# صنعت میکروالکترونیک در ایران و جهان

با نگاهی به جایگاه راهبردی آن، تاریخچه، اقدامات کشورها و تهدیدهای غفلت از این صنعت

# صنعت میکروالکترونیک در ایران و جهان

با نگاهی به جایگاه راهبردی آن، تاریخچه، اقدامات کشورها
و تهدیدهای غفلت از این صنعت


تهیه و تدوین | پژوهشکده سیاست‌گذاری دانشگاه صنعتی شریف

ناظر علمی | گروه پژوهشی زاویه

مدیر مطالعه | برنامه ملی میکروالکترونیک معاونت علمی، فناوری
و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست جمهوری

کلیدواژگان | میکروالکترونیک، نیمه‌هادی، ریزتراشه،
وضعیت‌شناسی راهبردی، فرصت و تهدید

تعداد کلمات | ۷۲۰۰



**محتوای انتشاریافته در این اثر،**
**لزوماً بیانگر دیدگاه مجموعه زاویه نیست.**

زاویه

نگاهی نو،
به حکمرانی فضای مجازی

www.zaviehmag.ir

# فهرست مطالب


۱) خلاصه مدیریتی ..... ۶

۲) آشنایی با میکروالکترونیک ..... ۱۰

۲-۱) تاریخچه صنعت میکروالکترونیک ..... ۱۰

۲-۲) زنجیره ارزش میکروالکترونیک ..... ۱۸

۳) تأثیر و جایگاه میکروالکترونیک در جهان ..... ۲۴

۳-۱) جنگ تراشه ..... ۲۴

۳-۲) تهدیدات و مخاطرات ناشی از ریزتراشه‌های وارداتی ..... ۲۶

۳-۳) تلاش کشورها برای خودکفایی در میکروالکترونیک ..... ۲۸

۳-۴) جدال چین و تایوان بر سر تراشه ..... ۳۰

۳-۵) هوش مصنوعی در گرو میکروالکترونیک ..... ۳۲

۴) اقدامات اخیر کشورهای پیشرفته برای توسعه میکروالکترونیک ..... ۳۶

۴-۱) آمریکا ..... ۳۶

۴-۲) چین ..... ۳۷

۴-۳) ژاپن ..... ۳۹

۴-۴) اروپا ..... ۴۰

۴-۵) تایوان ..... ۴۰

۴-۶) کره جنوبی ..... ۴۱

۵) اقدامات اخیر کشورهای منطقه و ایران برای توسعه صنعت میکروالکترونیک ..... ۴۲

۵-۱) ترکیه و قطر ..... ۴۲

۵-۲) امارات و عربستان ..... ۴۳

۵-۳) رژیم اشغالگر قدس ..... ۴۴

۵-۴) هند ..... ۴۴

۵-۵) جمهوری اسلامی ایران ..... ۴۶

۶) منابع و مآخذ ..... ۴۸

# ۱) خلاصه مدیریتی

در جهان امروز تولید انواع رایانه‌ها، تجهیزات مخابراتی، تلفن‌های همراه، خودروها، لوازم خانگی، سامانه‌های دفاعی، محصولات حوزه هوافضا و رباتیک به شکل فزاینده‌ای به ریزتراشه‌ها و به تعبیر دیگر صنعت میکروالکترونیک و نیمه‌هادی‌ها وابسته است. به همین دلیل نقش‌آفرینی در این صنعت برای بسیاری از کشورها از جمله ایران اهمیتی راهبردی دارد. کشورهای مختلف به‌خصوص کشورهای توسعه‌یافته و بزرگ مانند چین، ژاپن، آلمان، هلند و ایالات متحده در سالیان اخیر همواره با سرمایه‌گذاری‌های هنگفت دولتی به دنبال رشد و توسعه بومی این صنعت پایه و دسترسی به فناوری روز آن بوده‌اند. جنگ تراشه میان شرق و غرب و تحریم‌های متقابل چین و ایالات متحده در این خصوص موید این اهمیت است؛ در واقع میزان دسترسی پایدار به ریزتراشه‌های لبه فناوری و قابل‌اطمینان، تعیین‌کننده سطح صنعت هر کشور است و یکی از مهم‌ترین دلایل سرمایه‌گذاری‌های هنگفت کشورهای پیشرفته و حمایت‌های بسیار سخاوتمندانه‌شان از این صنعت نیز همین مسئله است.

در زمینه میکروالکترونیک، کشورمان طی دهه‌های گذشته تلاش‌هایی را از منظر سیاست‌گذاری، سرمایه‌گذاری، نهادسازی و ساخت نمونه با تولید آزمایشی برخی محصولات داشته است که می‌توان مجموعاً این تلاش‌ها را به لحاظ آموزشی و پژوهشی موفقیت‌آمیز؛ اما به لحاظ صنعتی و اقتصادی ضعیف دانست. یک نقطه ضعف برجسته سیاستی در این حوزه عدم حمایت از صنعت میکروالکترونیک در برنامه هفتم توسعه است که البته در برنامه‌های توسعه قبلی هم مسبوق به سابقه بوده است؛ این در حالی است که با توجه به اهمیت این صنعت، کشورهای دنیا از قبیل ایالات متحده، چین، آلمان و ژاپن یکی پس از دیگری در حال تصویب اسناد بالادستی ملی و با نگاه بومی‌سازی به دنبال چند برابر کردن سرمایه‌گذاری‌های میلیارد دلاری قبلی خود در این حوزه هستند.

این صنعت بزرگ و راهبردی در کشورمان همچنان در مرحله ابتدایی است و به توجه جدی برای نیل به خودکفایی تا حد امکان و لزوم، نیاز دارد. میکروالکترونیک برای ایران از سه منظر اقتصادی، اقتداری و تاب‌آوری حائز اهمیت است. از نظر اقتصادی با رشد صنعت میکروالکترونیک به دلیل نقش پایه آن در دیگر بخش‌ها و صنایع مختلف مانند خودروسازی و لوازم خانگی، رشد اقتصادی ایجاد می‌شود. از نظر اقتداری، مهم‌ترین بخش ادوات و تجهیزات نظامی و امنیتی پیشرفته را می‌توان ریزتراشه آن‌ها در نظر گرفت که اتفاقاً از نظر جاسوسی و خرابکاری نیز در اولویت دشمن است. از نظر تاب‌آوری صنایع که در زمان تحریم و در صنایع حساس مانند پتروشیمی اهمیت دو چندان پیدا می‌کند نیز نقش ریزتراشه پررنگ است. با توجه به مجموع این دلایل، نقش‌آفرینی و سرمایه‌گذاری در این صنعت برای کشور بزرگ ایران به عنوان کشوری مستقل و مقتدر و درحال‌توسعه به منظور شتاب حداکثری در توسعه اقتصادی، فناورانه و دفاعی اگر قبلاً یک نیاز بود امروز تبدیل به یک الزام شده است که در راستای نیل به تمدن‌سازی اسلامی گریزی از آن نیست و قطعاً اهمیت آن در آینده بیشتر نیز خواهد شد. با توجه به زمان‌بر بودن پیشرفت در این صنعت، هر زمان که سرمایه‌گذاری جدی (حداقل سالانه یک میلیارد دلار) و پایدار در این صنعت آغاز شود اولین ثمرات آن ۵ تا ۱۰ سال بعد حاصل خواهد شد و برای طی مسیر ۵۰ ساله کشورهای پیشرو در این صنعت و صاحب فناوری و خودکفا شدن حدود دو دهه تلاش مستمر نیاز است.

همان طور که در ابتدا بیان شد، برای داشتن صنعت پیشرفته در کشور، به ریزتراشه مناسب و برای دسترسی پایدار و قابل اعتماد به ریزتراشه، به کارخانه ریزتراشه نیاز است. مهم‌ترین گروه محصول در این صنعت از نظر اقتداری، اقتصادی و تاب‌آوری، ریزتراشه‌های سیلیکانی هستند که نیاز کشور به آن‌ها حیاتی است؛ اما در کشورمان تقریباً هیچ اقدامی برای تولید آن‌ها نشده است و ۱۰۰ درصد این محصول وارداتی است. در این شرایط اضطراری و پس از سال‌ها غفلت مسئولان در این

زمینه، مؤثرترین اقدام احداث کارخانه ریزتراشه سیلیکانی و تقویت و بومی‌سازی بخش‌های کلیدی‌تر زنجیره ارزش و سپس اطمینان از تأمین مالی پایدار در بازه ده ساله به منظور پایداری و تثبیت صنعت ریزتراشه در ایران است. البته مطابق با تجارب دنیا، این تأمین مالی پایدار و قابل توجه دولتی بایستی توأم با طرح توجیهی اقتصادی و برنامه استقلال طرح از بودجه دولتی باشد. این گزارش اولین شماره از مجموعه گزارش‌هایی است که به صورت منظم جهت آشنایی سیاست‌گذاران و مدیران کشور با این صنعت حیاتی منتشر می‌گردد. در این گزارش ضمن معرفی این صنعت و تاریخچه آن، بر ضرورت و اهمیت آن از منظرهای راهبردی-اقتداری، اقتصادی و تاب‌آوری صنایع برای کشور تمرکز خواهد شد و در این رهگذر اشاراتی به جنگ ریزتراشه میان قدرت‌های سیاسی کنونی جهان و اقدامات اخیر کشورهای پیشرفته، درحال‌توسعه و نیز منطقه خاورمیانه خواهیم داشت.

یادآوری این نکته برای تمام تصمیم‌گیرندگان کشور ضروری است که:

**هیچ قدرت مستقل بین‌المللی بدون توان تولید ریزتراشه‌های سیلیکانی وجود ندارد و نمی‌تواند وجود داشته باشد؛ ناتوانی در تولید این ریزتراشه‌ها یک وابستگی حیاتی و به شدت خطرناک برای هر کشور است.**

# ۲) آشنایی با میکروالکترونیک

## ۲-۱) تاریخچه صنعت میکروالکترونیک

### آلمان نازی و آمریکا (۱۹۲۸-۱۹۷۰)

با اختراع و توسعه ترانزیستور در امپراطوری پروس[۱] و آلمان نازی و سپس انتقال دانش آن به ایالات متحده آمریکا پس از جنگ جهانی دوم گام ابتدایی صنعت میکروالکترونیک برداشته شد. اهمیت این دانش ابتدا توسط مدیران آمریکایی درک نشد و آن را به ژاپن فروختند؛ اما با موفقیت‌هایی که شرکت ژاپنی سونی[۲] به دست آورد، دوباره این صنعت را به داخل کشور آمریکا بازگرداندند. دولت آمریکا فیزیک‌دان برجسته‌ای به نام ویلیام شاکلی[۳] را مأمور توسعه ترانزیستور در

۱. Prussia
۲. Sony
۳. William Bradford Shockley Jr

آزمایشگاه بل[۱] نمود. شاکلی و گروه تحقیقاتی او به نتایج موفقیت‌آمیزی دست پیدا کردند که نوبل فیزیک سال ۱۹۵۶ را برای او و جان باردین[۲] و والتر برتن[۳] به همراه داشت. سپس برخی از محققان و متخصصان این گروه از آزمایشگاه جدا شدند و شرکت فرچایلد[۴] را تأسیس نمودند. اولین مشتریان این شرکت سازمان ناسا و نیروی هوایی ارتش ایالات متحده آمریکا بودند. ناسا برای سامانه هدایت سفینه آپولو که قرار بود به ماه سفر کند، به ریزتراشه نیاز داشت و نیروی هوایی آمریکا نیز از ریزتراشه برای هدایت موشک بالستیک قاره‌پیمای مینتمن ۲ استفاده کرد. با تزریق حجم زیادی از پول توسط صنعت هوافضای آمریکا به شرکت فرچایلد، صنعت میکروالکترونیک و تولید ریزتراشه در آمریکا به بلوغ رسید و شاید بتوان گفت امروزه مهم‌ترین صنعت این کشور است. بدون زیرساخت‌هایی که از ریزتراشه‌های سیلیکانی ساخته شده‌اند، آمریکا بر اینترنت تسلط نخواهد داشت؛ بدون دسترسی به بهترین ریزتراشه‌های سیلیکانی، شرکت اپل این سهم را از بازار تلفن همراه نداشت؛ این دسترسی به بهترین ریزتراشه‌های هوش مصنوعی است که چت جی پی تی را به بهترین هوش مصنوعی (مدل زبانی) تبدیل کرده است؛ بدون دسترسی به ریزتراشه‌های سیلیکانی، آمریکا صاحب پیشرفته‌ترین جنگنده‌ها نبود؛ بدون دسترسی به ریزتراشه‌های سیلیکانی، گوگل قوی‌ترین موتور جستجو نبود و بسیاری از موارد مشابه دیگری که ریزتراشه باعث ایجاد پیشرفت‌های چشمگیر برای شرکت‌های آمریکایی و صنایع این کشور شده است.

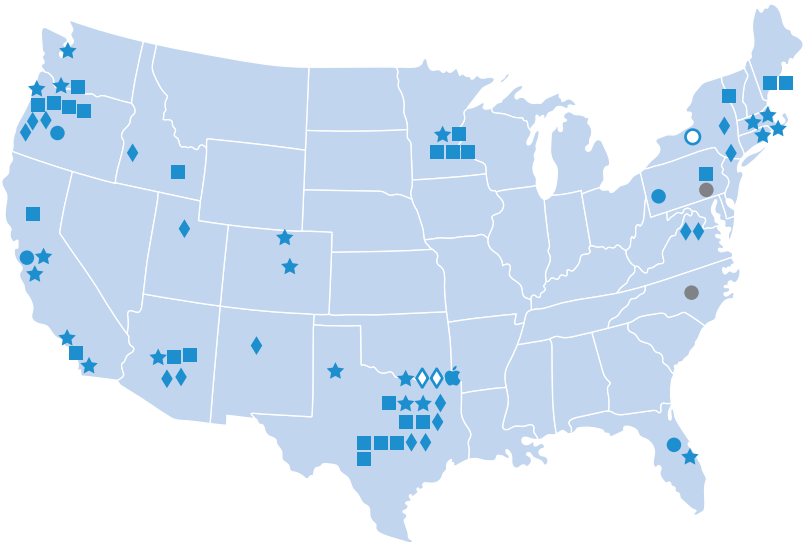
۱. Bell Labs
۲. John Bardeen
۳. Walter Brattain
۴. Fairchild

اندازه قطر ویفر مورد استفاده توسط کارخانه ساخت تراشه
- 50 mm
- 100 mm
- 150 mm
- 200 mm
- 300 mm

اندازه قطر ویفر نامشخص

اندازه قطر ویفر تولید شده توسط کارخانه تولید ویفر سیلیکانی — 300 mm

کارخانه ساخت تراشه برای فناوری تشخیص چهره شرکت اپل

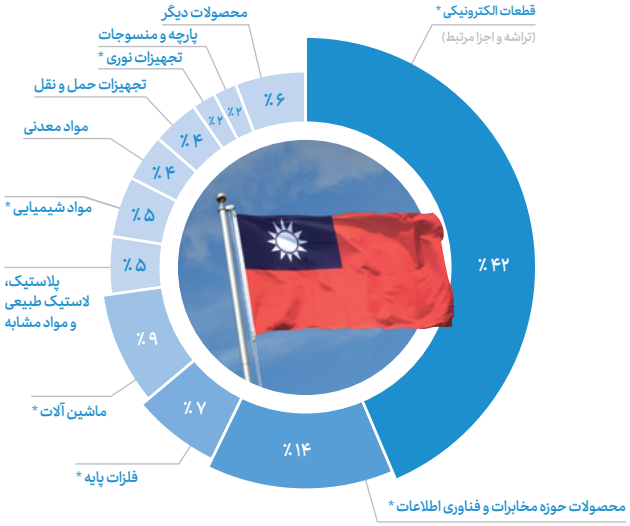


**شکل ۱) نقشه کارخانه‌های ساخت تراشه در آمریکا تا سال ۲۰۲۲**

## تایوان (۱۹۷۰-۱۹۷۷)

دولت آمریکا به دلایل مختلفی از جمله آلودگی‌های زیست‌محیطی، بهداشتی و تلاش برای استفاده از نیروی کار ارزان و سود اقتصادی بیشتر، تصمیم به برون‌سپاری بخشی از زنجیره ارزش صنعت میکروالکترونیک که اهمیت راهبردی کمتری دارد، مانند بخش بسته‌بندی[۱] گرفت. آمریکا گزینه‌هایی مانند هند، هنگ‌کنگ، تایوان، سنگاپور و مالزی را برای تعیین کشور مقصد در نظر داشت. مشکلات ساختار حکومتی و دولتی هند بسیار زیاد بود و باعث حذف از گزینه‌های برونسپاری ایالات متحده شد. همچنین با توجه به الحاق هنگ‌کنگ به چین، سرمایه‌گذاری خارجی در صنایع پیشرفته این کشور کاهش یافت و از گزینه‌ها کنار رفت. مالزی نیز به دلیل مسلمان بودن و سنگاپور به دلیل کمبود زمین کنار گذاشته شدند. مجموع این دلایل باعث شد در نهایت تایوان به عنوان گزینه مناسب توسط دولت آمریکا انتخاب شود. امروزه TSMC [۲] بزرگ‌ترین تولیدکننده ریزتراشه در دنیا، در تایوان قرار دارد و صنعت میکروالکترونیک بزرگ‌ترین صنعت این جزیره است (شکل شماره ۲)[۳].

۱. Packaging
۲. Taiwan Semiconductor Manufacturing Company
۳. www.taiwantoday.tw/news.php?unit=6&post=9508



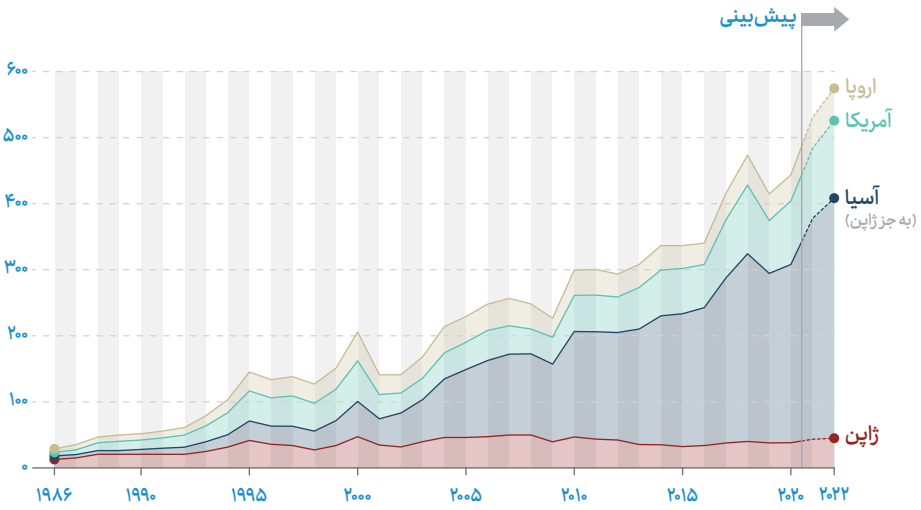

* قسمت های ستاره دار، به طور مستقیم با تراشه در ارتباط هستند و توسعه آن ها مرهون پیشرفت صنعت تراشه در تایوان بوده است.

**شکل ۲)** صادرات تایوان در چهارماهه نخست سال ۲۰۲۳: ۴۲ درصد از کل صادرات مربوط به اجزای الکترونیکی است که عمده آن ریزتراشه می‌باشد.

## ژاپن (۱۹۷۷-۱۹۹۲)

ژاپنی‌ها که از ابتدا در توسعه ترانزیستور نقش داشتند و اهمیت میکروالکترونیک را درک کرده بودند و همچنین با توجه به تمرکز بخشی از زنجیره ارزش صنعت ریزتراشه در شرق آسیا، سرمایه‌گذاری برای پیشرفت این صنعت را طی این سالیان ادامه دادند. صنعت ریزتراشه در ژاپن به مرحله‌ای از شکوفایی رسید که باعث شد در سال‌های واپسین دهه هشتاد میلادی، سهم این کشور از تولید ریزتراشه جهانی به بیش از ۵۰ درصد برسد و شرکت‌های ژاپنی مانند فوجیتسو[۱]، هیتاچی[۲]، میتسوبیشی[۳] و توشیبا[۴] دوران طلایی خود را سپری کنند. این نشان از تأثیر عمیق صنعت ریزتراشه بر شرایط اقتصادی کشورها و شرکت‌ها، به‌خصوص تولیدکنندگان سامانه‌های الکترونیکی است. ژاپن در تولید انواع ریزتراشه به‌خصوص ریزتراشه‌های حافظه[۵] از توانایی بالایی برخوردار بود. برای نمونه توشیبا اولین شرکتی بود که ریزتراشه‌های حافظه NAND [۶] را به دنیا معرفی کرد. این دوران طلایی پایدار نبود و ژاپن بخش بزرگی از قدرت خود در این صنعت را از دست داد. این سقوط را می‌توان نتیجه سیاست‌های انحصارطلبانه دولت آمریکا در حمایت از صنایع آمریکایی دانست؛ دولت آمریکا در اوایل دهه نود میلادی از سوی ژاپنی‌ها احساس خطر کرد و بنابراین محدودیت‌هایی را برای تجارت در صنعت ریزتراشه با ژاپن وضع کرد و به سمت همکاری با تایوان و کره جنوبی متمایل شد. نتیجه این چرخش موضع، فاصله ده ساله صنعت ریزتراشه ژاپن با پیشرفته‌ترین فناوری فعلی ریزتراشه (سه نانومتر) در دنیا است (شکل شماره ۳)[۷].

۱. Fujitsu
۲. Hitachi
۳. Mitsubishi
۴. Toshiba
۵. Memory chips
۶. Not AND (نوعی فناوری ذخیره‌سازی غیر فرّار که برای نگهداری داده‌ها نیازی به برق ندارد)
۷. www.csis.org/analysis/japan-seeks-revitalize-its-semiconductor-industry




**شکل ۳)** کاهش قابل توجه سهم ژاپن از بازار فروش ریزتراشه در سه دهه اخیر

## کره جنوبی (۱۹۹۲-۲۰۰۱)

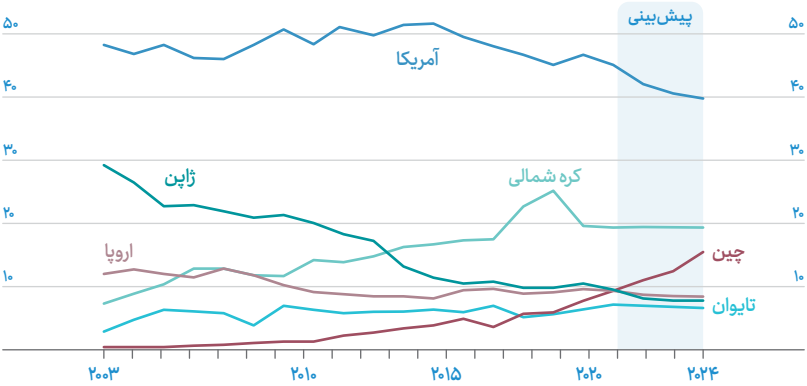
همزمان با افول ژاپن، کره جنوبی در کنار تایوان با توجه به انتقال فناوری از ایالات متحده به این کشور توانست رشد چشمگیری را در صنعت ریزتراشه تجربه کند. سامسونگ[۱]، غول فناوری این کشور، در حال حاضر از بزرگ‌ترین طراحان و تولیدکنندگان ریزتراشه است و کارخانه‌های ساخت ریزتراشه بسیاری در کره جنوبی و آمریکا احداث کرده است.

۱. Samsung

## چین (۲۰۰۱-۲۰۲۳)

در سه دهه اخیر کشور چین از نظر اقتصادی و صنعتی رشد بی‌سابقه‌ای داشته که صنعت میکروالکترونیک نیز از این قاعده مستثنی نیست. دولت چین با توجه به اهمیت میکروالکترونیک در صنایع مختلف سرمایه‌گذاری بسیار زیادی را در این زمینه انجام داد و در طی بیست سال چین را به صف اول تولیدکنندگان و طراحان ریزتراشه رساند. شرکت چینی SMIC [۱] که در سال ۲۰۰۰ میلادی تأسیس شد و از سال ۲۰۰۸ به طور جدی توسط دولت چین حمایت می‌شود، اکنون ریزتراشه‌هایی با فناوری روز دنیا تولید می‌کند که در پیشرفته‌ترین تلفن‌های همراه شرکت هوآوی به کار برده می‌شوند. چین بزرگ‌ترین تولیدکننده انواع سامانه‌های الکترونیکی است و به همین دلیل حدود ۵۰ درصد از ریزتراشه‌های جهان را مصرف می‌کند؛ اما حدود ۲۰ درصد از ریزتراشه‌های جهانی را تولید می‌کند و بقیه از طریق واردات تأمین می‌شوند (نمودار زیر)[۲]. چین در حال حاضر ۳ سال از فناوری روز ریزتراشه در تایوان عقب‌تر است. چین همچنان برای دسترسی به برخی مواد اولیه و تجهیزات به شرکت‌های غربی نیاز دارد و از انحصارات آن‌ها ضربه می‌خورد. چینی‌ها در دیگر بخش‌های زنجیره مانند شرکت‌های طراحی، نرم‌افزارهای پیشرفته تولید، بسته‌بندی ریزتراشه و تولید مواد اولیه لازم برای ساخت ریزتراشه نیز سرمایه‌گذاری و تلاش زیادی انجام داده‌اند تا وابستگی خود به دیگر کشورها به‌خصوص ایالات متحده را به حداقل میزان ممکن برسانند. برای چین مقرون‌به‌صرفه خواهد بود که تنها نباشد و به جای بومی‌سازی، شرقی‌سازی (تعدیل هژمونی آمریکا) را در صنعت میکروالکترونیک دنبال کند.

۱. Semiconductor Manufacturing International Corporation
۲. www.statista.com/topics/8683/semiconductors-in-china/#topicOverview




**شکل ۴)** رشد چشمگیر سهم چین از بازار نیمه‌هادی در دو دهه اخیر

## ۲-۲) زنجیره‌ارزش میکروالکترونیک

نیمه‌هادی‌ها اجزای حیاتی سازنده‌ی دنیای مدرن ما هستند، به همین دلیل پرداختن به زنجیره‌ی ارزش صنعت نیمه‌هادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. می‌دانیم زنجیره‌ی ارزش یک صنعت مجموعه‌ای از فرایندها را توصیف می‌کند که به منظور تبدیل ورودی‌های اقتصادی به خروجی‌های مدنظر در آن صنعت انجام می‌شوند. زنجیره‌ی ارزش صنعت نیمه‌هادی بسیار پیچیده است. برخی شرکت‌های فعال در این زنجیره نقش‌های متنوعی را ایفا می‌کنند و برخی دیگر بسیار تخصصی هستند؛ اما هیچ شرکت و حتی هیچ کشور واحدی به تنهایی قادر به ایفای تمام نقش‌های مورد نیاز برای تولید نیمه‌هادی‌ها نیست.

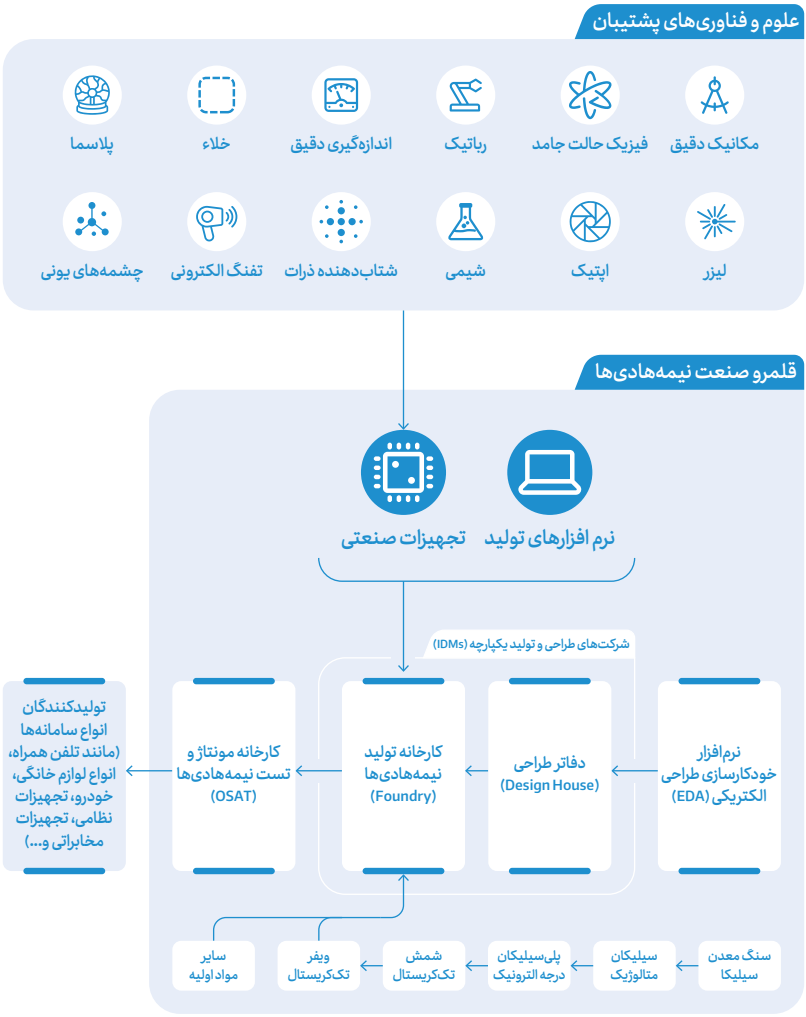
امروزه فرآیند ساخت نیمه‌هادی‌ها عموماً با طراحی مدارها در دفاتر طراحی[۱] آغاز می‌شود. به دفاتر طراحی اصطلاحاً «فب‌لس»[۲] نیز گفته می‌شود. در این مرحله،

۱. Design House
۲. Fabless

طرحی از معماری یک تراشه به منظور بهینه‌سازی پارامترهای خاص از جمله هزینه، مصرف انرژی و ظرفیت بر اساس نیازهای تراشه موردنظر ترسیم می‌شود. از آنجایی که در هر تراشه میلیاردها ترانزیستور وجود دارد، برای طراحی تراشه‌ها از نرم‌افزارهای خودکارسازی طراحی الکترونیکی (EDA)[۱] استفاده می‌شود که به کمک آن‌ها برهم‌کنش‌های اجزای یک تراشه مدیریت می‌شود. طراحی تراشه‌ها به صورت بلوک‌بلوک انجام می‌شود. هر شرکتی که یکی از این بلوک‌ها را طراحی کند می‌تواند مالکیت معنوی (IP)[۲] آن را به دست آورده و به سایر شرکت‌ها بفروشد.

پس از اتمام مرحله‌ی ابتدایی، طرح آماده‌شده تراشه برای کارخانه‌ی تولید نیمه‌هادی‌ها[۳] ارسال می‌شود که به آن اصطلاحاً «فب» نیز گفته می‌شود. این نوع کارخانه‌ها با استفاده از تعداد بسیار زیاد و متنوعی از تجهیزات صنعتی و مواد شیمیایی تراشه‌ها را با لایه‌نشانی قطعات مختلفی همچون ترانزیستورها، خازن‌ها، مقاومت‌ها و غیره روی ویفر، تولید می‌کنند. انجام این کار مستلزم کنترل گسترده و دقیقی بر روی فرآیند تولید با استفاده از نرم‌افزارهای تولید و تجهیزات بسیار پیشرفته و حساس است. فرآیندهای تولیدی انجام‌شده در این کارخانه‌ها به دو دسته‌ی مرحله‌ی پیشین خط (FEOL)[۴] و مرحله‌ی پسین خط (BEOL)[۵] تقسیم می‌شوند. مرحله‌ی پیشین خط (FEOL) قسمت ابتدایی تولید است که ایجاد زیرساخت و لایه‌نشانی اجزا بر روی ویفر انجام می‌شود؛ سپس در مرحله‌ی پسین خط (BEOL) اتصالات فلزی بین اجزای مختلف مدار برقرار می‌شود.

۱. Electronic design automation
۲. Intellectual Property
۳. Foundry or Fab
۴. Front-end of Line
۵. Back-end of Line




**شکل ۵)** زنجیره ارزش میکروالکترونیک (منبع: پژوهشکده سیاست‌گذاری دانشگاه صنعتی شریف)

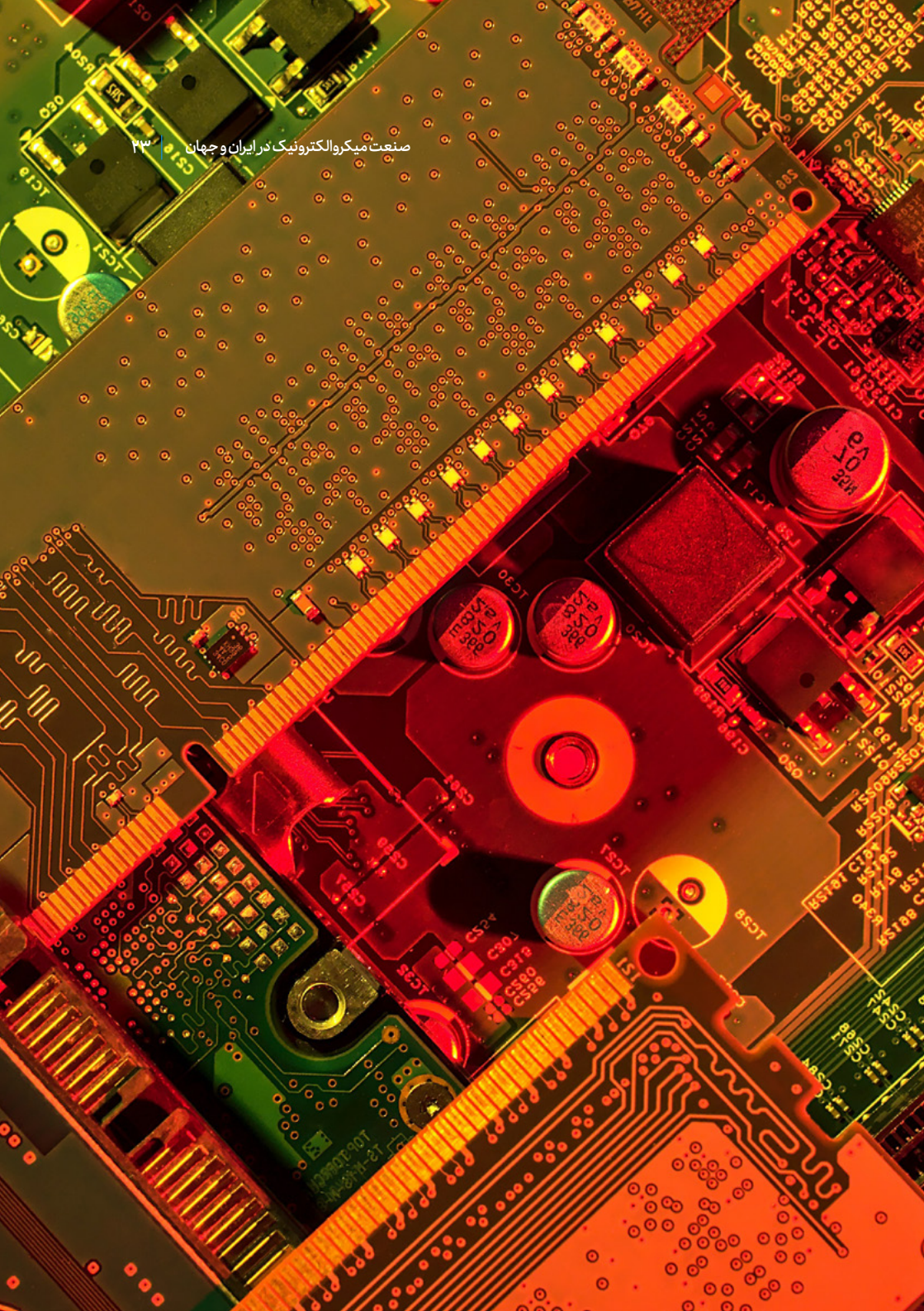
به منظور انجام تولید در کارخانه‌های تولید نیمه‌هادی‌ها، تعداد زیادی تجهیزات صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ساخت این تجهیزات و استفاده از آنان در خط تولید، نیازمند طیف وسیعی از علوم و فناوری‌های پشتیبان همچون مکانیک دقیق، فیزیک حالت جامد، رباتیک، اندازه‌گیری الکتریکی، خلأ، پلاسما و غیره است. کارخانه‌های تولید نیمه‌هادی‌ها همچنین برای فعالیت خود، نزدیک به ۴۰۰ نوع ماده‌ی اولیه نیاز دارند. تقریباً تمام عناصر موجود در جدول مندلیف (به جز عناصر پرتوزا) در فرآیند تولید نیمه‌هادی‌ها استفاده می‌شوند. یکی از مواد اولیه‌ی مهم، ویفر سیلیکانی است. برای تولید ویفر سیلیکانی ابتدا سنگ معدن سیلیکا استخراج می‌شود، سپس سیلیکان درجه متالورژیک تولید شده و از آن سیلیکان درجه الکترونیک به دست می‌آید. در نهایت شمش تک‌کریستال تولید می‌شود که ویفر سیلیکانی با استفاده از آن ساخته می‌شود.

در گذشته شرکت‌هایی همچون اینتل[۱] و فیرچایلد[۲] هم کار طراحی ریزتراشه‌ها را انجام می‌دادند و هم آن‌ها را می‌ساختند و در نهایت آن‌ها را می‌فروختند. به این شرکت‌ها، شرکت‌های طراحی و تولید یکپارچه (IDM)[۳] گفته می‌شد. به تدریج در طول زمان شرکت‌های فب‌لس و فب پدید آمدند که تنها به طراحی یا ساخت ریزتراشه‌ها می‌پرداختند و نوعی تقسیم کار در طول زنجیره شکل گرفت.

حلقه‌ی دیگر زنجیره‌ی ارزش نیمه‌هادی‌ها، کارخانه‌های مونتاژ و تست نیمه‌هادی‌ها (OSAT)[۴] هستند که ریزتراشه‌های تولیدشده بر ویفر در کارخانه‌های تولید نیمه‌هادی‌ها را تحویل گرفته، تست می‌کنند و آن‌هایی که سالم هستند را به شکل‌های مختلف بسته‌بندی می‌کنند. در نهایت تراشه‌های آماده‌شده در انواع

۱. Intel
۲. Fairchild
۳. Integrated device manufacturer
۴. Outsourced Semiconductor Assembly and Test

سامانه‌ها همچون تلفن‌های همراه، لوازم خانگی، خودرو، تجهیزات نظامی و... استفاده می‌شوند. در حقیقت تولیدکنندگان سامانه‌ها، مشتریان ریزتراشه‌ها هستند.



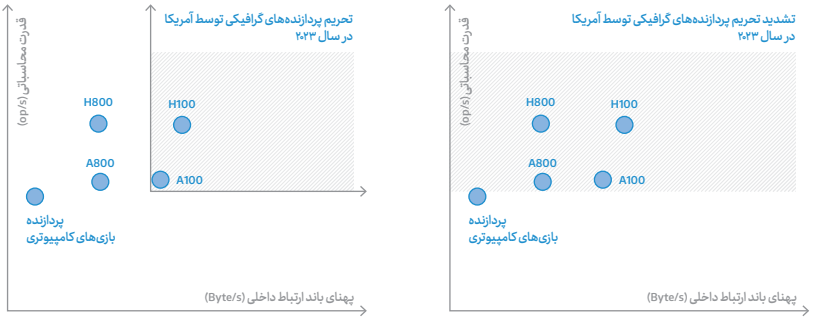
# ۳) تأثیر و جایگاه میکروالکترونیک در جهان

## ۳-۱) جنگ تراشه

با توجه به پیشرفت روزافزون چین در تولید ریزتراشه، ایالات متحده انحصار و قدرت خود در این صنعت را تهدید شده می‌بیند و همانند اوایل دهه نود میلادی که صنعت میکروالکترونیک ژاپن را با وضع محدودیت‌های تجاری زمین‌گیر کرد به دنبال جلوگیری از توسعه بیشتر چینی‌ها درمیکروالکترونیک با استفاده از اهرم تحریم است. اگر آمریکا مانع از استقلال کامل چین در تولید ریزتراشه شود، گلوگاه تمامی صنایع چین را در اختیار می‌گیرد و به تبع آن قادر به تسلط بر چین و در صورت لزوم مهار آن کشور خواهد بود. دولت آمریکا در ۷ اکتبر سال ۲۰۲۲ قانون محدودیت صادرات انواع ریزتراشه‌های با فناوری بالا و تجهیزات پیشرفته به چین[۱] را تصویب کرد و حدوداً یکسال بعد در تاریخ ۱۷ اکتبر ۲۰۲۳ با اعمال تغییراتی در قانون فوق، فشار

۱. Export Controls on Advanced Computing and Semiconductors to China

این تحریم را بیشتر نیز کرده است. از جمله تمرکز این تشدید تحریم‌ها در زمینه گسترش پهنای باند پردازنده‌های گرافیکی تحت تحریم بوده است (نمودار زیر). چند روز قبل از تصویب این قانون در ۴ اکتبر سال ۲۰۲۲، کتابی با نام «جنگ تراشه: جنگی برای حیاتی‌ترین فناوری دنیا» نوشته کریس میلر، مورخ اقتصادی، منتشر شد که در آن به اهمیت صنعت میکروالکترونیک در دنیای فعلی و اینکه چگونه ایالات متحده در توسعه و تولید ریزتراشه برتری پیدا کرد و این فناوری را در سامانه‌های نظامی خود گنجاند پرداخته شده است. او به نقش این فناوری در شکست اتحاد جماهیر شوروی توسط آمریکا در جنگ سرد اشاره می‌کند. همچنین به آسیب‌پذیری چین در صورت وابسته ماندن به واردات ریزتراشه از آمریکا اشاره شده است.[۱] بنابراین جنگ تراشه یا جنگ سرد فناوری هم اکنون میان آمریکا و چین در جریان است و پیروزی در این جنگ تعیین‌کننده «ابر قدرت اول جهان» خواهد بود. کشوری که صنعت ریزتراشه را در اختیار خود داشته باشد، مسلط بر دیگران خواهد بود و بر عکس کشوری که برای تأمین ریزتراشه به دیگری وابسته است، برای بقای خود مجبور است تحت سلطه قرار گیرد.




**شکل ۶) تشدید تحریم چین توسط آمریکا در زمینه پردازنده‌های گرافیکی (منبع: Semianalysis)**

۱. Miller، C.، 2022. Chip War: The Fight for the World's Most Critical Technology. Scribner.

## ۳-۲) تهدیدات و مخاطرات ناشی از ریزتراشه‌های وارداتی

هنگام خرید لوازم الکترونیکی، مصرف‌کنندگان به ندرت به امنیت ریزتراشه‌های موجود در دستگاه‌ها فکر می‌کنند اما واقعیت این است که ریزتراشه‌ها اولین گزینه برای سوءاستفاده و مناسب‌ترین نقطه برای فعالیت‌های جاسوسی و خرابکارانه در یک سامانه دیجیتال هستند.

در حالی که جهانی‌سازی با بهره‌برداری از نیروی کار ارزان قیمت و با افزایش تیراژ تولید، هزینه‌های صنعت را کاهش داده است، به طور همزمان تهدیدات جدی را نیز موجب شده است که متأسفانه در اکثر قریب به اتفاق موارد تشخیص این تهدیدات توسط سازندگان سامانه‌های الکترونیکی یا مشتریان نهایی غیر عملی است.[۱] این تهدیدات عبارتند از:

**«دشمن از طریق تمامی مسیرهای ذیل طی حدود دو دهه گذشته آسیب‌های جدی به فعالیت‌های راهبردی جمهوری اسلامی ایران وارد آورده است»**

- قطع زنجیره تأمین: که ممکن است به صورت تحریم یا در اثر درگیری‌های نظامی یا شیوع بیماری‌ها رخ دهد.
- تعبیه بدافزارهای سخت‌افزاری داخل ریزتراشه: این بدافزارها ممکن است به عملکرد به شدت مخرب سامانه‌ای که ریزتراشه در آن به کار رفته در مواقع خاص و طبق طراحی سازنده بدافزار منجر شوند.
- ارائه ریزتراشه‌های تقلبی: این ریزتراشه‌ها معمولاً ظاهری کاملاً شبیه به ریزتراشه اصلی دارند ولی در یک شرکت دیگر (معمولاً ارزان‌تر) ساخته شده و به منظور سواستفاده، نام و عنوان تجاری شرکت معتبرتر روی آن‌ها حک

۱. www.incyber.org/en/supply-chain-risks-backdoors-electronic-chips-circuits/

شده است. گاهی نیز ریزتراشه‌هایی هستند که در همان شرکت اصلی ساخته شده‌اند؛ اما در آزمون‌های کنترل کیفی مردود شده‌اند. این‌ها ممکن است فاقد عملکرد الکترونیکی باشند و یا عملکرد مورد نظر را در سطحی پایین‌تر یا با مشخصاتی خارج از بازه مورد تأیید داشته باشند. گاهی با انجام آزمون‌های الکتریکی می‌توان به نامناسب بودن چنین ریزتراشه‌ای پی برد؛ اما گاهی پی بردن به تقلبی بودن ریزتراشه در آزمون‌های متداول غیر ممکن است.

- جاسازی یک ریزتراشه: در هنگام مونتاژ یک بورد مدارچاپی یا بسته‌بندی یک ریزتراشه می‌توان با جاسازی یک ریزتراشه عملکرد سامانه الکترونیکی را تحت تأثیر قرارداده و اقدام به سرقت داده یا خرابکاری کرد. این نوع حمله موضوع یک مقاله‌ی جنجالی و معروف بلومبرگ با عنوان «هک بزرگ: چگونه چین از یک ریزتراشه کوچک برای نفوذ به شرکت‌های آمریکایی استفاده کرد». در سال ۲۰۱۸ میلادی بود که ادعا می‌کرد جاسوسان چینی حفره‌های امنیتی را در مادربردهای مورد استفاده برخی از مشتریان برجسته از جمله وزارت دفاع ایالات متحده، اپل و آمازون کار گذاشته بودند. البته تمامی این شرکت‌ها، ادعای بلومبرگ را قویاً تکذیب کردند.[۱]

مجموعه این عوامل به اضافه امکان نصب بدافزارهای نرم‌افزاری روی سامانه‌های الکترونیکی، موجب شده است که تجهیزات الکترونیکی مهم‌ترین نقطه ضعف امنیتی برای کشورها و نقطه تمرکز جنگ‌های اطلاعاتی باشند. در این خصوص اصل معروفی وجود دارد که می‌گوید: «اعتماد از سیلیکان شروع می‌شود»، یعنی ریزتراشه‌های سیلیکانی ریشه امنیت هستند که حفاظت‌های نرم‌افزاری بر پایه آن اجرا می‌شوند و سامانه‌های امن را نمی‌توان بر اساس سخت‌افزار آسیب‌دیده طراحی کرد.[۲]

۱. www.bloomberg.com/news/features/2018-10-04/the-big-hack-how-china-used-a-tiny-chip-to-infiltrate-america-s-top-companies

۲. www.semiengineering.com/chip-backdoors-assessing-the-threat/

با توجه به شرایط جغرافیایی و رویکرد استکبارستیزی و حق‌طلبی که ایران را در برابر دولت‌های غربی به خصوص ایالات متحده قرار داده، نیاز است که ریزتراشه‌های بومی که از نظر امنیتی بررسی شده باشند در سامانه‌های حساس کشور استفاده شوند. مسئله‌ای که متأسفانه توجه لازم از سمت مسئولان مربوطه به آن نمی‌شود و ریزتراشه‌های تجاری و با منشا نامشخص که از بازارهای بین‌المللی تهیه شده همچنان در برخی امور راهبردی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

## ۳-۳) تلاش کشورها برای خودکفایی در میکروالکترونیک

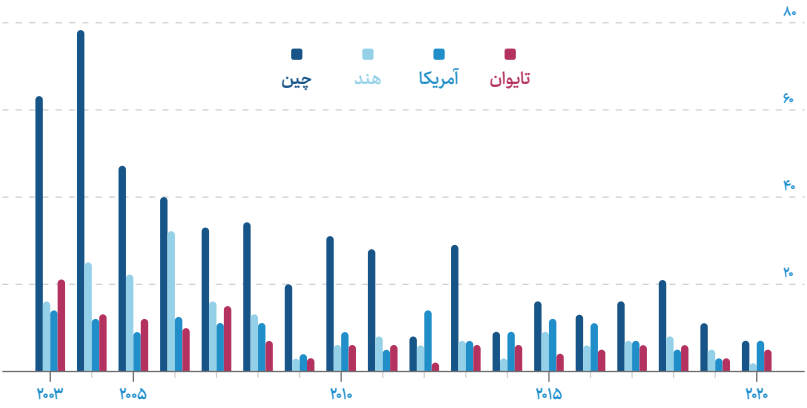
فناوری پیچیده، هزینه بالا، دشواری تأمین مواد اولیه، نیاز به نیروی انسانی متخصص و برخی مشکلات زیست‌محیطی باعث شد زنجیره ارزش صنعت میکروالکترونیک به مرور در چند کشور پراکنده باشد و به نوعی یک تقسیم کار در طول زنجیره شکل گیرد. به عنوان مثال برای یک ریزتراشه فرضی، طراحی ریزتراشه در کشور آمریکا صورت می‌گرفت و سپس طرح اولیه به کارخانه‌ای در تایوان ارسال می‌شد. برخی از مواد اولیه برای تولید ریزتراشه در این کارخانه توسط چین و ماشین آلات کارخانه نیز توسط شرکت‌هایی در ژاپن و آمریکا تامین می‌گردید. سپس ریزتراشه ساخته شده برای تست و بسته بندی به چین منتقل و در نهایت به مصرف‌کننده تحویل داده می‌شد. البته در این مثال ساده‌سازی زیادی صورت گرفته است. زنجیره ارزش میکروالکترونیک توزیع جغرافیایی بسیار بیشتری دارد و در بهترین حالت حداقل ۱۵ کشور در تولید یک ریزتراشه دخیل هستند.

تشدید جنگ تراشه بین آمریکا و چین، وضع تحریم‌های گسترده توسط آمریکا بر تجارت ریزتراشه بین دو کشور را در پی داشت. همچنین در دوران شیوع ویروس کرونا، جهان با کمبود ریزتراشه رو به رو شد و کارخانه‌های تولید ریزتراشه نتوانستند نیاز مصرف‌کنندگان را برطرف کنند. کمبود ریزتراشه در دوران کرونا، صنایع مختلف را در سراسر جهان تحت تأثیر قرار داد و باعث ایجاد تأخیر قابل توجه در تولید

محصولات شرکت‌ها شد. این مسئله بر صنایع کشورمان نیز تأثیر جدی داشت. دو موضوع فوق در کنار مسائلی همچون مخاطرات امنیتی و سرقت داده‌های طراحی ریزتراشه (که مالکیت معنوی کشورها و شرکت‌ها را خدشه‌دار می‌کرد) باعث شد پس از پایان ویروس کرونا در جهان، کشورهای مختلف با تغییر رویکردی تاریخی، به سمت تمرکز زنجیره ارزش صنعت ریزتراشه در داخل مرزهای خودشان متمایل شوند. ایالات متحده شروع به ساخت کارخانه‌های ساخت ریزتراشه بسیاری در آریزونا و تگزاس نموده است. همچنین کشورهای اروپایی مانند آلمان، ایتالیا، فرانسه، فنلاند، اسپانیا و انگلستان نیز در تلاش برای ایجاد کارخانه‌های ساخت ریزتراشه با فناوری جدید در خاک اروپا هستند. چین نیز برای مقابله با تهدیدهای دولت آمریکا در این صنعت، سرمایه‌گذاری زیادی را برای توسعه بخش‌های مختلف زنجیره در کشورش از سال‌ها قبل شروع کرده بود و بنظر می‌رسد در سال ۲۰۲۵ تقریبا تمام بخش‌های زنجیره ارزش صنعت میکروالکترونیک را به صورت بومی و در داخل خاک چین در اختیار داشته باشد. ژاپن نیز با حمایت شرکت‌های بزرگ خود مانند سونی و توشیبا، به دنبال ساخت کارخانه ریزتراشه با فناوری پیشرفته نسل بعدی (۲ نانومتر) و تولید انبوه آن تا سال ۲۰۲۷ می‌باشد.[۱]

این تمرکز و ناحیه‌ای شدن صنعت ریزتراشه (نمودار زیر) می‌تواند در آینده برای دیگر کشورها خطرناک و موجب وابستگی آن‌ها در فناوری‌های نوین و صنایع حساس به کشورهای پیشرو در تولید ریزتراشه گردد. موضوعی که اهمیت خودکفایی و استقلال در این صنعت را بیش از پیش نمایان می‌کند.

۱. www.bits-chips.nl/artikel/japans-rapidus-joins-imec-for-2nm-development/
www.bits-chips.nl/artikel/imec-helps-japan-develop-leading-edge-chips/




شکل ۷) کاهش شدید سرمایه‌گذاری خارجی در صنعت نیمه‌هادی در دو دهه اخیر

## ۳-۴) جدال چین و تایوان بر سر تراشه

واژه سپر سیلیکانی[۱] به معنای امروزی ابتدا توسط کریگ ادیسون در کتابی به همین نام و در سال ۲۰۰۱ مطرح شد. در این کتاب به نقش بازدارنده وابستگی شدید چین، آمریکا و دیگر کشورها به ریزتراشه‌های تولید شده در تایوان و در شرکت TSMC در برابر رویارویی چین و آمریکا در این جزیره پرداخته شده است. در واقع وجود صنعت پیشرفته ریزتراشه در تایوان تا به امروز همانند سپری بازدارنده، از حمله نظامی چین به این جزیره جلوگیری کرده است؛ اما سوال مهم این است که تایوان تا چه زمانی از این سپر برخوردار خواهد بود؟

در حال حاضر تایوان حدود ۶۰ درصد تولید ریزتراشه در جهان و حدود ۹۰ درصد تولید ریزتراشه‌های پیشرفته را به عهده دارد اما این قدرت و انحصار در بازار ریزتراشه‌ها

۱. Silicon Shield

رو به افول است. مهم‌ترین دلایل نشان‌دهنده کاهش تمرکز صنعت ریزتراشه در تایوان و محو شدن سپر سیلیکانی بازدارنده جنگ در تایوان عبارتند از:

تلاش آمریکا، چین و اتحادیه اروپا برای ایجاد ظرفیت تولید ریزتراشه در داخل مرزهایشان؛

خروج سرمایه‌گذاران بزرگ خارجی از تایوان؛

از دست دادن نیروی انسانی (چین و آمریکا با مبالغ هنگفت مهندسان و خبرگان این صنعت در تایوان را جذب می‌کنند)؛

تئوری چین دیجیتال (راهبرد کشور چین برای توسعه حداکثری فناوری در ساختار حکومت و جامعه این کشور)؛

احتمال پیشی گرفتن سامسونگ و SMIC چین از TSMC تایوان.[۱]

در نتیجه سپر سیلیکانی احتمالاً حداکثر تا حدود ۲ سال آتی محو خواهد شد. با توجه به نظر کارشناسان مختلف و تحلیل داده‌های گوناگون، دو سناریو برای آینده تایوان و شرکت TSMC قابل تصور خواهد بود:

## سناریو نخست: الحاق به چین با توسل به نیروی نظامی و جنگ

جنگ در راه است. کارشناسان زیادی از جمله متیو پاتینجر[۲] مشاور سابق وزارت امنیت داخلی آمریکا جنگ بین چین و تایوان را تا قبل از سال ۲۰۲۷ پیش‌بینی می‌کنند. با توجه به نارضایتی شدید دولت چین از اقدامات تایوان و تلاش این کشور برای رسیدن به مرز فناوری در صنعت نیمه‌هادی، این سناریو محتمل است و بدین ترتیب تایوان ضمیمهٔ خاک سرزمین اصلی می‌شود.

۱. www.japantimes.co.jp/commentary/2023/09/07/world/taiwan-silicon-shield-china-attack-illusion/

۲. Matthew Pottinger

### سناریو دوم: الحاق به چین با توافق سیاسی

تایوان به دولت چین برای رسیدن به اهداف فناورانه و بلندپروازانه خود به خصوص برنامه چین دیجیتال کمک خواهد کرد. همین حالا نیز برخی شرکت‌های تایوانی با شرکت هوآوی برای انجام پروژه‌های دولتی و نظامی چینی همکاری می‌کنند. دو شرکت L&K و TOPCO اخیرا توسط آمریکا به همکاری با شرکت هوآوی متهم شده‌اند. هرچند آمارهای منتشر شده در خصوص حمایت مردم تایوان از اتحاد با چین بسیار متناقض هستند، لیکن با توجه به حضور اقتصادی و فرهنگی چین در تایوان، قطعا درصد قابل توجهی از مردم تایوان از اتحاد با چین حمایت می‌کنند.

بنابراین الحاق تایوان قطعی است؛ آنچه باقی می‌ماند زمان و نحوه آن است. تایوان مثالی از اهمیت راهبردی و حیاتی صنعت ریزتراشه در دنیا می‌باشد. اینکه چگونه این صنعت تاکنون مانع از حمله نظامی چین به این جزیره شده در نوع خود شگفت‌انگیز است و تأثیر عمیق صنعت میکروالکترونیک را بر معادلات قدرت در جهان نشان می‌دهد.

## ۳-۵) هوش مصنوعی در گرو میکروالکترونیک

یکی از مهم‌ترین فناوری‌هایی که امروزه با آن رو به رو هستیم فناوری هوش مصنوعی است که در زمینه‌های مختلفی چون بهداشت و سلامت، اقتصاد، مهندسی، بازاریابی، حمل و نقل، آموزش، علوم اجتماعی، صنایع نظامی و بسیاری از دیگر حیطه‌ها نفوذ کرده و بر کیفیت آن‌ها اثرگذار است. با توجه به عمق و گستردگی این نفوذ و اثربخشی، برای کشورهای دنیا و سیاستگذاران روشن است که بدون توسعه هوش مصنوعی و سرمایه‌گذاری بر روی زیرساخت‌های آن، نقش‌آفرینی در فضای علم و فناوری آینده میسر نخواهد بود. دسترسی به زیرساخت‌های پیشرفته‌تر برای توسعه هوش مصنوعی، نیرومندتر شدن سامانه‌های بهداشتی، اقتصادی،

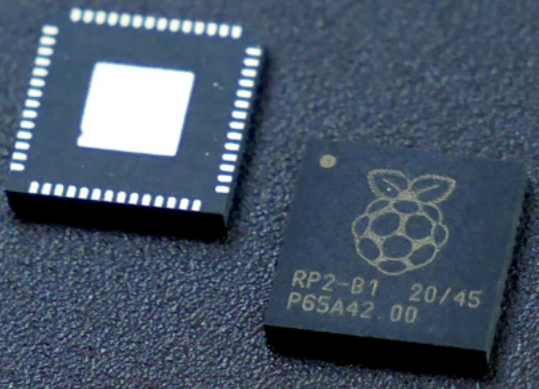
مهندسی، نظامی و اطلاعاتی را نتیجه می‌دهد و اهمیت راهبردی این موضوع نیز به همین دلیل است.

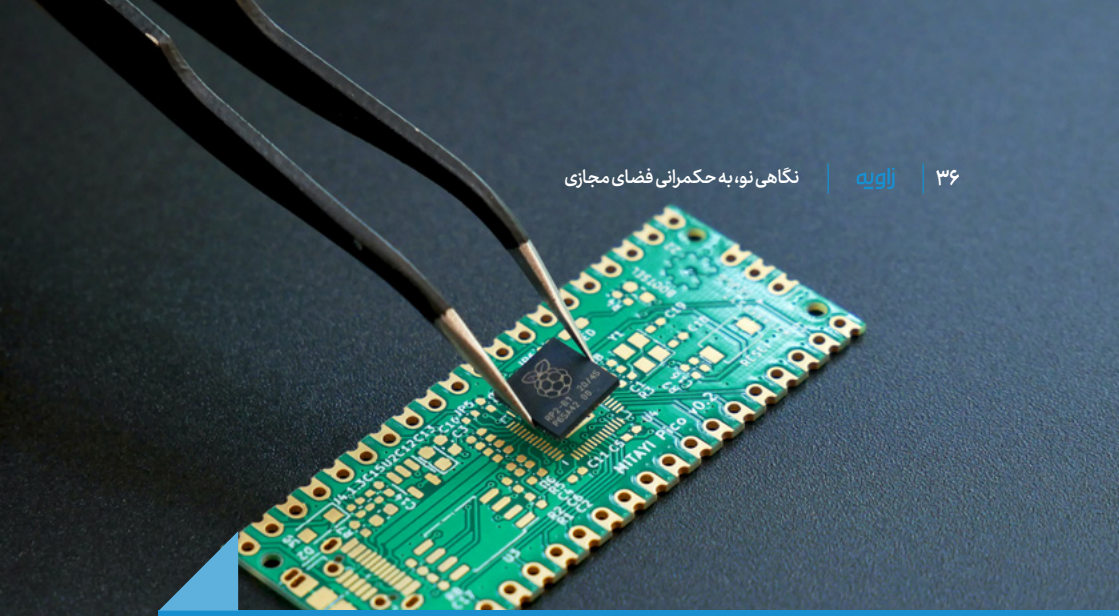
ریزتراشه‌های هوش مصنوعی، اصلی‌ترین زیرساختی می‌باشند که برای توسعه یک مدل هوش مصنوعی نیاز است. در حال حاضر شرکت‌های بزرگی مانند انویدیا[۱]، گوگل[۲] و مایکروسافت[۳] در آمریکا و چندین شرکت بزرگ مانند بایدو[۴] در چین در زمینه طراحی و ساخت ریزتراشه‌های هوش مصنوعی فعالیت می‌کنند. این ریزتراشه‌ها به اندازه‌ای راهبردی هستند که کشور آمریکا در دو مرحله اقدام به وضع قوانینی برای جلوگیری از صادرات آن‌ها توسط شرکت‌های آمریکایی به چین کرده است و یکی از اصلی‌ترین دلایل آن استفاده چین از این ریزتراشه‌های پیشرفته در سامانه‌های نظامی و امنیتی بوده است.

پیش‌بینی می‌شود فناوری هوش مصنوعی در چند سال آینده به رشد چشمگیر خود ادامه دهد و نفوذ آن در همه ابعاد زندگی انسان‌ها افزایش یابد. شرکت‌های تولیدکننده ریزتراشه هوش مصنوعی مانند انویدیا تعیین‌کننده این مسئله خواهند بود که چه کسی مدل هوش مصنوعی بهتری خواهد داشت. داشتن مدل هوش مصنوعی بهتر به معنای دسترسی به اطلاعات و داده‌ها با حجم و سرعت بالاتر و همچنین امکان تسلط اطلاعاتی بر مردم دنیاست. این همان چیزی است که هر ابرقدرتی را به سمت خودش جذب می‌کند. آمریکا از یک سو با انحصار در فناوری‌های پیشرفته به دنبال این است که استیلای خود را تا حد ممکن بالا ببرد و کشورهایی مانند چین و روسیه در تلاش هستند با دستیابی به این فناوری‌ها، یک نظم شبکه‌ای چند قطبی را در جهان نهادینه کنند. بنابراین هوشیاری در این

۱. Nvidia
۲. Google
۳. Microsoft
۴. Baidu

زمینه برای کشوری مانند ایران بسیار مهم و حیاتی است و بخشی از سرنوشت کشور به مدل نقش آفرینی ایران در این رویارویی شرق و غرب وابسته است. در زمینه هوش مصنوعی، برای توسعه مدل‌های هوش مصنوعی بومی و فناوری‌های مرتبط در کشور به منظور جلوگیری از وابستگی به ویژه در صنایع حساس، نگاه ویژه مسئولان به توسعه تولید ریزتراشه امری ضروری به نظر می‌رسد.


RP2-B1 20/45
P65A42.00



# ۴) اقدامات اخیر کشورهای پیشرفته برای توسعه میکروالکترونیک

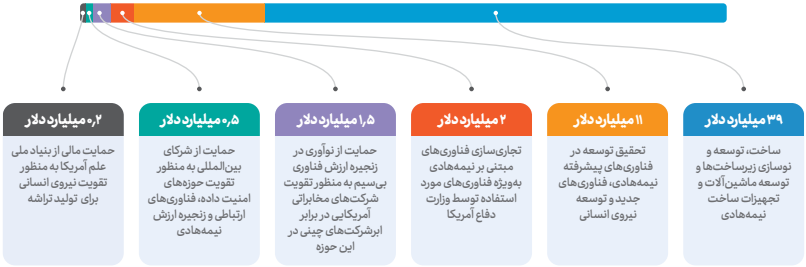
## ۴-۱) آمریکا

قانون تراشه و علم[۱]، نام مهم‌ترین اقدام آمریکا به منظور تقویت صنعت ریزتراشه خود در سه دهه اخیر است. این قانون فدرال که توسط کنگره آمریکا با رای قاطع اعضا تصویب و سپس در تاریخ ۹ اگوست ۲۰۲۲ توسط جو بایدن امضا شد، حدود ۲۸۰ میلیارد دلار بودجه جدید برای تقویت تحقیقات داخلی و تولید ریزتراشه در آمریکا فراهم می‌کند. هدف اصلی این قانون مقابله با چین در صنعت میکروالکترونیک نامیده شده است و چینی‌ها آن را یادآور ذهنیت جنگ سرد دانسته و به شدت از تصویب این قانون انتقاد کردند. این قانون با اعطای معافیت مالیاتی و بودجه‌های

۱. CHIPS and Science Act

بزرگ تحقیقاتی، شرکت‌های آمریکایی در زمینه ریزتراشه را تشویق به فعالیت در داخل خاک ایالات متحده می‌کند.[۱]

آمریکا در حال حاضر دسترسی به آخرین فناوری (۳ نانومتر) ندارد و فقط ۱۳ درصد از ریزتراشه‌های جهان را تولید می‌کند و برای پیشرفته‌ترین محصولات راهبردی خود به تایوان وابسته است. با توجه به تنش‌های فزاینده بین‌المللی ممکن است تایوان در آینده نزدیک از کنترل آمریکا خارج شده و به چین ملحق شود. به همین دلیل است که ایالات متحده شتابان در تلاش برای انتقال کارخانه‌های تولید ریزتراشه به داخل مرزهایش می‌باشد؛ زیرا اگر دسترسی به ریزتراشه را از دست بدهد، به شدت تضعیف شده و تحت سلطه شرق قرار خواهد گرفت.



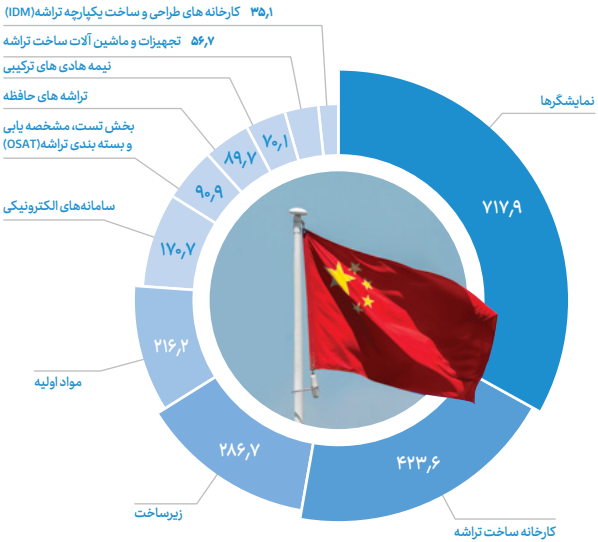

**شکل ۸) بخشی از سرمایه‌گذاری آمریکا مطابق با قانون حمایت از ساخت داخل تحت عنوان قانون علم و تراشه**

## ۴-۲) چین

دولت چین با اجرای برنامه‌ای، تمرکز اقتصاد این کشور را که تا کنون بر روی نیروی کار ارزان قیمت، فروش کالاهای با فناوری پایین و حجم تولید بالا بوده را تغییر و به سمت فناوری‌های پیشرفته سوق داده است. نام این برنامه ساخت چین ۲۰۲۵

۱. www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/4346

است[۱] و اشاره به اجرایی شدن هدف مذکور تا سال ۲۰۲۵ میلادی دارد.[۲] در راستای این برنامه، صندوق سرمایه‌گذاری ریزتراشه چین از طرف دولت این کشور مأمور به سرمایه‌گذاری‌های کلان برای توسعه صنعت میکروالکترونیک شده است. هدف این صندوق کمک به چین برای رسیدن به هدف ملی خود برای دستیابی به خودکفایی در صنعت میکروالکترونیک با سرمایه‌گذاری در شرکت‌های ریزتراشه داخلی است. میزان سرمایه‌گذاری دولت چین روی این صنعت از سال ۲۰۲۱ تا کنون حدود چند صد میلیارد دلار تخمین زده می‌شود.




**شکل ۹) سرمایه‌گذاری چین در بخش‌های مختلف صنعت ریزتراشه در سال ۲۰۲۲ (میلیارد یوان)**

۱. MIC 2025 (Made in China 2025)
۲. www.csis.org/analysis/made-china-2025

## ۳-۴) ژاپن

وزارت اقتصاد ژاپن بودجه‌ای بالغ بر ۱۳ میلیارد دلار را تدارک دیده است تا قدرت سابق ژاپن در صنعت ریزتراشه را احیا کند. تمرکز توکیو بر ریزتراشه‌های پیشرفته است که کاربرد گسترده‌ای در فناوری‌های جدید مانند هوش مصنوعی و خودروهای خودران دارند. بخشی از این برنامه با همکاری شرکت تایوانی TSMC به منظور دستیابی به ریزتراشه‌های نسل جدید (۲ نانومتر) و بخش دیگر آن صرف توسعه شرکتی به نام رپیدوس[۱] می‌شود. شرکت رپیدوس که به وسیلهٔ دولت ژاپن و توسط غول‌های بزرگ فناوری ژاپن مانند سونی، میتسوبیشی، توشیبا، تویوتا و دنسو پشتیبانی می‌شود در سال ۲۰۲۲ شکل گرفته و ژاپنی‌ها امیدوارند با توسعه و پیشروی این شرکت در ساخت ریزتراشه، بار دیگر نقش مهمی در این صنعت ایفا کنند. حمایت‌های دولتی از رپیدوس در گام اول حدود ۵۳۰ میلیون دلار بوده است که بخش بزرگی از آن صرف خرید ماشین‌آلات شده است. ۲ میلیارد دلار دیگر نیز تا آخر سال ۲۰۲۳ توسط دولت ژاپن به این شرکت پرداخت می‌شود. همچنین رپیدوس با شرکت آی بی‌ام[۲] نیز تفاهم‌نامه همکاری امضا نموده تا بخش بزرگی از فرایند تحقیق و توسعه خود را به کمک این شرکت بزرگ آمریکایی پیش‌ببرد.[۳]

همچنین شرکت‌های ژاپنی ساخت تجهیزات تراشه مانند نیکون[۴] نیز به منظور دستیابی به فرایندهای بهینه‌تر برای حکاکی نانومتری، توسط دولت ژاپن حمایت می‌شوند.

۱. Rapidus
۲. IBM
۳. www.thegeopolitics.com/imec-india-and-us-led-counter-initiative-to-bri/
۴. Nikon

## ۴-۴) اروپا

اتحادیه اروپا نیز در فوریه سال ۲۰۲۲ میلادی، قانون ریزتراشه اروپا را به منظور کاهش وابستگی اروپا در صنعت میکروالکترونیک به تایوان و دیگر کشورها تصویب کرد. این قانون برنامه‌ای بلند مدت تا سال ۲۰۳۰ است که بودجه‌ای بالغ بر ۴۳ میلیارد یورو را صرف توسعه صنعت ریزتراشه می‌کند. اتحادیه اروپا امیدوار است با اجرای این قانون، تا سال ۲۰۳۰ بیست درصد از تولید ریزتراشه در جهان را در اختیار داشته باشد.

آلمان پیشتاز توسعه صنعت ریزتراشه در اروپا است. این کشور قراردادی ۳۰ میلیارد دلاری را به منظور احداث کارخانه‌های ریزتراشه با شرکت آمریکایی اینتل امضا کرده است که طبق آن، اینتل چندین کارخانه ساخت ریزتراشه را در شرق آلمان تأسیس می‌کند. این بزرگترین سرمایه‌گذاری خارجی در تاریخ آلمان است و اینتل امیدوار است با اجرای این توافق، تولیدات خود را به طور گسترده‌ای در اروپا افزایش دهد.

همچنین فرانسه، نروژ، انگلستان و سوئد نیز برنامه‌هایی را به منظور رشد و تقویت صنعت ریزتراشه تدوین نموده‌اند.

## ۴-۵) تایوان

دولت تایوان بودجه‌ای ۳۷۵ میلیون دلاری را به منظور تقویت فروش و بازاریابی ریزتراشه در خارج از مرزهای تایوان در نظر گرفته است. همچنین بخشی از این بودجه به شرکت TSMC داده شده تا تعدادی از خطوط تولیدش را توسعه دهد. دولت تایوان معتقد است برای حفظ پیشتازی در ساخت ریزتراشه، باید حمایت پایدار ده ساله از این صنعت در تایوان انجام گیرد. همچنین شرکت TSMC نیز به صورت مستقل از دولت، سرمایه‌گذاری زیادی برای توسعه ساخت ریزتراشه و همچنین تحقیق و توسعه برای رسیدن به نسل پیشرفته‌تری از ریزتراشه‌ها را در دستور کار دارد.

### ۴-۶) کره‌جنوبی

این کشور برای توسعه صنعت ریزتراشه خود، نقشه راهی ده ساله را تدوین کرده است. برنامه توسعه صنعت ریزتراشه کره شامل محورهایی همچون: ریزتراشه‌های نسل بعدی، طراحی ریزتراشه برای هوش مصنوعی، نسل ششم اینترنت همراه، خودروهای الکتریکی و توسعه فرایندهای جدید در مرحله بسته‌بندی ریزتراشه‌ها است. وزارت علم و ارتباطات کره‌جنوبی با همکاری صنایع و دانشگاه‌های این کشور، بودجه‌ای ۴۲۵٫۸ میلیون دلاری را برای تحقیق و توسعه در محورهای ذکر شده اختصاص داده است.

# ۵) اقدامات اخیر کشورهای منطقه و ایران برای توسعه صنعت میکروالکترونیک

در منطقه خاورمیانه، اکثر کشورها سال‌هاست در تلاش برای احداث کارخانه تولید ریزتراشه هستند؛ اما هنوز هیچکدام به جز رژیم اشغالگر قدس نتوانستند به این هدف دست یابند. حتی تحریم‌های جدید ایالات متحده علیه چین به کشورهای همسو با وی در منطقه خاورمیانه تسری یافته است.[۱]

## ۵-۱) ترکیه و قطر

ترکیه قصد دارد تا پایان سال ۲۰۳۰ یک میلیون خودروی برقی تولید این کشور را به بازار جهانی عرضه کند. به همین منظور در ماه جولای سال ۲۰۲۳ قراردادی را با کشور قطر برای تولید ریزتراشه با فناوری ۶۵ نانومتر منعقد کرده است. یکی از کاربردهای

۱. www.reuters.com/technology/us-restricts-exports-some-nvidia-chips-middle-east-countries-filing-2023-08-30/

ریزتراشه ۶۵ نانومتری خودروهای برقی می‌باشد و کشور قطر تمایل خود را برای سرمایه‌گذاری ۶۰ میلیون دلاری روی این پروژه ابراز کرده است.[۱]

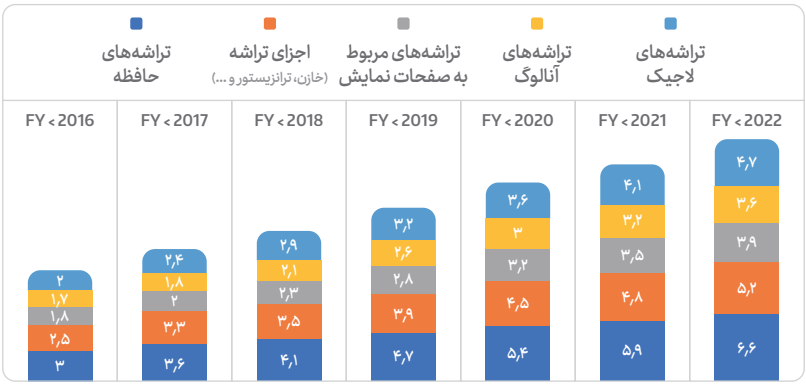
## ۵-۲) امارات و عربستان

در سال ۲۰۲۳ این دو کشور خریدار تعداد بسیار زیادی از ریزتراشه‌های هوش مصنوعی شرکت انویدیا بوده‌اند.[۲] به نظر می‌رسد امارات و عربستان در رقابت با یکدیگر به منظور پیشتازی در توسعه هوش مصنوعی می‌باشند. همچنین اخباری مبنی بر تلاش عربستان برای ایجاد برنامه‌ای منطقه‌ای برای توسعه طراحی ریزتراشه منتشر شده است اما بیشتر نمایش رسانه‌ای بنظر می‌آید. در سال ۲۰۰۸ سران اماراتی شرکت گلوبال فاوندریز[۳] را خریدند تا از این طریق بتوانند کارخانه ریزتراشه به امارات منتقل کنند که تا کنون این برنامه شکست خورده است. همچنین از حدود بیست سال پیش‌منطقه‌ای به نام ناحیه سیلیکان دوبی[۴] را احداث کردند تا به عنوان منطقه آزاد اقتصادی محل استقرار شرکت‌های دانش‌بنیان باشد و در نهایت بستری برای ایجاد کارخانه ریزتراشه فراهم کند که این هدف نیز تا کنون محقق نشده است.

۱. www.middleeastmonitor.com/20230714-turkiye-qatar-to-launch-joint-investment-for-chip-production/
۲. www.ft.com/content/c93d2a76-16f3-4585-af61-86667c5090ba
۳. GlobalFoundries
۴. Dubai Silicon Oasis

## ۵-۳) رژیم اشغالگر قدس

این رژیم هم اکنون دارای ۲ کارخانه تولید ریزتراشه می‌باشد که مربوط به شرکت نیمه‌هادی تاور[۱] می‌باشند. تاور توسط اینتل به صورت کامل خریداری شده و فناوری ساخت ریزتراشه توسط اینتل به رژیم اشغالگر منتقل شده است. نمودار زیر سهم انواع مختلف تراشه در بازار نیمه‌هادی رژیم اشغالگر را نشان می‌دهد.



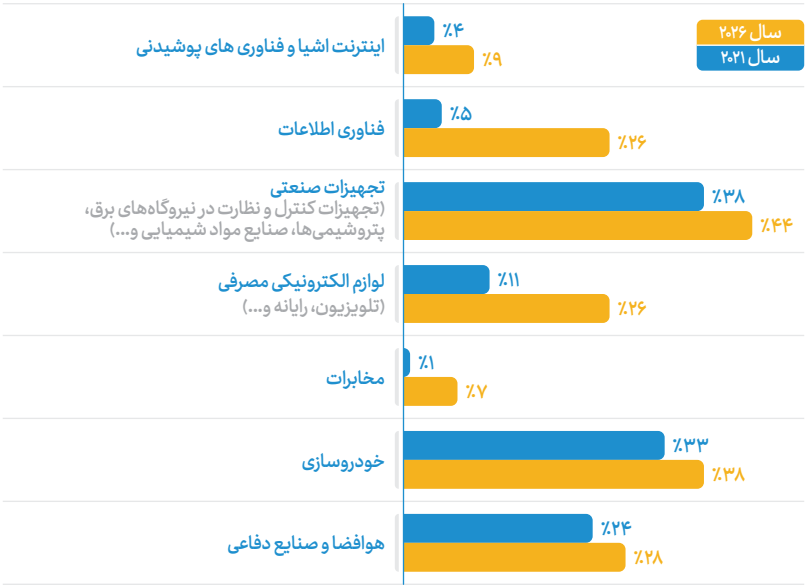

شکل ۱۰) سهم انواع مختلف تراشه در بازار نیمه‌هادی رژیم اشغالگر (میلیارد دلار) (منبع: Reogma)

## ۵-۴) هند

کشور هند برنامه‌ای را با نام مأموریت نیمه‌هادی هند[۲] به منظور توسعه این صنعت آغاز کرده است. این برنامه بودجه‌ای ۱۰ میلیارد دلاری را برای شش سال آینده اختصاص داده است و هدف آن توسعه بخش‌های مختلف زنجیره ارزش صنعت ریزتراشه از تأمین مواد اولیه تا طراحی و ساخت ریزتراشه می‌باشد. هند از مزیت

۱. Tower semiconductor
۲. ISM (Indian Semiconductor Mission)

بالایی در بخش طراحی ریزتراشه برخوردار است و مهندسان هندی در داخل این کشور و همچنین در شرکت‌های بزرگ فناوری دره سیلیکان بخش بزرگی از نیروی انسانی این بخش از زنجیره صنعت میکروالکترونیک را تشکیل می‌دهند. دولت هند در سال‌های اخیر به دنبال احداث کارخانه ریزتراشه با کمک شرکت تاور و یک هلدینگ اماراتی بوده که به نظر می‌رسد این پروژه به موفقیت نرسیده است. نمودار زیر سهم بخش‌های مختلف بازار نیمه‌هادی هند در سال ۲۰۲۱ و پیش‌بینی‌ها تا سال ۲۰۲۶ میلادی را نشان می‌دهد.




**شکل ۱۱)** سهم بخش‌های مختلف بازار نیمه‌هادی هند در سال ۲۰۲۱ و پیش‌بینی تا ۲۰۲۶ (منبع: IESA)

## ۵-۵) جمهوری اسلامی ایران

پس از دوران کرونا به دلیل کاهش عرضه‌ای که در آن بازه در صنعت ریزتراشه به وجود آمده بود، شرکت‌های بزرگ فناوری به منظور جبران کمبود پیش‌آمده اقدام به خرید تعداد زیادی ریزتراشه کردند. کمبود ریزتراشه در بازارهای جهانی و مسئله تحریم باعث شد ایران در آن دوران به‌خصوص در حوزه تهیه ریزتراشه‌های لوازم خانگی و خودرو با مشکل مواجه شود. همچنین افزایش تقاضای وسایل ارتباطی و صوتی تصویری در اثر قرنطینه نیز باعث افزایش نیاز به ریزتراشه در کشور شده و مشکلات را دوچندان کرده بود.

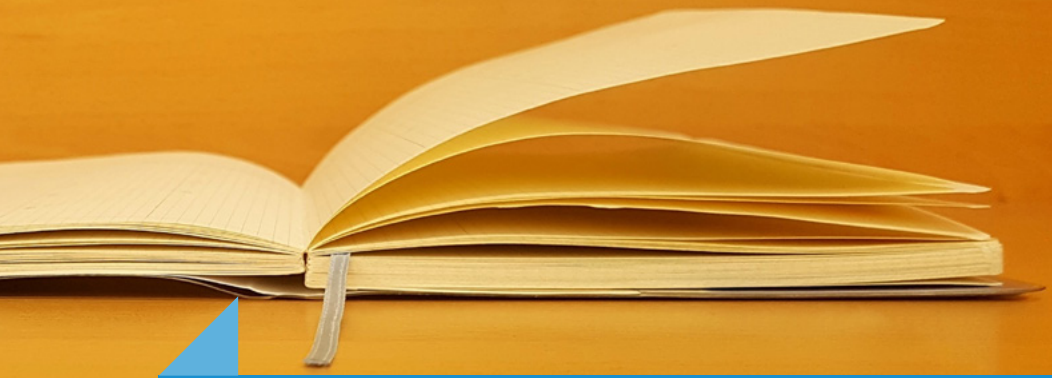
پس از این چالش، حاکمیت تصمیم به پوشش حداقلی نیازهای خود در این حوزه گرفت. در همین راستا براساس بند ن تبصره ۷ بودجه ۱۴۰۱ مقرر شد بین ۱۰ تا ۳۰ درصد از منابع تعرفه واردات گوشی‌های تلفن همراه بالای ۶۰۰ دلار به حوزه میکروالکترونیک اختصاص یابد؛ اما در نهایت ۱۳۰۰ میلیارد تومان آن محقق شد. تنها ۲۰۰ میلیارد تومان به صندوق صحا (صندوق حمایت از تحقیقات و توسعه صنایع پیشرفته وابسته به وزارت صمت) تعلق گرفت. بخشی از این ۲۰۰ میلیارد تومان به میکروالکترونیک و بخش دیگر به حوزه بومی‌سازی تلفن همراه اختصاص یافت و در واقع آن بودجه نهایی محقق نشد؛ اما همین که موضوع میکروالکترونیک در بودجه کل کشور قرار گرفت و به آن توجه شد، باعث دلگرمی و امیدواری است.

امسال در بودجه ۱۴۰۲، یک ردیف بودجه جداگانه در قالب بند ط تبصره ۷ [۱] به طور تخصصی برای توسعه زیرساخت‌های صنعت میکروالکترونیک در نظر گرفته شده

۱. ط ـ حقوق ورودی رویه تجاری واردات گوشی های تلفن همراه خارجی بالای ششصد (۶۰۰) دلار حداقل پانزده درصد (۱۵٪) تعیین می گردد، واردات گوشی در سایر رویه ها به مأخذ دو برابر محاسبه و دریافت خواهد شد. وزارت امور اقتصادی و دارایی (گمرک جمهوری اسلامی ایران) مکلف است منابع حاصل از اجرای این حکم را به ردیف درآمدی ۱۱۰۴۱۰ واریز کند تا صرف حمایت از توسعه زیرساخت های صنعت ریز(میکرو) الکترونیک گردد. واردات این کالاها از طریق مناطق آزاد تجاری و صنعتی، نیز مشمول این حکم می شود. مسؤولیت تقسیم کار نهادی وظایف و راهبری تحقق این بند بر عهده کارگروه ویژه اقتصاد رقومی (دیجیتال) دولت قرار دارد.

است. براساس این بند وزارت امور اقتصادی و دارایی (گمرک جمهوری اسلامی ایران) مکلف شده است منابع حاصل از حقوق ورودی (تعرفه واردات) گوشی‌های تلفن همراه خارجی بالای ۶۰۰ دلار (که این حقوق حداقل ۱۵ درصد است) را به خزانه واریز کند تا صرف حمایت از توسعه زیرساخت‌های صنعت میکروالکترونیک شود. همچنین براساس این بند واردات این کالاها از طریق مناطق آزاد تجاری و صنعتی نیز مشمول این حکم می‌شود. متأسفانه ابلاغ آیین‌نامه بند ط تبصره ۷ بودجه ۱۴۰۲ به خاطر اختلافات داخلی دو دستگاه، دو ماه است معطل مانده و منابع آن در جای دیگری هزینه شده است. همچنین علیرغم تلاش‌های برنامه ملی میکروالکترونیک، در بودجه ۱۴۰۳ ردیف تخصصی برای میکروالکترونیک دیده نشده است. به همین دلیل می‌توان گفت تا این لحظه همت دولت در راستای توسعه‌ی فناوری میکروالکترونیک بیشتر جنبه‌ی شعاری داشته است.

در برنامه هفتم توسعه، در ابتدا یک بند تخصصی به حوزه میکروالکترونیک اختصاص پیدا کرده بود که به ماده ۴۸ صنعت الحاق پیدا می‌کرد و مصوبه کمیسیون صنایع مجلس را نیز گرفته بود. در کمیسیون تلفیق مجلس، متأسفانه میکروالکترونیک، صرفاً به یک کلمه تبدیل شد و در میان چندین فناوری دیگر قرار گرفت. صنعت میکروالکترونیک به‌اندازه‌ای حیاتی و پایه سایر فناوری‌ها است که می‌توان آن را یکی از موتورهای پیشران کشور در مسیر توسعه و پیشرفت و نیل به تمدن اسلامی دانست. با در نظر گرفتن برنامه‌های سایر کشورها برای این صنعت و سرمایه‌گذاری کلانی که بر روی آن انجام می‌دهند این موضوع نیازمند توجه بیش‌تر در کشورمان است و با روند فعلی نمی‌توان انتظار توسعه صنعت با رویکردهای مختلف اقتصادی، اقتداری و تاب‌آوری را داشت. میکروالکترونیک اگر مهم‌ترین رکن پیشرفت و توسعه کشور نباشد، قطعاً یکی از ارکان آن محسوب می‌شود و این سؤال همچنان مطرح است که چگونه این فناوری که از پایه‌های توسعه کشور است، در برنامه هفتم توسعه ایران دارای بند جداگانه و اختصاصی نیست؟



# ۶) منابع و مآخذ


۱. پژوهشکده سیاست‌گذاری دانشگاه صنعتی شریف (۱۴۰۲)، بررسی صنعت نیمه‌هادی‌ها در ایران و جهان، کارفرما: صندوق حمایت از تحقیقات و توسعه صنایع پیشرفته.

۲. قانون برنامه هفتم توسعه جمهوری اسلامی ایران ۱۴۰۲-۱۴۰۶ (۱۴۰۲)، انتشارات سازمان برنامه و بودجه کشور.

3. China (Taiwan)، M. of F.A.، Republic of، 2010. Veteran tells story of Taiwan's semiconductor industry. Taiwan Today.

4. Fulco، M.، 2023. Taiwan's 'silicon shield' against China is an illusion. The Japan Times.

5. Goldman، J.، 2022. Chip Backdoors: Assessing the Threat. Semiconductor Engineering.
6. IMEC: India and US-led Counter Initiative to BRI، 2023.. The Geopolitics.
7. Kennedy، S.، 2015. Made in China 2025. Center for Strategic and International Studies.
8. Miller، C.، 2022. Chip War: The Fight for the World's Most Critical Technology. Scribner.
9. Murgia، M.، England، A.، Liu، Q.، Olcott، E.، Al-Atrush، S.، 2023. Saudi Arabia and UAE race to buy Nvidia chips to power AI ambitions. Financial Times.
10. Nellis، S.، Cherney، M.A.، 2023. US curbs AI chip exports from Nvidia and AMD to some Middle East countries. Reuters.
11. Rep. Ryan، T.، 2022. H.R.4346 - 117th Congress (2021-2022): Chips and Science Act [WWW Document]. US Congress. URL https: //www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/4346 (accessed 12.27.23).
12. Robertson، J.، Riley، M.، n.d. The Big Hack: How China Used a Tiny Chip to Infiltrate U.S. Companies - Bloomberg. Bloomberg.
13. Shivakumar، S.، Wessner، C.، Howell، T.، 2023. Japan Seeks to Revitalize Its Semiconductor Industry. Center for Strategic and International Studies.
14. Slotta، D.، 2023. Semiconductors in China: Statistics and Facts [WWW Document]. Statista. URL https: //www.statista.com/topics/8683/semiconductors-in-china/ (accessed 12.27.23).

15. Supply chain: the risks of backdoors in electronic chips and circuits، 2021.. InCyber.

16. Turkiye، Qatar to launch joint investment for chip production، 2023.. Middle East Monitor.

17. van Gerven، P.، 2023. Japan's Rapidus joins Imec for 2nm development. Bits&Chips. URL https: //bits-chips.nl/artikel/japans-rapidus-joins-imec-for-2nm-development/ (accessed 12.27.23).

18. van Gerven، P.، 2022. Imec helps Japan develop leading-edge chips. Bits&Chips. URL https: //bits-chips.nl/artikel/imec-helps-japan-develop-leading-edge-chips/ (accessed 12.27.23).

پایان

زاویه

نگاهی نو،
به حکمرانی فضای مجازی


نشانی: تهران، ضلع غربی میدان فلسطین، خیابان آیت‌الله طالقانی، پلاک ۳۹۷
تلفن: ۸۶۰۵۴۲۹۱-۰۲۱
وبسایت: www.zaviehmag.ir
شبکه‌های اجتماعی: @zaviehmag


Designed by Hossein Razaqnejad | ho3inr@gmail.com