

مطالعه تطبیقی

پوسکو؛ از فولادساز ملی تا توسعه‌گر فناوری

چگونه یک بنگاه بدون سرمایه، فناوری و تجربه، در پنج دهه به مالک، توسعه‌دهنده و صادرکننده فناوری فولاد تبدیل شد



GLOBAL PATTERNS OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY DEVELOPMENT

صفحه شناسنامه

شناسنامه گزارش

پوسکو؛ از فولادساز ملی تا توسعه‌گر فناوری

خانواده انتشار	مطالعه تطبیقی (TGN-CS)
محور محتوایی	فناوری و نوآوری حکمرانی توسعه فناوری اکوسیستم و تأمین‌کنندگان
پژوهش و تدوین گزارش	اندیشکده فولاد آینده با همکاری رصدخانه صنعت و فناوری دانشگاه تهران و پلتفرم Futureof.ir
تاریخ انتشار	مرداد ۱۴۰۵
نسخه	۱٫۰ — نسخه اولیه برای بازبینی علمی و مدیریتی
کد انتشار	TGN-CS-01

پرسش راهنمای مطالعه

پوسکو در ۱۹۶۸ نه سرمایه داشت، نه فناوری، نه بازار و نه نیروی متخصص؛ نهادهای بین‌المللی ساخت یک کارخانه یکپارچه فولاد در کره را «غیراقتصادی» ارزیابی کرده بودند. کدام سازوکارهای مشخص و قابل طراحی، مسیر این بنگاه را از واردکننده فناوری به طراح، مالک و صادرکننده فناوری تغییر داد—و کدام یک برای صنعت ایران قابل استفاده است؟

ماهیت سند

مطالعه تطبیقی مدیریتی برای استخراج سازوکارهای
عالی یادگیری فناورانه

مخاطب اصلی

مدیران ارشد صنعتی، سیاست‌گذاران فناوری و رهبران
تحقیق و توسعه

منطق استفاده

الگوبرداری از معماری و سازوکارها؛ نه کپی مستقیم
فناوری‌ها و شرایط تاریخی

این سند ماهیت پیشنهادی دارد؛ تصمیم‌گیری درباره گزینه‌های مطرح‌شده منوط به بررسی و تصویب مراجع ذی‌صلاح است.

راهنمای سند

ساختار و منطق خواندن

این مطالعه بر خلاف پروفایل‌های متعارف شرکتی، «معرفی پوسکو» نیست. هدف آن استخراج سازوکارهای علی یادگیری فناورانه است؛ اینکه یک بنگاه صنعتی در یک کشور در حال توسعه، با چه تصمیم‌های نهادی، قراردادی و سازمانی از پله‌های انباشت قابلیت بالا می‌رود و در کدام نقاط ممکن است متوقف شود.

به همین دلیل، ستون فقرات روایت، نه ترتیب تاریخی رویدادها، بلکه «نردبان پنج‌پله قابلیت فناورانه» است.

سند در سه لایه خوانده می‌شود: لایه توصیفی (فصل‌های ۲ تا ۹) که نشان می‌دهد چه اتفاقی افتاد و با کدام ساختار، قرارداد، نهاد و سرمایه؛ لایه ارزیابی (فصل ۱۰) که می‌سنجد نتیجه واقعی چه بود و کدام وعده محقق نشد؛ و لایه انتقال (فصل‌های ۱۱ تا ۱۳) که مشخص می‌کند چه چیزی برای صنعت ایران قابل الگوبرداری، قابل بومی‌سازی و غیرقابل انتقال است.

فهرست مطالب

فصل	عنوان	کارکرد در روایت
۱	خلاصه مدیریتی	ادعای مرکزی و یافته‌های کلیدی
۲	معرفی شرکت و زمینه تحول	پروفایل امروز و تایم‌لاین چهار موج
۳	محرك آغاز تحول	چرا انباشت داخلی جایگزین اتکای بیرونی شد
۴	معماری حکمرانی فناوری	مثلت پوسکو-RIST-پوستک و حقوق تصمیم
۵	سبد فناوری‌ها	ماتریس بلوغ، اهمیت و مالکیت
۶	مدل توسعه، خرید و مشارکت	از قرارداد خرید تا قرارداد یادگیری
۷	اکوسیستم دانشگاه، استارت‌آپ و تأمین‌کننده	لاپه‌بندی و ابزارهای پیوند
۸	سرمایه‌گذاری و تأمین مالی فناوری	پلتفرم سرمایه‌گذاری خطرپذیر و منطق تخصیص
۹	مالکیت فکری و تجاری‌سازی	از پتنت تا صدور فناوری
۱۰	نتایج، شاخص‌ها و چالش‌ها	آنچه محقق شد و آنچه هنوز حل نشده است
۱۱	درس‌های قابل انتقال برای صنعت ایران	هشت درس با مکانیزم و شرط تحقق
۱۲	پیشنهادهای اجرایی برای صنعت ایران	بسته اقدام در سه افق زمانی
۱۳	سه پاسخ پایانی	الگوبرداری، بومی‌سازی و مرزهای انتقال

چارچوب تحلیلی

نردبان پنج پله قابلیت فناوریانه

ادبیات یادگیری فناوریانه در کشورهای در حال توسعه — از لال و بل و پاویت تا کیم و فیگیردو — بر یک تمایز بنیادی تأکید می‌کند: «ظرفیت تولید» با «قابلیت فناوریانه» یکی نیست. ظرفیت تولید یعنی توان اجرای یک فناوری موجود؛ قابلیت فناوریانه یعنی توان انتخاب، جذب، تغییر، بهبود و در نهایت خلق فناوری. بنگاهی می‌تواند دهه‌ها با کیفیت جهانی تولید کند و همچنان در پله اول باقی بماند.

مسیر پوسکو در این گزارش بر همین نردبان خوانده می‌شود. نکته کلیدی آن است که پوسکو در هیچ پله‌ای «جهش نکرد»؛ بلکه هر پله را با یک سازوکار نهادی مشخص و یک منبع مالی مشخص ساخت و سپس به پله بعد رفت. آنچه سرعت را ساخت، حذف پله‌ها نبود؛ فشردن زمان هر پله بود.

۵	مالکیت، بازاریابی و صدور فناوری	ثبت و حفاظت دانش فنی، فروش لیسانس و خدمات مهندسی، برندسازی فناوریانه محصول، ورود به بازارهای مجاور بر پایه قابلیت انباشته.
۴	طراحی و توسعه فناوری جدید	طراحی فرآیند و محصول از صفر، تعریف مسئله ملی، آزمایشگاه، پایلوت و دمو با بودجه چندساله و افق فراتر از سود سالانه.
۳	مهندسی، بهبود و بهینه‌سازی	رفع عیب، افزایش بهره‌وری، اصلاح تجهیزات وارداتی، مهندسی معکوس محدود، گسترش گرید محصول.
۲	جذب دانش و مستندسازی	آموزش فشرده، اعزام نیرو، مستندسازی رویه‌ها، ساخت حافظه سازمانی، تبدیل تجربه فردی به دارایی بنگاه.
۱	بهره‌برداری	اجرای پایدار، ایمنی، کیفیت و در دسترس بودن تجهیزات؛ نقطه شروع همه بنگاه‌ها، اما نقطه توقف بسیاری از آنها.

گزاره کلیدی چارچوب

تفاوت پوسکو با بنگاه‌های هم‌نسل خود در «داشتن فناوری» نبود؛ در این بود که از همان قرارداد نخست، ساختار سازمانی و مالی لازم برای بالارفتن از پله بعدی را هم‌زمان تأسیس کرد. یادگیری در پوسکو یک نتیجه جانبی تولید نبود؛ یک مأموریت دارای بودجه، مالک و سنجه بود.

چهار پرسش راهنما که این مطالعه به آنها پاسخ می‌دهد

#	پرسش	فصل مرجع
۱	کدام فناوری‌ها اولویت گرفتند و بر چه مبنایی انتخاب شدند؟	فصل ۵ — سبب فناوری‌ها و ماتریس اولویت
۲	چه کسی تصمیم گرفت، چه کسی اجرا کرد و مسئولیت نتیجه با که بود؟	فصل ۴ — معماری حکمرانی و حقوق تصمیم
۳	دانشگاه، استارت‌آپ و سازنده چگونه به شریک توسعه تبدیل شدند؟	فصل ۷ — لایه‌بندی اکوسیستم
۴	سرمایه چگونه متناسب با بلوغ و ریسک فناوری تخصیص یافت؟	فصل ۸ — معماری تأمین مالی

فصل ۱

خلاصه مدیریتی

ادعای مرکزی گزارش

پوسکو صاحب فناوری شد چون از ابتدا «یادگیری» را به عنوان یک مأموریت دارای مالک، بودجه و سنجه تعریف کرد، نه به عنوان اثر جانبی خرید تجهیزات. سه نهاد—بنگاه، مؤسسه پژوهش صنعتی و دانشگاه اختصاصی—در یک معماری واحد قفل شدند و جریان پایداری از مسئله عملیاتی به پژوهش و بازگشت راه حل به کارخانه ایجاد کردند. آنچه قابل انتقال است این معماری است، نه فناوری‌های خاص.

سه یافته کلیدی

۱. **نهادسازی پیش از بلوغ مالی رخ داد.** پوسکو در ۱۹۸۶ دانشگاه پوسنتک و در ۱۹۸۷ مؤسسه RIST را تأسیس کرد؛ یعنی در همان سال‌هایی که هنوز درگیر تکمیل فازهای مجتمع گوانگ‌یانگ و بازپرداخت وام‌های خارجی بود. سرمایه‌گذاری در ظرفیت دانشی، پاداش موفقیت مالی نبود؛ پیش‌شرط آن تلقی شد.

۲. **قابلیت با یک فرآیند نمایان می‌شود، نه با یک محصول.** فناوری FINEX از آغاز پژوهش در ۱۹۹۲ تا تجاری‌سازی در مقیاس ۱٫۵ میلیون تن در ۲۰۰۷، حدود ۱۵ سال زمان برد. این پانزده سال، سنجه واقعی گذار پوسکو از مصرف‌کننده به توسعه‌گر است — نه حجم سرمایه‌گذاری سالانه در تحقیق و توسعه.

۳. **قابلیت انباشته به بازارهای مجاور سرریز می‌کند.** همان دانش متالورژی، مدیریت فرآیند و مهندسی مواد که برای فولاد ساخته شده بود، امروز مبنای ورود گروه به مواد باتری، لیتیوم و هوش مصنوعی صنعتی است. تنوع بخشی پوسکو مبتنی بر قابلیت است، نه مبتنی بر فرصت مالی.

مسیر پنج‌دهه‌ای در یک نگاه

واردات کامل فناوری ← جذب و آموزش فشرده ← بهبود و بهینه‌سازی ← طراحی فرآیند بومی ← صدور فناوری

سه دلالت مستقیم برای صنعت ایران

قرارداد را بازطراحی کنید	مالک فناوری تعیین کنید	سنجه را عوض کنید
پیش از افزایش بودجه پژوهش، بندهای انتقال داده، مشارکت مهندسی و آموزش حین کار را وارد قراردادهای خرید کنید. یادگیری در قرارداد شکل می‌گیرد، نه پس از آن.	برای هر فناوری راهبردی یک تیم مسئول با اختیار، بودجه چندساله و پاسخ‌گویی نتیجه تعریف کنید؛ نه یک واحد پشتیبان.	به جای اندازه‌گیری بودجه و تعداد پروژه، سهم درآمد از محصول یا فرآیندی را بسنجید که خودتان طراحی کرده‌اید.

سه پاسخ پایانی — پیش‌نمایش

قابلیت الگوبرداری	معماری سه‌نهادی، قرارداد یادگیری، تیم مالک فناوری، تأمین مالی مرحله‌ای، سنجه‌های انباشت قابلیت، برنامه توسعه تأمین‌کننده.
نیازمند بومی‌سازی	پلتفرم سرمایه‌گذاری خطرپذیر شرکتی، دانشگاه اختصاصی، شتاب‌دهنده صنعتی، مدل مشارکت با شرکای بین‌المللی در شرایط تحریمی.
غیرقابل انتقال	دسترسی بی‌واسطه به بازار صادراتی جهانی و سرمایه ارزان بلندمدت، انسجام سیاست صنعتی چنددهه‌ای، و پنجره تاریخی رشد تقاضای داخلی کره در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰.

فصل ۲

معرفی شرکت و زمینه تحول

پوسکو امروز یک گروه صنعتی چندرشته‌ای است که هسته آن فولاد است اما مرزهای آن به مواد باتری، لیتیوم، انرژی، مهندسی و فناوری اطلاعات صنعتی گسترش یافته است. شناخت این پروفایل برای فهم مسیر یادگیری ضروری است: تنوع امروز، نتیجه قابلیت است که در دوره فولادی انباشته شد.

۱۵

سال از پژوهش تا تجاری سازی FINEX

۱۹۶۸

سال تأسیس شرکت فولاد پوهانگ

۶۹

هزار میلیارد وون درآمد گروه (۲۰۲۵)

۳۸,۶

میلیون تن تولید فولاد خام (۲۰۲۵)

ارقام تولید و درآمد بر اساس گزارش سالانه گروه برای سال ۲۰۲۵ است؛ درآمد گروه از حدود ۷۷ هزار میلیارد وون در ۲۰۲۳ به حدود ۶۹ هزار میلیارد وون در ۲۰۲۵ کاهش یافته که نشان‌دهنده فشار مازاد ظرفیت جهانی و افت قیمت است.

ساختار گروه امروز

بخش	شرکت‌های کلیدی	نقش در معماری فناوری
فولاد	پوسکو، مجتمع‌های پوهانگ و گوانگ‌یانگ، واحدهای برون‌مرزی	منبع مسئله فناوریانه، بستر آزمون و مشتری نخست فناوری‌های جدید
مواد باتری و منابع راهبردی	پوسکو فیوچر ام، پوسکو آرژانتین، پوسکو پیلبارا لیتیوم سولوشن	کاربرد قابلیت متالورژی و مهندسی مواد در بازار مجاور
زیرساخت و انرژی	پوسکو اینترنشنال، پوسکو ای‌اندسی	تأمین انرژی، اجرای پروژه و کانال دسترسی به بازار جهانی
فناوری اطلاعات و دیجیتال	پوسکو دی‌ایکس	تبدیل داده عملیاتی به دارایی؛ توسعه هوش مصنوعی صنعتی
پژوهش و دانش	RIST، پوستک، پوسری، مرکز پژوهش فنی	تولید، انباشت و انتقال دانش میان بنگاه و اکوسیستم

تایم‌لاین چهار موج تحول فناوریانه

مسیر پنج‌دهه‌ای پوسکو را می‌توان در چهار موج خواند. هر موج با یک نوع متفاوت از سرمایه‌گذاری همراه بوده است: موج اول سرمایه‌گذاری در تجهیزات و آموزش، موج دوم در نهاد، موج سوم در پژوهش فرآیندی و موج چهارم در بازتعریف کل پارادایم تولید.

دوره	موج	رویدادها و نقاط عطف فناوریانه
۱۹۶۸ - ۱۹۸۳	موج اول: واردات و جذب	تأسیس شرکت فولاد پوهانگ (۱۹۶۸)؛ فروپاشی کنسرسیوم بین‌المللی KISA و انتقال تأمین مالی به منابع ژاپنی؛ کمک فنی نیپون استیل و نیپون کوکان؛ اعزام گسترده کارکنان به ژاپن، آلمان و استرالیا برای آموزش پیش از راه‌اندازی؛ آغاز تولید در ۱۹۷۳ با ظرفیت حدود یک میلیون تن و رسیدن به حدود ۹ میلیون تن تا ۱۹۸۳.
۱۹۸۴ - ۱۹۹۱	موج دوم: نهادسازی دانشی	آغاز مجتمع گوانگ‌یانگ به‌عنوان کارخانه نسل جدید؛ تأسیس دانشگاه علوم و فناوری پوهانگ (پوستک) در آذر ۱۹۸۶؛ تأسیس مؤسسه پژوهش علوم و فناوری صنعتی (RIST) در اسفند ۱۹۸۷؛ شکل‌گیری مثلث بنگاه-مؤسسه-دانشگاه در یک پهنه جغرافیایی واحد.

دوره	موج	رویدادها و نقاط عطف فناوریانه
۱۹۹۲ - ۲۰۱۰	موج سوم: طراحی فرآیند بومی	آغاز پژوهش احیای ذوبی در ۱۹۹۲ به عنوان پروژه ملی؛ توسعه و تجاری‌سازی FINEX در ۲۰۰۷ در مقیاس ۱٫۵ میلیون تن؛ توسعه فولادهای پیشرفته خودرویی؛ خصوصی‌سازی و تبدیل به شرکت سهامی عام؛ راه‌اندازی آزمایشگاه پرتو پوهانگ به عنوان زیرساخت ملی پژوهش.
۲۰۱۱ - امروز	موج چهارم: گذار سبز و تنوع	استقرار کارخانه هوشمند و انتخاب پوهانگ به عنوان نخستین «کارخانه فانوس دریایی» کره‌ای در ۲۰۱۹؛ راه‌اندازی پلتفرم سرمایه‌گذاری خطرپذیر هزار میلیارد وونی در ۲۰۱۹؛ افتتاح چنج‌آپ گراند در ۲۰۲۱؛ توسعه HyREX و ورود به زنجیره لیتیوم و مواد باتری.

خوانش تحلیلی تایم‌لاین

فاصله موج اول تا موج سوم حدود ۲۴ سال است. یعنی از نخستین قطره فولاد تا نخستین فرآیند طراحی‌شده توسط خود بنگاه، نزدیک به یک ربع قرن فاصله وجود دارد. هر برنامه توسعه فناوری که افق آن کوتاه‌تر از یک دهه تعریف شود، در عمل درباره چیز دیگری صحبت می‌کند.

زمینه ملی: منطق قهرمان صنعتی

پوسکو محصول یک سیاست صنعتی آگاهانه بود. دولت کره فولاد را نه یک کالای واسطه‌ای بلکه زیرساخت توسعه صنایع پایین‌دست—خودرو، کشتی‌سازی، لوازم خانگی و ساختمان—تعریف کرده بود. این تعریف سه پیامد داشت که در فهم مسیر یادگیری حیاتی است:

◀ **افق زمانی بلند.** انتظار بازگشت سرمایه در بازه‌های چندساله تعریف شد، نه سالانه؛ این تنها شرطی است که سرمایه‌گذاری در نهادهای دانشی را ممکن می‌کند.

◀ **تقاضای تضمین‌شده اولیه.** رشد هم‌زمان صنایع پایین‌دست، بازار داخلی مطمئنی برای محصولات پوسکو فراهم کرد؛ اما این بازار به سرعت با آزمون صادراتی تکمیل شد و به حمایت دائمی تبدیل نشد.

◀ **انضباط عملکردی.** حمایت مشروط بود؛ شاخص‌های بهره‌وری، کیفیت و صادرات به طور مستمر سنجیده می‌شدند و ادامه حمایت به آنها گره خورده بود. این نکته، تفاوت بنیادی میان سیاست صنعتی مؤثر و رانت پایدار است.

فصل ۳

محرك آغاز تحول

پرسش این فصل ساده اما تعیین‌کننده است: چرا بنگاهی که با کمک فنی خارجی و تجهیزات وارداتی به موفقیت رسیده بود، به جای ادامه همان مسیر، به انباشت داخلی قابلیت روی آورد؟ پاسخ در ترکیب چهار فشار هم‌زمان نهفته است.

چهار محرك گذار

۱۰ سقف انتقال فناوری	۲۰ فشار هزینه و کیفیت	۳۰ الزام صادراتی	۴۰ خصوصی‌سازی تدریجی
شرکای خارجی حاضر به انتقال دانش طراحی و نسل بعدی فناوری نبودند. آنچه منتقل می‌شد، توان اجرا بود نه توان تغییر. این سقف در هر مذاکره ارتقا خود را نشان می‌داد.	رقابت با تولیدکنندگان ژاپنی ایجاب می‌کرد بهره‌وری و گرید محصول مستقل از تأمین‌کننده تجهیزات بهبود یابد؛ چیزی که بدون مهندسی داخلی ممکن نبود.	بازار داخلی کره برای توجیه مقیاس کافی نبود؛ ورود به بازار جهانی، محصول متمایز و در نتیجه دانش فنی متمایز می‌طلبید.	گذار از مالکیت دولتی به شرکت سهامی عام، فشار پاسخ‌گویی به بازار سرمایه و ضرورت داشتن منبع مزیت پایدار را افزایش داد.

نقطه عطف تحلیلی: تأسیس نهاد پیش از بلوغ

مهم‌ترین تصمیم این دوره، تأسیس پوسنک و RIST است. آنچه این تصمیم را از تصمیم‌های مشابه در بنگاه‌های دیگر متمایز می‌کند، زمان‌بندی آن است. پوسنکو این دو نهاد را در میانه سنگین‌ترین دوره سرمایه‌گذاری فیزیکی خود—تکمیل فازهای مجتمع گوانگ‌یانگ—تأسیس کرد؛ یعنی زمانی که هر ریال سرمایه رقیب داشت.

منطق پشت این تصمیم را می‌توان چنین صورت‌بندی کرد: اگر نهاد دانشی پس از رسیدن به بلوغ مالی تأسیس شود، هرگز تأسیس نمی‌شود؛ زیرا در هر مقطع، سرمایه‌گذاری در ظرفیت فیزیکی بازده کوتاه‌مدت روشن‌تری دارد. نهادسازی دانشی همیشه در رقابت با یک گزینه ظاهراً عقلانی‌تر است و تنها با یک تصمیم راهبردی از بالا ممکن می‌شود.

یافته راهبردی ۱۰

تصمیم به ساخت ظرفیت دانشی هرگز از دل تحلیل بازده کوتاه‌مدت بیرون نمی‌آید. اگر منتظر بمانید تا «شرایط مناسب شود»، آن شرایط هیچ‌گاه فرا نمی‌رسد. این یک تصمیم راهبردی است، نه یک تصمیم سرمایه‌گذاری متعارف.

محرك موج دوم: چرا امروز دوباره نقطه عطف است

پوسنکو امروز در آستانه دومین گذار بنیادی خود قرار دارد و محرك‌های آن تا حد زیادی با محرك‌هایی که صنایع پایه ایران با آن مواجه‌اند هم‌پوشانی دارد: تغییر پارادایم فناوری تولید آهن، مقررات مرزی کربن، فشار مازاد ظرفیت جهانی و تغییر ترکیب تقاضا.

محرك	اثر بر پوسنکو	قرینه در صنعت ایران
تغییر پارادایم فناوری	کوره بلند به تدریج از مزیت به بدهی راهبردی تبدیل می‌شود؛ سرمایه‌گذاری در HyREX ضروری می‌شود.	دارایی‌های فناورانه موجود ممکن است در یک دهه آینده ارزش رقابتی خود را از دست بدهند.
مقررات کربن مرزی	دسترسی به بازارهای صادراتی به شدت کربن محصول گره می‌خورد.	محدودیت دسترسی به بازارهای صادراتی و لزوم آماده‌سازی زودهنگام.
مازاد ظرفیت جهانی	حاشیه سود فولاد پایه فشرده می‌شود؛ تمایز به محصول ویژه و فناوری منتقل می‌شود.	رقابت بر پایه هزینه ناپایدار است؛ ارزش افزوده باید از دانش بیاید.
تغییر ترکیب تقاضا	ورود به مواد باتری و فولادهای تخصصی برای بخش‌های جدید صنعتی.	فرصت ورود به بازارهای مجاور با اتکا به قابلیت انباشته موجود.

فصل ۴

معماری حکمرانی فناوری

اگر یک عنصر از تجربه پوسکو را باید به عنوان مهم ترین دستاورد قابل انتقال برگزید، آن معماری حکمرانی است: تقسیم کار روشن میان سه نهاد با مأموریت، افق زمانی و منبع مالی متفاوت، که در عین استقلال حقوقی، در یک جریان واحد دانش قفل شده اند.

مثلت نهادی: بنگاه، مؤسسه، دانشگاه

نهاد	تأسیس	مأموریت اصلی	افق و منطق مالی
پوسکو (بنگاه)	۱۹۶۸	تولید، عملیات، تعریف مسئله واقعی و آزمون صنعتی راه حل ها	افق تجاری؛ تأمین کننده مسئله و مشتری نخست فناوری
RIST (مؤسسه پژوهش صنعتی)	۱۹۸۷	پژوهش کاربردی، حل مسئله عملیاتی، توسعه فرآیند و مواد، پابلوت	افق میان مدت؛ تأمین مالی از بنگاه با مأموریت مشخص
پوستک (دانشگاه)	۱۹۸۶	پژوهش بنیادی، تربیت نیروی دکتری و کارشناسی ارشد، ارتباط علمی جهانی	افق بلندمدت؛ وقف و بودجه مستقل با استقلال آکادمیک
پوسری (مؤسسه پژوهش مدیریتی)	۱۹۹۴	مطالعات راهبردی، اقتصاد صنعت، آینده نگاری و سیاست پژوهی	پشتیبان تصمیم مدیریتی و آینده پژوهی صنعت

نکته طراحی مهم آن است که این سه نهاد در یک پهنه جغرافیایی واحد—شهر پوهانگ—مستقر شدند. RIST در ابتدا در پردیس پوستک میزبانی شد. این هم جوار، جریان غیررسمی دانش، جابه جایی نیرو و شکل گیری زبان مشترک را ممکن کرد؛ چیزی که با قرارداد و تفاهم نامه ساخته نمی شود.

جریان دانش: چرخه بسته مسئله و راه حل



این چرخه بسته، تفاوت بنیادی با مدل رایج «قرارداد پژوهشی» دارد. در مدل رایج، بنگاه یک موضوع را به دانشگاه سفارش می دهد و گزارشی دریافت می کند که مسیر بازگشتی به خط تولید ندارد. در مدل پوسکو، مسئله از کف کارخانه می آید، حلقه میانی آن را به زبان پژوهشی ترجمه می کند و مسیر بازگشت راه حل از پیش تعریف شده است. حلقه میانی—مؤسسه پژوهش صنعتی—همان حلقه ای است که در بیشتر تجربه های ناموفق غایب است.

یافته راهبردی ۰۲

پیوند مستقیم دانشگاه و صنعت در بیشتر موارد شکست می خورد، نه به دلیل کمبود بودجه، بلکه به دلیل نبود یک نهاد میانی که مسئله عملیاتی را به مسئله پژوهشی ترجمه کند و راه حل پژوهشی را به راه حل صنعتی بازگرداند. این نهاد میانی باید مأموریت، بودجه و نیروی فنی مستقل داشته باشد.

حقوق تصمیم: چه کسی چه چیزی را تصمیم می‌گیرد

نوع تصمیم	پیشنهاددهنده	تصمیم‌گیرنده	پاسخ‌گوی نتیجه
اولویت‌بندی سبد فناوری	معاونت فناوری و پژوهش گروه	هیئت‌مدیره هلدینگ	مدیر ارشد فناوری گروه
آغاز پروژه پژوهشی	مرکز پژوهش فنی / RIST	کمیته فناوری با حضور عملیات	مدیر پروژه فناوری
عبور از پایلوت به دمو	تیم پروژه و واحد عملیات	دروازه سرمایه‌گذاری	مالک کسب‌وکار مرتبط
سرمایه‌گذاری خطرپذیر	بازوی سرمایه‌گذاری گروه	کمیته سرمایه‌گذاری	مدیر صندوق و شریک صنعتی
توقف یا ادامه پروژه	دبیرخانه سبد فناوری	دروازه مرحله‌ای	کمیته فناوری

نمونه عینی: مرکز توسعه احیای هیدروژنی

پوسکو در ۲۰۲۴ برای فناوری HyREX یک «مرکز توسعه» اختصاصی تأسیس کرد که در آن، تیم پروژه، دفتر برنامه‌ریزی سرمایه‌گذاری و مهندسی، مرکز پژوهش فرآیندهای کم‌کربن و بازوی مهندسی و ساخت گروه در یک واحد سازمانی واحد گرد آمدند. این یعنی مسئولیت پژوهش، طراحی مهندسی، تأمین سرمایه و ساخت، همگی زیر یک سقف و در برابر یک هدف واحد قرار گرفتند.

این الگو پاسخی است به یکی از رایج‌ترین علل شکست پروژه‌های فناورانه در بنگاه‌های بزرگ: پراکندگی مسئولیت میان واحد پژوهش، واحد سرمایه‌گذاری و واحد مهندسی، که هر یک افق زمانی و شاخص عملکرد متفاوتی دارند و در نتیجه پروژه در فاصله میان آنها متوقف می‌شود.

تصمیم‌مدیریتی قابل استخراج

برای هر فناوری راهبردی، به‌جای توزیع مسئولیت میان واحدهای موجود، یک واحد سازمانی موقت اما کامل تشکیل دهید که پژوهش، مهندسی، سرمایه و ساخت را هم‌زمان در اختیار داشته باشد و در برابر یک نتیجه مشخص پاسخ‌گو باشد.

فصل ۵

سبد فناوری‌ها

سبد فناوری پوسکو را نمی‌توان به‌عنوان فهرستی از موضوعات جذاب خواند؛ منطق آن سه‌بعدی است: بلوغ فناوری، اهمیت راهبردی برای بنگاه، و نوع مالکیتی که بنگاه در آن هدف‌گذاری کرده است. این سه بعد تعیین می‌کنند که فناوری خریداری شود، مشترک توسعه یابد یا از صفر ساخته شود.

ماتریس سبد فناوری

فناوری	بلوغ	اهمیت راهبردی	نوع مالکیت	مسیر اکتساب
FINEX (احیای ذوبی)	تجاری‌شده	بسیار بالا	مالکیت مشترک با شریک مهندسی	توسعه مشترک بلندمدت
HyREX (احیای هیدروژنی)	دمو در دست ساخت	بسیار بالا	مالکیت اصلی پوسکو	توسعه داخلی با شبکه شرکا
فولادهای پیشرفته خودرویی	تجاری‌شده	بالا	مالکیت پوسکو	توسعه داخلی تدریجی
کارخانه هوشمند و هوش مصنوعی	در حال گسترش	بالا	مالکیت پوسکو با شرکای بومی	توسعه مشترک با استارت‌آپ و دانشگاه
کوره قوس الکتریکی بزرگ‌مقیاس	بالغ جهانی	متوسط تا بالا	بهره‌برداری با مهندسی داخلی	خرید هوشمند و بومی‌سازی
جذب و ذخیره کربن	در حال آزمون	متوسط	مشارکت	پروژه‌های مشترک بین‌المللی
استخراج و فرآوری لیتیوم	در حال صنعتی‌شدن	بالا	مالکیت گروه	سرمایه‌گذاری مستقیم و توسعه فرآیند
مواد کاتد و آند باتری	تجاری‌شده	بالا	مالکیت گروه	توسعه داخلی و شراکت

مطالعه موردی درون‌گزارشی: FINEX

فرآیند FINEX روشن‌ترین سنجه گذار پوسکو از مصرف‌کننده به توسعه‌گر فناوری است. این فرآیند، آهن مذاب را مستقیماً از سنگ‌آهن نرمه و زغال سنگ غیرکک‌شو تولید می‌کند و مراحل کلوخه‌سازی و کک‌سازی را حذف می‌کند؛ حذفی که هم هزینه سرمایه‌گذاری را کاهش می‌دهد و هم انتشار آلاینده‌ها را.

خط زمانی توسعه FINEX (سال)	
پژوهش پایه و آزمایشگاهی	۱۹۹۲-
پایلوت (۱۵ تن در روز)	میانی
نیمه‌صنعتی (۶۰۰ هزار تن)	۲۰۰۳
تجاری‌سازی کامل	۲۰۰۷
واحد دوم و ارتقای مقیاس	۲۰۱۳+

سه ویژگی این پروژه از منظر یادگیری فناورانه اهمیت دارد. نخست آنکه از یک مسئله واقعی آغاز شد؛ وابستگی به سنگ آهن و زغال سنگ گران قیمت با مشخصات خاص. دوم آنکه به عنوان یک پروژه ملی حمایت شد و بنابراین از افق زمانی بودجه سالانه بنگاه رها بود. سوم آنکه با یک شریک مهندسی بین المللی توسعه یافت اما مالکیت دانش فرآیندی نزد پوسکو باقی ماند؛ شرکت بیش از دویست ثبت اختراع مرتبط با FINEX و فناوری آهن فشرده گرم در کره و حدود پنجاه ثبت اختراع در بیش از بیست کشور دیگر ثبت کرده است.

یافته راهبردی ۳۰

توسعه یک فرآیند صنعتی بدیع، یک پروژه پانزده ساله است. هیچ ساختار بودجه سالانه ای نمی تواند چنین پروژه ای را حمل کند. پیش شرط توسعه گری فناوری، وجود یک سازوکار تأمین مالی است که از چرخه بودجه عملیاتی جدا شده باشد.

HyREX: از فرآیند بومی به پارادایم بعدی

مهم ترین نکته درباره HyREX این است که یک فناوری وارداتی نیست؛ امتداد مستقیم دانشی است که پوسکو در دو دهه بهره برداری از FINEX انباشت کرده است. HyREX از همان معماری بستر سیال استفاده می کند اما عامل احیا را از گاز حاوی کربن به هیدروژن تغییر می دهد و آهن احیا شده را در کوره ذوب الکتریکی مذاب می کند.

انتخاب این مسیر—در برابر مسیر رایج تر کوره شفت که اکثر رقبای جهانی برگزیده اند—یک تصمیم راهبردی مبتنی بر قابلیت است؛ پوسکو مسیری را انتخاب کرد که در آن بیش از دو دهه تجربه عملیاتی انباشته دارد و می تواند از سنگ آهن نرمه بدون گندله سازی استفاده کند.

مرحله	وضعیت	دلالت
پژوهش آزمایشگاهی بستر سیال	انجام شده	اثبات مفهوم بر پایه دانش FINEX
پایلوت کوره ذوب الکتریکی	انجام شده	استفاده از تجربه عملیاتی واحدهای گروه
مرکز توسعه اختصاصی	تأسیس ۲۰۲۴	تجمع پژوهش، مهندسی، سرمایه و ساخت
واحد دمو ۳۰۰ هزار تن در سال	در دست ساخت در پوهانگ	نخستین واحد در مقیاس با ترکیب بستر سیال و کوره ذوب
راه اندازی و آزمون	هدف گذاری حوالی ۲۰۲۸	اعتبارسنجی فنی و اقتصادی
تصمیم تجاری سازی	هدف گذاری ۲۰۳۰	مبنای جایگزینی تدریجی کوره بلند

نکته سازمانی مهم آنکه پوسکو HyREX را در قالب یک «شراکت پژوهشی باز» توسعه می دهد و فولادسازان، شرکتهای مهندسی، تأمین کنندگان مواد اولیه و بازیگران هیدروژن را در آن مشارکت می دهد؛ از جمله تفاهم با یک تأمین کننده بزرگ سنگ آهن برای آزمون مواد اولیه در واحد دمو. مالکیت فناوری متمرکز است، اما توسعه آن شبکه ای است.

تنوع بخشی مبتنی بر قابلیت

ورود گروه به زنجیره لیتیوم و مواد باتری، در نگاه نخست یک تنوع بخشی مالی به نظر می رسد؛ اما از منظر یادگیری فناورانه، امتداد منطقی قابلیت انباشته است. استخراج و فرآوری لیتیوم، تولید مواد کاتد و آند، و بازیافت مواد باتری، همگی بر دانش متالورژی استخراجی، مهندسی مواد و مدیریت فرآیندهای پیوسته استوارند—دقیقاً همان قابلیت هایی که پنج دهه در بستر فولاد ساخته شده بودند.

این تجربه، آزمون تجربی مهمی هم داشته است: واحدهای لیتیوم گروه پس از چند فصل زیان دهی و شناسایی زیان کاهش ارزش موجودی، در سال ۲۰۲۶ برای نخستین بار به سوددهی رسیدند. یعنی حتی تنوع بخشی مبتنی بر قابلیت نیز نیازمند چند سال تحمل زیان عملیاتی است.

فصل ۶

مدل توسعه، خرید و مشارکت

پوسکو در هیچ مقطعی همه چیز را خود نساخت و در هیچ مقطعی همه چیز را نخرید. آنچه متمایز است، وجود یک منطق روشن برای انتخاب میان چهار حالت اکتساب است؛ منطقی که بر دو پرسش استوار است: این فناوری چقدر به مزیت رقابتی ما گره خورده است؟ و آیا امکان یادگیری از مسیر خرید وجود دارد؟

چهار حالت اکتساب و معیار انتخاب

حالت	چه زمانی انتخاب می‌شود	شرط لازم برای موفقیت
خرید تجهیزات	فناوری بالغ، در دسترس، غیرمتمایزکننده و با تأمین‌کننده متعدد	قرارداد باید بند انتقال داده، آموزش و مستندسازی داشته باشد
خرید لیسانس	نیاز فوری به دانش فنی مشخص با امکان بهره‌برداری مستقل	تعریف روشن حق اصلاح، توسعه و استفاده در نسل‌های بعدی
توسعه مشترک	فناوری متمایزکننده اما نیازمند تخصص مهندسی خارج از بنگاه	تفکیک روشن مالکیت فکری و حضور مهندسان داخلی در تیم طراحی
توسعه داخلی	فناوری هسته‌ای، متصل به مسئله بومی و منبع مزیت بلندمدت	افق چندساله، تیم مالک و تأمین مالی جدا از بودجه عملیاتی

از قرارداد خرید تا قرارداد یادگیری

مهم‌ترین درس عملی این فصل، تفاوت میان دو نوع قرارداد است. تجربه پوسکو نشان می‌دهد که در دوره تأسیس، بنگاه علاوه بر تجهیزات، بر انتقال توان بهره‌برداری و مدیریت اصرار داشت. بنیان‌گذار شرکت در برابر توصیه نهادهای بین‌المللی که اداره کارخانه را به مدیران خارجی می‌سپردند ایستاد و پیش از آغاز ساخت، کارکنان را برای آموزش فنی به ژاپن، آلمان، استرالیا و دیگر کشورهای پیشرو اعزام کرد.

این یک جزئیات تاریخی نیست؛ یک تصمیم قراردادی است. آموزش پیش از راه‌اندازی، مشارکت مهندسان داخلی در نصب و راه‌اندازی، و مستندسازی سیستماتیک، همگی بندهایی هستند که باید در قرارداد نوشته شوند و بودجه داشته باشند—وگرنه اتفاق نمی‌افتند.

بُعد قرارداد	قرارداد خرید متعارف	قرارداد یادگیری
موضوع	تحويل تجهیزات و تضمین عملکرد	تحويل تجهیزات به‌علاوه انتقال توان تغییر
داده	دسترسی محدود در دوره گارانتی	دسترسی دائمی به داده طراحی و عملیاتی
نیروی انسانی	آموزش کوتاه اپراتوری	حضور مهندسان داخلی در تیم طراحی و راه‌اندازی
مستندسازی	دفترچه بهره‌برداری	مستندات طراحی، منطق انتخاب و نقاط تصمیم
پایان رابطه	لحظه تحويل	نقاط عطف یادگیری تعریف‌شده در چند سال
سنجه موفقیت	راه‌اندازی به‌موقع	توان تیم داخلی در اصلاح و ارتقای مستقل

یافته راهبردی ۰۴

فناوری در قرارداد منتقل نمی‌شود؛ قرارداد فقط امکان انتقال را می‌سازد. یادگیری زمانی رخ می‌دهد که یک تیم داخلی مسئول جذب، بازآفرینی و بهبود دانش باشد و این مسئولیت در قرارداد، بودجه و ارزیابی عملکرد آن تیم منعکس شده باشد.

مشارکت‌های بین‌المللی امروز

الگوی مشارکت پوسکو در دوره جدید تغییر کرده است: از «دریافت فناوری از شریک پیشرو» به «هم‌افزایی با شرکایی که هر یک قطعه‌ای از پازل را دارند». در توسعه HyREX، شرکای مهندسی، تأمین‌کنندگان سنگ‌آهن، بازیگران هیدروژن و مؤسسات پژوهشی در یک شبکه گرد آمده‌اند، در حالی که مالکیت هسته فرآیند نزد پوسکو است.

این تغییر، نشانه رسیدن به پله پنجم نردبان است: بنگاهی که خود صاحب فناوری است، شریک را انتخاب می‌کند و شرط می‌گذارد؛ بنگاهی که صاحب فناوری نیست، شریک را می‌پذیرد و شرط را می‌پذیرد.

فصل ۷

اکوسیستم دانشگاه، استارتاپ و تأمین کننده

پوسکو اکوسیستم را نه به عنوان مسئولیت اجتماعی، بلکه به عنوان بخشی از زیرساخت فناوریانه بنگاه طراحی کرده است. منطق آن روشن است: بنگاهی که تأمین کنندگانش توان مهندسی ندارند، ناچار است همه چیز را وارد کند؛ و بنگاهی که در محیط پیرامون خود استارتاپ فناور ندارد، مجبور است هر راه حل جدید را از صفر بسازد.

لایه بندی اکوسیستم

لایه	بازیگران	ابزار پیوند	خروجی مورد انتظار
دانش بنیادی	پوستک، آزمایشگاه پرتو پوهانگ، مؤسسات ملی	بورسیه، پروژه مشترک، استاد پیوسته	نیروی دکتری، دانش پایه، اعتبار علمی
پژوهش کاربردی	RIST، مراکز پژوهش فنی گروه	مأموریت پژوهشی با بودجه چندساله	فرآیند، ماده و راه حل قابل صنعتی شدن
نوآوری کارآفرینانه	استارتاپ های چنج آپ گراند و ونچر ولی	شتاب دهی، فضای کار، سرمایه گذاری، مشتری نخست	راه حل چابک، فناوری واسط، کسب و کار جدید
تأمین کنندگان و سازندگان	شرکت های کوچک و متوسط زنجیره	کارخانه هوشمند، مشاوره بهره وری، تسهیم منفعت	ارتقای سازنده به شریک فناوری
شبکه جهانی	شرکای مهندسی، تأمین کنندگان مواد، فولادسازان	شراکت پژوهشی، تفاهم فناوریانه	دسترسی به دانش مکمل و اعتبارسنجی جهانی

زیرساخت کارآفرینی: از ایده تا شرکت

پوسکو در ۲۰۱۹ پلتفرم سرمایه گذاری خطرپذیر خود را با بودجه هدف هزار میلیارد وون اعلام کرد که در دو شاخه تعریف شده بود: «ونچر ولی» به عنوان زیستگاه فیزیکی و پژوهشی کارآفرینان با اتکا به زیرساخت پوستک و RIST، و «ونچر فاند» به عنوان ابزار سرمایه گذاری در استارتاپ های داخلی و خارجی. مجتمع چنج آپ گراند در پوهانگ در تیر ۱۴۰۰ (ژوئیه ۲۰۲۱) و در پردیس پوستک افتتاح شد.

مقیاس اکوسیستم کارآفرینی پوسکو (ارقام گزارش شده شرکت)	
شرکت های مستقر در چنج آپ گراند	۱۱۳
اشتغال ایجاد شده (نفر)	+۱۱۰۰
ارزش شرکت ها (میلیارد وون)	۱۵۰۰
کارخانه هوشمند برای بنگاه های کوچک	۶۳۲

ارقام از گزارش های عمومی گروه در سال های اخیر؛ مقیاس نوارها نسبی و صرفاً برای مقایسه بصری است.

سه ویژگی این معماری قابل توجه است. نخست، پیوند فیزیکی با دانشگاه: قرار گرفتن شتاب دهنده در پردیس پوستک، جریان استعداد از آزمایشگاه به شرکت را طبیعی می کند. دوم، تمرکز جغرافیایی خارج از پایتخت: پوهانگ به عنوان قطب نوآوری منطقه ای طراحی شد، نه شعبه ای از اکوسیستم سئول. سوم، پیوند با سیاست عمومی: صندوق های سرمایه گذاری با مشارکت وزارت کسب و کارهای کوچک و دولت

استانی شکل گرفتند و بنگاه، نقش لنگر را ایفا کرد نه نقش تنها سرمایه‌گذار.

یافته راهبردی ۵

اکوسیستم نوآوری صنعتی با فراخوان و رویداد ساخته نمی‌شود؛ با سه چیز ساخته می‌شود: مکان فیزیکی پایدار، سرمایه صبور، و تعهد بنگاه بزرگ به خرید محصول شرکت‌های نوپا. حلقه سوم—مشتري نخست بودن—از دو حلقه دیگر مهم‌تر و کمیاب‌تر است.

توسعه تأمین‌کننده: ارتقای سازنده به شریک

پوسکو از دهه ۱۹۹۰ برنامه‌های تسهیم منفعت با تأمین‌کنندگان را آغاز کرد و از اواخر دهه ۲۰۱۰ آن را به برنامه گسترده ساخت کارخانه هوشمند برای بنگاه‌های کوچک و متوسط تبدیل کرد؛ برنامه‌ای که با همکاری نهاد دولتی متولی کسب‌وکارهای کوچک اجرا می‌شود و شامل شرکت‌هایی خارج از زنجیره تأمین مستقیم پوسکو نیز هست.

اهمیت راهبردی این برنامه در چیزی فراتر از مسئولیت اجتماعی است: توان مهندسی تأمین‌کننده، سقف توان تغییر بنگاه بزرگ را تعیین می‌کند. اگر سازنده نتواند قطعه‌ای را که شما طراحی کرده‌اید بسازد، طراحی شما به محصول تبدیل نمی‌شود. انتخاب پوسکو برای انتقال روش‌شناسی بهبود بهره‌وری و پلتفرم کارخانه هوشمند به شرکای کوچک، سرمایه‌گذاری در سقف قابلیت خودش بود.

فصل ۸

سرمایه گذاری و تأمین مالی فناوری

تأمین مالی فناوری در پوسکو یک ردیف بودجه واحد نیست؛ یک سبد ابزار است که هر ابزار آن با مرحله بلوغ و سطح ریسک فناوری تطبیق داده شده است. این تطبیق، پاسخ عملی به یکی از رایج ترین علل شکست پروژه های فناوری است: تأمین مالی پروژه های با افق ده ساله از محل بودجه ای که سالانه ارزیابی می شود.

سبد ابزارهای مالی و تناسب آنها با بلوغ

مرحله بلوغ	ابزار مالی	منطق تخصیص	معیار عبور به مرحله بعد
ایده و پژوهش پایه	بودجه مأموریتی پژوهش و همکاری دانشگاهی	تحمل عدم قطعیت بالا؛ سنجه دانشی	اثبات مفهوم علمی
اثبات مفهوم	بودجه پروژه پژوهشی با دروازه مرحله ای	بودجه محدود، بازبینی متعدد	عملکرد در مقیاس آزمایشگاهی
پایلوت	سرمایه گذاری پروژه ای با مشارکت واحد عملیات	سهیم شدن مالک کسب و کار در ریسک	پایداری فنی و برآورد اقتصادی اولیه
دمو و مقیاس	سرمایه گذاری کلان با پشتوانه برنامه ملی	افق بلند؛ خارج از بودجه عملیاتی سالانه	اعتبارسنجی اقتصادی در مقیاس
فناوری بیرونی نوپا	صندوق سرمایه گذاری خطرپذیر شرکتی	سنجش هم زمان بازده مالی و راهبردی	تناسب راهبردی و بلوغ کسب و کار
تجاری سازی	سرمایه گذاری کسب و کار و مشارکت	بازده مالی متعارف	سهم بازار و حاشیه سود

سرمایه گذاری خطرپذیر شرکتی: تکامل تدریجی

پوسکو مسیر سرمایه گذاری خطرپذیر را نه با یک صندوق بزرگ، بلکه با انباشت تدریجی تجربه طی حدود دو دهه طی کرده است: از صندوق راهبردی گروه در ۲۰۱۰ با مشارکت شرکت های تابعه، تا صندوق های اختصاصی در ۲۰۱۹ و پس از آن، و در سال های اخیر مشارکت در صندوق مادر منطقه ای با همراهی دولت مرکزی و استانی.

دوره	موج	رویدادها و نقاط عطف فناورانه
۲۰۱۰	صندوق راهبردی گروه	تشکیل صندوق با مشارکت شرکت های تابعه گروه برای پرورش کسب و کارهای جدید؛ نخستین تجربه نهادی سرمایه گذاری خطرپذیر.
۲۰۱۹	پلتفرم سرمایه گذاری خطرپذیر	اعلام پلتفرم با هدف هزار میلیارد وون در دو شاخه ونچر ولی و ونچر فاند؛ امضای تفاهم با وزارت کسب و کارهای کوچک و انجمن سرمایه گذاری خطرپذیر کره.
۲۰۲۱	چنج آپ گراند پوهانگ	افتتاح مجتمع شتاب دهی در پردیس پوستک؛ بعدها گسترش به گوانگ یانگ، سئول و دفتر برون مرزی در دره سیلیکون.
۲۰۲۵	صندوق مادر منطقه ای	مشارکت در صندوق حدود هزار میلیارد وونی با لنگر دولتی و همراهی استان و بانک؛ نخستین صندوق مادر منطقه ای با پشتیبانی یک بنگاه در کره.

سه ویژگی این مسیر برای طراحی سیاست در ایران آموزنده است. نخست، تدریجی بودن: صندوق‌های کوچک اولیه، تیم سرمایه‌گذاری و رویه ارزیابی را ساختند. دوم، اهرم عمومی: بنگاه به‌جای تأمین کل سرمایه، نقش لنگر را ایفا کرد و منابع دولتی و منطقه‌ای را جذب کرد. سوم، سنجه دوگانه: تناسب راهبردی با مسیر رشد گروه، در کنار بازده مالی، معیار سرمایه‌گذاری بود.

یافته راهبردی ۰۶

سرمایه‌گذاری خطرپذیر شرکتی یک محصول مالی نیست؛ یک قابلیت سازمانی است که با تکرار ساخته می‌شود. صندوق بزرگ بدون تیم مجرب و رویه ارزیابی آزموده، به تخصیص منابع بدون یادگیری تبدیل می‌شود.

انضباط مالی: سنجش هم‌زمان دو بازده

نکته پایانی این فصل، تجربه سخت اخیر گروه است. سرمایه‌گذاری‌های سنگین در زنجیره لیتیوم و مواد باتری در دوره افت قیمت جهانی، به شناسایی زیان کاهش ارزش موجودی و فشار بر ترازنامه انجامید. گروه در واکنش، برنامه بازساختاردهی دارایی‌های کم‌بازده و غیرهسته‌ای را آغاز کرد تا منابع لازم برای سرمایه‌گذاری‌های رشد را آزاد کند.

این تجربه یادآور یک اصل است: توسعه‌گری فناوری نیازمند سرمایه‌ی صبور است، اما سرمایه‌ی صبور به معنای سرمایه بدون انضباط نیست. دروازه‌های ارزیابی، معیار توقف و آمادگی برای بازساختاردهی، بخشی از همان معماری‌اند.

فصل ۹

مالکیت فکری و تجاری سازی

پله پنجم نردبان قابلیت، جایی است که دانش فنی به دارایی قابل معامله تبدیل می‌شود. این پله تنها با ثبت اختراع پیموده نمی‌شود؛ نیازمند سه چیز است: مالکیت حقوقی روشن، ظرفیت عرضه دانش در قالب خدمت مهندسی، و برندی که مشتری حاضر باشد برای فناوری آن قیمت بیشتری بپردازد.

سه مسیر تصاحب ارزش از دانش فنی

۱ حفاظت و ثبت	۲ عرضه به صورت خدمت	۳ برندسازی فناورانه محصول
پرتفوی ثبت اختراع بین‌المللی حول فرآیندهای هسته‌ای؛ برای FINEX و فناوری آهن فشرده گرم بیش از دویست ثبت داخلی و حدود پنجاه ثبت در بیش از بیست کشور گزارش شده است.	فروش لیسانس فرآیند و خدمات مهندسی به فولادسازان دیگر؛ مذاکرات صدور FINEX از اوایل دهه ۲۰۱۰ آغاز شد و نشان‌دهنده تبدیل دانش به کالای قابل معامله است.	تعریف خانواده محصولات ویژه با نام و مشخصات فناورانه مشخص، به جای فروش فولاد به عنوان کالای عمومی؛ سهم محصولات راهبردی در فروش، سنجه پیگیری شده گروه است.

چرا صدور فناوری نقطه اوج نردبان است

فروش فناوری، سخت‌ترین آزمون قابلیت است. برای فروش یک فرآیند به یک فولادساز دیگر، بنگاه باید نه تنها فرآیند را بشناسد، بلکه بتواند آن را مستندسازی کند، در شرایط متفاوت مواد اولیه و انرژی تطبیق دهد، تضمین عملکرد بدهد و پشتیبانی فنی ارائه کند. هیچ‌یک از این‌ها با «بهره‌برداری موفق» به دست نمی‌آید.

به همین دلیل، پیشنهاد می‌شود که «درآمد حاصل از فروش دانش فنی و خدمات مهندسی» به عنوان یکی از سنجه‌های اصلی ارزیابی برنامه‌های توسعه فناوری در نظر گرفته شود. این سنجه، برخلاف بودجه پژوهش یا تعداد پروژه، قابل دستکاری نیست.

یافته راهبردی ۷

صادقانه‌ترین سنجه توسعه‌گری فناوری این است: چه سهمی از درآمد بنگاه از محصول، فرآیند یا خدمتی می‌آید که خودش طراحی کرده و مالک آن است؟ اگر این عدد نزدیک به صفر باشد، بنگاه—صرف نظر از حجم بودجه پژوهش—هنوز در پله اول یا دوم نردبان است.

مسیر داده به عنوان دارایی

لایه جدیدی از مالکیت فکری در پوسکو در حال شکل‌گیری است: داده عملیاتی. انتخاب مجتمع پوهانگ به عنوان نخستین «کارخانه فانوس دریایی» کره‌ای در ۲۰۱۹ بر پایه کاربردهایی چون کوره بلند هوشمند و کنترل هوشمند وزن پوشش خط گالوانیزه پیوسته بود؛ اما نکته مهم‌تر آن است که این پلتفرم با همکاری اکوسیستم محلی دانشگاه، بنگاه‌های کوچک و استارت‌آپ‌ها ساخته شد، نه با خرید یک راه‌حل آماده.

گروه اکنون تجاری‌سازی هوش مصنوعی صنعتی مبتنی بر داده انباشته پنج‌دهه‌ای عملیات فولاد را به عنوان یک کسب‌وکار جدید هدف‌گذاری کرده است. این دقیقاً همان الگوی آشنا است: دارایی‌ای که در جریان عملیات انباشته شده، با یک تصمیم راهبردی به محصول قابل عرضه تبدیل می‌شود.

فصل ۱۰

نتایج، شاخص‌ها و چالش‌ها

یک مطالعه تطبیقی که فقط موفقیت‌ها را گزارش کند، به روایت تبلیغاتی تبدیل می‌شود و ارزش تصمیم‌سازی خود را از دست می‌دهد. این فصل هم دستاوردها را می‌سنجد و هم آنچه را که هنوز حل نشده یا شکست خورده است.

آنچه محقق شد

وضعیت امروز	وضعیت آغاز	بعد
مالکیت یک فرآیند بدیع تجاری‌شده و توسعه پارادایم بعدی	واردات کامل طراحی و تجهیزات از شرکای ژاپنی	فناوری فرآیند
شبکه پژوهشی داخلی با مؤسسه اختصاصی و دانشگاه رتبه‌بالا	اتکا به مشاور و مدیر خارجی	نیروی انسانی فنی
پرتفوی بین‌المللی ثبت اختراع حول فرآیندهای هسته‌ای	بدون پرتفوی	مالکیت فکری
شبکه سازندگان، استارت‌آپ‌ها و صدها کارخانه هوشمند بومی	زنجیره تأمین وارداتی	اکوسیستم
گروه چندرشته‌ای با ورود مبتنی بر قابلیت به مواد باتری و انرژی	تک‌محصولی فولادی	دامنه کسب‌وکار
یکی از بزرگ‌ترین و کارآمدترین فولادسازان جهان	بنگاه نوپای منطقه‌ای	جایگاه بین‌المللی

شاخص‌های پیشنهادی برای سنجش انباشت قابلیت

یکی از خروجی‌های قابل استفاده این مطالعه، مجموعه شاخص‌هایی است که می‌توان با آنها موقعیت هر بنگاه صنعتی را روی نردبان قابلیت سنجید. این شاخص‌ها آگاهانه از سنجه‌های ورودی—مانند بودجه پژوهش—فاصله می‌گیرند و بر خروجی و اثر تمرکز دارند.

شاخص	تعریف عملیاتی	پله مربوطه از نردبان
سهم درآمد از فناوری خودی	درصد فروش از محصول یا فرآیندی که بنگاه طراح آن است	پله ۴ و ۵ — صادق‌ترین سنجه
نرخ حل مسئله با دانش داخلی	سهم مسائل بحرانی حل‌شده بدون اتکا به فروشنده خارجی	پله ۳
درآمد از دانش فنی	درآمد فروش لیسانس، خدمات مهندسی و مشاوره فناورانه	پله ۵
سهم تأمین‌کننده ارتقایافته	تعداد سازندگانی که از تأمین قطعه به توسعه مشترک رسیده‌اند	پله ۳ و ۴
نرخ عبور پایلوت به مقیاس	درصد پروژه‌های پایلوت که به تولید صنعتی رسیده‌اند	پله ۴
تراکم مهندس طراح	سهم مهندسانی که در پنج سال اخیر تجربه طراحی داشته‌اند	پله ۳ و ۴
پرتفوی مالکیت فکری فعال	ثبت اختراع‌هایی که در محصول یا فرآیند جاری استفاده می‌شوند	پله ۵

آنچه هنوز حل نشده است

پوسکو امروز با مجموعه‌ای از چالش‌ها روبه‌روست که هیچ‌یک با قابلیت فناورانه به‌تنهایی حل نمی‌شوند. گزارش صادقانه این چالش‌ها برای صنعت ایران آموزنده‌تر از فهرست موفقیت‌هاست.

۱. **اقتصاد نامطمئن احیای هیدروژنی.** اقتصادی بودن HyREX به قیمت هیدروژن سبز، دسترسی به برق کم‌کربن و قیمت‌گذاری کربن وابسته است؛ هیچ‌یک از این سه متغیر در اختیار بنگاه نیست. تسلط فناورانه، تضمین‌کننده توجیه اقتصادی نیست.

۲. **فشار سرمایه‌گذاری و ترازنامه.** سرمایه‌گذاری هم‌زمان در گذار کم‌کربن، زنجیره لیتیوم و گسترش برون‌مرزی، فشار قابل توجهی بر منابع وارد کرده و گروه را به برنامه چندساله بازساختاردهی دارایی‌های کم‌بازده واداشته است.

۳. **ریسک تنوع‌بخشی.** ورود به زنجیره لیتیوم با نوسان شدید قیمت جهانی همراه شد و به زیان کاهش ارزش موجودی انجامید. تنوع مبتنی بر قابلیت، ریسک بازار را حذف نمی‌کند.

۴. **فشار مازاد ظرفیت جهانی.** افت درآمد گروه از حدود ۷۷ به حدود ۶۹ هزار میلیارد وون میان ۲۰۲۳ و ۲۰۲۵ نشان می‌دهد که حتی بنگاه‌های فناور نیز از چرخه‌های مازاد ظرفیت مصون نیستند.

۵. **تجربه‌های ناموفق بین‌المللی.** پروژه‌های بزرگ برون‌مرزی گروه در برخی کشورها به دلیل مسائل تملک زمین، مقررات و مخالفت محلی متوقف شدند؛ نشانه‌ای از اینکه قابلیت فناورانه، جایگزین قابلیت نهادی و اجتماعی نمی‌شود.

هشدار مدیریتی

پیام این فصل برای برنامه‌ریزان صنعتی روشن است: انباشت قابلیت فناورانه شرط لازم رقابت‌پذیری بلندمدت است، اما شرط کافی نیست. بنگاهی که فناوری دارد اما ترازنامه، بازار و انسجام نهادی ندارد، همچنان آسیب‌پذیر است. برنامه توسعه فناوری باید هم‌زمان با برنامه سلامت مالی و توسعه بازار طراحی شود.

فصل ۱۱

درس‌های قابل انتقال برای صنعت ایران

این فصل، هسته ارزش افزوده مطالعه است. هدف آن استخراج درس‌هایی است که نه فقط برای یک بنگاه، بلکه برای صنعت ایران به طور کلی — فولاد، پتروشیمی، خودرو، سیمان، معدن، نیرو و تجهیزات صنعتی — قابل استفاده باشد. هر درس با یک ساختار واحد ارائه می‌شود: مشاهده در پوسکو، مکانیزم علی، و شرط تحقق در بستر ایران.

درس ۱ — یادگیری باید مأموریت دارای مالک باشد، نه اثر جانبی

مشاهده	پوسکو پیش از راه‌اندازی خط تولید، کارکنان را برای آموزش فنی به کشورهای پیشرو اعزام کرد و در برابر توصیه به سپردن مدیریت به خارجی‌ها ایستاد.
مکانیزم	وقتی یادگیری یک مأموریت با مالک، بودجه و سنجه باشد، ظرفیت جذب پیش از ورود فناوری ساخته می‌شود و بنگاه در لحظه انتقال، آماده دریافت است.
شرط تحقق	در هر پروژه انتقال فناوری در صنعت ایران، پیش از عقد قرارداد باید تیم جذب با ترکیب مشخص، بودجه آموزشی مجزا و شاخص ارزیابی تعریف شود. بدون این، قرارداد به نصب تجهیزات تقلیل می‌یابد.

درس ۲ — حلقه میانی میان دانشگاه و کارخانه ضروری است

مشاهده	پوسکو در کنار دانشگاه اختصاصی، یک مؤسسه پژوهش صنعتی مستقل تأسیس کرد که مسئله عملیاتی را به مسئله پژوهشی ترجمه می‌کرد.
مکانیزم	دانشگاه و کارخانه دو زبان، دو افق زمانی و دو نظام انگیزشی متفاوت دارند. بدون نهاد میانی، قرارداد پژوهشی به گزارش ختم می‌شود و به خط تولید باز نمی‌گردد.
شرط تحقق	صنعت ایران به مؤسسات پژوهش صنعتی با مأموریت بخشی نیاز دارد؛ نهادهایی با نیروی تمام‌وقت فنی، بودجه چندساله و پاسخ‌گویی در برابر حل مسئله — نه دفاتر ارتباط با صنعت.

درس ۳ — نهادسازی دانشی را نباید به بلوغ مالی موکول کرد

مشاهده	پوستک و RIST در میانه سنگین‌ترین دوره سرمایه‌گذاری فیزیکی و بازپرداخت وام تأسیس شدند، نه پس از آن.
مکانیزم	سرمایه‌گذاری در ظرفیت دانشی همیشه در برابر گزینه‌ای با بازده کوتاه‌مدت روشن‌تر قرار دارد و در هیچ مقطعی «برنده» تحلیل مالی متعارف نمی‌شود؛ بنابراین باید با تصمیم راهبردی و بودجه قفل‌شده حفاظت شود.
شرط تحقق	تعریف سهم حداقلی و قفل‌شده از درآمد یا سرمایه‌گذاری بنگاه‌های بزرگ برای نهادسازی دانشی، با حکمرانی شفاف و گزارش‌دهی عمومی نتایج.

درس ۴ — قرارداد خرید را به قرارداد یادگیری تبدیل کنید

مشاهده	بندهای آموزش، مشارکت مهندسی و مستندسازی از ابتدا بخشی از معماری قراردادی پوسکو بود، نه ضمیمه‌ای اختیاری.
مکانیزم	دانش فنی در لحظه تحویل تجهیزات منتقل نمی‌شود؛ در جریان طراحی، نصب، راه‌اندازی و رفع عیب منتقل می‌شود. اگر حضور در این مراحل در قرارداد نباشد، فرصت برای همیشه از دست می‌رود.

شرط تحقق	بازنویسی الگوی قراردادهای خرید تجهیزات و خدمات مهندسی در صنایع بزرگ ایران با افزودن پیوست اجباری یادگیری: دسترسی به داده، حضور مهندس داخلی در تیم طراحی، مستندات تصمیم، و نقاط عطف زمان‌بندی‌شده انتقال دانش.
----------	---

درس ۵ — مسئله بومی، منبع مزیت فناورانه است

مشاهده	FINEX از یک محدودیت واقعی—وابستگی به مواد اولیه گران با مشخصات خاص—زاده شد، نه از تقلید فهرست فناوری‌های روز جهان.
مکانیزم	مسئله بومی سه چیز فراهم می‌کند که فناوری وارداتی ندارد: انگیزه پایدار، بازار نخست تضمین‌شده، و تمایز رقابتی. رقبای جهانی انگیزه‌ای برای حل مسئله خاص شما ندارند.
شرط تحقق	صنعت ایران باید فهرست مسائل بحرانی و بومی خود را—محدودیت انرژی و آب، کیفیت خوراک و مواد اولیه داخلی، نگهداشت تجهیزات فرسوده، محدودیت دسترسی به قطعه—به سبب مأموریت‌های فناورانه با بودجه و مالک تبدیل کند.

درس ۶ — سقف تأمین‌کننده، سقف قابلیت شماست

مشاهده	پوسکو روش‌شناسی بهبود بهره‌وری و پلتفرم کارخانه هوشمند را به صدها بنگاه کوچک—از جمله شرکت‌های خارج از زنجیره تأمین مستقیم خود—منتقل کرده است.
مکانیزم	توان طراحی بنگاه بزرگ تنها زمانی به محصول تبدیل می‌شود که سازنده توان ساخت آن را داشته باشد. ارتقای تأمین‌کننده، سرمایه‌گذاری در سقف قابلیت خود بنگاه است، نه هزینه اجتماعی.
شرط تحقق	برنامه‌های ارتقای سازندگان در صنعت ایران باید از خرید تضمینی صرف فراتر روند و شامل انتقال روش، دسترسی به آزمایشگاه، مشارکت در طراحی و تسهیم منفعت حاصل از بهبود شوند.

درس ۷ — سرمایه باید متناسب با بلوغ فناوری تفکیک شود

مشاهده	پوسکو سببی از ابزارهای مالی متمایز—از بودجه مأموریتی پژوهش تا صندوق خطرپذیر و سرمایه‌گذاری کلان با پشتوانه برنامه ملی—را متناسب با مرحله بلوغ به کار گرفت.
مکانیزم	پروژه‌ای با افق ده‌ساله اگر از محل بودجه‌ای تأمین شود که سالانه ارزیابی می‌شود، در نخستین سال کاهش سودآوری متوقف خواهد شد. تفکیک منبع، شرط بقای پروژه بلندمدت است.
شرط تحقق	ایجاد ردیف مالی مستقل و چندساله برای مأموریت‌های فناورانه در بنگاه‌های بزرگ ایران، همراه با دروازه‌های ارزیابی مرحله‌ای و قاعده شفاف توقف؛ سرمایه‌سبور بدون انضباط، اتلاف منابع است.

درس ۸ — سنجه را از ورودی به خروجی منتقل کنید

مشاهده	پیشرفت واقعی پوسکو نه با بودجه پژوهش، بلکه با تجاری‌سازی یک فرآیند بدیع، پرتفوی ثبت اختراع و عرضه دانش فنی به بازار سنجیده می‌شود.
مکانیزم	سنجه‌های ورودی—بودجه، تعداد پروژه، تعداد تفاهم‌نامه—آسان‌ترین اعداد برای دستکاری و بی‌اثرترین اعداد برای تصمیم‌گیری‌اند و به تولید فعالیت به جای تولید قابلیت می‌انجامند.
شرط تحقق	جایگزینی گزارش‌های «فهرست فعالیت‌ها» با داشبورد انباشت قابلیت: سهم درآمد از فناوری خودی، نرخ حل مسئله با دانش داخلی، تعداد تأمین‌کننده ارتقایافته، و نرخ عبور پایلوت به مقیاس.

جمع‌بندی: هشت درس در یک نگاه

اولویت پیشنهادی اجرا در صنعت ایران (بر پایه نسبت اثر به دشواری)	
---	--

بازطراحی قرارداد خرید	بالا
تعریف مالک فناوری	بالا
تغییر سنج به خروجی	بالا
سبد مسائل بومی	متوسط
برنامه ارتقای سازنده	متوسط
تفکیک منابع مالی	متوسط
تأسیس نهاد پژوهش میانی	دشوار
نهادسازی دانشگاهی	دشوار

فصل ۱۲

پیشنهادهای اجرایی برای صنعت ایران

این فصل، درس‌های فصل پیشین را به بسته‌ای از اقدامات مشخص تبدیل می‌کند. پیشنهادهای در سه لایه ارائه می‌شوند—بنگاه، زنجیره و سیاست—و در سه افق زمانی زمان‌بندی شده‌اند. همه موارد ماهیت پیشنهادی دارند و اجرای آنها منوط به بررسی و تصویب مراجع تصمیم‌گیر است.

سه لایه اقدام

لایه بنگاه	لایه زنجیره	لایه سیاست
اقداماتی که یک بنگاه صنعتی بزرگ می‌تواند مستقل و بدون نیاز به تغییر مقررات آغاز کند.	اقداماتی که نیازمند هماهنگی بنگاه با سازندگان، دانشگاه‌ها و شرکت‌های مهندسی است.	اقداماتی که نیازمند تصمیم در سطح سیاست صنعتی و نهادهای بالادستی است.

بسته اقدام لایه بنگاه

اقدام	شرح	خروجی قابل سنجش
پیوست یادگیری قرارداد	تدوین الگوی استاندارد پیوست یادگیری برای همه قراردادهای بالای آستانه مشخص خرید تجهیزات و خدمات مهندسی	درصد قراردادهای دارای پیوست یادگیری فعال
تعریف مالک فناوری	تعیین تیم مسئول برای هر فناوری راهبردی با اختیار، بودجه چندساله و پاسخ‌گویی نتیجه	تعداد فناوری‌های دارای مالک رسمی و بودجه مصوب
سبد مأموریت‌های بومی	استخراج سه تا پنج مسئله بحرانی بومی با ارزش اقتصادی روشن و تبدیل آنها به مأموریت فناورانه	فهرست مصوب مأموریت‌ها با مالک و بازه زمانی
داشبورد انباشت قابلیت	استقرار مجموعه شاخص‌های خروجی محور و ثبت خط پایه	گزارش دوره‌ای هفت شاخص فصل ۱۰
نظام مرحله‌ای و دروازه	تعریف دروازه‌های ارزیابی و قاعده شفاف توقف یا ادامه پروژه	نرخ عبور و نرخ توقف مستند پروژه‌ها
حافظه فناورانه	استقرار سامانه مستندسازی تصمیم‌های فنی، شکست‌ها و درس‌آموخته‌ها به‌عنوان دارایی بنگاه	پوشش مستندسازی پروژه‌های فنی

بسته اقدام لایه زنجیره

اقدام	شرح	خروجی قابل سنجش
نهاد پژوهش صنعتی میانی	تأسیس یا تقویت مؤسسه پژوهش کاربردی بخشی با نیروی تمام‌وقت و مأموریت حل مسئله	تعداد مسائل عملیاتی حل شده و بازگشته به خط تولید
برنامه ارتقای سازنده	مسیر پلکانی از تأمین قطعه تا توسعه مشترک با انتقال روش، دسترسی آزمایشگاه و تسهیم منفعت	تعداد سازندگان ارتقایافته به شریک توسعه
مشتری نخست	تعهد خرید مشروط به عملکرد برای محصولات فناورانه شرکت‌های نوپا و سازندگان داخلی	حجم و تعداد قراردادهای مشتری نخست

اقدام	شرح	خروجی قابل سنجش
پیوند دانشگاهی مأموریت محور	قرارداد پژوهشی چندساله حول مأموریت مشخص با تعریف مسیر بازگشت راه حل	سهم پروژه‌های دانشگاهی رسیده به پایلوت
شتاب‌دهنده صنعتی مستقر	فضای پایدار نوآوری در جوار مجتمع صنعتی با اتصال به مسئله واقعی کارخانه	تعداد شرکت مستقر و نرخ بقای آنها

بسته اقدام لایه سیاست

اقدام	شرح	خروجی قابل سنجش
حمایت مشروط به عملکرد	گروه‌زدن حمایت‌های تعرفه‌ای، انرژی و ارزی به شاخص‌های انباشت قابلیت و صادرات، نه به تداوم تولید	نسبت حمایت به بهبود شاخص‌های خروجی
الزام پیوست یادگیری	الزام قراردادهای بزرگ واردات تجهیزات به داشتن پیوست انتقال دانش و آموزش	پوشش الزام در قراردادهای مضمول
صندوق‌های مأموریت محور	تفکیک منابع مالی بلندمدت فناوری از بودجه عملیاتی با حکمرانی مستقل و دروازه‌های ارزیابی	سهم منابع چندساله از کل تأمین مالی فناوری
مالکیت فکری صنعتی	تسهیل ثبت، حفاظت و معامله دانش فنی صنعتی و تعریف قواعد مالکیت در پروژه‌های مشترک	تعداد پتنت فعال و قراردادهای انتقال دانش داخلی
سنجه ملی توسعه‌گری	تعریف و انتشار سالانه شاخص سهم درآمد صنعت از فناوری خودی	انتشار منظم گزارش ملی

نقشه اقدام در سه افق

دوره	موج	رویدادها و نقاط عطف فناورانه
۱۰۰ روز	تثبیت مبنا	تعیین سه تا پنج مأموریت فناورانه بومی و مالک هر یک؛ تدوین الگوی پیوست یادگیری قرارداد؛ ثبت خط پایه هفت شاخص انباشت قابلیت؛ نقشه برداری وابستگی‌های فناورانه بحرانی و شناسایی نقاط شکست زنجیره.
یک سال	ساخت سازوکار	بازطراحی قراردادهای خرید بزرگ؛ تشکیل تیم‌های مالک فناوری با بودجه مصوب؛ استقرار نظام مرحله‌ای و دروازه‌ها؛ آغاز برنامه ارتقای سازندگان با گروه نخست؛ اجرای دو تا سه نمونه پروژه جذب و بهبود با نتیجه قابل اندازه‌گیری.
سه سال	تبدیل به قابلیت	تأسیس یا تقویت نهاد پژوهش صنعتی میانی؛ استقرار صندوق مأموریت محور چندساله؛ رسیدن نخستین مأموریت‌ها به مرحله پایلوت صنعتی؛ ثبت نخستین پرتفوی مالکیت فکری فعال؛ آغاز فروش دانش فنی یا خدمات مهندسی به بازار بیرونی.

پنج پرسش برای میز مدیریت

۱	آخرین باری که یک مسئله بحرانی فرآیندی را بدون اتکا به فروشنده خارجی حل کردیم، چه زمانی بود و چه کسی آن را حل کرد؟
۲	چه سهمی از درآمد امسال ما از محصول، فرآیند یا خدمتی می‌آید که خودمان طراح آن هستیم؟

۳	اگر دسترسی به یک تأمین‌کننده کلیدی فردا قطع شود، چند ماه تا جایگزین قابل‌اتکا فاصله داریم و این برآورد بر چه شواهدی استوار است؟
۴	کدام واحد سازمانی مالک «نتیجه فناوری» است، نه صرفاً مالک «بودجه فناوری»؟
۵	نخستین فناوری‌ای که باید صاحبش شویم کدام است، و با کدام شاهد عینی خواهیم فهمید که شده‌ایم؟

تصمیم‌مدیریتی

پیشنهاد می‌شود در نخستین جلسه راهبری برنامه، به‌جای بحث درباره افزایش بودجه پژوهش، سه تصمیم مشخص گرفته شود: تعیین سه مأموریت فناورانه بومی و مالک هر یک؛ الزام پیوست یادگیری در قراردادهای بزرگ؛ و تصویب داشبورد هفت‌شاخصی انباشت قابلیت با ثبت خط پایه. این سه تصمیم نه بودجه سنگین می‌خواهند و نه تغییر مقررات، اما جهت حرکت را تغییر می‌دهند.

سه پاسخ پایانی

مطابق استاندارد مطالعات تطبیقی برنامه TECHNOGEN، این مطالعه با سه پاسخ صریح پایان می‌یابد. هدف این تفکیک، جلوگیری از دو خطای رایج است: تقلید مکانیکی از تجربه‌های موفق، و رد کامل آنها به بهانه تفاوت شرایط.

۱) چه چیزی قابل الگوبرداری است؟

عناصر زیر مستقل از بستر سیاسی، اقتصادی و تاریخی کره‌اند و می‌توانند در صنعت ایران با تغییرات جزئی به کار گرفته شوند:

- ◀ **معماری سه‌نهادهی.** تقسیم کار میان بنگاه (تعریف مسئله و آزمون)، نهاد پژوهش صنعتی (ترجمه و توسعه) و دانشگاه (دانش پایه و تربیت نیرو) با جریان دانش دوسویه و مسیر بازگشت تعریف شده.
- ◀ **قرارداد یادگیری.** افزودن بندهای دسترسی به داده، مشارکت مهندسی، مستندسازی و نقاط عطف انتقال دانش به قراردادهای خرید؛ کم‌هزینه‌ترین و سریع‌الاثربترین اقدام قابل انتقال.
- ◀ **تیم مالک فناوری.** واحد سازمانی که پژوهش، مهندسی، سرمایه و ساخت را برای یک فناوری مشخص گرد هم می‌آورد و در برابر یک نتیجه واحد پاسخ‌گوست.
- ◀ **تأمین مالی مرحله‌ای با دروازه.** تناسب ابزار مالی با بلوغ فناوری و وجود قاعده شفاف توقف یا ادامه.
- ◀ **سنجه‌های خروجی محور.** جایگزینی سنجه‌های ورودی با شاخص‌های انباشت قابلیت، به‌ویژه سهم درآمد از فناوری خودی.
- ◀ **برنامه ارتقای سازنده.** انتقال روش‌شناسی بهبود و پلتفرم دیجیتال به تأمین‌کنندگان به‌عنوان سرمایه‌گذاری در سقف قابلیت بنگاه.
- ◀ **اصل مسئله بومی.** آغاز از محدودیت واقعی به جای تقلید فهرست فناوری‌های روز جهان.

۲) چه چیزی نیازمند بومی‌سازی است؟

عناصر زیر در اصل قابل استفاده‌اند اما شکل اجرایی آنها باید متناسب با شرایط ایران بازطراحی شود:

- ◀ **پلتفرم سرمایه‌گذاری خطرپذیر شرکتی.** مقیاس هزار میلیارد وونی و ساختار حقوقی صندوق‌های کره در ایران قابل تکرار نیست؛ اما منطق تدریجی بودن، اهرم منابع عمومی و سنجه دوگانه بازده مالی و راهبردی قابل بازطراحی است. شروع باید با صندوق‌های کوچک و ساخت تیم ارزیابی باشد.
- ◀ **دانشگاه اختصاصی بنگاه.** تأسیس دانشگاه جدید در ایران نه ضروری است و نه بهینه؛ به جای آن می‌توان با تعریف قطب‌های پژوهشی مأموریت‌محور در دانشگاه‌های موجود، بورسیه هدفمند و پژوهشکده مشترک، همان کارکرد را ساخت.
- ◀ **شتاب‌دهنده صنعتی.** مدل استقرار در جوار مجتمع صنعتی قابل انتقال است، اما نسبت آن با ساختار حمایتی موجود کشور—پارک‌های علم و فناوری و صندوق‌های موجود—باید تعریف شود تا به موازی‌کاری نینجامد.
- ◀ **مشارکت بین‌المللی فناورانه.** شبکه شرکای جهانی پوسکو در شرایط محدودیت‌های بین‌المللی ایران قابل بازتولید نیست؛ جایگزین آن، تعمیق همکاری با شرکای در دسترس، استفاده حداکثری از دانش آشکار جهانی، و ساخت شبکه‌های منطقه‌ای است.

◀ **برنامه گذار کم‌کربن.** مسیر فناورانه احیای هیدروژنی در ایران باید بر مبنای واقعیت انرژی، آب و مواد اولیه کشور بازتعریف شود؛ کپی مسیر HyREX بدون این بازتعریف، سرمایه‌گذاری در مسئله دیگری است.

۳) چه چیزی قابل انتقال نیست؟

صداقت تحلیلی ایجاب می‌کند که مرزهای انتقال نیز صریح بیان شوند. عناصر زیر بخشی از بستر تاریخی کره‌اند و تلاش برای بازتولید آنها به اتلاف منابع می‌انجامد:

◀ **دسترسی بی‌واسطه به بازار و سرمایه جهانی.** پوسکو از ابتدا به تأمین مالی خارجی بلندمدت، تجهیزات پیشرو و بازار صادراتی باز دسترسی داشت. این سه، در شرایط کنونی ایران به همان شکل در دسترس نیستند و هر برنامه‌ای که بر فرض دسترسی آنها بنا شود، بر پایه‌ای ناستوار است.

◀ **پنجره تاریخی تقاضا.** رشد هم‌زمان و شتابان صنایع خودرو، کشتی‌سازی و ساختمان در کره دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰، بازار داخلی مطمئنی ساخت که امروز قابل بازآفرینی نیست.

◀ **انسجام چنددهه‌ای سیاست صنعتی.** تداوم جهت‌گیری سیاستی فراتر از دوره‌های مدیریتی و دولت‌ها، عنصری نهادی است که با یک تصمیم ساخته نمی‌شود؛ اما می‌توان با تعریف اسناد بالادستی الزام‌آور و سنجه‌های عمومی، بخشی از آن را جبران کرد.

◀ **مقیاس زمانی بدون فشار.** پوسکو پانزده سال برای توسعه یک فرآیند وقت داشت. صنعت ایران این تجمّل را ندارد و باید بر انتخاب هوشمندانه نقطه ورود، استفاده از دانش آشکار جهانی و تمرکز بر تعداد محدودی مأموریت تکیه کند.

نتیجه پایانی مطالعه

پوسکو نشان می‌دهد که صاحب فناوری شدن، نتیجه یک پروژه یا یک بودجه نیست؛ نتیجه یک عادت سازمانی است که در قرارداد، ساختار، سنجه و تخصیص سرمایه رسوب می‌کند. ایران ظرفیت صنعتی، بازار بزرگ، نیروی مهندسی و تجربه حل مسئله دارد؛ آنچه کم است، سازوکاری است که این دارایی‌های پراکنده را به انباشت تبدیل کند. نقطه آغاز، پروژه بیشتر نیست؛ بازطراحی سازوکار تصمیم‌گیری درباره فناوری است.

منابع منتخب

مآخذ علمی و اسناد شرکتی

چارچوب نظری یادگیری فناوریانه

- Lall, S. (1992). Technological Capabilities and Industrialization. World Development, 20(2).
- Bell, M. & Pavitt, K. (1993). Technological Accumulation and Industrial Growth. Industrial and Corporate Change, 2(2).
- Kim, L. (1997). Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea's Technological Learning. Harvard Business School Press.
- Amsden, A. (1989). Asia's Next Giant: South Korea and Late Industrialization. Oxford University Press.
- Hobday, M. (1995). East Asian Latecomer Firms: Learning the Technology of Electronics. World Development, 23(7).
- Figueiredo, P. (2002). Does Technological Learning Pay Off? Research Policy, 31(1).
- Lee, K. & Lim, C. (2001). Technological Regimes, Catching-up and Leapfrogging. Research Policy, 30(3).
- Lee, K. (2013). Schumpeterian Analysis of Economic Catch-up. Cambridge University Press.
- D'Costa, A. (1999). The Global Restructuring of the Steel Industry. Routledge.

اسناد و منابع مرتبط با پوسکو

- POSCO Holdings — گزارش‌های سالانه و نتایج فصلی (۲۰۲۳ تا ۲۰۲۶).
- POSCO Newsroom — اسناد مربوط به FINEX، HYREX، پلتفرم سرمایه‌گذاری خطرپذیر، چنچ‌آپ گراند و برنامه‌های توسعه تأمین‌کننده.
- POSCO — تاریخ رسمی شرکت و گاه‌شمار دوره ۱۹۸۲ تا ۱۹۹۲ (تأسیس پوستک و RIST).
- World Economic Forum & McKinsey — Global Lighthouse Network، انتخاب مجتمع پوهانگ (۲۰۱۹).
- BHP (2025). MoU with POSCO on hydrogen-based ironmaking technology.
- KDI School Working Paper Series — مطالعات مربوط به سیاست صنعتی کره و تجربه پوهانگ.
- یادداشت روش‌شناختی: ارقام مالی و عملیاتی این گزارش از گزارش‌های عمومی گروه پوسکو و منابع خبری معتبر استخراج شده‌اند و به‌روزرسانی آنها پیش از استفاده در اسناد رسمی توصیه می‌شود. تحلیل‌ها، ماتریس‌ها، شاخص‌های پیشنهادی و بسته‌های اقدام، توسط اندیشکده فولاد آینده با همکاری رصدخانه صنعت و فناوری دانشگاه تهران و پلتفرم Futureof.ir تولید شده‌اند و ماهیت پیشنهادی دارند.

TECHNOGEN | از بهره‌برداری فناوری تا توسعه‌گری ملی

اندیشکده فولاد آینده با همکاری رصدخانه صنعت و فناوری دانشگاه تهران و پلتفرم Futureof.ir