறுவனம் தாக்குப்பிடிக்க முடியாது. சிப் உற்பத்திக்கு மிகப்பெரும் அளவில் மூலதனச் செலவுகள் தேவை என்பதால், தன்னுடைய உற்பத்திச் சேவைகளை வழங்க ஒரே நேரத்தில் பல பெரிய அளவிலான சிப் வடிவமைப்பு நிறுவனங்களுடன் ஒப்பந்தம் செய்துகொள்வதன் மூலம் மட்டுமே பொருளாதார ரீதியில் தக்குப்பிடிக்கும் நிலையை அடைய முடியும்.

இரண்டாவதாக, விண்வெளி, அணுசக்தித் திட்டங்களின் உற்பத்தித் தேவை சிறியதாக இருப்பதால், தேவையான மூலதன முதலீட்டை அரசாங்கங்களால் சமாளிக்க முடியும். உதாரணமாக, மூன்று சந்திரயான் திட்டங்களுக்கான பட்ஜெட் மொத்தம் ₹1977 கோடி. இதற்கு மாறாக, மைக்ரான் டெக்னாலஜி என்ற அமெரிக்க நிறுவனம் குஜராத்தில் அமைக்கத் திட்டமிட்டுள்ள ஒரு சிப் பேக்கேஜிங் ஆலைக்குத் தோராயமாக ₹16000 கோடி செலவாகும் என எதிர்பார்க்கப்படுகிறது.

மூன்றாவதாக, விண்வெளி, அணுசக்திக் களங்களில் விநியோகச் சங்கிலி குறுகியது. கணிசமான அளவில் இதை உள்நாட்டிலேயே உருவாக்கிவிடலாம். இந்தியாவின் விண்வெளித் திட்டம் அமெரிக்கா, சோவியத் ஒன்றியம் ஆகிய நாடுகளிலிருந்து தொடக்கக் கட்டத் தொழில்நுட்பப் பரிமாற்றத்தால் பயனடைந்தது. அதன் பிறகு, சிறந்த விஞ்ஞானிகள் ஒரு சிலர் உள்நாட்டிலேயே தொழில்நுட்பத்தை உருவாக்கி மேம்படுத்தும் செயல்முறையைத் தொடங்கினார்கள். இதேபோல், பாகிஸ்தான் தனது அணுசக்தித் திட்டத்தைச் சீனாவிடமிருந்து பெற்ற தொழில்நுட்பப் பரிமாற்றங்கள் மூலம் தொடங்கியது. அதன் பிறகு அந்நாட்டின் விஞ்ஞானிகள் அந்தத் தொழில்நுட்பத்தை மேம்படுத்தத் தொடங்கினார்கள். தொடக்கக் கட்டத் தொழில்நுட்பப் பரிமாற்றத்திற்குப் பிறகு தொடர்ச்சியான அரசு ஆதரவுடன், அரசால் நடத்தப்படும் இத்தகைய திட்டங்கள் வெற்றியடையலாம். அத்தகைய பாதை குறைக்கடத்தி விநியோகச் சங்கிலிக்குப் பொருந்தாது. இது ஒப்பீட்டு நன்மையின் அடிப்படையிலான அணுகுமுறையைப் பின்பற்றுகிறது. வெவ்வேறு புவியியல் பரப்புகளில் உள்ள நிறுவனங்கள் விநியோகச் சங்கிலியின் குறிப்பிட்ட பிரிவுகளில் நிபுணத்துவம்

பெற்றவை. இந்தத் துறையில் செயல்படும் ஆறு முக்கியமான பிராந்தியங்கள் (அமெரிக்கா, தென்கொரியா, ஜப்பான், சீனா, தைவான், ஐரோப்பா) ஒவ்வொன்றும் குறைக்கடத்தித் தொழில்துறையின் மொத்த மதிப்பில் 8 சதவீதம் அல்லது அதற்கும் அதிகமாகப் பங்களிப்பதாக அமெரிக்க செமிகண்டக்டர் இண்டஸ்ட்ரி அசோசியேஷன் மதிப்பிட்டிருக்கிறது. ஹோமி பாபா, விக்ரம் சாராபாய் போன்ற அபாரமான திறமை கொண்ட அறிவியலாளர்கள் இந்தியாவின் அணு, விண்வெளித் திட்டங்களின் வெற்றிக்குக் காரணமாக அமைந்தவர்கள். குறைக்கடத்தித் தொழில்நுட்பத்தில் இவர்களைப் போன்ற மேதமையும் திறனும் லட்சிய நோக்கும் கொண்டவர்கள் கூட இடைநிலை உள்ளீடுகள், திறன், மூலதனம் ஆகியவற்றுக்காக வெளிநாட்டு நிறுவனங்களைச் சார்ந்திருப்பதைத் தவிர்க்க மாட்டார்கள்.

அரசு நடத்தும் வலுவான விண்வெளி, அணுசக்தி திட்டங்களைக் கொண்ட பல ஆட்சிகள் குறைக்கடத்தி உற்பத்தித் துறையில் இதேபோன்ற வெற்றியை அடைய முடியவில்லை என்பதில் இந்தக் காரணத்திற்கான அனுபவ ரீதியான ஆதாரத்தை நாங்கள் கண்டறிந்துள்ளோம். சீனாவின் அனுபவத்தைப் பாருங்கள். 1945ஆம் ஆண்டில், "சுய முயற்சியின் மூலம் மீளூருவாக்கம்" எனப் பொருள்படும் *ஜிலிகெங்ஷெங்* என்ற முழக்கத்தை மாவோ சேதுங் பிரபலப்படுத்தினார். 1956ஆம் ஆண்டில் அரசின் அறிவியல், தொழில்நுட்ப முயற்சிகளுக்கான விரிவான திட்டத்தை வழங்குவதற்கான முக்கியமான பன்னிரண்டு ஆண்டுத் திட்டம் அறிவிக்கப்பட்டது. இந்தத் திட்டத்தின் கீழ் முதன்மையான முன்னுரிமையாக அடையாளம் காணப்பட்ட பன்னிரண்டு தொழில்நுட்பங்களில் குறைக்கடத்திகளும் அடங்கும். பல்கலைக்கழகங்கள் குறைக்கடத்தித் திட்டங்களைத் தொடங்கின. அரசாங்கத்தால் நடத்தப்படும் தொழிற்சாலைகளும் ஆராய்ச்சி ஆய்வகங்களும் இந்தத் துறையில் செயல்படத் தொடங்கின. 1965ஆம் ஆண்டில் தைவானுக்கும் தென் கொரியாவிற்கும் முன்னதாகச் சீனா தனது முதல் சிப்பை உருவாக்கியது. இருப்பினும், முதன்மையாக அரசாங்கத்தால் நடத்தப்பட்ட இந்த முயற்சி சில ஆரம்ப வெற்றிகளுக்குப் பிறகு மற்ற நாடுகளைக் காட்டிலும் பின்தங்கியது. சந்தை நிதியாலும் போட்டியாலும் உருவாகும் ஒழுங்குமுறை இல்லாமல் இந்த நிறுவனங்கள் தடுமாறத் தொடங்கின. தொடர்ந்து மேம்படுத்துதல், கூடுதலாக மூலதனத்தைக் கொண்டுவருதல் ஆகிய தேவைகளை இந்த நிறுவனங்களால் பூர்த்தி செய்ய முடியவில்லை. பனிப்போர் உச்சக்கட்டத்தில் இருந்தபோது அமெரிக்கக் குறைக்கடத்தித் தொழில்துறையிலிருந்து துண்டிக்கப்பட்டிருந்ததும் தொழில்நுட்பத்தை மேம்படுத்துவது மெதுவாக நடப்பதற்கான காரணங்களில் ஒன்றாக அமைந்தது.

ஆயினும், சீனா அடைந்திருந்த முன்னேற்றம் கலாச்சாரப் புரட்சிக் காலகட்டத்தின்போது முரட்டுத்தனமாக நிறுத்தப்பட்டது. 1980களில் இந்தத் தொழில்துறையை புதுப்பிக்க முயற்சி மேற்கொள்ளப்பட்டபோது, சீனாவின் குறைக்கடத்தித் தொழில் பின்தங்கிய நிலையில் இருந்தது. பெரும்பாலான நிறுவனங்கள் உற்பத்தி இலக்குகளை அடையத் தவறின. தொழில்நுட்பம் பல ஆண்டுகள் பின்தங்கியிருந்தது. சீன செமிகண்டக்டர் துறையில் 1990களில் அன்னிய நேரடி முதலீடு வரத் தொடங்கியபோதுதான் நிலைமை மாறத் தொடங்கியது.

சோவியத் ஒன்றியத்தின் நிலையும் இதேபோன்றதுதான். விண்வெளித் திட்டத்திற்கான தன்னுடைய ஸ்டார் சிட்டியைப் போலவே, தான் உருவாக்கிய செலினோகிராட் என்ற புதிய நகரம் குறைக்கடத்தி உற்பத்தியில் சிறந்து விளங்கும், அறிவியல் சொர்க்கமாக மாறும் என்று சோவியத் ஒன்றியம் நம்பியது. சோவியத்தின் "சிலிக்கான் பள்ளத்தாக்காக" உருவாகியிருக்க வேண்டிய இடம் இது. சோவியத் ஒன்றியம், அமெரிக்காவிலிருந்து சிப்களைக் கடத்தி வந்து, அதை உருவாக்குவதற்கான

பொறிமுறையைக் கண்டறிந்து உள்நாட்டிலேயே உற்பத்தி செய்ய முயற்சித்தது. பனிப்போரின்போது குறைக்கடத்தித் துறையில் உலக அளவில் நிலவிய சூழலிலிருந்து சோவியத் ஒன்றியம் துண்டிக்கப்பட்டிருந்ததால், இந்த நிறுவனங்கள் தொடர்ந்து வளர்ந்துவரும் உலகளாவிய சிப் சந்தையில் இடம்பெறும் முயற்சியில் இறங்காமல் சோவியத் இராணுவத்திற்கு சிப்களை வழங்குவதில் கவனம் செலுத்தின. விளைவாக, இந்தத் திட்டங்கள் பின்தங்கிவிட்டன. ரஷ்யாவில் இன்றளவிலும் வர்த்தக ரீதியான குறைக்கடத்தி உற்பத்தி நிறுவனம் இல்லை.

இந்தியாவின் நிலையும் பெரிதாக மாறுபட்டுவிடவில்லை. இந்தியாவின் இரண்டு பொதுத்துறை நிறுவனங்களான பாரத் எலக்ட்ரானிக்ஸ் லிமிடெட் (BEL), செமிகண்டக்டர் காம்ப்ளக்ஸ் லிமிடெட் (SCL) ஆகியவை திறமையான மேற்கத்திய சிப் தயாரிக்கும் நிறுவனங்களுடன் தொழில்நுட்பப் பரிமாற்ற ஒப்பந்தங்களை மேற்கொண்டன. இந்த நிறுவனங்கள் தொடக்கத்தில் வெற்றிகளைச் சந்தித்தாலும், 1980களில் அவை மங்கிப்போயின.

சோவியத் ஒன்றியம், சீனா, இந்தியா ஆகிய நாடுகளின் இந்த ஆரம்ப அனுபவங்கள், குறைக்கடத்தி உற்பத்தி வெற்றிக்குத் தேவையான பொதுக் கொள்கைகள் பற்றிய முக்கியமான பார்வைகளை வழங்குகின்றன. முதலாவதாக, தொடர்ந்து மூலதனம் உள்ளே வருவதுடன், தொழில்நுட்பத்தையும் தொடர்ந்து மேம்படுத்த வேண்டிய தேவை உள்ள துறை இது. கடுமையான போட்டி நிலவும் இந்தக் களத்தில் போட்டியிடுவதற்கான உந்து சக்தி எதுவும் அரசாங்கத்தால் நடத்தப்படும் சிப் நிறுவனங்களுக்கு இல்லை. நன்றாகத் தொடங்கினாலும் நீண்ட காலத்திற்குப் பந்தயத்தில் தங்களைத் தக்க வைத்துக்கொள்ள இந்நிறுவனங்களால் முடியவில்லை. அரசாங்கத்தில் உள்ள இவற்றின் வாடிக்கையாளர்கள்கூட இந்த நிறுவனங்களிடமிருந்து விலகி, இறக்குமதி மூலம் மலிவான விலையில் மேம்பட்ட தொழில்நுட்பத்தை நாடினார்கள்.

இரண்டாவதாக, இந்த நிறுவனங்கள் உள்நாட்டில் போட்டியிலிருந்து பாதுகாக்கப்பட்டன. போட்டிதான் நிறுவனங்களை மாறுபட்டு இயங்குவதற்கான தூண்டுதலைத் தருகிறது. போட்டி இல்லாமல், இந்த நிறுவனங்களுக்கு அரசாங்கத் துறைகளைத் தாண்டிப் புதிய வாடிக்கையாளர்களைப் பெற எந்தக் காரணமும் இல்லை. BEL, SCL ஆகியவை சிப்களைத் தயாரிக்கும் பந்தயத்தில் பங்குகொண்டிருந்தன. ஆனால் அரசாங்கத்தின் கண்ணோட்டத்தில், இந்தப் போட்டி விரும்பத்தகாததாக இருந்தது. இரண்டு நிறுவனங்கள் ஒரே பணியைச் செய்வது வளங்களை வீணாக்கும் வேலை என அரசு கருதியது. எனவே SCL சிப்களைத் தயாரிக்கும் பணியிலும் BEL அவற்றை அசெம்பிள் செய்யும் பணியிலும் ஈடுபடுத்தப்பட்டன. தைவானில் அரசாங்கத்தின் தலைமையிலான ERSO பல தனியார் நிறுவனங்களைக் களமிறக்கி வெற்றிகரமாகப் போட்டியை வளர்க்க முடியும். இந்தியாவின் அணுகுமுறை அரசாங்கத்தின் பணத்தை மிச்சப்படுத்தியிருக்கலாம் என்றாலும், அது அடிப்படையில் புதுமைக்கு இடம்தராத ஒரு கட்டமைப்பை நிலைநிறுத்தியது.

மூன்றாவதாக, சோவியத் ஒன்றியத்தைப் போலவே உள்நாட்டுத் தேவைகளில் மட்டுமே கவனம் செலுத்திய வர்த்தகமும் வணிகக் கொள்கைகளும் இந்தியாவிற்குக் கட்டுப்பாடி ஆகாமல்போயின. அந்நியச் செலாவணியையும் டாலர்களையும் நாட்டை விட்டு வெளியேறாமல் காப்பாற்றுவதே இந்தியப் பொருளாதாரக் கதையாடலின் பிரதான அம்சமாக இருந்தது. இதனால் கடுமையான இறக்குமதிக் கட்டுப்பாடுகளும் அதிகப்படியான இறக்குமதிக் கட்டணங்களும் விதிக்கப்பட்டன. அபரிமிதமான சுங்கக் கட்டணங்களைச் செலுத்திய பிறகும், பல்வேறு கருவிகள் அரசின் அனுமதிக்காகத்

துறைமுகங்களில் தேங்கியிருந்தன. இவற்றின் ஒட்டுமொத்த விளைவாக BEL, SCL ஆகிய நிறுவனங்களின் தயாரிப்புகளால் சர்வதேச அளவில் போட்டியிட முடியாமல்போனது. சுயசார்பை நாடிய அரசாங்கம், சிப்களை ஏற்றுமதி செய்வதில் ஆர்வமோ நம்பிக்கையோ கொண்டிருக்கவில்லை.

விண்வெளித் துறையில் நடப்பிலுள்ள கொள்கைகளைக் குறைக்கடத்தித் துறையில் அமல்படுத்த முடியாது என்பதை இந்த அனுபவங்கள் காட்டுகின்றன. ஆயினும், விண்வெளி, அணுசக்தி துறைகளில் பெற்றுள்ள வெற்றி உளவியல் ரீதியாக உத்வேகம் அளிக்கும் மகத்தான ஆற்றலாக உள்ளது. சரியான கொள்கைகள் இருந்தால் தொழில்நுட்பத் துறையில் இந்தியாவால் பாய்ச்சல்களை நிகழ்த்த முடியும் என்பதை இது நமக்கு நினைவூட்டுகிறது.

*பிரணய் கோடஸ்தனே தட்சசீலா இன்ஸ்டிடியூட்டின் துணை இயக்குநர்;
உயர் தொழில்நுட்பப் புவிசார் அரசியல் திட்டத்தின் தலைவர்.*

*அபிராம் மஞ்சி பாஸ்டன் பல்கலைக்கழகத்தில் டிஜிட்டல் தொழில்நுட்பத்தில் எம்.பி.ஏ.வு
ம் எம்.எஸ்.ஸும் படித்துவருகிறார்.*