پژوهشگاه
فضای مجازی

دفتر آبی ۴

مجموعه گزارش‌های پژوهشی
آبان‌ماه ۱۴۰۳

از جنگ تراشه‌ها چه چیزی دربارهٔ نظام سرمایه‌داری می‌آموزیم؟

آیندهٔ نظام سرمایه داری در دستان شرکت های ساخت تراشه

بسم الله الرحمن

از جنگ تراشه‌ها چه چیزی دربارهٔ نظام سرمایه‌داری می‌آموزیم؟

آیندهٔ نظام سرمایه‌داری در دستان شرکت‌های ساخت تراشه

دفتر آبی (Research Paper) شمارهٔ چهارم، **آبان ۱۴۰۳**

نویسنده: Rahul Varman
مترجم: امید هراتی اصل

تمام حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به پژوهشگاه فضای مجازی است و استفاده از آن تنها با ذکر منبع مجاز است.
همچنین محتوای منتشر شده در این گزارش بیانگر دیدگاه رسمی مرکز ملی فضای مجازی نیست.

نشانی: تهران، سعادت آباد، خیابان علامهٔ شمالی، کوچهٔ هجدهم غربی، پلاک ۱۷
تلفن: ۰۲۱-۲۲۷۳۰۳۱
کد پستی: ۱۹۹۷۹۸۷۶۲۹

مقالات پژوهشی (Research Paper) از مهم‌ترین ابزارهای توسعهٔ دانش هستند که با تکیه بر داده‌های تجربی به بررسی دقیق و جامع موضوعات تخصصی می‌پردازند. این مقالات معمولاً توسط پژوهشگران، استادان دانشگاه و محققان حرفه‌ای نوشته می‌شوند و به‌تفصیل از مشاهدات و داده‌های تحقیق بحث می‌کنند. مخاطب این مقالات نیز عمدتاً محققان و کارشناسان آن رشته است. امروزه در مسئلهٔ فضای مجازی و سایبری، به‌طور مرتب مقالات پرشماری توسط محققان و اندیشکده‌ها تولید می‌شود که به بررسی موشکافانهٔ مسائل جاری در این حوزه می‌پردازند. آگاهی از این مطالعات و رصد شرایط و ابعاد مختلف این حوزه از این رهگذر، برای کارشناسان و به‌خصوص قانون‌گذاران، حکمرانان و متولیان این عرصه ضروری است.

دفترهای آبی دسته‌ای از گزارش‌های تفصیلیِ تولیدشده در پژوهشگاه فضای مجازی، و محصول رصد مطالعات اندیشکده‌ها و نخبگان جهان و منطقه در این موضوع است.

پیشگفتار

در جریان پیشرفت روزانه و لحظه‌ای فناوری‌ها، به سختی می‌توان عقب‌ماندگی‌ها را جبران کرد و در برخی شاخه‌ها شاید حتی غیرممکن باشد. یکی از این شاخه‌ها صنعت تولید تراشه‌هاست. عقب‌افتادگی ما در این صنعت زیاد است و یکی از دلایل اصلی آن، از دست دادن فرصت طلاییِ پیوستن به این صنعت است که علل مختلفی از تأمین نشدن منابع مالی، تحریم، نبود زیرساخت و همچنین عدم انتقال فناوری و تکنولوژی به سبب فضای رقابتی و انحصاری این صنعت بوده است. اما از طرف دیگر، وارد نشدن به این صنعت باعث جاماندن و محروم ماندن از بسیاری از توانمندی‌های فناورانه می‌شود که در دنیای امروزی ضروری‌اند. پس چه باید کرد؟

در چنین شرایطی که از فاصلهٔ ما با پیشروان این عرصه زیاد است، استفاده از تجربه‌اندوزی‌های دیگران می‌تواند بخشی از مسیر را جبران کند. تجربه‌خوانی به ما کمک می‌کند که بهینه گام برداریم؛ قدم‌های درست و اشتباه دیگران را ببینیم؛ و صحنهٔ نزاع میان گردانندگان این عرصه را رصد کنیم تا درنهایت مسیر میان‌بُر و بهینهٔ خود را بیابیم یا دست‌کم مصرف‌کنندهٔ زیرک و توانمندِ فناوری‌های تولیدشده توسط دیگران باشیم.

همچنین درس بسیار مهم چنین شکستی برای ما این است که از چنین فرصت‌سوزی‌هایی در عرصه‌های دیگر جلوگیری کنیم. در بسیاری از فناوری‌های نوظهور (مانند منظومه‌های ماهواره‌ای) هنوز می‌توانیم خود را وارد باشگاه تولیدکنندگان یا اعضای اصلی کنیم و اگر حساب‌شده حرکت نکنیم، از این عرصه‌های حیاتی بازمی‌مانیم. در همین راستا، نوشتهٔ حاضر می‌تواند چشم‌اندازی نسبت به صنعت تراشه‌ها و نزاع بزرگ میان تولیدکنندگان این صنعت به دست دهد.

میثم غلامی

سرپرست پژوهشگاه فضای مجازی

آبان ماه سال ۱۴۰۳

چکیده

تراشه‌ها امروزه در دنیای مدرن و برای ساخت کالاهای الکترونیکی از اهمیت بالایی برخوردارند، به‌گونه‌ای که به عرصهٔ رقابت میان قدرت‌های بزرگ بدل شده‌اند. حدوداً یک‌سوم محتوای گزارش حاضر، به بررسی رقابت چین و ایالات متحده و تهدیدی جدی که ظاهراً صنعت نیمه‌رسانای چین برای برتری بر سیلیکون‌وَلی ایجاد کرده است اختصاص دارد. ازاین‌رو، این گزارش سعی کرده است روند حضور و سیاست کشورها برای توسعهٔ صنعت تراشه و همچنین سازوکار یا رویکرد ایالات متحده برای از میدان به‌در کردن رقبای خود در صنعت تراشه‌ها را به‌خوبی شرح دهد. این کشور حتی به توسعهٔ صنعت تراشه در کشورهایی مثل ژاپن که در بلوک غرب قرار دارند نیز تمایل نشان نداده است.

در ادامه نیز نحوهٔ تولید تراشه‌ها تشریح می‌شود. نویسندهٔ این گزارش معتقد است که تراشه‌ها بیانگر تولید مشترک جهانی هستند، بدین معنا که مهم‌ترین شرکت‌های حوزهٔ ساخت تراشه در ایالات متحدهٔ آمریکا یک تراشه را به‌تنهایی تولید نمی‌کنند، بلکه تولید را بیشتر به شرکت‌های فعال در حوزهٔ جنوب جهانی واگذار کرده‌اند. درواقع ایالات متحده برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها، برخی از شرکت‌های ساخت تراشه را به کشورهای جنوب‌شرقی آسیا منتقل کرده است. اگرچه نباید این نکته را از یاد ببریم که فناوری ساخت بسیاری از تراشه‌ها همچنان در سیلیکون‌ولی است و ایالات متحده به شیوه‌های گوناگون از توسعه و انتقال آن به سایر نقاط جهان جلوگیری به عمل می‌آورد.

تراشه‌ها

اغراق نیست اگر بگوییم تراشه‌ها امروز درست مانند فولاد در قرن گذشته به یک کالای ضروری برای توسعهٔ اقتصادی تبدیل شده‌اند. خود عنوان «جنگ تراشه‌ها»[1] برای کتاب کریس میلر نشان‌دهندهٔ آن است که جنگی جدی و سخت بر سر فناوری نوین جهانی در جریان است. فناوری زندگی ما را متحول کرده و بهبود داده است و تراشه‌ها عناصری مهم و حیاتی از آن هستند. رایانه‌های شخصی، تلفن‌های همراه، اینترنت، همگی با استفاده از همین تراشه‌ها کار می‌کنند. تنها در سال ۲۰۲۱، صنعت تراشه‌های رایانه‌ای بیشتر از تمام کالاهای موجود در تاریخ بشر، ترانزیستور[2] تولید کرده است.(۱)

تراشه‌های نیمه‌رسانا[3] واقعاً یکی از شگفت‌انگیزترین تلاش‌های بشری در زمینهٔ توسعهٔ فناوری هستند و نشان می‌دهند که تا چه حد می‌توانیم در حوزهٔ فناوری پیش برویم. امروزه، گوشی «آیفون ۱۲» از پردازندهٔ A14 استفاده می‌کند که شامل حدود ۱۲ میلیارد ترانزیستور است که در سیلیکون آن حک شده است. یک اتومبیل خودران نیز مانند یک گوشی هوشمند است. به این معنا که کلید اصلیِ عملکردش تراشه‌های تخصصی به‌کاررفته در آن است. شرکت‌های خودروسازی بزرگ جهان می‌توانند از تراشه‌هایی با ارزش بیش از هزار دلار در یک خودرو استفاده کنند.

به نظر می‌رسد صنعت تراشهٔ مدرن نشان‌دهندهٔ پیروزی شرکت‌های بزرگ خصوصی بر نهادهای دولتی است. ما دائماً درمورد بازیگرانی مانند اپل، اینتل، سامسونگ، آی‌بی‌ام،

---

1. Chip War
2. Transistor
3. Semiconductor chips

فیس‌بوک، آمازون و بسیاری دیگر می‌شنویم. به بیان بهتر، تراشه‌ها امروز روند تولید مشترک جهانی را به خوبی نشان می‌دهند. میلر در مقدمهٔ نوشتهٔ خود در این باره می‌گوید:

«یک تراشهٔ معمولی ممکن است با طرح‌های اولیهٔ یک شرکت ژاپنی مستقر در بریتانیا به نام آرم[1] و توسط تیمی از مهندسان کالیفرنیا و اسرائیل، با استفاده از نرم‌افزار ساخته‌شده در ایالات متحده طراحی شود. بعد از تکمیل طراحی، به تأسیساتی در تایوان فرستاده می‌شود تا وارد فرایند تولید شود. در تایوان نیز ویفرهای سیلیکونی فوق‌العاده خالص و گازهای تخصصی از ژاپن خریداری شده است. این طرح با استفاده از برخی از دقیق‌ترین ماشین‌های دنیا که می‌توانند لایه‌هایی از مواد را با ضخامت چند اتم حکاکی، رسوب و اندازه‌گیری کنند، در سیلیکون حک شده است که این ابزارها عمدتاً توسط دو شرکت هلندی و ژاپنی و سه شرکت مستقر در ایالت کالیفرنیا تولید می‌شوند. سپس تراشه‌ها قبل از اینکه برای مونتاژ در تلفن یا رایانه به چین ارسال شود، اغلب در آسیای جنوب شرقی بسته‌بندی و آزمایش می‌شود.»[۲]

دربارهٔ سرمایهٔ انحصاری

اولین چیزی که از جنگ تراشه‌ها می‌آموزیم این است که ما اکنون در عصر سرمایهٔ انحصاری هستیم. شاید بتوان این را از طریق مثال شرکت لیتوگرافی پیشرفتهٔ مواد نیمه‌رسانا[۲] به بهترین نحو نشان داد؛ شرکتی که تولیدکنندهٔ کلیدیِ ماشین‌های فوتولیتوگرافی[۳] است. این ماشین‌ها برای حکاکی ساختارهای ترانزیستور بر روی ویفرهای سیلیکونی استفاده می‌شود. فرایند تحقیق و توسعهٔ تولید این مواد در سال ۱۹۸۴ در هلند شروع شد؛ زمانی که فیلیپس

---

1. Arm

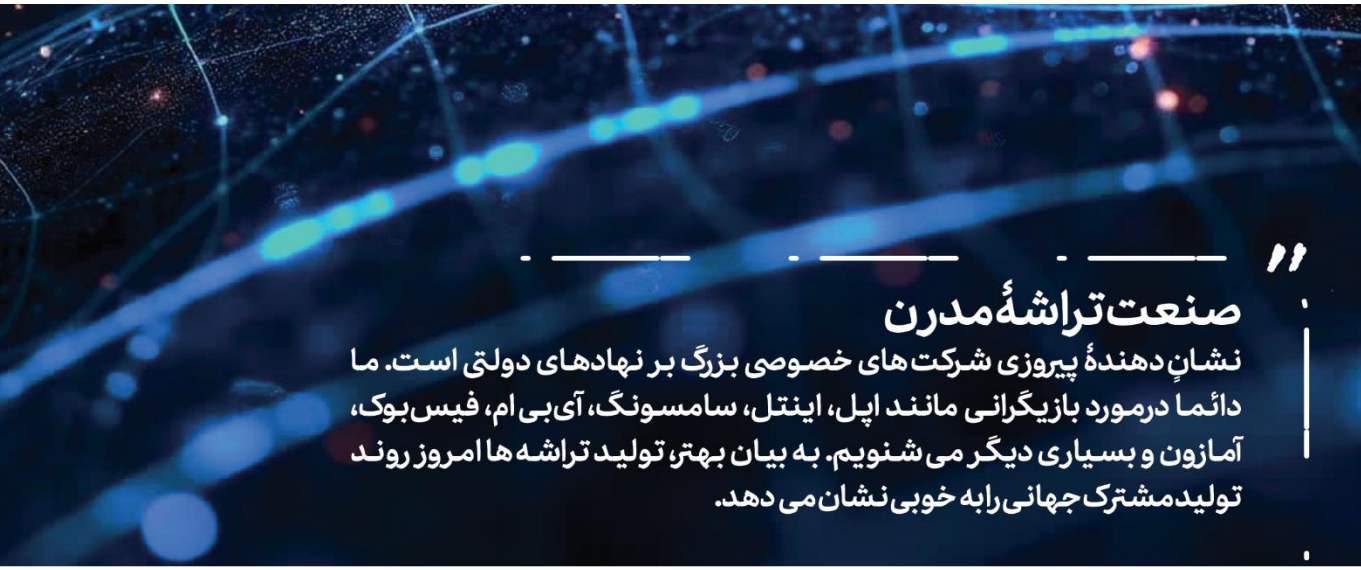
۲. یک شرکت فناوری چندملّیتی هلندی است که در زمینهٔ طراحی، تولید و توسعهٔ فناوری انواعی از سیستم‌ها، قطعات و ماشین‌آلات الکترونیکی فعال است و اکنون بزرگترین تولیدکنندهٔ سیستم‌های طرح‌نگار نوری برای صنعت نیمه‌رسانا در جهان است.

3. photolithography machines

بخش لیتوگرافی خود را توسعه داد. هنگامی که گروه سیلیکون‌ولی اینتل توسط شرکت ASML[1] در سال ۲۰۰۱ خریداری شد، کنترل کاملی بر عرضهٔ ماشین‌های فوتولیتوگرافی در سراسر جهان برقرار کرد. نکتهٔ قابل‌ذکر این است که بدون این ماشین‌ها هیچ تراشهٔ پیشرفته‌ای نمی‌توان ساخت. درحال حاضر، صنعت جهانی تراشه سالانه بیش از ۱۰۰ میلیارد دلار صرف هزینه‌های سرمایه‌ای می‌کند.

ساخت و آزمایش تراشه ها در شرکت ASML

1. TSMC



صنعت تراشهٔ مدرن

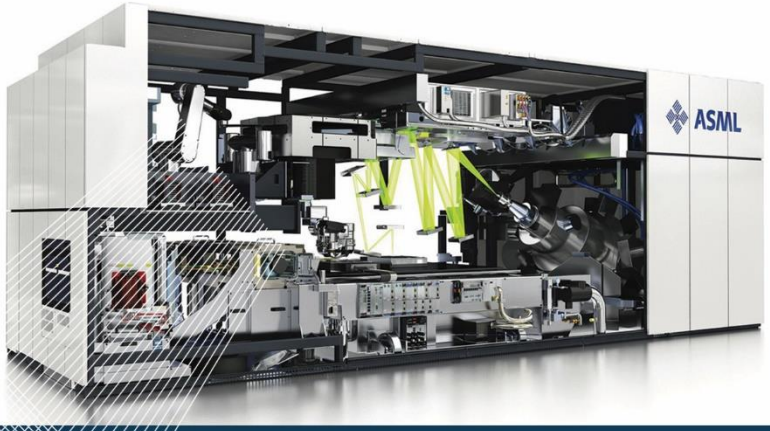
نشانِ دهندهٔ پیروزی شرکت‌های خصوصی بزرگ بر نهادهای دولتی است. ما دائما درمورد بازیگرانی مانند اپل، اینتل، سامسونگ، آی‌بی‌ام، فیس‌بوک، آمازون و بسیاری دیگر می‌شنویم. به بیان بهتر، تولید تراشه‌ها امروز روند تولید مشترک جهانی را به خوبی نشان می‌دهد.

برای توضیح بیشتر درمورد عملکرد سرمایهٔ انحصاری در صنعت نیمه‌رسانا، اجازه دهید توسعهٔ فناوری لیتوگرافی نور فرابنفش شدید ASML یعنی EUV را مثال بزنیم. کوچک‌کردن تراشه‌ها به مهار EUV نیاز دارد که از طول موج ۱۳/۵ نانومتر (یک هزارم ضخامت یک ورق کاغذ) استفاده کند. توسعهٔ ابزار EUV یکی از بزرگ‌ترین قمارهای تکنولوژیک در زمان ما بوده و به‌طوری که هر مرحله نیاز به نوآوری‌های موفقیت‌آمیزتری داشته است. یک دستگاه EUV بیش از ۱۰۰ میلیون دلار هزینه دارد که هر جزء آن برای حداقل ۳۰ هزار ساعت طراحی شده است، یعنی تقریباً چهار سال کار می‌کند. ظاهراً این ماشین‌ها گران‌ترین ابزار ماشینی تولید انبوه در طول تاریخ هستند.[۳]

سال‌ها قبل از اینکه ASML یک ابزار کاربردی EUV تولید کند، بزرگ‌ترین مشتریان آن یعنی اینتل، سامسونگ و شرکت تولید نیمه‌رسانای تایوان، هر کدام مستقیماً در ASML سرمایه‌گذاری کردند تا اطمینان حاصل کنند که بودجهٔ لازم را برای ادامه توسعهٔ ابزارهای EUV

در اختیار دارند. اینتل به‌تنهایی ۴ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری کرده است که این رقم بیش از میلیاردها دلار کمک مالی و سرمایه‌گذاری پیشین در طول سال‌های گذشته است.

تسلط بر چالش‌ها برای تولید تنها لیزر EUV یک دهه طول کشید، زیرا به فناوری‌های نوینی نیاز داشت. به‌طور معمول، هر لیزر به ۴۵۷ هزار و ۳۲۹ قطعه نیاز دارد که بیشتر آن‌ها از تولیدات شرکت‌های مختلف در سراسر جهان تأمین می‌شود. ازآنجایی‌که ASML تنها ۱۵درصد از قطعات ماشین‌های خود را در داخل تولید می‌کرد، سهام چندین تأمین‌کنندهٔ قطعات خود را خرید تا یک زنجیرهٔ تأمین جهانی قابل‌اعتماد برای تولید منظم ماشین‌های EUV ایجاد کند. این ماشین با صدها هزار قطعه که میلیاردها دلار هزینه داشت و ساختش هم دهه‌ها طول کشید، در اواسط دههٔ ۲۰۱۰ به مرحلهٔ تولید درآمد.



نمونه‌ای از دستگاه EUV ساخت شرکت ASML

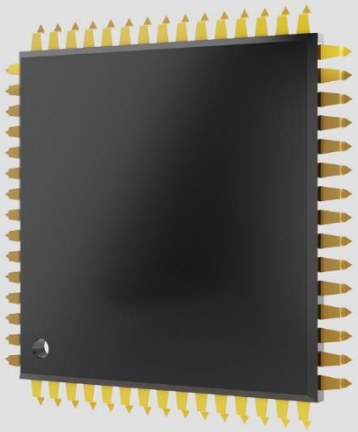
تقسیم کار جهانی

ایجاد سرمایهٔ انحصاری مستلزم ایجاد انحصار در زنجیرهٔ تولید و تأمین نیست. امروزه تولید قطعات نیمه‌رسانا نیازمند تقسیم‌کار دقیق در مقیاس جهانی است، زیرا بدون این تقسیم‌کار حتی یک تراشه هم نمی‌توان ساخت. تراشه‌های تایوان ۳۷ درصد از نیاز جهان را تأمین می‌کنند. در سمتی دیگر، تنها دو شرکت مستقر در کرهٔ جنوبی ۴۴ درصد از تراشه‌های حافظهٔ جهان را تولید می‌کنند و شرکت هلندی ASML به‌تنهایی همهٔ دستگاه‌های لیتوگرافی EUV را می‌سازد. در دههٔ ۲۰۰۰ میلادی صنعت نیمه‌هادی به سه دسته تقسیم شد:

تراشه‌های منطقی: این پردازنده‌ها درگوشی‌های هوشمند، رایانه‌ها و سرورها استفاده می‌شوند. با توجه به سرمایه‌گذاری‌های هنگفتی که در ابزارهای EUV انجام می‌شود، امروزه تنها سه شرکت تولید نیمه‌رسانای تایوان، اینتل و سامسونگ آن‌ها را تولید می‌کنند.

نمونه‌ای از تراشه‌های منطقی

تراشه‌های حافظه: تراشه‌های مخصوص کارت‌حافظه، تراشه‌هایی هستند که با دسترسی حافظهٔ تصادفی پویا[1] برای حافظهٔ کوتاه‌مدت کامپیوتر استفاده می‌شوند. برای تولید این نوع از تراشه‌ها، ایجاد یک مرکز ساخت پیشرفته می‌تواند بالغ بر ۲۰ میلیارد دلار هزینه داشته باشد. ازاین‌رو، امروز تنها شرکت‌های سامسونگ و اس.کی هاینیکس[2] از کرهٔ جنوبی، و مایکرون[3] در ایالات متحدهٔ آمریکا سه تولیدکنندهٔ بزرگ در این حوزه هستند.

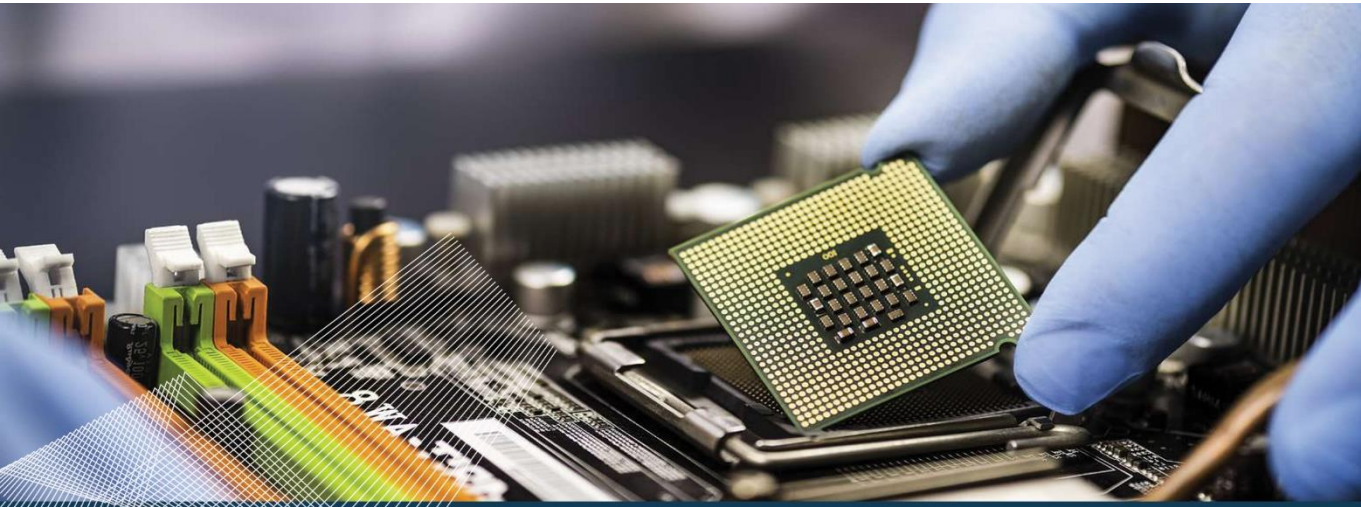


نمونه‌ای از تراشه‌های حافظه

1. DRAM
2. SK Hynix
3. Micron

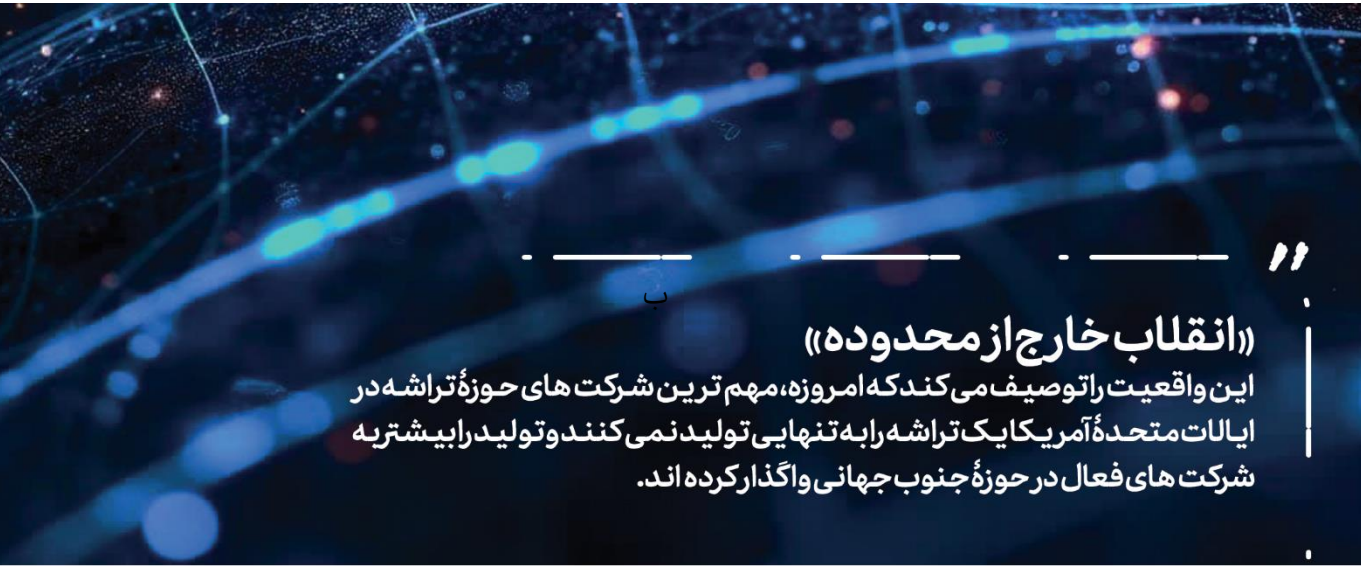
در حوزهٔ تراشه‌های حافظهٔ سه‌بعدی[1] که برای ساخت کارت‌حافظهٔ بلندمدت استفاده می‌شوند، سامسونگ ۳۵ درصد نیاز بازار را تأمین می‌کند. باقی نیاز بازار نیز توسط شرکت‌های هاینیکس از کرهٔ جنوبی، کیوکسیا از ژاپن، و مایکرون و وسترن‌دیجیتال از ایالات متحدهٔ آمریکا تأمین می‌شود. البته این دو شرکت آمریکایی در سنگاپور و چین نیز امکاناتی برای تولید دارند.

مجموعه‌ای پراکنده‌تر از تراشه‌ها: این نوع از تراشه‌ها شامل تراشه‌های آنالوگ (مانند حسگرها)، تراشه‌های فرکانس رادیویی یعنی تراشه‌هایی که مصرف برق را در دستگاه‌ها مدیریت می‌کنند و برخی دیگر از انواع این قطعات می‌شوند. این‌ها تراشه‌هایی هستند که به‌جای کوچک‌سازی بیشتر به ویژگی‌های طراحی برای یک کار خاص وابسته هستند. ازاین‌رو چندین سازندهٔ تراشهٔ آنالوگ در آمریکا وجود دارد که از میان آن‌ها می‌توان به تگزاس اینسترومنت (Texas Instruments)، آنسمی (Onsemi)، اسکای‌ورکس (Skyworks) و آنالوگ دیوایسس (Devices Analog) اشاره کرد.



نمونه‌ای از تراشه‌های آنالوگ ASML

1. NAND



«انقلاب خارج از محدوده»

این واقعیت را توصیف می‌کند که امروزه، مهم‌ترین شرکت‌های حوزهٔ تراشه در ایالات متحدهٔ آمریکا یک تراشه را به تنهایی تولید نمی‌کنند و تولید را بیشتر به شرکت‌های فعال در حوزهٔ جنوب جهانی واگذار کرده‌اند.

شاید بهترین نمونه از این نوع تقسیم کار جهانی، همان چیزی باشد که میلر آن را «انقلاب خارج از محدوده» می‌نامد. این مفهوم تخصصی حوزهٔ تولید تراشه‌ها که به انگلیسی fabless خوانده می‌شود، به برون‌سپاری تولید تراشه توسط شرکت‌هایی که آن‌ها را طراحی می‌کنند، اشاره دارد. یعنی طراحی این قطعات توسط یک شرکت و تولید آن توسط شرکتی دیگر انجام می‌شود. مفهوم فوق این واقعیت را توصیف می‌کند که امروزه، مهم‌ترین شرکت‌های حوزهٔ تراشه در ایالات متحدهٔ آمریکا، یک تراشه را به‌تنهایی تولید نمی‌کنند و تولید را بیشتر به شرکت‌های فعال در حوزهٔ جنوب جهانی واگذار کرده‌اند.

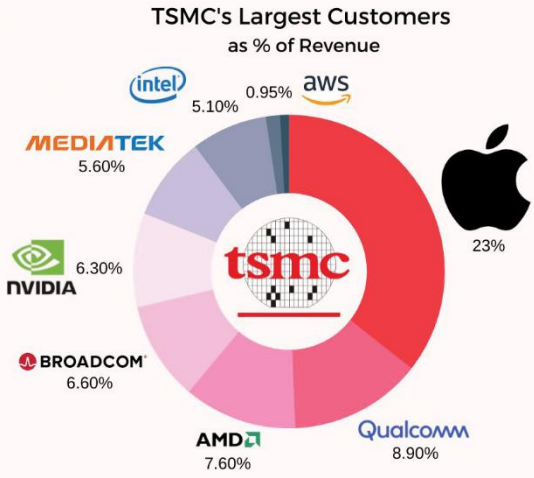
یکی از نمونه‌های آن شرکت نیمه‌رسانا اِنویدیا[1] است که قیمت سهام آن نیز اخیراً بالا رفته است. انویدیا از نظر ارزش بازار به باارزش‌ترین شرکت حوزهٔ نیمه‌رسانا در جهان تبدیل شده

1. NViDiA

است. این شرکت در سال ۱۹۹۳ تأسیس شد و در حوزهٔ رابط‌های گرافیکی سه‌بعدی، محاسبات موازی و بسیاری دیگر از این قبیل برنامه‌های کاربردی با فناوری پیشرفته تخصص دارد. این شرکت در سال ۲۰۰۷ نرم‌افزار (Compute Unified Device Architecture) را منتشر کرد که توسعهٔ آن ۱۰ میلیارد دلار هزینه برداشت. این شرکت با پیروی از منطق سرمایهٔ انحصاری، اگرچه پلتفرم را به‌صورت رایگان منتشر کرد، اما به‌گونه‌ای طراحی کرده بود که تنها با تراشه‌های خود شرکت که توسط شرکت تولید نیمه‌رسانای تایوان تولید می‌شوند کار کند.

جن سون هوانگ، مدیرعامل شرکت NVIDIA

یکی دیگر از شرکت‌های فعال در حوزهٔ قطعات نیمه‌رسانای ایالات متحده، کوالکام[1] است که تراشه‌هایی برای انتقال تماس‌های صوتی طراحی می‌کند. کوالکام بر روی میلیون‌ها خط کد ساخته شده است، اما تراشه‌های آن توسط شرکت تولید نیمه‌رسانای تایوان و سامسونگ تأمین می‌شوند. شرکت آرم مستقر در بریتانیا نیز در سال ۱۹۹۰ ابتدا یک استارت‌آپ بود که توسط اپل تأمین مالی می‌شد، اما در حال حاضر شرکت فوق متعلق به سافت‌بانک[2] ژاپن است. این شرکت طراحی تراشه‌های خود را به برخی شرکت‌های دیگر می‌فروشد تا آن‌ها آن را تولید کنند. امروزه شرکت آرم جایگاه خود را در بین تولیدکنندگان دستگاه‌های قابل حملِ کارآمد مثل تلفن‌های همراه به خوبی پیدا کرده است؛ بازاری که عملاً یک سوم کل فروش تراشه‌ها را به خود اختصاص می‌دهد.



اصلی‌ترین مشتری‌های شرکت TSMC

1. Qualcomm
2. SoftBank

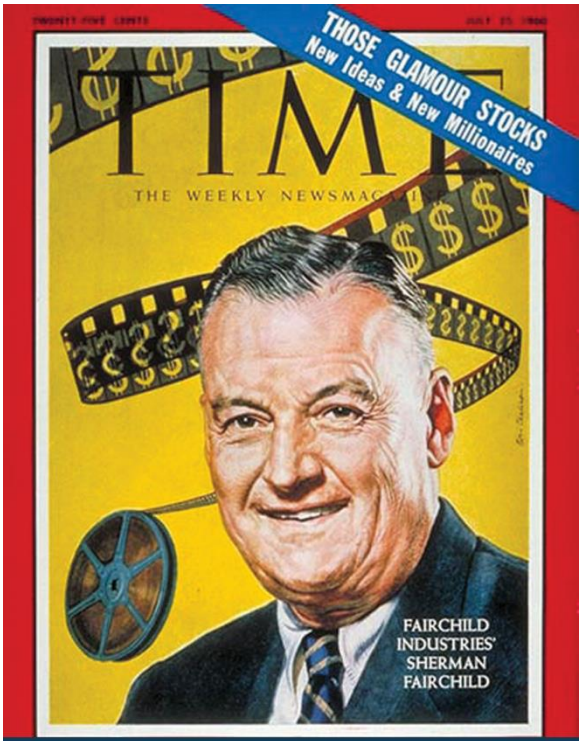
تراشه‌ها توسط شرکت‌های دیگری تولید می‌شوند. تراشه‌هایی برای حس‌کردن تصاویر و حرکت؛ مدیریت باتری و غیره از جملهٔ این قطعات هستند که به گفتهٔ میلر، هیچ شرکتی به‌جز شرکت تولید نیمه‌رسانای تایوان مهارت و ظرفیت تولید همهٔ این تراشه‌ها را برای شرکت اپل ندارد. میلر همچنین معتقد است که جملهٔ درج‌شده بر روی گوشی‌های اپل با این مضمون که گوشی در شرکت اپل کالیفرنیا طراحی شده اما در چین مونتاژ و تولید شده است، بسیار گمراه‌کننده است. چراکه عملاً غیرقابل‌تعویض‌ترین اجزای آیفون در کالیفرنیا طراحی شده و در چین مونتاژ شده است، اما نکته اینجاست که برخی از تراشه‌های اصلی این گوشی را فقط می‌توان در تایوان ساخت.[۴]

اقتصادهای بحرانی در فرایند تولید

جالب اینجاست که آنچه از نوشته‌های میلر برداشت می‌شود این است که علی‌رغم مقیاس، اتوماسیون و شدت سرمایه در صنعت نیمه‌رساناها با فناوری پیشرفته و همچنین نوآوری ویژه، بحث ارزش‌افزوده از نیروی کار در تولید مطرح است. کاهش هزینه در فرایند تولید برای افزایش مزیّت رقابتی سرمایهٔ انحصاری موضوعی حیاتی است. شاید بهترین مثال این امر با فرهنگی البته به نظر ظالمانه در شرکت اینتل تحت مدیریت اندرو گروو[1] باشد. این شرکت به‌منظور تأمین ریزپردازنده‌ها برای رایانه‌های شخصی بسیار شبیه به صنعت خودرو در یک قرن پیش عمل کرد.

1. Andrew Grove

پیشگامان صنعت نیمه‌رسانا در سیلیکون‌ولی، مانند فرچایلد،[1] زنان و کارگرانی که عضو اتحادیه نبودند را به کار گرفتند. آن‌ها همچنین تولیدات خود را به مکان‌های نسبتاً فقیر و کمتر عضو اتحادیه در ایالات متحده منتقل کردند تا دستمزدهای کمتری بپردازند. در دههٔ ۱۹۶۰، این شرکت به کشورهایی در جنوب‌شرقی آسیا مانند هنگ‌کنگ نقل‌مکان کرد.



تصویری از شرمن فرچایلد
بر روی مجلهٔ تایم

تگزاس اینسترومنتز، موتورولا[2] و برخی دیگر از شرکت‌ها نیز دقیقاً روش مشابهی را اتخاذ کردند. فیرچایلد سپس به سنگاپور نقل‌مکان کرد، جایی که اتحادیه‌های کارگری عملاً غیرقانونی بودند، بعداز آن هم به مالزی و کشورهای دیگر رفت. میلر همچنین ادامه می‌دهد که مشاغل فعال در حوزهٔ صنعت نیمه‌رسانا/الکترونیکی در دههٔ ۱۹۷۰ یعنی در دوران اوج جنگ سرد به نیروی

1. Fairchild
2. Motorola

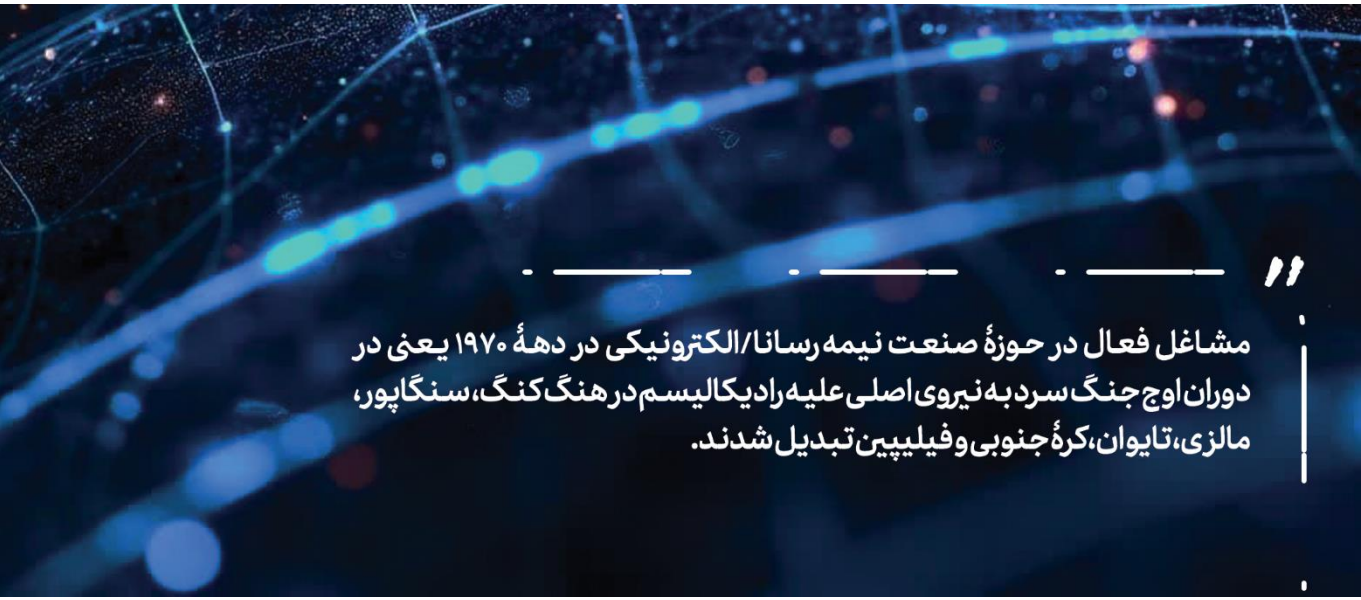
اصلی علیه رادیکالیسم در هنگ‌کنگ، سنگاپور، مالزی، تایوان، کرهٔ جنوبی و فیلیپین تبدیل شدند.

میلر از گروهی از کارگران آمریکایی نقل می‌کند که پس از بازدید از کارخانه‌های نیمه‌رسانای ژاپنی در اواخر دههٔ ۱۹۷۰ اظهار داشتند که سرکارگرها در ژاپن شرکت را حتی بر خانواده‌شان هم ترجیح می‌دهند.[۵] شرکت مایکرون که در دههٔ ۱۹۸۰ در آیداهو شروع به کار کرد، با وادارکردن کارمندان خود به کار در شرایط سخت، عملاً توانست بر رقبای خود در سیلیکون‌ولی و ژاپن پیروز شود.

مهارت‌های انسانی در صنعت نیمه‌رسانا نقش اساسی دارند

ممکن است برخی تصور کنند که امروزه با به‌کارگیری فناوری‌های نوین، مهارت‌های انسانی عملاً نقش چندانی ندارند، اما میلر نظر کاملاً متفاوتی دارد. امروز نیز نه‌تنها مهارت‌های انسانی حائز اهمیت هستند، بلکه این مهارت‌ها عمدتاً به‌عنوان شیوه‌های جمعی، چه در مؤسسات عمومی و چه از طریق برنامه‌های با بودجهٔ عمومی، پرورش یافته‌اند. پیشگامان اولیهٔ این حوزه در سیلیکون‌ولی، اغلب مردان جوان نخبه‌ای بودند که در دانشگاه‌های برتر ایالات متحده مانند هاروارد، ام‌آی‌تی، استنفورد و برکلی تحصیل کرده بودند. شاید بهترین مثال، اشاره به کارنامهٔ جادویی و پربار موریس چانگ[1] باشد. چانگ که در دههٔ ۱۹۳۰ در چین متولد شد، در هنگ‌کنگ رشد یافت. او سپس در هاروارد، ام‌آی‌تی و استنفورد تحصیل کرد. در ساختمان اولیهٔ تگزاس اینسترومنتز مشغول به کار شد و اندکی بعد با ارتش ایالات متحده به همکاری پرداخت و در نهایت، شرکت تولید نیمه‌رسانای تایوان خودش را دایر کرد.

1. Morris Chang

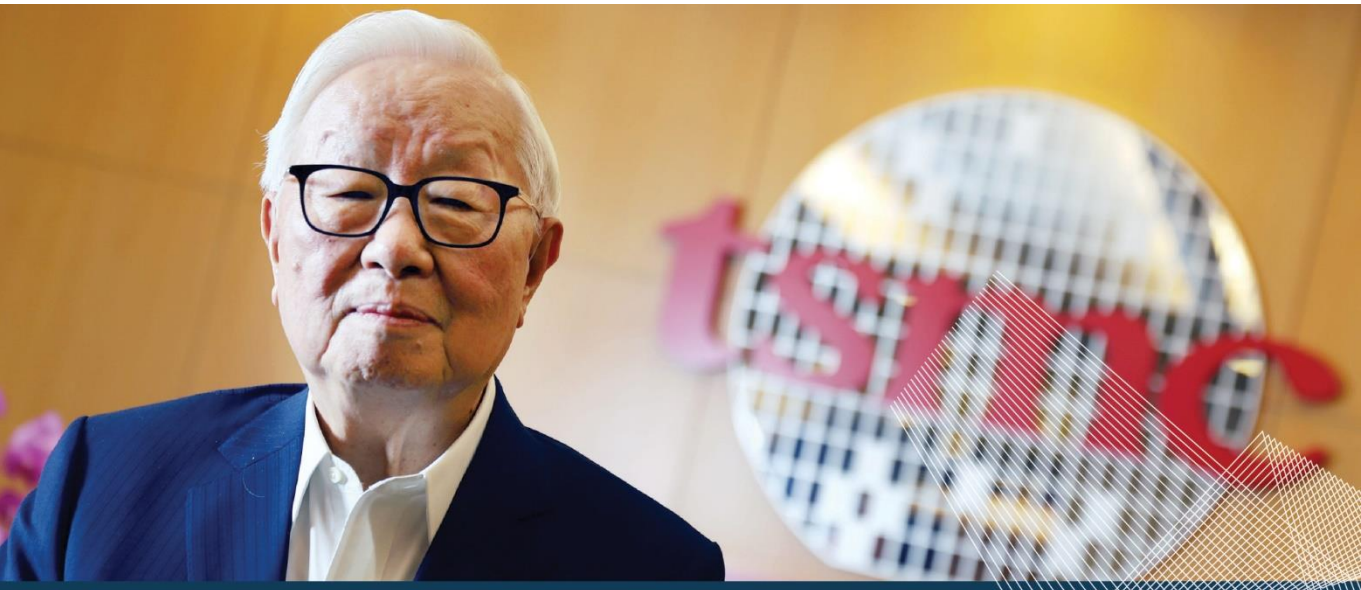


مشاغل فعال در حوزهٔ صنعت نیمه‌رسانا/الکترونیکی در دههٔ ۱۹۷۰ یعنی در دوران اوج جنگ سرد به نیروی اصلی علیه رادیکالیسم در هنگ‌کنگ، سنگاپور، مالزی، تایوان، کرهٔ جنوبی و فیلیپین تبدیل شدند.

مؤسساتی مانند شرکت تحقیقاتی نیمه‌رسانا[1] و آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفتهٔ دفاعی برنامه‌هایی را در کارنگی‌ملون[2] و دانشگاه کالیفرنیا-برکلی تأمین مالی کردند تا در دههٔ ۱۹۸۰ شرکت‌های نوپا صنعتی و ابزارهای جدید طراحی تراشهٔ مبتنی بر نرم‌افزار را ایجاد کنند. این ابزارها درحال حاضر توسط صنایع مرتبط در سراسر جهان مورداستفاده قرار می‌گیرند و برای تسلط استراتژیک ایالات متحده آمریکا در زنجیرهٔ تأمین قطعات نیمه‌رسانا جهانی بسیار مهم هستند.

1. Semiconductor Research Corporation
2. Carnegie Mellon

بااین‌حال سرمایهٔ انحصاری به معنای عدم رقابت نیست. درواقع، به باور میلر، همین حالا نیز رقابت شدیدی در میان بازیگران فعال در حوزهٔ صنعت نیمه‌رسانا وجود دارد. شاید این به بهترین وجه با افول اینتل نشان داده شود. اینتل از زمان رهبری اولیهٔ گروو، همواره بر سودهای کوتاه‌مدت و کاهش هزینه‌ها متمرکز بوده است. علی‌رغم اینکه این گروه در طراحی و ساخت شرکت داشتند، نتوانستند در هیچ‌یک از آن‌ها برتری مطلق داشته باشند و نتوانستند وارد برنامه‌های نوظهور مانند تلفن‌های همراه، هوش مصنوعی و مراکز داده شوند، اتفاقی که منجر به ظهور رقبایی مانند انویدیا برای آن‌ها شد.



موریس چانگ، مؤسس شرکت TSMC

تا سال ۲۰۲۰، نیمی از تمام ابزارهای لیتوگرافی EUV که توسط اینتل تأمین مالی و توسعه‌یافته بودند را شرکت تولید نیمه‌رسانای تایوان، رقیب اصلی آن‌ها، ساخته بود. اینتل با اینکه بودجهٔ تحقیق‌وتوسعهٔ سالانه‌اش بیش از ۱۰ میلیارد دلار بود، در طول دههٔ ۲۰۱۰ رو به افول رفت. البته اینتل می‌تواند موقعیت خود را در بازار رایانه‌های شخصی حفظ کند، زیرا اکثر طراحی رایانهٔ شخصی توسط تراشهٔ ایکس۸۶ این شرکت تعریف می‌شوند، آن هم باوجود اینکه ابزارهای کارآمدتری از دههٔ ۱۹۹۰ به بازار آمده‌اند. ماندگاری و حفظ انحصار این شرکت در درجهٔ اول به دلیل هزینه‌های هنگفت ایجاد تغییرات است که برای صنایع دشوار خواهد بود.

مالکیت فکری ابزاری کلیدی برای سرمایهٔ انحصاری است

مالکیت فکری نقش برجسته‌ای در جنگ تراشه‌ها دارد و نقش آن را می‌توان به بهترین نحو با آنچه وزیر اقتصاد تایوان در سال ۱۹۶۸ به بازدیدکنندگان صنعت نیمه‌رسانای ایالات متحده ازجمله چانگ گفت توضیح داد. لی گفت مالکیت فکری همان چیزی است که استعمارگران از آن برای قلدری کردن در برابر کشورهای کمتر توسعه‌یافته استفاده می‌کردند.[۶] اتهام-به‌اصطلاح-سرقت مالکیت معنوی سلاحی است که بارها توسط سیلیکون‌ولی به کار گرفته شده تا از هرگونه امکان بخشی به رقبا برای سبقت از خودش جلوگیری کند. برای مثال، در دههٔ ۱۹۸۰، زمانی که ژاپن پایگاه ساخت و توسعهٔ صنعت تراشه‌های ایالات متحده بود، ژاپنی‌ها به‌طور مرتب به سرقت مالکیت معنوی و دادن یارانه‌های دولتی به شرکت‌ها متهم می‌شدند.[۷]

دولت-ملّت‌ها و ژئوپلیتیک در همه‌جا تأثیر دارند

شاید بارزترین ویژگی جنگ تراشه، حضور مداوم دولت‌ها در این حوزه و رقابت بین ملّت‌ها باشد، آن هم علی‌رغم اینکه همیشه صحبت از کاهش حضور دولت‌ها با ظهور شرکت‌های جهانی خصوصی در میان است. میلر بحث خود را با تغییر جغرافیای صنعت نیمه‌رسانا آغاز

می‌کند، با اشاره به سیلیکون ولی بحث آغاز می‌شود؛ اما در ادامه به تلاش‌های شکست‌خوردهٔ اتحاد جماهیر شوروی برای جبران عقب‌افتادگی خود، سپس ظهور ژاپن و به دنبال آن کرهٔ جنوبی و تایوان و در نهایت، طلوع چین ختم می‌گردد.

گزارش سازمان سیا در سال ۱۹۵۹ حاکی از آن بود که اتحاد جماهیر شوروی در فناوری نیمه‌رسانا تنها دو تا چهار سال از ایالات متحدهٔ آمریکا عقب‌تر است. در سال ۱۹۶۲، بودجه‌ای از سوی نیکیتا خروشچف برای ایجاد منطقه‌ای شبیه به سیلیکون ولی اختصاص داده شد. میلر همچنین ما را به یاد دانشمند شوروی آلفروف ژورس[1] می‌اندازد که به‌خاطر کارش بر روی مدارهای مجتمع در سال ۲۰۰۰ با جک کیلبی[2] برای کارهای بنیادی انجام‌شده در دههٔ ۱۹۶۰ و برندهٔ جایزهٔ نوبل فیزیک مقایسه می‌شد. در ارزیابی میلر، اتحاد جماهیر شوروی به‌دلیل یک استراتژی نظامی از بالا به پایین و کپی مکانیکی مدل و محصولات سیلیکون ولی هرگز نتوانست به جایگاه آمریکا در این حوزه برسد.

ایالات متحدهٔ آمریکا برای به‌اشتراک گذاشتن دانش خود با شوروی بی‌میل بود، اما هم‌زمان تمایل داشت به ژاپن مجوّز توسعهٔ این فناوری‌ها را بدهد تا بدین شکل توکیو را از اردوگاه کمونیسم دور کرده باشد. دولت ژاپن پس از جنگ نیز نقش کلیدی ایفا کرد. برای مثال، شرکت انحصاری مخابراتی دولتی نیپون تلگراف[3] و تلفن تنها از شرکت‌های ژاپنی خرید می‌کردند. تا سال ۱۹۹۰، ژاپن نیمی از سرمایه‌گذاری در تولید تراشه در جهان را انجام می‌داد. همچنین جایگاه رهبری در ماشین‌های لیتوگرافی را به دست آورد. برای مثال، شرکت نیکون[4] در سال ۱۹۸۰ معادل ۷۰ درصد سهم تولید جهانی را در اختیار داشت.

---

1. Jack Kilby
2. Alferov Zhores
3. Nippon Telegraph
4. Nikon

ازآنجایی‌که ژاپن در دههٔ ۱۹۸۰ به تهدیدی جدی برای سلطهٔ ایالات متحدهٔ آمریکا تبدیل شد، سیلیکون‌ولی به‌طور جدی علیه صنعت فناوری خود لابی کرد و به دنبال جلب حمایت واشنگتن بود. سیلیکون‌ولی ارتباط تنگاتنگی با ارتش داشت: کمتر از ۱۷ درصد از هزینه‌های نظامی ایالات متحده صرفاً برای سخت‌افزارهای الکترونیکی بود. همهٔ این لابی‌ها منجر به کاهش قابل‌توجه مالیات بر عایدی سرمایه، اجازهٔ سرمایه‌گذاری به صندوق‌های بازنشستگی در صندوق‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر و تشدید حقوق مالکیت معنوی شد. در سال ۱۹۸۶، ایالات متحده یک سهمیه بر روی تراشه‌های ژاپنی قرار داد. سهم ژاپن از تراشه‌های درام از ۹۰ درصد به ۲۰ درصد در یک دهه کاهش یافت. ازآنجایی‌که رقابت نیمه‌رسانای ژاپن در دههٔ ۱۹۹۰ کاهش یافت، عمدتاً به دلیل ژئوپلیتیک جهانی، ارزیابی میلر مشابه ارزیابی قبلی او از اتحاد جماهیر شوروی بود. به گفتهٔ او، سلطهٔ ظاهری ژاپن بر پایهٔ سرمایه‌گذاری بیش‌ازحد تحت حمایت دولت بنا شده بود و به همین دلیل هم پایدار نماند.[۸]

یکی از اقدامات اصلی در استراتژی سیلیکون‌ولی برای پیشی‌گرفتن از ژاپن، بهادادن به کرهٔ جنوبی بود. سامسونگ با ظهور به‌عنوان یک بازیگر کلیدی نیمه‌رسانا، سرمایه‌گذاری هنگفتی در تولید انجام داد و شروع به فروش تراشه‌هایی کرد که تحت نام تجاری اینتل تولید می‌شدند. تا سال ۱۹۹۸، کرهٔ جنوبی به بزرگ‌ترین تولیدکنندهٔ تراشه‌های درام در جهان تبدیل شد.

شرکت تولید نیمه‌رسانای تایوان در اواسط دههٔ ۱۹۸۰ به‌عنوان یک پروژهٔ دولتی تایوان شروع به کار کرد و دولت ۴۸ درصد از سرمایهٔ اولیه را تأمین کرد و چانگ را هم به ریاست آن گمارد. به چانگ اختیار داده شد و تنها شرطش این بود که از اعتبار و شبکهٔ خود در سیلیکون‌ولی استفاده کند تا شرکتی پیدا کند که مایل به ارائهٔ فناوری تولید پیشرفته باشد. شرکت هلندی چندملّیتی فیلیپس نیز ۵۸ میلیون دلار سرمایه‌گذاری کرد و فناوری تولید و مجوّز مالکیت معنوی خود را در اِزای ۲۷/۵ درصد از سهام شرکت تولید نیمه‌رسانای تایوان به این شرکت انتقال داد. بقیهٔ سرمایه توسط افراد ثروتمند تایوانی که توسط دولت فراخوانده شده بودند،

تأمین شد. چانگ اکثر کارکنان خود در سطوح میانی را از بین کسانی برگزید که تجربهٔ کاری با شرکت‌های سیلیکون‌ولی مانند موتورولا، اینتل و تگزاس اینسترومنتز را داشتند. اکثر این افراد نیز در دانشگاه‌های برتر ایالات متحده آموزش دیده بودند. به گفتهٔ میلر، چانگ قول داده بود که هرگز تراشه‌ها را طراحی نکند، بلکه فقط آن‌ها را برای دیگران بسازد.[۹]

کنترل نقاط کلیدی توسط ایالات متحده

در تمام هیاهوی ناشی از ساخت این تراشه‌ها در خارج از خاک آمریکا، چیزی که اغلب مغفول مانده است، کنترل ایالات متحده بر نقاط کلیدی در زنجیرهٔ تأمین تجهیزات نیمه‌رسانا است که بدون آن حتی یک تراشه، حداقل از انواع پیشرفته‌اش، نمی‌توان ساخت. علاوه‌براین، ایالات متحده به‌سبب قدرت نظامی و اقتصادی بالای خود سایر دولت-ملّت‌ها را در تنگنا قرار داده است. در سیلیکون‌ولی مجموعه‌ای از بازیگران شرکتی با ویژگی‌های منحصربه‌فرد وجود دارد که همگی نیز بر جنبه‌های حیاتی زنجیرهٔ تأمین نیمه‌رساناها انحصار دارند.

اپلاید متریالز[1] بزرگ‌ترین شرکت سازندهٔ ابزار نیمه‌رسانا در جهان است. این شرکت تجهیزاتی می‌سازد که لایه‌های نازکی از مواد شیمیایی را در هنگام پردازش روی ویفرهای سیلیکونی قرار می‌دهد. لَم ریسرچ[2] شرکتی دیگر است که آن هم در حکاکی مدارها در ویفرهای سیلیکونی تخصص جهانی دارد. بعد از آن شرکت کی.ال.ای[3] است که بهترین ابزارهای جهان را برای یافتن خطاهای نانومتری روی ویفرها و ماسک‌های لیتوگرافی می‌سازد.

1. Applied Materials
2. Lam Research
3. KLA

کادنس،[1] سینوپسایز[2] و منتور[3] نیز سه شرکت آمریکایی در این زمینه‌اند و نرم‌افزاری ارائه می‌کنند که می‌تواند میلیاردها ترانزیستور را روی یک ویفر قرار دهد. آن‌ها با هم حدود سه‌چهارم بازار را در اختیار دارند.

1. Cadence
2. Synopsys
3. Mentor

طی دهه‌های اخیر سهم ایالات متحدهٔ آمریکا در تولید تراشه‌های جهانی به‌طور پیوسته درحال کاهش بوده است، به‌طوری که از ۳۷درصد در سال ۱۹۹۰، به ۱۹درصد در سال ۲۰۰۰، و ۱۳درصد در سال ۲۰۱۰ رسید. ایالات متحدهٔ آمریکا همچنان ۳۹درصد از ارزش بازار را در اختیار دارد و پس از آن نیز کرهٔ جنوبی با ۱۶درصد، ژاپن با ۱۴درصد، تایوان با ۱۲درصد و چین با ۶درصد در رده‌های بعدی قرار دارند.

یکی از ویژگی‌های قابل‌توجه این صنعت این است که چین با واردات ۲۶۰ میلیارد دلاری تراشه‌های مدار مجتمع در سال ۲۰۱۷ در این زمینه سردمدار است. تراشه‌های مدار مجتمع ۳۶درصد از صادرات تایوان را در سال ۲۰۱۷ تشکیل می‌دهند، پس از آن نیز ۲۱درصد صادرات بازار سهم فیلیپین، ۱۹درصد سهم مالزی، ۱۷درصد سنگاپور و ۱۵درصد کرهٔ جنوبی است.

هر یک از کشورهای کلیدی در این حوزه در تلاش‌اند تا کنترل خود را بر زنجیرهٔ تأمین افزایش دهند و با ایجاد و حفظ امکانات زیرساختی تولید در داخل مرزهای خود، تاحدی به خودمختاری دست یابند. همچنین مایل هستند تا بدین منظور یارانه‌های حمایتی نیز به شرکت‌ها اختصاص دهند. در اتحاد نزدیک بین دولت کرهٔ جنوبی و سامسونگ، ایجاد یک شهر اختصاصی برای تولید نیمه‌رساناها برنامه‌ریزی شده است، جایی که سامسونگ قرار است ۱۰۰ میلیارد دلار در یک دهه صرفاً برای تراشه‌های منطقی و مقدار مشابهی برای تراشه‌های کارت حافظه سرمایه‌گذاری کند.

شرکت تولید نیمه‌رسانای تایوان درحال برنامه‌ریزی هزینهٔ سرمایه‌ای ۱۰۰ میلیارد دلاری در سال‌های ۲۰۲۴-۲۰۲۲ هستند تا آن را برای نوسازی امکانات موجود و همچنین ایجاد ظرفیت‌های جدید به‌کار گیرد. واشنگتن نیز به هر یک از بازیگران فعال این عرصه فشار می‌آورد تا امکانات بیشتری در درون مرزهای آمریکا ایجاد کنند. شرکت سامسونگ برنامه‌هایی برای ایجاد تأسیسات جدید در آستین (تگزاس) دارد، درحالی‌که شرکت تولید نیمه‌رسانای تایوان

درحال ساخت کارخانه‌ای در آریزونا است. اروپا، ژاپن و سنگاپور نیز در تلاش برای افزایش امکانات خود در حوزهٔ ساخت تراشه‌ها هستند.

جنگی همه‌گیر

یکی دیگر از جنبه‌های قابل‌توجه جنگ تراشه‌ها، نحوهٔ عادی‌سازی ایدهٔ این جنگِ واقعی است، به‌طوری که ممکن است فرد تقریباً از این موضوع غافل شود که جنگ فوق لزوماً به خون و خونریزی آنی و قابل مشاهده منجر نمی‌شود. درواقع، جنگ مدرن مبتنی بر فناوری، شاید در بلندمدت و به روشی متفاوت حتی جان‌های بیشتری بگیرد. در سال ۱۹۶۵، وزارت دفاع ایالات متحده ۷۲ درصد از تمام مدارهای مجتمع را خریداری کرد، اما در عرض سه سال، تراشه‌های بیشتری به صنایع خصوصی فروخته شد.

میلر ادعا می‌کند که بیشتر بمب‌هایی که در طول جنگ ویتنام پرتاب شدند به هدف اصابت نکردند، اما به گفتهٔ خود او این جنگ میدانی برای آزمایش موفقیت‌آمیز سلاح‌هایی بود که از میکروالکترونیک‌ها و مواد منفجره به روش‌هایی جدید استفاده می‌کردند. این فناوری‌ها، انقلابی در جنگ ایجاد کرد و قدرت نظامی آمریکایی‌ها را متحول ساخت.[۱۰] به گفتهٔ میلر در جنگ عراق ۱۹۹۱، نیمه‌رساناها قهرمان این جنگ بودند، جایی که موشک‌های ایالات متحده عملاً عراق را شخم زدند. با این حال، اگر به گزارش‌های معاصر در زمان جنگ نگاه کنیم، سؤالاتی جدی درمورد دقت موشک‌های ایالات متحده در عراق مطرح شد که در نتیجهٔ آن تعداد زیادی تلفات غیرنظامی به همراه داشت.[۱۱]

معمای چین

تمرکز جنگ تراشه و شاید منبع عنوان آن، بررسی رقابت چین و ایالات متحده و تهدید جدی است که ظاهراً صنعت نیمه‌رسانا چین برای برتری بر سیلیکون‌ولی ایجاد کرده است. تقریباً یک‌سوم کتاب به‌طور انحصاری به‌این موضوع اختصاص دارد.

در سال ۱۹۷۹، چین تقریباً هیچ تولید نیمه‌رسانای قابل دوام تجاری نداشت و فقط ۱۵۰۰ کامپیوتر در کل کشور کار می‌کرد. بااین‌حال، این کشور به‌سرعت پیشرفت کرد و در اواخر دههٔ ۱۹۸۰، هوآوی شروع به تولید درام‌هایی کرد که شبیه به درام‌های اوایل دههٔ ۷۰ بود. با توجه به اینکه تلاش‌های چین برای یافتن راه خود با فراز و نشیب خاص خود همراه بوده است، ارائهٔ هرگونه گزارشی خطی از مبارزهٔ این کشور برای رسیدن به آنچه امروز هست، دشوار خواهد بود. در مقطعی، ریچارد چانگ که سابقاً در تگزاس اینسترومنتز بود، شرکت بین‌المللی تولید نیمه‌رسانا را که مستقر در شانگهای بود، با مجموع ۱/۵ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری از سوی گلدمن ساکس، موتورولا و توشیبا تأسیس کرد. او در ادامه صدها فرد خارجی ازجمله تعداد قابل‌توجهی از تایوان را استخدام کرد. به‌زودی، آن‌ها پیشنهادهای کاری از سازندگان تراشهٔ خارجی دریافت کردند و در سال ۲۰۰۴ نیز این شرکت در بورس نیویورک ثبت تجاری شد.

چین در تلاش برای دستیابی و توسعهٔ فناوری نیمه‌رسانا رویکردی تهاجمی داشته است. با توجه به اینکه چین همچنان بزرگ‌ترین خریدار نیمه‌رساناها است، شرکت‌های فعال در حوزهٔ تولید تراشه نمی‌توانند این کشور را نادیده بگیرند و ازاین‌رو مایل‌اند بخش‌هایی از فناوری خود را به شرکت‌های چینی منتقل کنند و درواقع در شرکت‌های تابعه در چین سرمایه‌گذاری کنند. دولت چین نیز به‌نوبهٔ خود بیش‌ازحد به افزایش سرمایه برای این شرکت‌ها تمایل داشته است.

چندین شرکت جهانی فعال در حوزهٔ صنعت نیمه‌رسانا مانند کوالکام، اینتل، دستگاه‌های پیشرفتهٔ میکرو، آرم و آی‌بی‌ام بخشی از این فرایند بوده‌اند. تلاش قابل‌توجه دیگر، توسعهٔ گروه تسینگوآیونی گروپ[1] است که در دههٔ ۱۹۹۰ از درون دانشگاه تسینگوآ در پکن متولد شد. در سال ۲۰۱۳، این شرکت به شکل بی‌سابقه‌ای میلیاردها دلار برای خرید موفق‌ترین شرکت‌ها در حوزهٔ طراحی تراشه‌ها هزینه کرد. در سال بعد، این گروه با اینتل قراردادی برای ساخت پردازنده‌های گوشی‌های هوشمند منعقد کرد. همچنین تلاش می‌کرد که سهامی در شرکت تولید نیمه‌رسانای تایوان و همچنین مایکرون و دیگر شرکت‌های تولید تراشهٔ ایالات متحده بخرد. در سال ۲۰۱۷، تسینگوآ یونی گروپ درحال برنامه‌ریزی برای سرمایه‌گذاری‌های جدید به مبلغ ۲۲ میلیارد دلار بود که توسط مؤسسات مالی تحت کنترل دولت چین تأمین می‌شد.

شاید هیچ مورد دیگری بهتر از اشاره به ظهور کمپانی هواوی نباشد، شرکتی که در سال‌های اخیر بسیار سروصدا کرده است. میلر البته این اتهام همیشگی به هوآوی که می‌گوید این شرکت دست به نقض مالکیت معنوی می‌زند را رد کرده است. او همچنین به بودجهٔ تحقیق‌وتوسعهٔ سالانهٔ ۱۵ میلیارد دلاری این شرکت که آن را به یکی از بزرگ‌ترین شرکت‌های فناوری در جهان تبدیل کرده است، اشاره می‌کند. اگرچه هواوی از حمایت گستردهٔ دولتی برخوردار بود، اما مایل بود به‌سرعت از رویه‌های تجاری جهانی بیاموزد، سپس از بسیاری از بزرگ‌ترین شرکت‌های غربی مانند نورتل[2] و آلکاتل-لوسنت[3] پیشی گرفت. در پایان دههٔ ۲۰۱۰، واحدهای سیلیکون هوآوی درحال طراحی برخی از پیچیده‌ترین تراشه‌های جهان برای گوشی‌های هوشمند بود که بدین شکل به دومین مشتری بزرگ شرکت تولید نیمه‌رسانای تایوان بعد از اپل تبدیل شد. در ارزیابی میلر، اگر این روند بدون مداخلهٔ سیاسی ایالات متحده

1. Tsinghua Unigroup
2. Nortel
3. Alcatel-Lucent

و سایر دولت‌های قدرتمند ادامه می‌یافت، به نظر می‌رسید هواوی نقش بزرگ‌تری در ساخت شبکه‌های 5G نسبت به هر شرکت دیگری در جهان ایفا کند و از اریکسون و نوکیا هم پیشی بگیرد.[۱۲] به نقل از میلر، تا سال ۲۰۳۰ صنعت تراشهٔ چین در حوزه‌های مختلف ازجمله نظامی می‌تواند با نفوذ سیلیکون‌ولی رقابت کند.[۱۳]

ایالات متحدهٔ آمریکا و سیلیکون‌ولی از زمان دولت باراک اوباما، فعالیت‌های خود را برای متوقف‌کردن چین شروع کردند و بسیار تلاش کردند. تضاد بزرگی که آن‌ها با آن روبه‌رو هستند، این واقعیت است که برای هر شرکت بزرگ تولید تراشه، صنعت نیمه‌رسانای چین بازار بزرگی را تشکیل می‌دهد. ازاین‌رو، واشنگتن و صنعت تراشهٔ آمریکا بین تلاش برای محدودکردن صنعت چین و حفظ روابط تجاری گیرافتاده‌اند. میلر چندین نمونه از تلاش‌های ایالات متحده برای محدودکردن چین را به این ترتیب ذکر می‌کند:

- ایالات متحدهٔ آمریکا تلاش‌های جدّی برای شکستن روابط نیمه‌رسانا چین و تایوان انجام داده است، زیرا چین بزرگ‌ترین مشتری تجهیزات نیمه‌رسانای تایوان است.
- در سال ۲۰۱۸ نیز ایالات متحدهٔ آمریکا صادرات ابزارهای کلیدی تراشه‌سازی را از خاک خود به فوجیان جین‌هوا[1] ممنوع کرد. در سوی دیگر این ژاپن بود که می‌توانست برخی از ابزارها را برای پکن فراهم کند، اما مقامات آمریکایی با دولت ژاپن برای محدودکردن صادرات به چین به تفاهم رسیدند. فوجیان جین‌هوا پیشرفته‌ترین شرکت تولیدکنندهٔ درام در چین بود و به گفتهٔ میلر، با این اقدام ایالات متحده این شرکت عملاً نابود شد.
- در سال ۲۰۲۰، ایالات متحدهٔ آمریکا هرگونه فروش تراشه به هواوی را که با فناوری تولید ایالات متحده ساخته می‌شد، محدود کرد.[۱۴] بنابراین، هواوی به سادگی از زیرساخت‌های ساخت تراشه‌های جهان جدا شد، البته تراشه‌هایی که وزارت بازرگانی ایالات متحده خواستار صدور مجوّز ویژه برای خرید آن بود، از این قاعده مستثنا شدند.

1. Fujian Jinhua

میلر ردیابی این تحولات را در سال ۲۰۲۰ متوقف می‌کند، اما از آن زمان، دولت ایالات متحده تلاش‌های خود را برای متوقف کردن چین دوچندان کرده است:

- در سال ۲۰۲۰، شرکت بین‌المللی تولید تجهیزات نیمه‌رسانا و بسیاری دیگر از شرکت‌های چینی از فروش فناوری پیشرفته زیر ۱۰ نانومتر منع شدند.
- در ادامه (سال ۲۰۲۲) نیز انویدیا و ادونس مایکرو دیوایسس از ارائهٔ تراشه‌های هوش مصنوعی به چین منع شدند. آمریکا همچنین دسترسی چین به تراشه‌هایی که در هر جای جهان با تجهیزات آمریکایی ساخته شده را قطع کرد. در همین سال، شرکت فناوری‌های حافظهٔ یانگ‌تسه[1] و ده‌ها شرکت دیگر چینی در لیست سیاه قرار گرفتند.
- در سال ۲۰۲۳، دولت هلند هم از فروش برخی از ابزارهای پیچیده‌تر خود به چین منع شد.[۱۵]

در ارزیابی میلر، شرکت‌های چینی واکنش تلافی‌جویانهٔ اندکی نسبت به اقدامات طرف آمریکایی داشته‌اند و به نظر می‌رسد پکن نقش خود به‌عنوان یک بازیگر درجهٔ دوم در حوزهٔ فناوری را پذیرفته است.[۱۶] با این حال، چندین شرکت چینی نیز تلاش‌های هماهنگی برای پاسخ به اقدامات آمریکا انجام داده‌اند. تعدادی از این اقدامات در زیر فهرست شده است که اولین مورد در کتاب «جنگ تراشه‌ها» موردبحث قرار گرفته است، اما در اینجا آورده شده تا درک گسترده‌تری از تنوع تلاش‌های چین برای غلبه بر اقدامات ایالات متحده ارائه شود:

- شرکت‌های چینی، مانند علی‌بابا،[2] در تلاش‌اند تا از انحصار طراحی تراشه‌های اختصاصی مانند ایکس ۸۶[3] برای رایانه‌های شخصی که توسط اینتل و دستگاه‌های میکرو پیشرفته

1. YMTC
2. Alibaba
3. x86 chip

کنترل می‌شود، یا طراحی آرم برای تلفن‌های همراه خارج شوند و روی طراحی منبع‌باز RISC-V سرمایه‌گذاری کنند.

- باکمک دولت‌های محلّی در سراسر چین، هواوی و شرکای آن در حال کار بر روی شبکه‌های تولید و مونتاژ تراشه‌های جدید در پکن، ووهان، چینگ دائو[1] و شنژن[2] با سرمایه‌گذاری بیش از ۵۵ میلیارد دلار هستند.[۱۷]
- اگرچه سود خالص هواوی در سال ۲۰۲۲ عمدتاً به دلیل تحریم ایالات متحده در مقایسه با سال قبل ۶۹ درصد کاهش یافت، اما این شرکت به ۵/۱۸ میلیارد دلار درآمد رسید. مهم‌تر از آن، هوآوی در آن سال ۲۳/۵ میلیارد دلار تنها در تحقیق و توسعهٔ سرمایه‌گذاری کرد که نسبت به سال قبل ۱۳/۲ درصد افزایش داشت.[۱۸]
- براساس گزارش اخیر، هوآوی پس از کوالکام در اختراعات جدید در زمینهٔ فناوری ارتباطات بی‌سیم در رتبهٔ دوم قرار دارد.[۱۹]
- شرکت فناوری‌های حافظهٔ یانگ‌تسه نیز در حال سرمایه‌گذاری ۷ میلیارد دلاری برای غلبه بر نقاط ضعف تولید تراشه‌های حافظهٔ فلش است.[۲۰]
- بلومبرگ گزارش داد که در یک تحول مهم در سپتامبر ۲۰۲۳، هوآوی مدل جدیدی از گوشی هوشمند عرضه کرد که ادعا می‌کرد به‌صورت بومی تولید شده و از یک تراشهٔ پردازشی هفت نانومتریِ تولیدشده توسط شرکت بین‌المللی تولید تجهیزات نیمه‌رسانا استفاده می‌کند. آن‌ها این اقدام را ضربه‌ای به تحریم‌های آمریکا معرفی کردند.[۲۱]

1. Qingdao
2. Shenzhen

جمع‌بندی

همان‌طور که نویسندگان این گزارش آورده بودند، رقابت برای دستیابی به پیشرفته‌ترین تراشه‌ها به یکی از مسائل کلیدی در روابط میان قدرت‌های بزرگ بدل شده است. رقابت چین و ایالات متحده و تهدید جدّی که صنعت نیمه‌رسانای چین برای آمریکا ایجاد کرده است، موجب شده تا انواع سیاست‌ها برای محدودکردن شرکت‌های چینی به‌کار گرفته شود. انحصار مالکیت فکری، دادن اختیارات و اعطای کمک‌های مالی به کشورهای همسو با سیاست‌های آمریکا، درنظرگرفتن مکان‌های جدید برای تأسیس شرکت‌های ساخت تراشه، جلوگیری از فروش تجهیزات و ابزارهای کلیدی و... ازجمله اقداماتی است که ایالات متحدهٔ آمریکا برای تضعیف و حذف رقبای خود از آن‌ها بهره گرفته است.

تسلط بر صنعت تراشه‌ها به‌قدری برای دولت‌ها حیاتی شده است که حتی با ظهور شرکت‌های فراملّی نیز آن‌ها جایگاه و تأثیرگذاری خود را حفظ کرده‌اند. برای مثال، ایالات متحده در قالب قانون تراشه و علم، بودجه‌های کلانی برای تقویت شرکت‌های ساخت تراشه در داخل خاک آمریکا در نظر گرفته است. کشورهای دیگری مثل چین، هند و ژاپن نیز سیاست‌های جداگانه‌ای را برای تقویت و بومی‌سازی شرکت‌های ساخت تراشه خود در پیش گرفته‌اند.

آمارها نشان می‌دهد که چین، تایوان، کرهٔ جنوبی، ژاپن، هند و اتحادیهٔ اروپا با سرمایه‌گذاری‌های کلان در این عرصه به‌سرعت پیشروی می‌کنند. هر یک از کشورهای کلیدی

نامبرده در تلاش هستند تا کنترل خود را بر زنجیرهٔ تأمین افزایش دهند و با ایجاد و حفظ امکانات زیرساختی تولید در داخل مرزهای خود، تا حدی به خودمختاری دست یابند. همچنین مایل اند بدین منظور یارانه‌های حمایتی نیز به شرکت‌ها اختصاص دهند.

این میزان از حمایت‌ها نشان از جنگی فراگیر در آینده دارد. جنگی که لزوماً به خونریزی و کشتار آنی و قابل‌مشاهده منجر نمی‌شود، اما آثاری به‌مراتب عمیق‌تر و طولانی‌تری بر جای می‌گذارد. تراشه‌ها بسیاری از حوزه‌های اقتصادی و نظامی را متحول خواهند ساخت، بالاخص با ظهور هوش مصنوعی شاهد تحولی عظیم در به‌کارگیری و رقابت کشورها در این عرصه خواهیم بود. ازاین‌رو، مطلوب است که جمهوری اسلامی ایران نیز اقدامات بسیاری در این عرصه انجام دهد تا بتواند فرصت‌ها را افزایش و تهدیدها را کاهش دهد.

منابع و یادداشت‌ها

۱. جز در مواردی که منبع دیگری ذکر شده همهٔ نقل‌ها از کتاب جنگ تراشه‌ها اثر کریس میلر است:

2. Chris Miller, Chip War: The Fight for the World's Most Critical Technology (New Delhi: Simon and Schuster, 2022).
3. Miller, Chip War, xxiv. Emphasis added.

۴. تخمین زده می‌شود که ابزارهای جدید EUV در آیندهٔ نزدیک دست‌کم ۳۰۰ میلیون دلار هزینه داشته باشند: Chip War, 230

5. Miller, Chip War, 224. Emphasis added.
6. Miller, Chip War, 84.
7. Miller, Chip War, 63.
8. Miller, Chip War, 98.
9. Miller, Chip War,156.
10. Miller, Chip War, 168.
11. Miller, Chip War, 61.
12. See, for instance, R. Jeffrey Smith and Evelyn Richards, "Numerous U.S. Bombs Probably Missed Targets," Washington Post, February 22, 1991.
13. Miller, Chip War, 280.
14. Miller, Chip War, 281.
15. Miller, Chip War, 316.
16. "US Targets China over Semiconductors," Reuters, June 30, 2023.
17. Miller, Chip War, 317.
18. Cheng Ting-Fang and Shunsuke Tabeta, "China's Chip Industry Fights to Survive U.S. Tech Crackdown," Nikkei Asia, November 30, 2022.
19. Arjun Kharpal, "Huawei Reports Biggest Profit Decline Ever as U.S. Sanctions, Pandemic Controls Hit Chinese Giant," CNBC, March 31, 2023.
20. Frederick Nyame, "The Race for Wireless Excellence: Qualcomm, Huawei, and Ericsson Lead the Way," GizChina, June 30, 2023.
21. Che Pan and Ann Cao, "Tech War: China's Top Memory Chip Maker YMTC Making Progress in Producing Advanced 3D NAND Products with Locally Sourced Equipment," scmp.com, April 23, 2023.
22. Vlad Savov and Debby Wu, "Huawei Teardown Shows Chip Breakthrough in Blow to US Sanctions," Bloomberg, September 4, 2023.

David Sacks, "Threatening to Destroy TSMC Is Unnecessary and Counterproductive," Council on Foreign Relations, May 9, 2023.

RESEARCH PAPERS

دفترهای آبی

مقالات پژوهشی (Research Papers) از مهم‌ترین ابزارهای توسعهٔ دانش هستند که با تکیه بر داده‌های تجربی به بررسی دقیق و جامع موضوعات تخصصی می‌پردازند.

دفترهای آبی دسته‌ای از گزارش‌های تفصیلیِ تولیدشده در پژوهشگاه فضای مجازی، و محصول رصد مطالعات تحقیقی اندیشکده‌ها و نخبگان جهان در موضوعات مرتبط با فضای مجازی است.

پژوهشگاه فضای مجازی