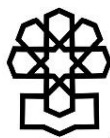


چرخش‌های تحول آفرین فناوری در صنعت خودرو (۱): الزامات ورود و نقش آفرینی ایران در زنجیره ارزش بین‌المللی خودروهای برقی



مرکز پژوهش‌ها
مجلس شورای اسلامی

شماره مسلسل: ۲۰۰۴۵

کد موضوعی: ۳۱۰

شناسنامه گزارش

عنوان گزارش: چرخش‌های تحول‌آفرین فناوری در صنعت خودرو (۱): الزامات ورود و نقش‌آفرینی ایران در زنجیره ارزش بین‌المللی خودروهای برقی

نام دفتر: مطالعات انرژی، صنعت و معدن (گروه صنعت)

نوع گزارش: طرح / لایحه راهبردی نظارتی

تهیه و تدوین‌کنندگان: علی میرزایی سیسان، محمدهادی عامری شهرابی، رسول سلیمانی

مدیر مطالعه: سعید شجاعی

همکاران: حسین رجب‌پور، محمدرضا بخشی (اندیشکده سیاست‌گذاری امیرکبیر)

ناظر علمی: حبیب‌اله ظفریان

اظهار نظر کنندگان: میلاد بیگی (مطالعات اقتصادی)، الهه سلیمانی مورچه‌خورتی (مطالعات زیربنایی، گروه

محیط زیست)، علی صابری (گروه انرژی)، رضا شریفی (گروه برق)، شهاب دبیری‌نژاد (مطالعات زیربنایی،

گروه حمل‌ونقل)

صفحه‌آرا: نفیسه حاجی‌صفری

ویراستار ادبی: شیوا امین اسکندری

واژه‌های کلیدی:

۱. حمل‌ونقل برقی
۲. خودرو برقی
۳. اقتصاد حمل‌ونقل برقی
۴. راهبرد برقی‌سازی حمل‌ونقل



تاریخ شروع مطالعه: ۱۴۰۲/۱۰/۱

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۷/۱

به نام خدا

فهرست مطالب

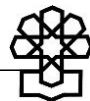
۱	چکیده
۱	خلاصه مدیریتی
۳	۱. مقدمه
۵	۲. روند تولید و مصرف خودرو در مناطق مختلف جهان
۵	۲-۱. روند تولید خودرو
۶	۲-۲. کشورهای اصلی صادرکننده خودرو
۶	۲-۳. جایگاه صنایع خودروسازی در اقتصاد اروپا
۶	۳. برقی سازی حمل و نقل در مقیاس جهانی
۶	۳-۱. سطوح تحلیل ابعاد مختلف حمل و نقل برقی
۸	۳-۲. بازار خودروهای برقی در جهان
۱۰	۳-۳. چین پیشرو در بازار داخلی و فناوری برقی سازی
۱۳	۳-۴. توزیع نامتوازن رشد خودروهای برقی در بازارهای مختلف
۱۴	۳-۵. سیاست‌های تقابلی غرب برای مقابله با نفوذ سریع چین
۱۵	۳-۶. هم‌افزایی سیاست‌های کلان ملی چین در حوزه مهندسی و علوم بنیادین
۱۵	۴. آمادگی یک زیست‌بوم برای برقی سازی
۱۶	۴-۱. مدل‌های تأمین مالی
۱۷	۴-۲. زیرساخت‌های برقی سازی
۱۸	۴-۳. سطح بلوغ صنعت
۱۹	۴-۴. سطح بلوغ اجتماعی
۱۹	۴-۵. تکامل قوانین سیاسی - اقتصادی
۲۲	۵. پتانسیل برقی سازی حمل و نقل در ایران
۲۲	۵-۱. وضعیت صنایع انرژی و خودرو در ایران
۲۳	۵-۲. فناوری باتری در میدان رقابت بازارهای جهانی
۲۶	۵-۳. چالش ساختار کنونی بازار
۲۹	۵-۴. مؤلفه‌های مؤثر در تحول اکوسیستم حمل و نقل
۳۲	۶. جمع‌بندی و ارائه پیشنهادهای سیاستی
۳۹	۷. پیوست: قوانین مربوط به خودرو برقی
۴۲	منابع و مآخذ

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱. چهار سناریوی قابل‌تصور برای خودروهای آینده..... ۴
- شکل ۲. سطوح تحلیل ابعاد مختلف حمل‌ونقل برقی..... ۷
- شکل ۳. نمودار روند فروش جهانی انواع خودرو سواری (شکل بالا) و روند فروش جهانی انواع قوای محرکه برقی..... ۹
- شکل ۴. نمودار پیش‌بینی رشد سهم خودروهای برقی از بازار (گزارش شده در منابع مختلف در سال‌های مختلف)..... ۱۰
- شکل ۵. نمودار متوسط قیمت خودروهای تمام برقی موجود در سه بازار (آمریکا، اروپا و چین)..... ۱۱
- شکل ۶. نمودار فروش خودروهای برقی در مناطق مختلف جهان، درصد فروش سمت راست و تعداد سمت چپ..... ۱۳
- شکل ۷. فروش خودروهای برقی در مناطق مختلف جهان..... ۱۴
- شکل ۸. سیاستگذاری تعهدی زمانی برخی از کشورهای (انتخابی) در گسترش حمل‌ونقل پاک و یا برقی..... ۲۰
- شکل ۹. نمودار مقایسه قیمت اجزای خودروی برقی و بنزینی در کلاس مشابه ب در اروپا..... ۲۴
- شکل ۱۰. نمودار پیش‌بینی روند قیمت سلول باتری..... ۲۵
- شکل ۱۱. نمودار پیش‌بینی (در سال‌های مختلف) روند تقاضا برای باتری لیتیوم خودرو..... ۲۵
- شکل ۱۲. دسته‌های شش‌گانه الزامات ورود ایران به زنجیره ارزش بین‌المللی خودروهای برقی..... ۳۴

فهرست جدول

- جدول ۱. الزامات ورود و نقش‌آفرینی ایران در زنجیره ارزش بین‌المللی خودروهای برقی..... ۳۵



چرخش‌های تحول‌آفرین فناوری در صنعت خودرو (۱): الزامات ورود و نقش‌آفرینی ایران در زنجیره ارزش بین‌المللی خودروهای برقی

چکیده

تحولات اخیر در فضای بین‌الملل نشان می‌دهد که کلان‌روند برقی‌سازی در صنایع خودروسازی و حمل‌ونقل در بخش‌های مختلف دنیا به روندی غیرقابل چشم‌پوشی تبدیل می‌شود. این موضوع سیاستگذاران را به سمت تعیین تکلیف در خصوص نوع مواجهه و نقش‌آفرینی در این روند سوق داده است. تحولات بین‌الملل نشان می‌دهد که حرکت در مسیر ورود و نقش‌آفرینی در زنجیره ارزش بین‌المللی خودروهای برقی نیازمند طراحی جامع و برنامه‌ریزی گسترده در سطوح مختلف است که متناسب با نیازهای هر کشوری می‌تواند متفاوت باشد.

گام‌های اساسی فرایند ورود و نقش‌آفرینی مناسب در زنجیره ارزش بین‌المللی خودروهای برقی به ترتیب «سطح اول: چپستی»، «سطح دوم: چرایی» و درنهایت «سطح سوم: چگونگی» هستند. نتایج بررسی‌ها حاکی از آن است که در روند فعلی برقی‌سازی در کشور توسط نهادهای مختلف دو سطح اول و دوم پیش‌گفته مغفول مانده و عملاً اقدام‌هایی که در حال انجام است در سطح سوم قرار می‌گیرند.

در این گزارش سعی شده به بررسی ابعاد مختلف کلان‌روند برقی‌سازی حمل‌ونقل در مقیاس جهانی از جنبه فناوری، سیاست‌ها و استراتژی‌های کلیدی کشورهای مختلف در این حوزه پرداخته و درنهایت براساس مطالعات بین‌المللی و بررسی شرایط منحصربه‌فرد ایران، الزامات و ملاحظات چندوجهی و چند لایه اقتصادی - اجتماعی - سیاسی آن در شش دسته «الزامات طراحی راهبرد کلان»، «الزامات اجتماعی - اقتصادی»، «الزامات روابط بین‌الملل و توسعه زنجیره تأمین»، «الزامات حوزه زیرساخت، انرژی و محیط زیست»، «الزامات حوزه حمل‌ونقل» و «الزامات توسعه صنعتی» ارائه شود.

خلاصه مدیریتی

بیان / شرح مسئله

هم‌زمانی الزامات زیست‌محیطی جهانی، تغییرات ژئوپلیتیکی، ظهور بازیگران جدید در صحنه رقابت، پیشرفت‌های سریع فناوریانه و ترجیحات متغیر مصرف‌کننده، تغییر پارادایم در صنعت خودرو در مقیاس جهانی و حمل‌ونقل را غیرقابل اجتناب کرده است.

دسترسی کشورها به فناوری‌های حیاتی، مواد کمیاب و زنجیره‌های تأمین قابل‌اعتماد، کشورهای صنعتی در بخش‌های مختلف جهان و به‌خصوص چین را به رقابتی سخت وارد کرده است، رقابتی که به‌عنوان یکی از

کلان‌رقابت‌های اصلی در دهه‌های آینده مطرح می‌شود. چنین پیچیدگی‌هایی در سرمایه‌گذاری و دسترسی به فناوری حمل‌ونقل برقی بین چین و غرب، روزبه‌روز بر اهمیت ژئوپلیتیکی و رقابتی شدن زنجیره ارزش بین‌المللی خودروهایی برقی در بازارهای جهانی می‌افزاید. در واقع برقی‌سازی حمل‌ونقل - با هدف مشترک بهبود فاکتورهای اجتماعی این صنعت - از یک رقابت جهانی برای دستیابی به فناوری خاص، تبدیل به رقابت برای توسعه اقتصادی پایدار با فاکتورهای امنیت ملی شده است.

در شرایطی که فناوری‌های صنعت خودرو و حمل‌ونقل در جهان به‌سرعت در حال تحول است، ایران نیز همچون بسیاری از کشورها، با چالش‌هایی در تغییر و بازنگری سیاست‌های صنایع خودروسازی و حمل‌ونقل خود به‌منظور تطبیق با نیازهای متناسب با واقعیت‌های جدید فناوری و تقاضای مصرف‌کنندگان مواجه است. مسیر ورود به عرصه برقی‌سازی حمل‌ونقل، پیش‌نیازها و الزاماتی در سطوح مختلف نیاز دارد که در این گزارش مورد بررسی قرار گرفته است.

نقطه‌نظرها / یافته‌های کلیدی

نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که مسیر ورود به عرصه برقی‌سازی حمل‌ونقل، پیش‌نیازها و الزاماتی در سطوح مختلف دارد؛ سطح اول تحلیل ابعاد مختلف حمل‌ونقل برقی، بررسی واقعیات و شناخت مختصات کلان‌روند برقی‌سازی حمل‌ونقل در مقیاس جهانی تحت‌عنوان «چیستی» است. گام دوم طراحی مسیر ورود و نقش‌آفرینی در زنجیره ارزش بین‌المللی خودروهایی برقی، بررسی نظام انگیزشی کشورهای پیشرو در مسیر برقی‌سازی حمل‌ونقل و احصای راهبرد مناسب کشور در این حوزه تحت عنوان «چرایی» است و در نهایت مرحله «چگونگی» یا تعیین چارچوب کلی سیاست‌گذاری و طراحی جزئیات سیاستی در راستای تحقق چشم‌انداز مطلوب در این حوزه باید مورد توجه قرار گیرد. موضوعی که در روند فعلی برقی‌سازی در کشور از سوی نهادهای مختلف مغفول مانده است و با گذر از دو سطح اول یعنی بدون شناخت از واقعیات و مختصات کلان‌روند برقی‌سازی حمل‌ونقل در مقیاس جهانی و نظام انگیزشی کشورهای پیشرو در این حوزه و قبل از احصای راهبرد مناسب کشور در مواجهه با این کلان‌روند، اقدام‌هایی در دستور کار قرار گرفته است.

بررسی‌های صورت گرفته در این گزارش مستندی بر این واقعیت است که می‌توان از تجربیات کشورهای دیگر درس‌های زیادی گرفت، اما هر کشوری باید در نهایت، سیاست‌ها و راهبردهای خود را در طراحی چگونگی مواجهه با برقی‌سازی حمل‌ونقل و ورود به زنجیره ارزش خودروهایی برقی، براساس اهداف کلان و شرایط منحصر به فرد خود شکل دهد. بخش حمل‌ونقل ایران با چالش‌های مهمی مانند افزایش انتشار آلاینده‌ها، ترافیک و اتکای شدید به فناوری‌های نسبتاً قدیمی با مصرف بالای سوخت‌های فسیلی مواجه است. با این حال، ایران بزرگ‌ترین تولیدکننده خودرو غرب آسیا با پتانسیل بالای نوآوری، منابع غنی انرژی و نیروی انسانی متخصص، پتانسیل ایجاد تغییرات تحول‌آفرین در مسیر صنعت خودروسازی و یک سیستم حمل‌ونقل کارآمدتر را دارد. با پذیرش فناوری‌های جدید مانند برقی‌سازی و تقویت همکاری در بخش‌های مختلف، ایران می‌تواند پتانسیل رشد اقتصادی در



گذار از سوخت فسیلی به برقی را به فعلیت برساند و نقش خود را در زنجیره ارزش این نوع خودروها در صنایع خودروسازی جهان بازیابی کند.

در حال حاضر نظام اقتصادی کشور و بخش خصوصی، برنامه مشخصی برای سرمایه‌گذاری جدی در مشارکت فرایند برقی‌سازی ارائه نداده است؛ موضوعی که ریشه در عدم قطعیت در پیش‌بینی رشد بازار خودروهای برقی در ایران دارد. با مطالعه دقیق منابع منتشر شده و تجربیات کشورهای پیشرو در این زمینه، احتمال مواجهه ایران با ابر چالش‌های جدی در راستای ورود به زنجیره ارزش صنعتی خودروهای برقی و گسترش حمل‌ونقل برقی، دور از انتظار به نظر نمی‌رسد؛ بر همین اساس الزامات ورود ایران به زنجیره ارزش خودروهای برقی در جهان احصا و معرفی شده است. جهت حرکت در مسیر ورود و مشارکت در زنجیره ارزش بین‌المللی خودروهای برقی و گسترش حمل‌ونقل برقی در ایران و تبدیل چالش‌های موجود در مسیر، به فرصت‌های جدید، لازم است به تحلیل راهبردی الزامات اقتصادی - اجتماعی و صنعتی طراحی نحوه مواجهه با این کلان‌روند بین‌المللی بیشتر پرداخته شود و بدین‌منظور ملاحظات ۳۰ گانه در ادامه ارائه شده است که در ۶ دسته اصلی زیر طبقه‌بندی شده است:

- الزامات طراحی راهبرد کلان،

- الزامات اجتماعی - اقتصادی،

- الزامات روابط بین‌الملل و توسعه زنجیره تأمین،

- الزامات حوزه زیرساخت، انرژی و محیط زیست،

- الزامات حوزه حمل‌ونقل،

- الزامات توسعه صنعتی.

این ۶ دسته از الزامات نتیجه مطالعات ابعاد مختلف کلان‌روند بین‌المللی برقی‌سازی در بخش‌هایی از بازارهای جهانی است که عوامل مختلف مؤثر بر پذیرش حمل‌ونقل برقی و پیامدهای گسترده‌تر چنین گذاری (فناوری احتراقی به برقی) را مورد تحلیل و بررسی قرار داده است. ملاحظات ۳۰ گانه طراحی مسیر حرکت به سمت ورود به زنجیره ارزش بین‌المللی خودروهای برقی و توسعه حمل‌ونقل برقی در ایران، در ۶ بخش در جدول زیر ارائه شده است که شامل تبیین دیدگاه‌های سیاست بالادستی تا مشارکت‌های بین‌المللی، ملاحظات اقتصادی و تقدم‌های فناوری و ... می‌شوند که به‌طور مختصر عوامل اساسی در سطح راهبردی و سیاستی را جهت تصمیم‌گیری و اجرای متناسب در گلوگاه‌های اساسی مسیر سیاست‌گذاران تشریح می‌کنند و نقش مجموعه حکمرانی کشور، رهبران صنعت و نوآوران را در این راه تصریح می‌کند.

۱. مقدمه

در تاریخ مدرن، انقلاب حمل‌ونقل زمینی مدیون رشد صنایع مختلف است که با بخش راه‌آهن، خودروسازی و شیوه‌های مختلف حمل‌ونقل سبک‌تر تقویت شده است. پیشرفت‌های فناوری در حمل‌ونقل دریایی و هوایی سرعت و حجم جابه‌جایی را متحول کرده است، با این حال حمل‌ونقل دریایی و هوایی همیشه مکمل بخش مهم حمل‌ونقل زمینی عمل

کرده‌اند. مانند سایر اجزای حمل‌ونقل، صنعت خودرو به‌عنوان محرک اصلی نوآوری و تکامل اقتصادی تبلور کرده است. در برهه فعلی نقطه کانونی این صنعت از لحاظ فناوری، دستخوش دگرگونی عمیقی شده است و روند رشد فناوری‌های جدید مانند برقی‌سازی حمل‌ونقل و خودروهای خودران و متصل، به‌سرعت در حال تکامل است و این تکامل با انتقال ثقل جغرافیایی به سمت مشرق زمین و به‌طور مشخص کشور چین همراه است. بدیهی است که فناوری خودروهای خودران در تکامل مرحله بعد خودروهای برقی در نظر گرفته شده‌اند.



شکل ۱. چهار سناریوی قابل تصور برای خودروهای آینده

مأخذ: [۱]

بی‌شک صنعت خودروسازی در دوره فعلی تحول بی‌سابقه‌ای را سپری می‌کند. هم‌زمانی الزامات زیست‌محیطی جهانی، تحولات ژئوپلیتیکی، ظهور بازیگران جدید در صحنه رقابت، پیشرفت‌های سریع فناوری و ترجیحات متغیر مصرف‌کننده، خبر از تغییر پارادایم در این صنعت می‌دهد. فقط فناوری‌های مربوطه در صنعت خودروسازی در حال تحول نیستند بلکه اقتصاد نوین اکوسیستم در فناوری‌های پاک همراه با انقلاب دیجیتال در حال تغییر است. گزارش‌های بین‌المللی حاکی از آن است که فناوری‌های پاک -از نوآوری تا تولید- همچنان در جذب سرمایه‌گذاری بین‌المللی بسیار موفق بوده‌اند [۱]. تحولات دیجیتال در حال رشد اساساً مدل کسب‌وکار پایه و در نتیجه پویایی اقتصادی فناوری‌های پاک از جمله صنعت حمل‌ونقل را در حال تغییر دادن است و چالش بزرگی را برای خودروسازان سنتی ایجاد کرده است. به موفقیت رسیدن کامل فناوری‌های پیش‌رو مانند وسایل نقلیه برقی و متصل و خودران مستلزم آن است که ذی‌نفعان کلیدی بر فناوری‌های محوری مربوطه و زنجیره‌های تأمین، تسلط کامل داشته باشند. این ذی‌نفعان



نه تنها شامل بخش‌های مختلف صنایع خودروسازی می‌شوند، بلکه برخی صنایع دیگر را نیز در برمی‌گیرند که برای دوام اقتصادی خود به این بخش متکی هستند [۱].

در سال ۲۰۲۳، خودروهای برقی تقریباً ۲۰ درصد از فروش سالیانه خودرو را در جهان به خود اختصاص دادند. چین پیشتازی خود را در بازار جهانی خودروهای برقی به نمایش گذاشته است و اروپا، ایالات متحده و کره جنوبی در تلاش برای رسیدن به موقعیت جهانی چین هستند. البته فروش خودروهای برقی در کشورهای مختلف بدون چالش نبوده است که اکثر این چالش‌ها ریشه در سیاست‌گذاری‌ها، وسعت تغییرات، مسائل مربوط به افکار عمومی و تغییرات عمده در زیرساخت‌ها دارد. در واقع انتقال به حمل‌ونقل برقی یک چالش چندوجهی است که به طیف وسیعی از راه‌حل‌ها و رویکردهای اثرگذار نیاز دارد و سرعت تغییرات در همه جای دنیا یکسان نیست.

۲. روند تولید و مصرف خودرو در مناطق مختلف جهان

۱-۲. روند تولید خودرو

روند تولید و مصرف خودرو در مناطق مختلف جهان تفاوت بسیار زیادی دارد. در حال حاضر ۶۴ درصد از خودروی فعال جهان، در اروپا و آسیا در حال تردد هستند. سهم خودروهای فعال آمریکای جنوبی، آفریقا و خاورمیانه کلاً ۱۱ درصد از کل خودروهای در حال تردد در جهان است. براساس گزارش انجمن خودروسازان اروپا، در سال ۲۰۲۲، بیش از ۶۸ میلیون خودروی سواری در سراسر جهان تولید شده است که نسبت به سال قبل ۹/۷ درصد افزایش داشته است. با این وجود، این میزان هنوز ۵.۶ میلیون دستگاه کمتر از سطح تولید قبل از بحران‌های ناشی از شرایط همه‌گیری کرونا و تأثیر آن بر تقاضای بین‌المللی خودرو در سال ۲۰۱۹ است. براساس همین گزارش، فروش خودروهای جدید در جهان، در سال ۲۰۲۱ به ۶۶.۲ میلیون دستگاه رسید. مقایسه با میزان فروش در سال ۲۰۱۹ (۷۴.۹ میلیون دستگاه) نشان می‌دهد که سطح فروش خودرو نسبتاً کاهشی بوده است. میزان فروش خودروهای سواری در منطقه اروپا با ۱۰.۴ درصد کاهش در سال ۲۰۲۲ به ۱۲.۸ میلیون دستگاه رسید. عامل اصلی تأثیرگذار بر این موضوع به بحران کمبود نیمه‌هادی‌ها برمی‌گشت، علاوه بر این، جنگ در اوکراین هم بر بازار اروپای شرقی اثرگذار است [۲].

با وجود بهبود جزئی فروش در سه ماهه پایانی سال ۲۰۲۲، حجم فروش کل سال در آمریکای شمالی ۸.۷ درصد نسبت به سال ۲۰۲۱ کاهش یافت و به ۱۲.۷ میلیون واحد رسید. همین روند در آمریکا نیز مشاهده شد تا جایی که فروش خودروهای سواری در سال ۲۰۲۲ به میزان ۹.۲ درصد کاهش یافت که دلایل آن پیچیدگی زنجیره تأمین و مشکلات لجستیک عنوان شده است. تقاضا برای خودروی جدید در آمریکای جنوبی طی سال ۲۰۲۲ با ۱.۸ درصد افزایش نزدیک به ۲.۸ میلیون دستگاه افزایش یافت. برزیل - بزرگ‌ترین بازار در منطقه آمریکای جنوبی - به لطف بهبود در سه ماهه آخر سال ۲۰۲۲، موفق شد در مقایسه با سال گذشته‌اش ثابت بماند.

۲-۲. کشورهای اصلی صادرکننده خودرو

ارزش صادرات خودرو در سراسر جهان در مجموع ۷۷۶.۵ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۲ بود. پنج صادرکننده پیشرو خودرو در سال ۲۰۲۲، آلمان، ژاپن، ایالات متحده آمریکا، کره جنوبی و مکزیک بودند. از نظر ارزش، این صادرکنندگان خودرو بیش از نیمی (۵۱.۴ درصد) از خودروهای صادر شده در سال ۲۰۲۲ را تولید کردند. در واقع، تنها ۱۵ کشور جهان ۸۶.۳ درصد سهم خودروهای صادراتی جهان را در سال ۲۰۲۲ در اختیار داشتند. در این میان فروش خودروهای سواری ژاپن ۵.۱ درصد در مقایسه با سال ۲۰۲۱ کاهش یافت، زیرا قیمت‌های انرژی بالاتر، همراه با کاهش ارزش ین، به کاهش درآمد منجر شد. در یک روند مشابه، ثبت خودروهای جدید کره جنوبی در سال ۲۰۲۲ نسبت به سال قبل ۳.۰ درصد کاهش یافته است. تقاضا در چین نسبت به مدت مشابه سال قبل ۷.۶ درصد افزایش داشت. آلمان، ژاپن و کره جنوبی بیشترین مازاد را در تجارت بین‌المللی خودرو در سال ۲۰۲۲ به دست آوردند. داشتن تراز مثبت تجاری نشان‌دهنده مزیت رقابتی قوی این سه کشور در خودروسازی بین‌الملل را نشان می‌دهد. در سال ۲۰۲۲ میانگین قیمت خودروهای صادر شده از ایالات متحده، کانادا و ژاپن کمتر از ۲۵۰۰۰ دلار برای هر خودرو صادر شده بوده است. براساس رتبه‌بندی فوربس، بزرگ‌ترین شرکت‌های تولیدکننده خودرو و کامیون جهان عبارتند از تویوتا موتور (ژاپن)، گروه فولکس واگن (آلمان) و دایملر (آلمان) شناخته شده‌اند. در سال ۲۰۲۲ مبلغ صادرات خودرو آلمان در حدود ۱۵۵ میلیارد دلار بوده است در حالی که ایران صادراتی حدود ۴۵ میلیون دلار را در همین سال تجربه کرده است [۵]، [۳].

۲-۳. جایگاه صنایع خودروسازی در اقتصاد اروپا

خودروسازی یکی از مهم‌ترین صنایع برای اقتصاد اروپا است که در آن ۱۳ میلیون اروپایی در صنعت خودرو (مستقیم و غیرمستقیم) کار می‌کنند که ۷ درصد از کل مشاغل اتحادیه اروپا را تشکیل می‌دهند. ۱۱.۵ درصد از مشاغل تولیدی اتحادیه اروپا - حدود ۳.۴ میلیون - در بخش خودرو است. ۳۷۴.۶ میلیارد یورو درآمد مالیاتی دولت‌ها در سراسر بازارهای کلیدی اروپا از تولید و به‌کارگیری وسایل نقلیه موتوری است [۶].

گردش مالی تولیدشده با صنعت خودرو تقریباً ۸ درصد از تولید ناخالص داخلی اتحادیه اروپا را تشکیل می‌دهد. با سرمایه‌گذاری ۵۸.۸ میلیارد یورو در تحقیق و توسعه در سال، صنعت خودرو بزرگ‌ترین مشارکت‌کننده خصوصی اروپا در نوآوری است که ۳۲ درصد از کل بودجه تحقیق و توسعه اتحادیه اروپا را تشکیل می‌دهد. تولید خودروهای سواری در اروپا سال ۲۰۲۲ به میزان ۱.۶ درصد با کاهش مواجه شد و فروش خودروهای سواری جدید به میزان ۴.۶ درصد کاهش یافت که عمدتاً به دلیل تأثیر کمبود قطعات در نیمه اول سال بود.

۳. برقی‌سازی حمل‌ونقل در مقیاس جهانی

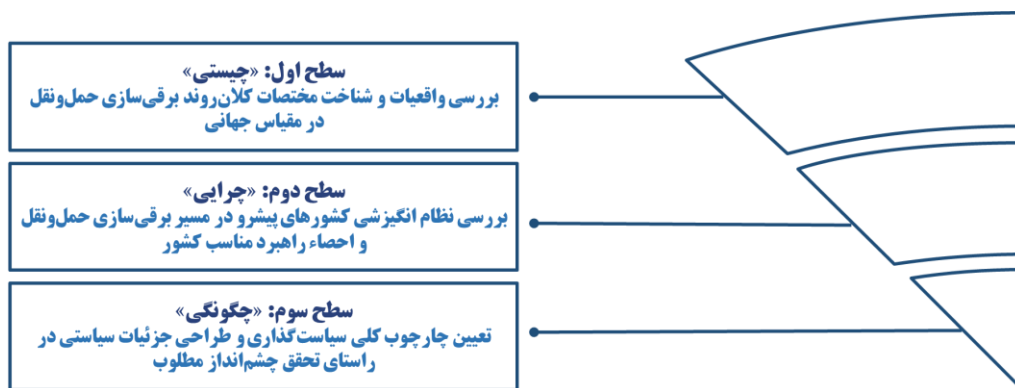
۳-۱. سطوح تحلیل ابعاد مختلف حمل‌ونقل برقی

در دهه‌های اخیر دسترسی همگانی و عادلانه به حمل‌ونقل پاک برای بالا بردن کیفیت زندگی و برابری اجتماعی بیشتر مطرح شده است. در واقع وقتی صحبت از «چرایی» برقی‌سازی حمل‌ونقل می‌شود مزایای اجتماعی از جمله کاهش



آلودگی هوا (کاهش هزینه سلامت)، تغییر مدل و نوع مصرف انرژی و بهبود کیفیت زندگی مطرح می‌شود [۱]. همچنین وقتی «چگونگی» برقی‌سازی حمل‌ونقل مطرح می‌شود توجه‌پذیری اقتصادی، نحوه تولید و توزیع برق پاک (خورشیدی و بادی و غیره) و گسترش زیرساخت‌های شارژ (خصوصی و عمومی) و ایجاد فرصت‌های اقتصادی جدید موضوعیت پیدا می‌کند. در نهایت، بحث «چیستی» برقی‌سازی حمل‌ونقل مربوط به جزئیات فناوری باتری، مشخصات فنی وسایل نقلیه، خدمات پس از فروش مطرح می‌شود. کشورهای پیشرو در برقی‌سازی برای ایجاد فرهنگ برقی‌سازی و همراهی بیشتر جامعه از «چرایی» این موضوع شروع کرده‌اند.

مسیر ورود به عرصه برقی‌سازی حمل‌ونقل، پیش‌نیازها و الزاماتی در سطوح مختلف دارد؛ براساس شکل ۱، سطح اول تحلیل ابعاد مختلف حمل‌ونقل برقی، بررسی واقعیات و شناخت مختصات کلان‌روند برقی‌سازی حمل‌ونقل در مقیاس جهانی تحت عنوان «چیستی» است. گام دوم طراحی مسیر ورود و نقش‌آفرینی در زنجیره ارزش بین‌المللی خودروهای برقی، بررسی نظام انگیزشی کشورهای پیشرو در مسیر برقی‌سازی حمل‌ونقل و احصای راهبرد مناسب کشور در این حوزه تحت عنوان «چرایی» است و در نهایت مرحله «چگونگی» یا تعیین چارچوب کلی سیاست‌گذاری و طراحی جزئیات سیاستی باید در راستای تحقق چشم‌انداز مطلوب در این حوزه مورد توجه قرار گیرد. موضوعی که در روند فعلی برقی‌سازی در کشورهای مختلف مغفول مانده است و با گذر از دو سطح اول یعنی بدون شناخت از واقعیات و مختصات کلان‌روند برقی‌سازی حمل‌ونقل در مقیاس جهانی و نظام انگیزشی کشورهای پیشرو در این حوزه و قبل از احصای راهبرد مناسب کشور در مواجهه با این کلان‌روند، اقدام‌هایی در دستور کار قرار گرفته است.



شکل ۲. سطوح تحلیل ابعاد مختلف حمل‌ونقل برقی

مأخذ: بررسی‌های پژوهش.

البته شکی نیست که بدون توجه اقتصادی و مقبولیت از سمت مصرف‌کنندگان در بازار، گذار حمل‌ونقل فسیلی به برقی ممکن نخواهد شد. تحول برقی‌سازی، به‌ویژه برای صاحبان خودروهای سواری شخصی، به‌طور چشمگیری به هزینه کل مالکیت که شامل مواردی از جمله تفاوت بین قیمت برق و بنزین مصرفی برای مصرف‌کننده است، می‌تواند بستگی شدیدی داشته باشد؛ در همین خصوص مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که قیمت‌های بنزین در بازارهای حامل انرژی تأثیر بسیاری بر تقاضای خودروهای برقی دارند. در کشورهای توسعه‌یافته، مصرف برق یک خودروی برقی

به‌طور کلی ارزان‌تر از هزینه مربوط به مصرف انرژی یک خودروی با سوخت فسیلی است که این امر باعث جلب مصرف‌کنندگان بیشتر برای تغییر (از سوخت فسیلی به برقی) می‌شود، مخصوصاً هنگامی که روند کلی قیمت سوخت در جهان در حال افزایش است. با این حال، هنگامی که قیمت نسبی سوخت فسیلی کم باشد، تمایل به تغییر به سمت حمل‌ونقل برقی پایین‌تر خواهد بود (بسته به جغرافیای مورد نظر و الزامات و مشوق‌های دولتی). گفتنی است قیمت برق (در مقایسه با بنزین و سایر سوخت‌های فسیلی) در حوزه حمل‌ونقل برای مردم در سراسر جهان کمتر قابل لمس است، و مردم هنوز درک محسوسی از تأثیر مستقیم قیمت برق مصرفی بر پیمایش خودرو و تفاوت هزینه‌های شارژ خانگی و عمومی ندارند که این خود تکامل در گستره بعد اقتصادی-اجتماعی را نشان می‌دهد [۷].

۲-۳. بازار خودروهای برقی در جهان

وسایل نقلیه کم‌آلاینده، منابع انرژی تجدیدپذیر مانند خورشیدی و بادی، و سیستم‌های ذخیره‌ساز انرژی، اجزای یک اکوسیستم حمل‌ونقل پایدار هستند و در سال‌های اخیر پیشرفت‌های فناوری قابل توجهی داشته‌اند. با توجه به بلوغ فناوری‌های جدید، مقرون‌به‌صرفه شدن باتری‌ها و پیشرفت‌های اخیر، خودروهای برقی محبوبیت جهانی پیدا کرده‌اند [۸]، [۱۴]. در مجموع ۱۰.۵ میلیون خودروهای تمام برقی و پلاگین جدید در سال ۲۰۲۲ به مصرف‌کننده تحویل داده شد که در مقایسه با سال ۲۰۲۱ حدود ۵۵ درصد افزایش داشت. اگرچه الگوی رشد منطقه‌ای در حال تغییر است، پس از دو سال افزایش شدید فروش در اروپا، خودروهای برقی تنها ۱۵ درصد نسبت به سال ۲۰۲۱ افزایش یافتند. به‌طور کلی، مسئله محدودیت تقاضای این نوع خودروها در بازار و کمبود قطعات، تأثیر منفی خود را به همراه داشته است که با جنگ در اروپا تشدید شده است. همچنین، فروش خودروهای برقی در آمریکا و کانادا نسبت به سال قبل ۴۸ درصد افزایش یافت [۸]، [۶]، [۱۵]، [۴]، [۳] و [۱۴].

فروش خودروهای غیرفسیلی در چین با تمام مشکلاتی که در سال‌های اخیر با آن مواجه بود (بحران املاک، شیوع کووید و قرنطینه) ۸۲ درصد نسبت به سال قبل افزایش یافت. شرکت بی‌وای دی چین^۱ فروش خود را بیش از سه برابر کرده و به ۱.۸۵ میلیون دستگاه رسانده است و در صورت احتساب فروش حدود یک میلیون پلاگین-هیبرید^۲ آن را به رتبه اول در رتبه‌بندی فروش جهانی تبدیل می‌کند. با احتساب فقط تمام‌برقی‌ها، تسلا هم‌چنان با ۳۱.۱ میلیون دستگاه تحویل در سال ۲۰۲۲ با اختلاف زیادی پیش‌تاز بود. چین بیشترین فروش جهانی خودروهای برقی را از سال ۲۰۲۲ داشت و دارای بزرگ‌ترین بازار خودروهای برقی است. در سال گذشته نزدیک به ۵۸۰ هزار خودروی برقی از چین صادر شد که بیشتر آنها (۴۰۷ هزار) توسط برندهای غربی صادر شد. رشد فروش برندهای چینی نیز به سرعت در حال گسترش است [۸]، [۱۴]. پلاگین هیبریدها ۲۷ درصد از فروش جهانی پلاگین^۳ را در سال ۲۰۲۲ در مقایسه با ۲۹ درصد در سال ۲۰۲۱ تشکیل دادند. در حالی که حجم فروش خودروهای پلاگین همچنان افزایش یافته است، سهم رشد آنها در ترکیب خودروهای برقی در بازارهای جهانی روند کاهشی دارد [۲]. در سه ماهه اول سال ۲۰۲۴، فروش

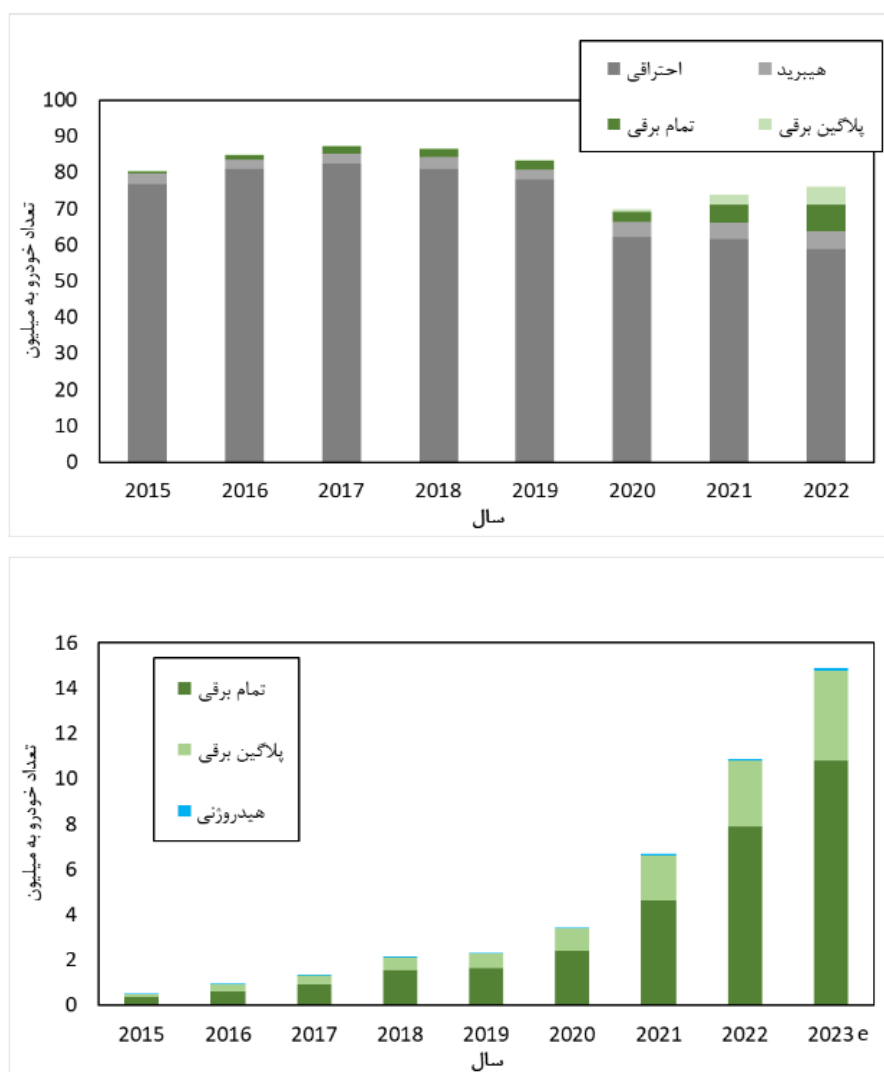
1. BYD

2. Plug-in Hybrid (PHEV)

3. Plug-in=Plug-in Hybrid and Battery Electric Vehicles

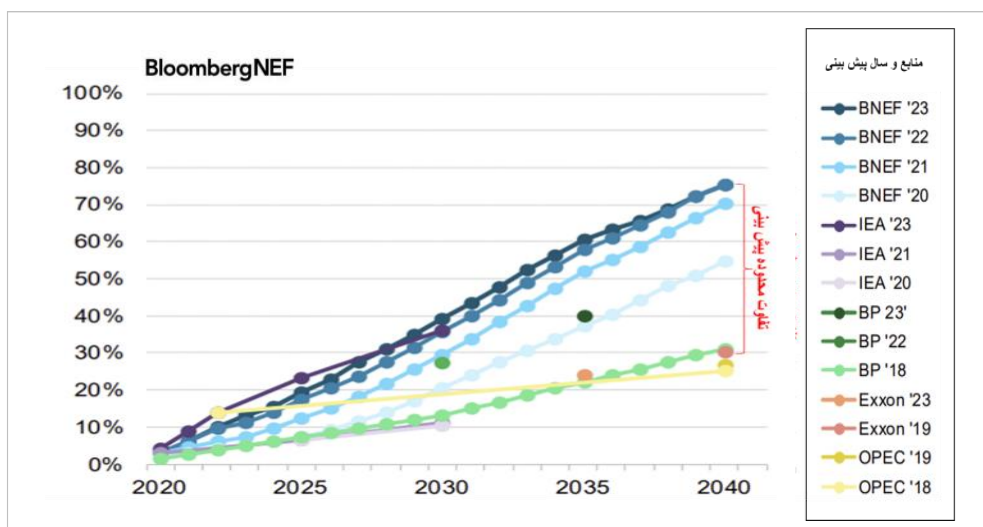


خودروهای برقی در مقایسه با سه ماهه اول سال ۲۰۲۳ حدود ۲۵ درصد رشد داشته است. در حالی که این امکان وجود دارد که در سال ۲۰۲۴، سهم بازار خودروهای برقی در چین به ۴۵ درصد، در اروپا به ۲۵ درصد و در ایالات متحده بیش از ۱۱ درصد برسد. بازار نسبتاً پویای خودروهای برقی حاصل رقابت بین تولیدکنندگان خودرو، کاهش نسبی قیمت باتری و خودروی برقی، و تداوم سیاست‌های مشوقی دولت‌هاست. در مجموع پیش‌بینی‌های مختلف بین‌المللی حاکی از آن است که فروش خودروهای برقی سرعت بیشتری از پیش‌بینی‌های قبلی داشته ولی همچنان تفاوت بین پیش‌بینی‌های مختلف تا سال ۲۰۴۰ از سهم فروش خودروهای بدون آلاینده‌گی نشانگر تفاوت سطح خوش‌بینی رشد بازار در ۲۰ سال آینده است.



شکل ۳. نمودار روند فروش جهانی انواع خودرو سواری (شکل بالا) و روند فروش جهانی انواع قوای محرکه برقی

مأخذ: [۲]



شکل ۴. نمودار پیش‌بینی رشد سهم خودروهای برقی از بازار (گزارش شده در منابع مختلف در سال‌های مختلف) مأخذ: [۲]

۳-۳. چین پیشرو در بازار داخلی و فناوری برقی سازی

۳-۳-۱. تولید و زنجیره تأمین خودرو چین

در دهه‌های اخیر، چین به‌عنوان یکی از قطب‌های اصلی و مهم توسعه صنعت خودرو به‌شمار می‌رود. توانایی تولید انبوه و ارزان‌قیمت با هدف تصاحب بازار خودروهای اقتصادی، باعث شده تا چین به‌عنوان بازیگری کلیدی در صنعت خودروسازی جهانی مطرح شود. با افزایش رقابت‌پذیری و پیشرفت چین در حوزه خودروهای برقی، شرکت‌های غربی با چالش‌های جدیدی مواجه شده‌اند. برای سال‌ها، خودروسازان اروپایی و آمریکایی که با اقبال خوبی هم‌ازسوی بازار چین مواجه بودند، در پی سیاست‌گذاری‌های دولت چین در این حوزه، رویکرد مشارکت‌های راهبردی و سرمایه‌گذاری مشترک با شرکت‌های چینی و بومی‌سازی زنجیره‌های تأمین مشترک در چین را در پیش گرفتند؛ ولی با افزایش حجم بازار طی زمان، شرکت‌های چینی از رشد و سودآوری قابل توجهی برخوردار شدند و نهایتاً موجودیت بازار خودروسازان بین‌المللی در چین را به چالش کشیدند [۱۶].

مشارکت چین با خودروسازان تثبیت‌شده غربی انتقال دانش را در سال‌های اخیر تسهیل کرده و تولید خودروهای برقی باکیفیت را در چین تقویت کرده است. در مقابل، قطب‌های اروپایی، آمریکا، کره‌ای و ژاپنی با چالش‌هایی در مقرون‌به‌صرفه‌تر کردن خودروهای برقی در راستای حفظ رقابت‌پذیری با صنایع خودروسازی چینی، مواجه‌اند. خودروسازان غربی (فعال در بازار چین) در تلاش هستند تا از طریق همکاری با تولیدکنندگان محلی، بتوانند از موج تقاضای فزاینده خودروهای برقی در بازار خودروی گسترده چین، بهره‌مند شوند.

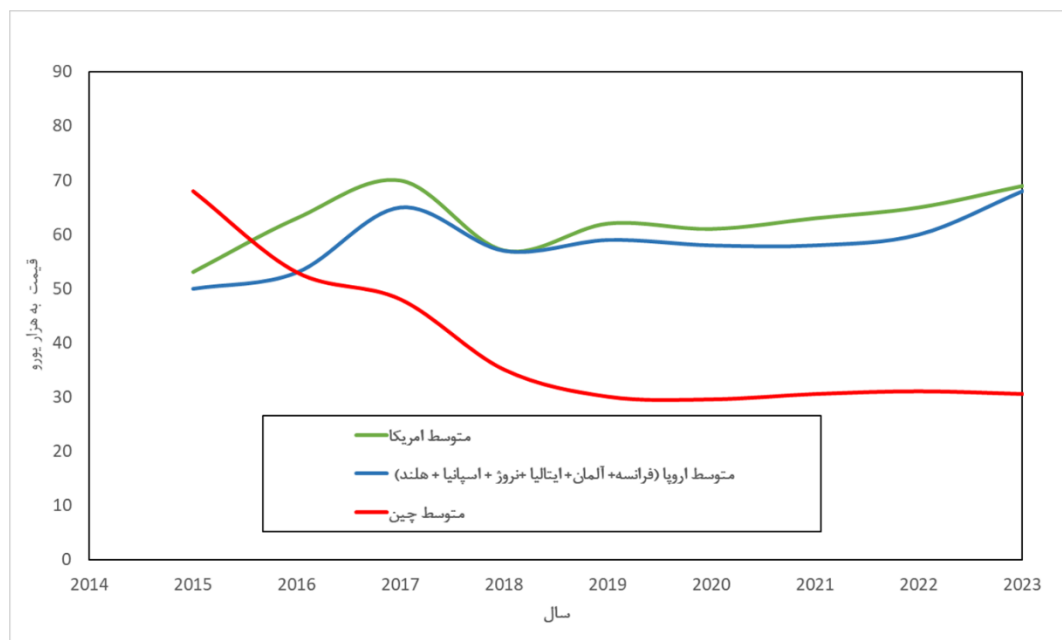
چین با توجه به توان تولید بالا و منابع فراوان در حوزه صنایع باتری‌سازی و تولید خودروهای برقی، در جایگاه برتری نسبت به سایر رقبا قرار گرفته است. این کشور با قیمت تمام‌شده مناسب و محصولات متنوع در بازار خودروهای اقتصادی و میان‌رده، بازار خودروهای برقی خود را گسترش داده و به یکی از اصلی‌ترین بازیگران این صنعت تبدیل



شده است. شرکت‌های چینی با استفاده از توانایی تولید مقرون‌به‌صرفه خود، در زمینه فناوری‌های حمل‌ونقل برقی و خودروهای خودران، در حال تثبیت پیشروی خود هستند. ولی کشور چین هنوز با موانع فراوانی برای گسترش فروش خود در خارج از مرزهایشان قرار دارند که اکثر این موانع سرمنشأ چالش‌های اقتصادی-سیاسی بین‌الملل دارد. این امر باعث مسابقه سخت بین شرکت‌های غربی و چین در حوزه خودروهای برقی شده است؛ شاید دیگر اغراق نباشد که بگوییم بازیگران اصلی خودروهای برقی را می‌توان به‌طور کلی به دو گروه مهم تقسیم کرد: چین و بقیه دنیا.

۲-۳-۳. مزیت چین در تولید خودروهای مقرون به‌صرفه

منابع انرژی و هزینه‌های سبد خانواده مهم‌ترین عوامل در هر بررسی فنی یا اقتصادی اکوسیستم حمل‌ونقل برقی هستند. بسیاری از صاحب‌نظران انتظار داشتند که قیمت خودرو برقی متوسط به آسانی به زیر ۳۰ هزار دلار (در اروپا به زیر ۳۰ هزار یورو) کاهش یابد. ولی پیش‌بینی می‌شود که به‌جز چین، این رقم در شرایط فعلی برای بسیاری از تولیدکنندگان غیر اقتصادی باشد. قیمت‌های بالای ۳۰ هزار دلار بدون یارانه دولتی نیز برای اکثر کشورها جذاب نیست [۱۷].



شکل ۵. نمودار متوسط قیمت خودروهای تمام برقی موجود در سه بازار (آمریکا، اروپا و چین)

مأخذ: [۱۸]

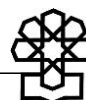
قیمت بالای خودروهای برقی هنوز مانعی بزرگ برای انتخاب مصرف‌کننده است. معلوم نیست عدم قطعیت اقتصادی در بازار امروز خودروهای برقی یک تعدیل طبیعی و کالیبراسیون در تثبیت قیمت‌ها است یا واقعیت‌های بازار است. ولی آنچه شواهد نشان می‌دهد آن است که کسب‌وکار فروش خودروهای برقی مقرون‌به‌صرفه در غرب حداقل تا آخر این دهه چالش‌برانگیزتر از آنچه پیش‌بینی می‌شد ظاهر شود. در این میان خودروسازان چینی آمادگی تصاحب بازارهای جهانی در همه کلاس‌های خودروسازی-مخصوصاً مقرون‌به‌صرفه‌ها- و در تمام ابعاد زنجیره تأمین مربوطه هستند [۱۸]. سبقت چین در فناوری باتری خودروهای برقی کاملاً مشهود است [۲۰]، [۱۸]. تفاوت فاحش هزینه تولید در چین با کشورهای اروپایی و آمریکا، علاوه بر پیشرفت خیره‌کننده چینی‌ها در کل زنجیره تأمین، برتری مطلق آنها

را در بازار خودروهای برقی اقتصادی در مقطع فعلی تثبیت کرده است.

استراتژی چین طیف گسترده‌ای از مدل‌های خودروهای برقی را در بخش‌های مختلف دربرمی‌گیرد که در تضاد با تمرکز تولیدکنندگان اروپایی و آمریکایی، عمدتاً روی خودروهای برقی لوکس است. شایان ذکر است، چین با موفقیت توانست میانگین قیمت تولید خودروهای برقی را کاهش دهد که این برخلاف افزایش قیمت‌های مشاهده شده در اروپا و آمریکا بوده است. وسعت بازار خودروهای برقی چین، با ارائه مدل‌های متنوع خودرو، در مقایسه با اروپا و آمریکا، تفاوت چین با سایر بازارهای جهان را به‌خوبی نشان می‌دهد [۲۱]. هزینه‌های تولید خودرو در چین در همه گروه‌های قوای محرکه در حال کاهش است؛ به‌طوری‌که از سال ۲۰۲۵ به‌بعد، چین قادر خواهد بود خودروهای کامپکت در کلاس ب (بنزینی، تمام برقی، پلاگین) را با قیمت تولیدی بین ۱۵ هزار تا ۱۸ هزار دلار (بدون احتساب مالیات و سود) تولید کند. رقابت با چنین قیمت تمام‌شده‌ای برای هر خودروساز خارج از چین چالش‌ساز خواهد بود. هم‌زمان با کاهش هزینه تولید خودروهای تمام برقی (۲۵۰ کیلومتر تا ۴۰۰ کیلومتر پیمایش) در چین، قیمت این خودروها هم در بازار از سال ۲۰۲۵ تا سال ۲۰۳۵ روند کاهشی خواهد داشت. کاهش قیمت خودروهای پلاگین هیبرید، به‌اندازه تمام‌برقی نخواهد بود که این به‌علت هزینه بالاتر خط مونتاژ پلاگین است (به‌دلیل تعداد قطعات بیشتر).

تمرکز بر مقرون‌به‌صرفه بودن محصولات برقی تولیدی در چین، شکاف متوسط قیمت خودروها را به میزان زیادی (بین تولیدکنندگان چینی و سایر تولیدکنندگان) افزایش داده است، به‌طوری‌که تنها ۲۳ درصد از خودروهای برقی در چین، بالای ۴۰۰۰۰ یورو قیمت دارند، درحالی‌که این ارقام در اروپا ۷۷ درصد و در ایالات متحده ۸۲ درصد است [۱۸]، [۱۷]. تمرکز خودروسازان چینی در سال‌های اخیر، بر کیفیت و سودآوری محصولات برقی، به‌رغم حضور محدود در بازار اروپا، به نفع برندینگ خودروهای چینی پیش رفته است. به‌طوری‌که برخی از برندهای چینی با تمرکز بر استراتژی‌های تولید در قیمت‌های رقابتی، خودروسازان اروپایی و آمریکایی را به چالش جدی کشیده و برای مصرف‌کنندگان در بازار اروپا و آمریکا، به جایگزینی جدی تبدیل شده‌اند. البته در خود بازار چین استراتژی‌های گسترش سریع باعث شده کمیت تولید بر ویژگی‌های پیشرفته فنی در برخی از مدل‌ها ترجیح داده شود؛ مثلاً گاهی اوقات توانایی شارژ سریع پیشرفته (خودروها) در خودروهای تولیدی چین جزو اولویت‌های بعدی تلقی شده است و قربانی پارامتر کمیت شده است. قانون کاهش تورم آمریکا^۱ در ماه آگوست ۲۰۲۲ در ایالات متحده تصویب شد و شامل بودجه بی‌سابقه ۳۶۹ میلیارد دلاری برای گسترش سیاست‌های انرژی و فناوری سبز (شامل حمل‌ونقل برقی) است، [۲۲] [۲۳]، اتحادیه اروپا انتظار این سطح از سیاست‌های حمایتی را از آمریکا نداشت [۲۴]، [۱۷]، این سیاست‌های حمایتی بی‌سابقه آمریکا باعث مشکلات رقابتی برای مشاغل اروپایی و نازاحتی سیاستمداران اروپایی شده است [۲۴]، [۱۷].

محدودیت‌های اقتصادی در بازارهای نوظهور مانع از گذار سریع از خودروهای فسیلی به خودروهای برقی شده است [۲۵]، [۱۶]. محصولات تولیدی خودروسازان چینی به‌دلیل تنوع در عرضه خصوصاً در خودروهای اقتصادی و سرمایه‌گذاری‌های قابل‌توجه، در اقتصادهای کمتر توسعه‌یافته مورد توجه بیشتر قرار گرفته‌اند به‌نحوی که تسلط خودروسازان چین در فروش خودروهای تمام‌برقی به بازارهای نوظهور مانند روسیه، تایلند و برزیل گسترش پیدا کرده

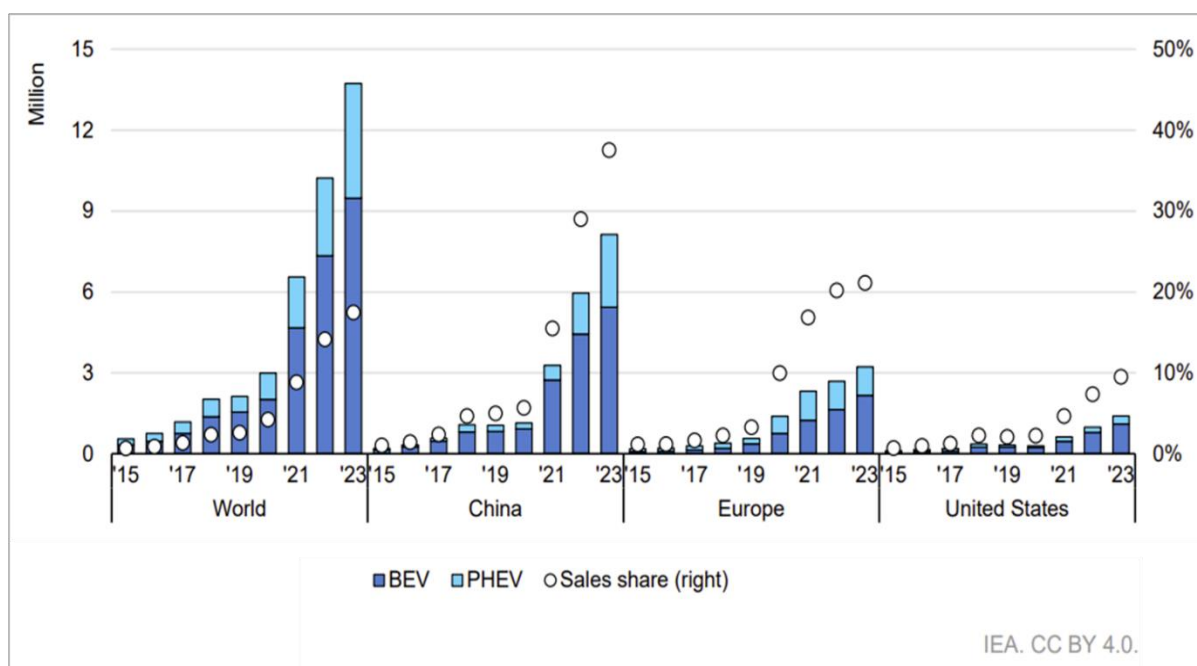


است. حتی تغییرات قابل توجه بازارهای رو به گسترش خاورمیانه در عربستان سعودی، امارات و ترکیه به سمت خودروهای برقی چینی در سال‌های پیش‌رو قابل پیش‌بینی است [۲۶]، [۱۸].

۳-۴. توزیع نامتوازن رشد خودروهای برقی در بازارهای مختلف

آژانس بین‌المللی انرژی پیش‌بینی می‌کند در چین، بیش از ۶۰ درصد از خودروهای برقی فروخته شده در سال ۲۰۲۳ ارزان‌تر از میانگین موتور احتراقی خود بودند. با این حال، بسته به کشور و بخش خودرو، خودروهای برقی ۱۰ تا ۵۰ درصد گران‌تر از مشابه موتورهای احتراقی در اروپا و ایالات متحده هستند. زمان تقریبی برابری قیمت بین خودروی برقی و بنزینی تابع طیفی از متغیرهای بازار است، اما روند فعلی نشان می‌دهد که می‌تواند تا سال ۲۰۳۰ در بازارهای عمده خودروهای برقی خارج از چین برای اکثر مدل‌ها برابری قیمت اتفاق بیافتد.

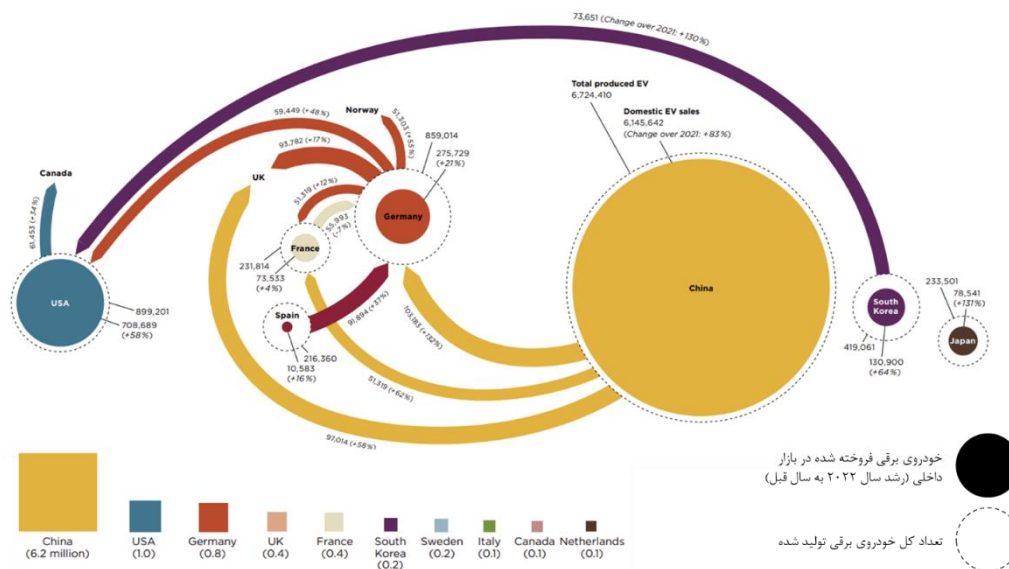
بی‌شک در سال‌های اخیر فروش خودروهای برقی (تمام برقی و پلاگین هیبرید) با رشد فراوانی همراه بوده است و پیش‌بینی می‌شود روند فروش خودروهای برقی در جهان افزایشی باشد. در این میان رشد بازارهای چین به مراتب از رشد بقیه کشورها سریع‌تر بوده است. حتی رشد بازارهای خودروهای برقی در کشورهای اروپایی و آمریکا یکسان نبوده است. به‌طور کلی کشورهای ثروتمندتر (با تولید ناخالص ملی بالاتر) شاهد تغییرات بیشتری بوده‌اند [۸] و [۱۴].



شکل ۶. نمودار فروش خودروهای برقی در مناطق مختلف جهان، درصد فروش سمت راست و تعداد سمت چپ مأخذ: [۲۵]

موضع سخت‌گیرانه‌تر اتحادیه اروپا در قبال مقررات زیست‌محیطی باعث می‌شود این اتحادیه در تشویق مصرف‌کنندگان برای خریدن خودروهای برقی پیش‌تاز باشد، به طوری که انتظار می‌رود خودروهای برقی تا سال ۲۰۳۵ بیش از ۹۰ درصد از فروش خودروهای سبک اروپا را به خود اختصاص می‌دهند.

جذب خودرو برقی در آمریکا در حالی که از اروپا کندتر آغاز شده است، اما در حال سرعت گرفتن است. همچنین پذیرش خودرو برقی در سایر نقاط جهان بسیار کندتر پیش‌بینی می‌شود؛ در همین مورد، تخمین زده می‌شود که خارج از اروپا، آمریکا و چین، خودروهای تمام‌برقی تنها ۳۵ درصد از فروش خودروهای سبک را در سال ۲۰۳۵ به خود اختصاص خواهند داد، در حالی که مصرف‌کنندگان در این کشورها بیش از ۵۰ درصد از کل خودروهای فسیلی را خریداری خواهند کرد [۸]، [۳] و [۱۴].



شکل ۷. فروش خودروهای برقی در مناطق مختلف جهان

مأخذ: [۲۵]

۵-۳. سیاست‌های تقابلی غرب برای مقابله با نفوذ سریع چین

پیش‌بینی‌های صورت گرفته حاکی از آن است که گسترش خودروهای برقی با سرعت‌های متفاوتی در مناطق و بازارهای مختلف جهان بسته به ساختار و ویژگی‌های ذاتی هر بازار و فاکتورهای سیاسی-اقتصادی، گسترش یابد [۸] و [۱۴]. با تجزیه و تحلیل روند تولید و فروش خودروهای برقی جهانی و جابه‌جایی محصولات برای بازار هدف مربوطه در سال ۲۰۲۲، کشور چین بزرگ‌ترین کشور تولیدکننده است و همچنین فروش غالب را در بازارهای داخلی خود در اختیار دارد. بعد از چین، آمریکا و آلمان به ترتیب دومین و سومین تولیدکننده بزرگ در سال ۲۰۲۲ بوده‌اند. به همین ترتیب، کره جنوبی، ژاپن، فرانسه و اسپانیا اکثر خودروهای برقی تولید شده را صادر می‌کنند. از نظر میزان فروش، پس از چین، ایالات متحده و آلمان، بریتانیا بازارهای بزرگ خودروهای برقی در سال ۲۰۲۲ است [۱۰]. ادامه این روند برای سال ۲۰۲۳ و افزایش فروش در قاره اروپا انتظار می‌رود. آنچه واضح است به‌هم تنیدگی جهانی برای تولید و بازارهای فروش خودروهای برقی ادامه دارد. به‌عبارت‌دیگر کشورهای مختلف برای تولید و فروش خودروهای برقی به‌هم وابسته هستند. اما در این میان سیاست‌های آمریکا و اتحادیه اروپا، مقابله با نفوذ سریع چین در بازار خودروهای برقی بوده است، به‌نظر می‌آید که سیاست‌های آمریکا و اتحادیه اروپا برای رقابت با خودروهای برقی مقرون‌به‌صرفه چینی در سال ۲۰۲۴ با



اعمال تعرفه‌های وارداتی افزایش یابد ولی در درازمدت کارایی موفقیت این نوع سیاستگذاری‌ها جای تردید دارد، [۱۸] [۲۶]؛ زیرا متعادل کردن قیمت و گسترش نوآوری به‌عنوان دو عامل حیاتی برای پذیرش جهانی خودروهای برقی مطرح است و رصد بازار جهانی از سرعت شگفت‌آور این دو عامل در چین خبر می‌دهد.

با اینکه اکثر تحلیلگران به رشد سهم بازار خودروهای برقی در جهان از جمله غرب معتقدند، ولی در سه ماهه سوم سال ۲۰۲۳ شرکت‌های خودروسازی غربی با شک و تردید سرمایه‌گذاران و سهام‌داران خود در بازار خودروهای برقی مواجه شده‌اند. علاوه بر فاکتور قیمت رقابتی با محصولات چینی افت نسبی بازار خودرو غرب به عوامل مختلفی از جمله نرخ بهره بالا و کاهش تقاضای خودروهای برقی توأم با نوسانات زنجیره تأمین نسبت می‌دهند [۱۸]، [۱۷]، [۱]. چنین تحولات بازار بین‌الملل به ادامه سیاست‌های تقابلی کشورهای اروپایی و آمریکا با چین منجر می‌شود، زیرا از نظر تاریخی صنعت خودروسازی کاتالیزوری برای رشد اقتصادی و ایجاد شغل در غرب مخصوصاً اروپا بوده است [۲۷]، [۶].

۶-۳. هم‌افزایی سیاست‌های کلان ملی چین در حوزه مهندسی و علوم بنیادین

چین اکنون به‌سرعت در حال حرکت به سمت دگرگون کردن مدل‌های جا افتاده توسعه صنعت خودروسازی در سطح جهانی است و در این مسیر به موقعیت ممتازی دست پیدا کرده است و صنعت چین اصول خودروسازان بین‌الملل را به چالش کشیده است. سرمایه‌گذاری درازمدت چین در مهندسی و علوم بنیادین برای ظهور چین به‌عنوان یک رهبر در وسایل نقلیه برقی بسیار مهم بوده است. هم‌افزایی سیاست‌های کلان ملی چین در حوزه مهندسی و علوم بنیادین (پیشرفت‌های علوم فیزیک، شیمی و الکترونیک) راه را برای تولید اقتصادی خودروهای هوشمندتر، سبزتر و مرتبط‌تر هموار کرده است. موفقیت چین در صنعت خودرو اهمیت نوآوری پایدار و سیاست‌های حمایتی تولید ملی خود را برجسته می‌کند [۳۶].

رویکرد صبورانه و هدفمند با انباشت مداوم تجربه، یادگیری از پیشروان صنعت بهبود و نوآوری در رشته‌های مختلف علوم پایه مهندسی و اجتماعی و تربیت منابع انسانی خلاق زیربنای موفقیت چین بوده است. در واقع تحول و ارتقای صنعت خودرو از طریق تعهد به ایجاد یک زیست‌بوم نوآور در فناوری‌های کلیدی، چین را قادر ساخت تا از نقش خود به‌عنوان کشور بزرگ تولیدی ارزان فراتر رود و به نیروگاه (خودرو+ زنجیره تأمین+ تولید انرژی) پیشرفته تبدیل شود. به‌نظر متخصصان بین‌الملل اگر چین بخواهد به پیشروی خود در صنعت خودرو ادامه دهد، باید به سرمایه‌گذاری خود در نوآوری‌های جسورانه از علوم پایه تا مهندسی پیشرفته ادامه دهد و صنعت خود را ایمن از تنش‌های اقتصادی بین شرق و غرب محفوظ نگه دارد [۳۶].

۴. آمادگی یک زیست‌بوم برای برقی‌سازی

ایجاد اقتصاد پویا برای عبور از خودروهای فسیلی به سمت حمل‌ونقل برقی (به‌عنوان بخشی از حمل‌ونقل کم‌آلاینده) می‌تواند فرصت زیادی برای رشد اقتصادی و پایداری زیست‌محیطی یک کشور را به‌همراه داشته باشد و خودروهای برقی می‌توانند نقش مهمی در این گذار داشته باشند [۲۸]. سیاستگذاران می‌توانند به تسریع حرکت به سمت یک سیستم حمل‌ونقل پاک‌تر و پایدارتر کمک کنند، سیاستگذاران برپایه راهبرد کلان موردنظر، می‌توانند نقش مهمی در

شناسایی کاستی‌ها و کاهش خطرات مرتبط با توسعه فناوری جدید ایفا کنند. مشارکت آنان در تدوین خط‌مشی، کارایی راهبردها را بهبود می‌بخشد و درعین‌حال، پیامدهای منفی تطبیق فناوری جدید را به حداقل می‌رساند. با ارزیابی دلایل و توسعه فناوری‌های متنوع، مرور علمی و اقتصادی مستمر، سیاستگذاران قادر خواهند بود تا با موفقیت، موانع تحول ملی را مدیریت کرده و فرصت‌های جدید در ترویج انرژی‌های سبز و فناوری‌های نیازمند سرمایه‌گذاری را برنامه‌ریزی کنند. دستورالعمل‌های دولتی می‌تواند تأثیر چشمگیری در شکل دادن به رفتار مصرف‌کننده و واکنش صنایع به برقی‌سازی داشته باشد. مشوق‌ها، از اعتبارات مالیاتی و یارانه‌دهی گرفته تا سرمایه‌گذاری‌های زیرساختی، به‌عنوان محرک‌های اصلی گسترش خودرو برقی در بازارهای مختلف مطرح هستند. البته سیاستگذاران باید در ارتقای سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های برگشت‌ناپذیر دقت لازم را داشته باشند. به‌عبارت‌دیگر، هنگام تغییر سیستم حمل‌ونقل از پایه سیستم مبتنی بر سوخت فسیلی به حمل‌ونقل برقی، امکان بازگشت از این مسیر وجود ندارد و در طول مرحله گذار که هم خودرو برقی و هم خودروی غیربرقی در ناوگان حمل‌ونقل فعالیت می‌کنند (که حداقل چندین دهه به طول می‌انجامد) پیچیدگی‌ها و هزینه‌های جدی وجود دارد که باید پیش‌بینی و مدیریت شود.

برای گسترش حمل‌ونقل برقی در یک بازار هدف باید اقتصاد از نقطه‌نظر تمام ذی‌نفعان (از جمله مصرف‌کننده، قانونگذار و نهادهای اجرایی، خودروسازان، سازندگان و اپراتورهای شارژرها، شرکت‌های دانش‌بنیان، زنجیره تأمین، معادن، تولیدکنندگان مواد فلزی و غیرفلزی، شهرداری‌ها، شورای شهر، اداره راه‌سازی و شهرسازی، خدمات پس از فروش، بانک‌ها و سازمان‌های مالی و اعتباری، بیمه، صنعت تولید و توزیع برق) توجیه باشد [۵]، [۱].

در راستای برقی‌سازی، نوآوری در مدل کسب‌وکارهای جدید در یک بازار هدف خاص که مشارکت فعال همه ذی‌نفعان را تشویق می‌کند، بسیار مهم است [۳۱]، [۲۹]. با این حال، مهم است که اذعان کنیم مشارکت همه ذی‌نفعان ممکن است برای هر نوع حمل‌ونقل، تجارت یا بازار هدف متفاوت باشد. الزامات و پویایی ذی‌نفعان، بسته به بازار هدف خاص نیز می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی متفاوت باشد. برای مثال، هنگام در نظر گرفتن شیوه‌های حمل‌ونقل عمومی مانند اتوبوس، تاکسی یا وسایل نقلیه سنگین، ذی‌نفعان درگیر ممکن است ساختارها و اولویت‌های تجاری متمایزی داشته باشند.

دگرگونی برقی‌سازی نیاز عمیقی به تهیه استراتژی‌های مدیریت ریسک از نقطه‌نظر تمام ذی‌نفعان دارد. رصد تغییرات زنجیره تأمین جهانی و تحقیقات روند بازار و حمایت از تولیدکنندگان در راستای تضمین تعهدات بلندمدت بازیگران زنجیره تأمین می‌تواند ریسک سرمایه‌گذاری را برای ذی‌نفعان صنایع خودروسازی کمتر کند [۳۲]، [۳۰].

۱-۴. مدل‌های تأمین مالی

با سخت‌تر شدن قوانین زیست‌محیطی و فشار اجتماعی، بسیاری از شرکت‌های خودروسازی با چالش بزرگی در دستیابی به صفر رساندن آلاینده‌گی خودروهای خود دارند و در این میان رقابت برای خودروسازان بزرگ برای انتقال به خودروهای برقی ادامه دارد. براساس مطالعات اخیر در سطح بین‌الملل، سازندگان خودرو متعهد به حدود ۵۰۰ میلیارد دلار در سرمایه‌گذاری در تولید خودروهای برقی شده‌اند [۸] و بخش زنجیره تأمین قطعات خودروهای برقی برای رشد قابل‌توجهی آماده شده است. با این حال، خودروسازان جهانی برنامه‌ها و اهداف بسیار متفاوت در این زمینه دارند که این



برنامه‌ها تابعی از سیاست‌های کلان و درازمدت کشورهای مختلف است که تصمیم گرفته‌اند تاریخی مشخص برای تکمیل برقی‌سازی حمل‌ونقل در میان‌مدت داشته باشند؛ حمایت‌های مالی و روش‌های تأمین مالی، نقش عمده‌ای بر سرعت رشد خودروهای برقی ایفا می‌کند [۲۲]، [۹].

در کشورهای غربی اکثر روش‌های تأمین مالی به صورت مدل مالی بدهی یا اعتباری ارائه شده است؛ این مدل برای هر کشوری با شرایط اقتصادی منحصر به فرد، لزوماً بهترین روش نخواهد بود. جهت تغییرات کلان در سطح ملی مانند جایگزینی انرژی سبز به جای سوخت‌های فسیلی و توسعه زیرساخت شارژ وسایل نقلیه برقی که به طور مستقیم یا غیرمستقیم به تأمین مالی بدهی وابسته است، مطالعات اقتصادی دقیق در سطح اقتصاد کلان کشورها نیاز است. سیاستگذاران باید الزامات مالی را به دقت پیش‌بینی کرده و بودجه مناسب را برای حمایت از این طرح‌ها تخصیص دهند. غفلت از برنامه‌ریزی مناسب برای اختصاص منابع مالی در بلندمدت می‌تواند به مانعی در مسیر پیشرفت مستمر این صنعت بدل شود. همچنین باید دقت داشت، تأمین مالی جهت توسعه حمل‌ونقل برقی، تابعی از زمان، حجم تولید و نیاز بازار است و با رشد بازار خودروهای برقی و پیشرفت‌های فناورانه، مدل نیازهای مالی نیز با تغییر و تحول روبه‌رو می‌شود [۱].

سیاستگذاران باید سازوکارهایی را شامل ایجاد شرکت‌های دولتی-خصوصی، مدل‌های مالی نوآورانه و فرایندهای بازنگری منظم برای اطمینان از در دسترس بودن منابع مالی و تخصیص مؤثر آنها تنظیم کنند. در ایران نیز در صورت تصمیم به حرکت به سمت تغییر مدل حمل‌ونقل و توسعه خودروهای برقی، برنامه‌ریزی مالی بلندمدت برای حمایت از تغییر نوع سوخت مصرفی و زیرساخت صنعتی کشور حیاتی به نظر می‌رسد.

۲-۴. زیرساخت‌های برقی‌سازی

علاوه بر نیاز حیاتی به توانایی تأمین متمرکز و غیرمتمرکز برق موردنیاز در سطح جغرافیای بازار هدف برقی‌سازی، مدیریت انرژی نقش ویژه‌ای خواهد داشت؛ زیرا افزایش تعداد خودروهای برقی به معنای افزایش نیاز به تولید و توزیع برق پاک (از منابع تجدیدپذیر) است. از آنجاکه گسترش وسایل نقلیه برقی به بار اضافی در شبکه برق کشورها منجر می‌شود، لذا مدیریت تولید و مصرف برق نیاز به هماهنگی دقیق دارد. اگر تقاضای برق اضافی به طور مساوی در روز پخش شود، افزایش در تقاضا در طول روز قابل مدیریت است. اما اگر قرار باشد همه خودروهای برقی در اوج زمانی مصرف، به شبکه برق وصل شوند، تقاضای لحظه‌ای می‌تواند قابل توجه بوده و برای شبکه بسیار مشکل‌آفرین باشد. ترویج حمل‌ونقل برقی نیازمند سیستم‌های دیجیتال جدید و برنامه‌ریزی دقیق برای کنترل عرضه و تقاضای برق در طول شبانه‌روز است [۱]. همچنین آموزش مردم برای شارژ خودروی برقی بسیار ضروری است.

در کشورهای اروپایی و آمریکایی نصب یک شارژر می‌تواند از ۵۰۰ دلار (خانگی) تا ۱۴۰ هزار دلار (۳۵۰ کیلو وات DC) قیمت داشته باشد. بررسی کشورهای پیشرو نشان می‌دهد که هزینه اصلی شارژرهای خانگی، ارتقا شبکه‌های برق منطقه‌ای و کار نصب شارژ خانگی است. فرض بر این است که با افزایش تعداد خودروهای برقی، شارژرهای عمومی، مورد استفاده بیشتر قرار می‌گیرند و هزینه‌های زیرساخت‌های شارژ عمومی سال به سال به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. ارتقای شبکه‌های برق منطقه‌ای که به توزیع و مصرف برق نیاز بیشتر دارد باید سرمایه‌گذاری بلندمدت شود.

هدف نهایی می‌بایست فراهم آوردن انرژی موردنیاز مصرف‌کننده در کمترین فاصله، با زیرساخت شارژ باشد که انرژی سبز را می‌تواند به بهینه‌ترین حالت برای مصرف‌کننده فراهم کند. اهمیت برنامه‌ریزی دیجیتال برای اجرای شارژ هدفمند با هدف مدیریت بار شبکه برق بسیار مهم است ولی کارایی چنین سیستمی به توانایی خود خودرو نیز بستگی دارد که نهایتاً هدر رفت انرژی در کل سیستم به حداقل برسد [۱]. معیار کافی بودن شارژرها در یک جغرافیای خاص به عوامل متعددی بستگی دارد و صرفاً مطالعه تعداد مراجعان به ایستگاه‌های شارژ به معنای کافی بودن شارژر عمومی در آن محل نیست. نسبت تعداد شارژرها به خودروها و همچنین شعاع فاصله هر خودرو تا ایستگاه شارژ بعدی نشانه‌هایی از بلوغ زیرساخت است. در حال حاضر نسبت متوسط خودرو به شارژر عمومی ۱۶ است که این نسبت در چین به حدود ۷ کاهش پیدا کرده که متوسط این نسبت در شارژر سریع به ۱۰۵ در سال ۲۰۲۲ کاهش پیدا کرده است که چین توانسته است این رقم را به حدود ۱۶ کاهش دهد. اروپا در نظر دارد حداکثر فاصله تا شارژر سریع عمومی را ۶۰ کیلومتر در نظر گیرد [۳۳].

در افق پویایی صنعت انرژی و حمل‌ونقل، شارژ دوطرفه، فناوری نوپایی است که نویدبخش مزایای مدیریت انرژی و کاهش هزینه برای دارندگان خودروهای برقی است، ولی به‌نظر می‌رسد در کوتاه‌مدت هزینه اجرایی این فناوری، امکان استفاده از آن را سلب کرده است. استقبال از این فناوری هم به آمادگی صنعت خودرو و صنعت انرژی و هم پویایی ساختار بازار هدف وابسته است [۳۴].

۳-۴. سطح بلوغ صنعت

در صنعت خودروسازی پیشرفته جهانی که به‌شدت رقابتی و در حال تکامل است، سه عامل ساده اما کلیدی وجود دارد که موفقیت هر محصولی را در بازار تعیین می‌کند: مطلوبیت (از دید مشتری)، توان فنی و مقرون‌به‌صرفه بودن. توان فنی با شرایط جغرافیایی و نوع استفاده مصرف‌کنندگان رابطه مستقیم دارد. مطلوبیت و مقرون‌به‌صرفه بودن، مهم‌ترین عواملی هستند که رشد بالقوه هر خودرو را در بازار هدف تعیین می‌کنند. البته شایان ذکر است با هدف اصلی اجتماعی و زیست‌محیطی حمل‌ونقل فقط سبز بودن محصول کافی نیست، در حال حاضر سؤال‌های جدی در مورد پایداری زنجیره تأمین ملی و بین‌المللی کشورها نیز مطرح است. به زبان ساده‌تر به کاهش عوامل مخرب تولیدی شرکت‌های خودروساز و تأمین‌کنندگان نیز باید توجه جدی شود. به‌طور مثال تولید پایدار خودروهای برقی با نگرانی‌های پیرامون استخراج مواد خام دست‌وپنجه نرم می‌کند [۳۳]، [۲]، [۱].

حتی نمایندگی‌های فروش خودرو نیز باید انعطاف‌پذیری لازم در انطباق با مدل‌های اقتصادی کاراتر را از خود نشان دهند. افزایش فروش آنلاین، ظهور نسل جدیدی از فعالان بازار را ضروری کرد که با سازگاری و آینده‌نگری ریسک‌گذار به حمل‌ونقل برقی را مدیریت کنند. تنوع روبه‌رشد امکانات خودروهای جدید، ظهور روزافزون خدمات اشتراکی و پشتیبانی پس از فروش، فرصت‌های جدیدی را در بازار فروش آینده خلق خواهد کرد [۳۵].

قوانین و استانداردهای فنی کشورهای غربی برای واردات روزبه‌روز سخت‌تر می‌شود تا ریسک را در استفاده خودروهای برقی کمتر کنند و سطح کیفیت را بالا نگه دارند. کشورهای آسیایی مخصوصاً چین هم به‌دنبال رعایت



کردن این قوانین با مقصد این کشورها است. کشورهای در حال توسعه نیز باید در به‌روزرسانی این قوانین شتاب بیشتری داشته باشند.

۴-۴. سطح بلوغ اجتماعی

آنچه از کشورهای پیشرو می‌شود آموخت این است که سیاست‌های دولت و رفتار مصرف‌کننده هم‌چنان محرک‌های اصلی اجتماعی پذیرش خودروهای برقی هستند.

در سراسر جهان چالش‌های متنوعی از جمله آمادگی اجتماعی برای قبول تغییر وجود دارند و شاید نیاز به توجه ویژه دولت برای تقویت درک عمومی از وسعت تغییرات باشد [۳۶]، [۴۰]. پیشرفت‌های فناوری-هرچند جذاب- بدون حمایت جامعه و جذب اعتماد مصرف‌کننده صورت نمی‌گیرد که در این میان تعیین یا عدم تعیین ضوابط‌الاجل‌های زمانی گذار صنعت (از فسیلی به برقی) نقش عمده‌ای نشت گرفته از سرعت قبول اجتماعی دارد. یکی از روش‌های اعتمادسازی عمومی شروع تغییرات از ناوگان عمومی و دولتی است. اصولاً دولت اول باید مدیران ناوگان را تشویق به تغییر کند و بعداً به سراغ صاحبان خودروهای شخصی برود.

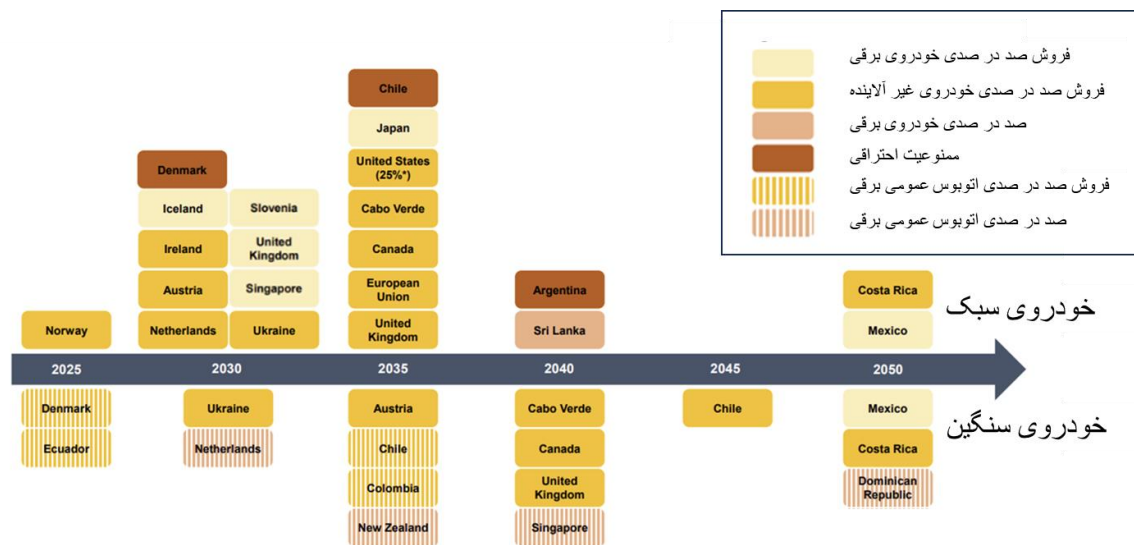
مطالعات اخیر در مناطق توسعه‌یافته از نظر پذیرش خودروهای برقی، اهمیت فراموش نکردن جوامع محروم و ایجاد دسترسی عادلانه خودروهای برقی را برای همه مردم نشان می‌دهد. چنین مطالعاتی در کشورهای پیشرفته نشان می‌دهد که هنوز فاکتورهای اجتماعی برقی‌سازی به‌صورت جامع پیش‌بینی نشده است و تدوین چارچوب‌های سیاستی که یک سیستم حمل‌ونقل عادلانه‌تر، سازگار با محیط زیست و پایدار را برای همه مردم، اعم از غنی و فقیر در تمام منطقه ایجاد کند هنوز در حال تکامل هستند [۲۸].

توجه به سیاستگذاری برای بازار خودروهای برقی دست دوم برای فروش خودروهای برقی جدید ضروری است ولی در کشورهای پیشرو هنوز مصرف‌کننده در قبول ریسک‌های احتمالی خودرو دست دوم برقی شک دارد. افزایش درک عمومی از ریسک‌های احتمالی و اطمینان‌بخشی شرکت‌های بیمه می‌تواند این عدم قطعیت را از بازار خودروهای دست دوم برقی را کمتر کند. نااطمینانی در تعمیر باتری‌های خودروهای برقی، هزینه‌های مربوط به بیمه این خودروها را در کشورهای اروپایی و آمریکا به‌شدت افزایش داده است [۳۵].

۴-۵. تکامل قوانین سیاسی - اقتصادی

۴-۵-۱. تعهد زمانی به گسترش حمل‌ونقل پاک

کشورهای مختلف جهان تعهد زمانی به گسترش حمل‌ونقل پاک یا برقی‌سازی را بسیار متنوع اعلام کرده‌اند. بعضی از کشورها تعهد زمانی فروش را به‌عنوان راهبرد خود اعلام کرده‌اند و برحسب خودروی سبک و سنگین این توابع زمانی می‌تواند بسیار متفاوت ظاهر شود.



IEA. CC BY 4.0.

شکل ۸. سیاست‌گذاری تعهدی زمانی برخی از کشورهای (انتخابی) در گسترش حمل‌ونقل پاک و یا برقی
 مأخذ: [۲۵]

به‌نظر می‌رسد در کنار تعهدهای زمانی برخی کشورهای پیشرو در گسترش برقی‌سازی و حمایت‌های اقتصادی دولت‌ها از فعالان زنجیره تأمین، قوانین نظارتی بر آنها نیز هم‌زمان گسترش پیدا کرده است. به‌طور مثال حمایت از تولید داخلی در آمریکا و اروپا تأثیر بسیاری در شکل‌گیری این قوانین دارد. قانون زنجیره تأمین آلمان و دستورالعمل اتحادیه اروپا که بررسی دقیق تعهد قوانین پایداری شرکتی را الزامی می‌کند، نمادی از تعهدات سخت‌گیرانه است که برعهده شرکت‌ها گذاشته شده است [۳۰] و [۴۱]، [۳۳]. تولید خودروهای برقی به‌دلیل اهمیت جغرافیای تولید با چالش مواجه شده است؛ از این جهت که تمام زنجیره‌های تأمین محلی در اروپا با قوانین انطباق ندارند و رعایت این قوانین یعنی بالا بردن هزینه‌های تولید و قیمت تمام شده خودرو. قوانین مربوط به گذرنامه باتری، ردیابی چرخه عمر باتری، تا سال ۲۰۲۷ در اتحادیه اروپا اجباری می‌شود. به‌عبارت‌دیگر، شرکت‌های زنجیره تأمین محلی در اروپا باید به منابع و روش‌های تولید پایدار بیش‌ازپیش پایدار باشند. در این میان، آگاهی مصرف‌کننده، می‌تواند نقشی اساسی در هدایت سیاست‌مداران و تولیدکنندگان برای اجرای دقیق مقررات داشته باشد. در واقع هم‌گرایی انتخاب‌های مصرف‌کننده و تمرکز صنعت‌گران و سرمایه‌گذاران بر این موضوع می‌تواند تغییرات مثبت در شکل‌گیری زنجیره تأمین خودروهای برقی را سرعت بخشد.

۲-۵-۴. جهت‌گیری عوامل اقتصادی

به‌منظور دستیابی به رشد مثبت در بازار، خودرو جدید نه‌تنها باید از نظر سرمایه‌گذاران محصول تجاری خوبی باشد، بلکه از نظر توان مالی اکثر خریداران بالقوه نیز مقرون‌به‌صرفه باشد. توازن بین محصول قابل سرمایه‌گذاری و مقرون‌به‌صرفه بودن می‌تواند باعث موفقیت یا شکست هر خودروی تولیدی در بازار آینده باشد [۲۲]، [۱۴]. افزایش هزینه تولید و هزینه‌های عملیاتی کارخانه‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های اصلی که بسیاری از شرکت‌های خودروسازی



برای حفظ سهم بازار مورد توجه قرار داده‌اند، مطرح است. شرکت‌های خودروساز با افزایش هزینه خود به افزایش قیمت خودروها مجبور می‌شوند که این افزایش قیمت برای بخش قابل توجهی از خریداران بالقوه غیرقابل قبول است.

با اینکه قیمت تمام‌شده و مقرون‌به‌صرفه بودن در بازار رقابتی مهم است، سیاست کاهش هزینه نباید به پایین آوردن عملکرد رقابتی خودرو (مشخصات فنی و رفاهی) منجر شود، زیرا کاهش کارایی بر مطلوبیت محصول تأثیر می‌گذارد و در بلندمدت به برند خودروساز آسیب می‌رساند. برای حفظ مطلوبیت و همچنین دستیابی به مقرون‌به‌صرفه بودن، شرکت‌های خودروساز باید بر افزایش کارایی، کاهش هزینه‌های سربار و اتخاذ فناوری‌های جدید تولید و نوآوری برای کاهش هزینه کلی خودرو تمرکز کنند.

شرکت‌های خودروسازی چینی با افزایش مطلوبیت و عملکرد محصولات برقی خود و همچنین کاهش هزینه تولید، گام‌های مهمی در تغییر بازار داخلی و بین‌المللی برداشته‌اند. بسیاری از شرکت‌های چینی در حال حاضر با محصولات جدید برقی وارد بازار جهانی شده‌اند که عملکرد و مقرون‌به‌صرفه‌تری نسبت به هم‌تایان اروپایی و آمریکایی خود ارائه می‌دهند. البته باید منتظر بمانیم تا مشخص شود مطلوبیت (از دید مشتری) در مصرف‌کنندگان غربی چه تغییری خواهد کرد؟ و چقدر طول می‌کشد تا مصرف‌کننده غربی علاقه خود را از یک برند غربی (مانند تسلا) به یک برند چینی در بازار خودروهای برقی تغییر دهد.

۳-۵-۴. گسترش تنوع فناوری‌های جدید

براساس مطالعه جدید شورای بین‌المللی حمل‌ونقل پاک، پیشرفت‌های فناوری در موتورهای احتراق داخلی مانند هیبریداسیون موتور و سایر فناوری‌های نوین در جهت بهبود کاهش مصرف سوخت نقش اساسی در کاهش مصرف انرژی ایفا می‌کنند. پیشرفت‌های فناوری در این زمینه به‌ویژه در گذار از سوخت فسیلی به برقی در ۱۰ سال آینده بسیار مؤثر است. اگرچه انتظار می‌رود فروش فناوری‌های موتورهای احتراقی در کشورهای پیشرو بین سال‌های ۲۰۳۵ و ۲۰۴۵ حذف شوند، ولی هنوز تأثیر بسیاری از نحوه عملکرد آنها در سال‌های آینده وجود خواهد داشت زیرا موتورهای احتراق داخلی همچنان تا سال ۲۰۵۰ در ناوگان خیلی از کشورها باقی خواهند ماند. بدین ترتیب مستقل از سرعت برقی‌سازی، بهبود فاکتورهای زیست‌محیطی با پیشرفته شدن فناوری موتورهای احتراقی هنوز مورد نیاز است [۹].

داده‌ها و روند تغییرات جهانی نشان می‌دهد که تغییرات به تغییر قوای محرکه از فسیلی به برقی ختم نمی‌شود. مدل‌های حمل‌ونقل آینده مبتنی بر ایجاد راه‌حل‌های حمل‌ونقل دیجیتالی است که تمرکز را از فروش سخت‌افزار محصول به ارائه مدل‌های تجاری مبتنی بر دیجیتال با محوریت خدمات (و وابسته به صنعت اینترنت و مخابرات) تغییر می‌دهد که در آن نیز چین یکی از بازیگران مطرح جهانی است [۲۶].

نسل بعدی وسایل نقلیه پایدار، بسیار هوشمندتر و خودران خواهند بود که نشان‌دهنده تغییر اساسی در چشم‌انداز خودروسازی است. با تقاضای فزاینده برای ارتباطات پیشرفته الکترونیکی، زنجیره‌های تأمین جهانی خودرو با هم به چالش کشیده خواهد شد. برای سازندگان و تأمین‌کنندگان خودرو، کنترل فناوری‌های کلیدی و زنجیره تأمین مورد اطمینان برای دسترسی مانند نیمه‌هادی‌ها، تنوع فناوری جدید باتری، پیشران‌های پایدار و سیستم‌های رانندگی خودران، به عامل تعیین‌کننده‌ای برای موفقیت آینده آنها تبدیل خواهد شد. در این میان رقابتی ماندن در بازار و جذاب ماندن محصول برای مصرف‌کنندگان مستلزم انطباق با نوسازی تمام ارکان مهم صنعت خودروسازی است که به سرعت

از مدل‌ها و محصولات تجاری سنتی خود در حال دور شدن هستند. بنابراین، خودروسازان و تأمین‌کنندگان جهانی با چالش سرمایه‌گذاری قابل توجه، یا از طریق خودکفایی دانش فنی روز یا ایجاد شراکت‌های کلیدی با رهبران صنعتی جهان یا شرکت‌های دانش‌بنیان نوظهور، مواجه‌اند. در این میان چشم‌انداز سیاسی نقش‌محوری در شکل‌دهی به این اتحادها و جهت‌گیری‌های استراتژیک ایفا خواهد کرد، زیرا صنعت خودروسازی وارد عصری می‌شود که نوآوری و رقابت جهانی در حوزه نرم‌افزار و الکترونیک تعریف می‌شود [۴۲]، [۲۹]، [۲۶]، [۲۴]، [۲۳]، [۲۰].

استفاده از باتری، برای کاهش آلاینده‌گی برقی‌سازی کافی نیست و فناوری‌های دیگر مانند هیدروژن نیز شاید بتواند نقش تکمیلی را بازی کند. ولی در حال حاضر هزینه نسبی بالا هیدروژن سبز در مقایسه با هیدروژن خاکستری مانع از توسعه سریع هیدروژن سبز شده است و نیاز به ابتکارات سیاست‌گذاری برای بالا بردن جذابیت در سرمایه‌گذاری هیدروژن سبز وجود دارد.

در مجموع سوخت‌های جدید ای فیول^۱ شاید امیدی جدید برای افزایش طول عمر فناوری‌های موتورهای احتراقی بدهد ولی در حال حاضر آینده موتورهای احتراق داخلی هیدروژنی و پتانسیل سوخت‌های e-fuel نامشخص و تابع رشد پیشرفت‌های آکادمیک و تحقیقات پایه است. از نظر فناوری‌های هیدروژن و پیل سوختی، چالش‌ها در تولید سوخت هیدروژنی، زیرساخت‌ها و هزینه مربوط به توجیه اقتصادی این فناوری را در آینده نزدیک به‌ویژه برای خودروهای سواری محدود می‌کند [۳۵]، [۳۴]، [۲۱].

۵. پتانسیل برقی‌سازی حمل‌ونقل در ایران

۵-۱. وضعیت صنایع انرژی و خودرو در ایران

کشورهای غرب آسیا از جمله ایران، در موقعیت ممتازی از لحاظ انرژی قرار دارند. این موقعیت منحصر به فرد به کشورهای این منطقه برتری قابل ملاحظه‌ای برای تبیین راهبرد انرژی و حمل‌ونقل خود می‌دهد. به نقل از شرکت مشاوره‌ای مکنزی، منطقه غرب آسیا بیشترین سهم از تولید جهانی نفت و گاز را به خود اختصاص داده است [۱۳]، [۶]، [۴]، [۱۵]، اما این منطقه این پتانسیل را دارد که به صادرکننده انرژی پاک و پایدار مانند هیدروژن و محصولات سبز تبدیل شود. پس از نفت و گاز، صنعت خودروسازی پویاترین صنعت ایران است که ۱۰ درصد تولید ناخالص داخلی و ۴ درصد نیروی کار فعال (۷۰۰ هزار نفر) را به خود اختصاص داده است. ایران با تولید بیش از یک میلیون دستگاه خودرو در سال جاری از ۲۰ کشور خودروساز بزرگ جهان از نظر کمیت قرار گرفته است [۱۵] و پیش‌بینی می‌شود تعداد خودروها در ایران به ۶۴ میلیون در سال ۲۰۵۰ برسد [۴۳]. بی‌شک بزرگ‌ترین چالش ایران در حمل‌ونقل آینده مصرف انرژی (فسیلی و غیرفسیلی) خواهد بود.

در حال حاضر با زیاد شدن بدهی و زیان انباشته شده خودروسازان دولتی، وضعیت فعلی صنعت خودروسازی ملی در ایران از نظر اقتصادی چالش‌برانگیز شده است. مخصوصاً که شرکت‌های تولیدی خودرو در ایران در برآوردن نیازهای



مصرف‌کنندگان ناکام بوده‌اند. البته نوسان‌های اقتصادی در به‌وجود آمدن این چالش‌ها نقش عمده‌ای داشته است. در مقیاس وسیع‌تر از خودروسازی، کل سیستم حمل‌ونقل ملی از اهداف پروژه‌های عمرانی و نوسازی تعریف شده نیز عقب افتاده است.

در مقیاس جهانی، خودروهای تولیدی امروز در ایران شتاب پیشرفت فناوری کندی در ۲۵ سال اخیر داشته و پیشرفت‌شان تنها شامل بهبودهای فناوری جزئی بوده است. به‌نظر می‌آید ذهنیت غالب در بخش خودروسازی ایران هم‌چنان حول محور خودروسازی سنتی و با تمرکز بر تولید سخت‌افزار داخلی می‌چرخد. حتی در این بخش، متوجه می‌شویم که ابزارها و خروجی‌های با فاکتورهای کارایی در سطح جهانی غیررقابتی هستند.

شکی نیست که جهش چشمگیری در قابلیت‌های ملی برای تولید محصولات خودروبی‌مان برای رقابت با طرح‌های انقلابی در صنایع خودروسازی هوشمند در حال ظهور در کشور نیاز است تا خودروسازان را به تراز مثبت اقتصادی برساند و مصرف‌کنندگان را از کیفیت محصول راضی نگه دارد. باید توجه داشت صنایع دیگر مانند انرژی در تحول خودروسازی نقش اساسی خواهند داشت.

مطالعه پیشرفت‌های فنی در ایران نشان می‌دهد که با وجود رونمایی از چندین محصول اولیه خودرو سواری برقی، هیچ‌کدام از این نوآوری‌ها به مرحله مقیاس تولید انبوه نرسیده است. اکثراً این محصولات نتیجه تلاش‌های دانشگاهی و دانش‌بنیانی خالصانه و پراکنده است که فاقد پایه محکم اقتصادی مورد نیاز برای ایجاد تولید انبوه صنعتی هستند. در مورد خودروهای سنگین و اتوبوس نیز پیشرفت‌های صنعتی انبوه‌سازی بسیار محدودتر بوده است. در زمینه ساخت شارژرها پیشرفت‌های صنعتی بسیاری انجام شده که هنوز به مرحله ارزیابی در مقیاس انبوه - به‌دلیل کمبود خودروهای برقی در بازار - نرسیده است. گسترش شارژرهای برقی باید سرعت متناسب با تولید خودروهای برقی داشته باشد والا توجیه اقتصادی نصب شارژرها و نگرانی مصرف‌کنندگان موانعی جدی برای رشد حمل‌ونقل برقی خواهند شد. در این میان باید در نظر داشت که انتظار بیش از حد از دانشگاه‌ها برای رسیدگی به چالش‌های فنی برقی‌سازی، منطقی نخواهد بود. چالش‌های توسعه یک نمونه محصول با چالش‌های تولید انبوه، که شامل ملاحظات پیچیده اجتماعی، اقتصادی و زیرساختی است، باید متمایز شوند. همکاری با مراکز تحقیقاتی با رویکرد متوازن که شامل همکاری بین دانشگاهیان، کارشناسان صنعت، ارگان‌های دولتی و سایر ذی‌نفعان شکل گیرد. بررسی مقالات دهه اخیر چاپ‌شده در بخش حمل‌ونقل برقی نشان می‌دهد که مقالات اجتماعی فنی و علمی در مورد حمل‌ونقل برقی در ایران نادر است و بیشتر بر مطالعات نظری یا مرور ادبیات عمومی کشورهای دیگر متمرکز شده است [۴۵]، [۴۴].

۲-۵. فناوری باتری در میدان رقابت بازارهای جهانی

خودروهای برقی نسبت به خودروهای احتراقی تعداد قطعات بسیار کمتری دارند و فناوری باتری گران‌ترین بخش وسایل نقلیه برقی است. به‌طور مثال شکل ذیل متوسط قیمت اجزای خودروی احتراقی با تمام برقی را در کلاس B در بازار اروپا مقایسه می‌کند. از این شکل به‌وضوح می‌توان دریافت که ارجحیت رقابتی بازار در محصولات خودروی برقی دسترسی به باتری ارزان و تولید کم‌هزینه بخش‌های دیگر است. چون تعداد قطعات خودروهای برقی کمتر است میدان رقابت در بازارهای جهانی برای سوددهی این خودروها بسیار شدید است.



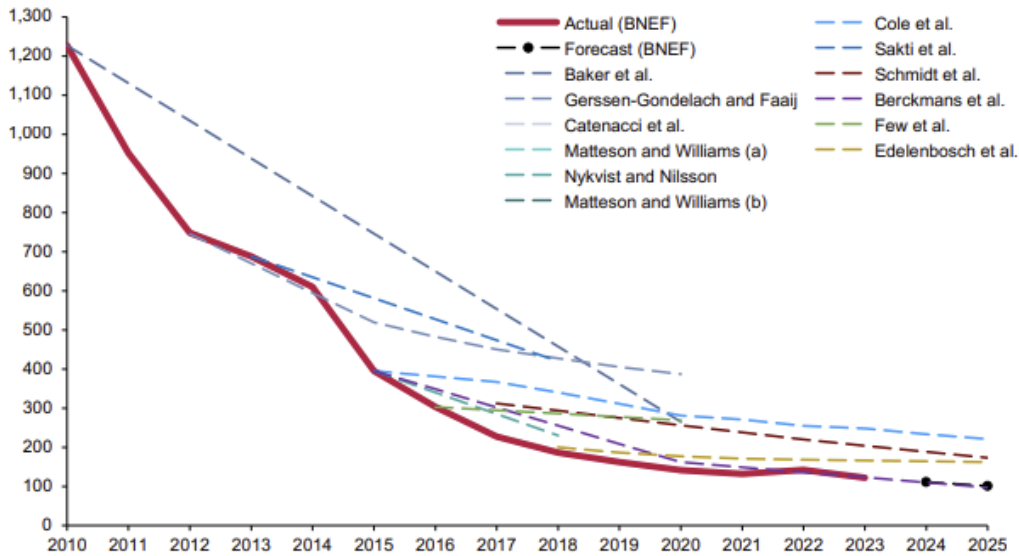
شکل ۹. نمودار مقایسه قیمت اجزای خودروی برقی و بنزینی در کلاس مشابه ب در اروپا

مأخذ: [۱۰]

بازار باتری‌های خودروهای برقی به سرعت در حال تکامل است و دائماً بازیگران جدیدی به این مجموعه اضافه و یا از آن حذف می‌شوند. طبقه‌بندی بازیگران و انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین، بینش‌های ارزشمندی را برای درک ظرفیت زنجیره تأمین برای هدایت مؤثر در رویارویی با اختلالات خارجی ارائه می‌دهد. امکان بومی‌سازی باتری‌های پیشرفته خودروهای برقی در ایران هم‌چنان به‌عنوان ابر چالش اقتصادی باقی مانده است.

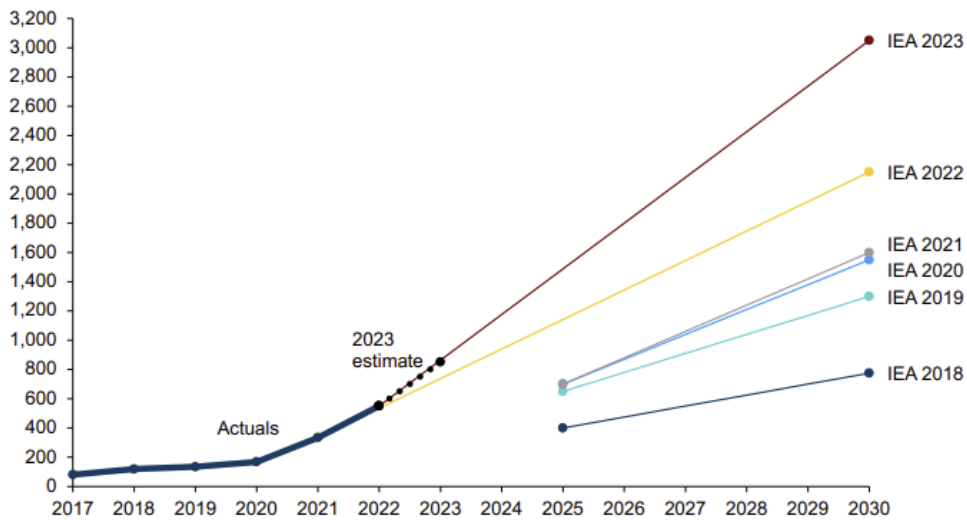
آژانس بین‌المللی انرژی پیش‌بینی می‌کند که تا سال ۲۰۳۰، افزایش تقاضای باتری خودروهای برقی به ۵۰ پروژه جدید لیتیوم، ۶۰ معدن نیکل و ۱۷ توسعه کبالت نیاز داشته باشد [۱] رسیدن به این مقدار، یک چالش بزرگ است. ایالات متحده و اروپا باید به ترتیب ۸۷ و ۱۰۲ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری کنند تا تقاضای باتری بازار داخلی خود را از طریق زنجیره‌های عرضه کاملاً محلی تا سال ۲۰۳۰ برآورده کنند و وابستگی خود را به چین کمتر کنند. چندین کشور در اروپای مرکزی و شرقی از جمله لهستان، مجارستان، جمهوری چک و اسلواکی به‌عنوان بازیگران جدیدی در زنجیره تأمین باتری‌های لیتیوم یون برای قاره اروپا ظاهر شده‌اند و فعالانه در توسعه زنجیره تأمین باتری جهانی مشارکت دارند [۲]، [۱].

آخرین مطالعات نشان می‌دهد که قیمت سلول باتری مورد نیاز خودروهای برقی از سال ۲۰۱۰ تا به امروز به شدت کاهش یافته است و این روند ادامه دارد و در مقابل تقاضا برای این نوع باتری‌ها هر ساله افزایش می‌یابد. ولی باید دقت داشت که فناوری باتری در دسترس هر کشوری نیست و چین برتری قابل ملاحظه‌ای در زنجیره تأمین باتری‌ها در سطح جهانی دارد [۴۶].



شکل ۱۰. نمودار پیش‌بینی روند قیمت سلول باتری (برحسب دلار در هر کیلووات ساعت)

مأخذ: [۴۶]



شکل ۱۱. نمودار پیش‌بینی (در سال‌های مختلف) روند تقاضا برای باتری لیتیوم خودرو (برحسب گیگاوات ساعت سالیانه)

مأخذ: [۴۶] و [۲۵]

امروزه شراکت تجاری یک خودروساز غربی با یک باتری‌ساز آسیایی در بازارهای جهانی به یک امر متداول تبدیل شده است. زمانی باتری خودروهای برقی اهمیت می‌یابد که ارزیابی کیفی و دسترسی به کنترل فرایند آن توسط شرکت‌های ممیزی امکان‌پذیر باشد. در استفاده از باتری خودروهای برقی فناوری‌های ناشناخته فراوانی هنوز وجود دارد که نیازمند همکاری نزدیک خودروسازان غربی با باتری‌سازان چینی یا حتی غیرچینی جهت کنترل کیفیت دقیق است. باید دقت داشت که رعایت الزامات و مشخصات فنی در لحظه خرید ممکن است کافی نباشد؛ زیرا آنچه امروزه از

فناوری باتری می‌دانیم این است که ویژگی‌ها و عملکرد آن در طول عمر کاریش می‌تواند متغیر باشد. بنابراین ضمانت باتری برای افزایش اطمینان از عملکرد آن در طول عمرش برای خودروساز، مصرف‌کننده و بیمه‌گذار بسیار مهم است. رقابت در حوزه باتری خودروهای برقی برای خودروسازان داخلی با غرب و شرق آسان نیست. همچنین تأیید کارایی و ایمن بودن باتری خودروهای برقی کار تخصصی پیچیده‌ای است. لذا خودروسازان موظفاند نسبت به فناوری و دانش فنی توأم با منطبق‌سازی فرایند تولید با استانداردهای بین‌المللی و تدوین ضوابط ملی اقدام کنند. ازسوی دیگر باید نسبت به خرید خودرو برقی یا باتری این محصولات از شرکت‌های کنترل کیفیت جهت تعامل تجاری موفق استفاده کنند، افزایش دانش در حوزه باتری و تربیت متخصصان مربوط (از تولید سلول، پک، باتری و خود خودروی برقی) برای ایجاد یک همکاری برد-برد با تولیدکنندگان بزرگی مانند چینی‌ها باید اولویت‌های خود را در نظر بگیرند. به‌نظر می‌آید که تولیدکنندگان داخلی در ایران فعلاً توانایی بومی‌سازی باتری رقابتی در سطح جهانی را ندارند، ولی خودروسازان داخلی می‌توانند یک مشتری آگاه فنی در دنیای رقابتی محصولات الکتریکی خودروهای برقی باشند که این امر حیاتی نیاز به تربیت حداقل صدها متخصص فنی-اقتصادی در حوزه باتری در کشور است. متخصصان داخلی باید چهار تحول راهبردی ذیل در افق تغییرات باتری‌های خودرو را مورد ارزیابی جدی قرار دهند:

- **نظارت بر چرخه کامل تولید تا مصرف باتری:** نظارت بر چرخه کامل تولید و مصرف باتری در حال افزایش است و اقتصاد دایره‌ای‌تر را در آینده ترسیم می‌کند و در این میان پاسپورت باتری در عملکرد و ایمنی باتری‌ها نقش عمده‌ای می‌تواند بازی کند. بازیافت باتری خودروهای برقی بسیار مهم خواهد بود، اگرچه بخش بازیافت در مراحل اولیه خود است، اما بسیار مهم است زیرا بازیافت مواد با ارزش باتری‌های جدید را استخراج می‌کند.
- **باتری‌های جدید:** باتری حالت جامد و سدیمی به‌عنوان راه‌حل‌های دگرگون‌کننده در آینده خودروهای برقی به‌حساب می‌آیند ولی احتمال گسترش آن تا ۱۰ سال آینده کم است.
- **فناوری باتری‌های تعویض‌شونده:** سیستم تعویض باتری با هدف جایگزینی سریع باتری‌های خالی‌شده، به‌راحتی در آینده می‌تواند تأثیر عمده‌ای بر گسترش نوع ایستگاه‌های شارژرها مدل اقتصادی مربوطه، و مکان‌یابی آنها بگذارد.
- **پیشرفت‌های علمی در زمینه مواد کاتد / آند:** برای بهبود طول عمر و کارایی باتری در کشورهای پیشرو در حال انجام است که نیاز به رصد متخصصان امر دارد.

۳-۵. چالش ساختار کنونی بازار

خودروهای برقی در حال حاضر برای بسیاری از مردم دنیا مقرون‌به‌صرفه نیستند. درعین حال، گسترش خودروهای برقی در میان افراد ثروتمند یک استراتژی هوشمندانه نیست زیرا قشر کم‌درآمد و متوسط جامعه ممکن است هم‌چنان در حال رانندگی با وسایل نقلیه آلوده و پرهزینه باشند. برای تولید انبوه خودروهای برقی و باتری، به سرمایه‌گذاری جهانی بیشتر و مدل‌های اقتصادی جدیدتری نیاز است.

در ایران پرداختن به نگرانی‌های زیست‌محیطی یک اولویت است و گذار موفقیت‌آمیز از خودروهای فسیلی به حمل‌ونقل پاک ضرورت دارد. خودروهای برقی - متکی بر انرژی‌های تجدیدپذیر - یکی از راه‌حل‌های جدی و جذاب



برای رسیدن به حمل و نقل پاک مشروط به مقرون به صرفه بودن آنها در بازار هدف است. باید توجه داشت که فرض اینکه رفتار مصرف کننده ایرانی فوراً فرایند برقی سازی را قبول می کند یا اینکه خودروساز و مصرف کننده به راحتی هزینه های اضافی تغییر (از فسیلی به برقی) را جذب می کنند، دور از واقعیت است. در واقع این سؤال هنوز مطرح است که تولید کننده و مصرف کننده ایرانی چقدر آمادگی تغییر بنیادین زیست بوم فعلی حمل و نقل خود را دارد؟ در ارزیابی خودروهای برقی، مهم است که به هزینه کل مالکیت، ارزیابی آلاینده های (چاه تا چرخ) و پشتیبانی تعمیراتی محلی توجه داد. خودروهای برقی با باتری بزرگ فعلاً مزیت اقتصادی ندارند و هزینه بیشتری برای نگهداری دارند. شاسی بلندهای برقی در مقایسه با خودروهای کوچک تر برقی به مواد معدنی بیشتری برای باتری های خود نیاز دارند. شایان ذکر است که در حال حاضر کمبود مواد معدنی برای تولید باتری در جهان مشهود است. تمرکز خودروسازان بر خودروهای برقی بزرگ برای جلب مشتری ثروتمند با فلسفه پایداری محیط زیست با گسترش خودروهای برقی در تضاد است [۴۲] و [۴۷].

بسیاری از مدل های تجاری جدید در صنعت خودروهای برقی بر وابستگی های آینده تکیه دارند، از ویژگی های ویژه تا به روزرسانی نرم افزار، مدیریت داده و گارانتی باتری. علاوه بر این، بازیافت باتری ها بخش اساسی از عامل پایداری در صنعت خودروهای برقی است، اگر چه یک فرایند پیچیده است.

۱-۳-۵. ترکیب عرضه خودرو در بازار ایران

صرف نظر از نوع قوای محرکه (فسیلی یا برقی) همواره میان کارشناسان دو بحث واردات یا تولید خودرو در کشور وجود داشته است، در حقیقت صنعت خودرو کشور از نظر تعداد و تیراژ خودرو طی دو سال گذشته از ۲۰ کشور نخست در دنیا بوده است. اما از نظر کیفیت خودروسازی کشور نسبت به این صنعت در دنیا بسیار عقب تر از هم ترازان خود است. صنعت خودرو کشور فناوری برتر دنیا را در دسترس ندارد، این موضوع بیانگر فقدان امکانات در خودروهای مونتاژ یا تولید داخل نیست، بلکه ابزار تولید خودرو در ایران هنوز بهره وری لازم را ندارد.

موضوع گسترش خودرو برقی در جهان امروز از مرز صنعت عبور کرده و به یک مسئله سیاسی-اقتصادی تبدیل شده است و گزینه واردات یا تولید داخل در ایران یک گزینه سیاسی-اقتصادی خواهد بود. اگر ایران بخواهد گسترش خودروهای برقی را در سطح انبوه (چه با واردات و چه با تولید) پیگیری کند، احتیاج به دادن یارانه بسیار قابل توجه برای جذب مصرف کنندگان و حتی مصرف انرژی دارد. در سناریوی احتمالی که واردات خودروهای برقی به تولید ملی ارجحیت داشته باشد، ارزیابی دقیقی از محصولات وارداتی از نظر تجاری و فنی نیاز است.

در مجموع توسعه فناوری های مربوط به حمل و نقل برقی منوط به بلوغ فناوری و سرمایه گذاری های زیرساختی است. با مقایسه هزینه های رخ داده در کشورهای دیگر احتمال رشد سریع این دو عامل در توسعه حمل و نقل برقی (با واردات و یا با تولید خودروی برقی) در شرایط فعلی اقتصادی کشور و تغییرات هزینه های تولیدی خودروهای مربوطه دست کم تا ۱۰ سال آینده در ایران ضعیف است.

۲-۳-۵. تأثیر نوع نظام رفاهی بر ساختار بازار خودرو کشور

اکثر یارانه ها در دنیا بیشتر در راستای خرید اولیه و یا بهینه کردن مصرف انرژی است. نیاز کشورها به مصرف برق در حال گسترش است و اهمیت هماهنگی بین تولید و مصرف در هر کشوری نیاز به روزرسانی سیاست های مربوطه است.

براساس تخمین‌های شرکت مکنزی، مناطق مختلف دنیا به‌شدت باید در این دهه روی نیروگاه‌های خورشیدی و بادی سرمایه‌گذاری کنند تا بتوانند به اهداف کربن‌زدایی خود تا آخر این دهه برسند. همه این اهداف به‌شدت نیازمند سرمایه‌گذاری‌های کلان منطقه‌ای هستند [۴۸]، [۲۵]، [۱۶]، [۲]، [۱] و [۳۸].

مشتریان خودروهای برقی در جهان برای خرید دو هزینه، بها و مصرف این محصولات را پرداخت می‌کنند. قیمت مصرف خودرو نیز اکثراً هزینه برق است، چراکه قیمت برق در اروپا و آمریکا بسیار بالا است، مشوق‌ها به کمک تأمین برق برای مشتریان با هدف ترغیب خرید محصولات برقی آمده است. در ایران به‌دلیل پایین بودن قیمت انرژی، مصرف‌کننده به هزینه استفاده از خودرو (برقی و غیربرقی) توجه نمی‌کند. بنابراین در اکوسیستم خودرو برقی آینده کشور، سیستم انرژی (مخصوصاً انرژی‌های نو) از نظر زیرساخت، وضعیت نیروگاه‌ها و قیمت‌گذاری سبد انرژی برای خودروها به راهبرد جدیدی نیاز دارد. آنچه مسلم است ارائه هم‌زمان یارانه‌های خودروهای برقی و بنزین که برای دولت می‌تواند پرهزینه باشد. همچنین ارائه مشوق‌های خرید خودرو برقی را نمی‌توان براساس مزایای زیست‌محیطی در مناطقی توجیه کرد که تولید برق با سوخت فسیلی ادامه دارد.

متأسفانه ایران در عملی کردن پروژه‌های گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر از جدول زمانی خود بسیار عقب است. گفتنی است مطالعه دقیقی در راستای بررسی ارجحیت اقتصادی تغییر سوخت از بنزین به برق- با واقعیت‌های فعلی ساختار تولید و مصرف انرژی کشور نیز وجود ندارد.

۳-۳-۵. زیرساخت‌های موردنیاز در ایران

به‌منظور به حداکثر رساندن مزایای برقی‌سازی حمل‌ونقل، تولید و مدیریت؛ مصرف هوشمند انرژی از الزامات کلیدی است و مطالعات گسترده‌ای در سطح بین‌الملل در این خصوص انجام شده است. اما تاکنون در ایران عملاً هیچ آزمایش میدانی در مورد عملی بودن شارژ هوشمند و فناوری ارتباط انتقال انرژی بین وسیله نقلیه و شبکه از منظر شبکه یا خودرو در ایران انجام نشده است. حتی مطالعات نظری اقتصادی توسعه زیرساخت حمل‌ونقل برقی در ایران بسیار نادر است. در صورتی که داده‌های کشورهای پیشرو نشان می‌دهد که زیرساخت‌های شارژ عمومی در هر جایی که واقعاً برای اپراتور و مشتریان از نظر اقتصادی منطقی باشد، یافت خواهد شد. بدون توجیه اقتصادی بلندمدت، گسترش زیرساخت‌های شارژ یک رؤیای بی‌ثمر خواهد بود [۴۰]، [۳۴].

تجربه کشورهای پیشرو نشان می‌دهد که انتخاب دقیق مکان و انتخاب قدرت ایستگاه شارژ برای هر سایت بسیار مهم است. شارژ در خانه یا محل کار با استفاده از برق برگرفته از انرژی‌های تجدیدپذیر همیشه جایگزین ارزان‌تری برای کاربران خواهد بود. بسته به میزان انرژی تجدیدپذیر موجود در شبکه، زمان مدنظر از شبانه‌روز و بار شبکه، شارژ هوشمند به‌طور اتوماتیک با هزینه کمتر امکان‌پذیر خواهد بود. بنابراین بدون مطالعات نظری و میدانی امکان‌سنجی فنی-اقتصادی گسترش زیرساخت هوشمند شهری حتی با وجود انبوه انرژی غیرفسیلی، سرمایه‌گذاری در مدیریت شارژ در ابعاد کشوری پربیسک و کم‌بازده خواهد بود.

در کشور مطالعات دقیقی از منابع، چالش‌ها، هزینه‌ها، سیاست‌ها و مشارکت‌های جهانی به چاپ نرسیده است. تولید انبوه خودرو برقی با فقدان مطالعات علمی می‌تواند در آینده‌ای نزدیک به یک ابر چالش اقتصادی و انرژی در



کشور تبدیل شود. تنوع اقلیمی ایران از تغییرات جوی و یا نیاز مصرف‌کننده باید در انتخاب خودرو تطبیق اقلیمی و واقعیت فعلی توان برقی کشور [۴۹] در نظر گرفته شود. مطالعات محدود بین‌المللی نشان می‌دهد که تغییرات دما می‌تواند تأثیر عمده‌ای در قدرت پیمایش بعضی خودروهای فعلی بگذارد [۹] که در ایران مطالعات میدانی در این مورد انجام نشده است.

متأسفانه در کشور ذی‌نفعان اجرایی تاکنون هیچ تعریفی از سرمایه (بخش خصوصی یا دولتی) مورد نیاز یا زمان‌بندی اجرای پروژه برقی‌سازی جامع در سطح ملی برای نقد علمی ارائه نداده‌اند. به بیانی بهتر مشخص نیست که سرمایه برقی‌سازی حمل‌ونقل را دولت یا بخش خصوصی باید متقبل شود و برای بخش خصوصی چه مشوق‌های مشارکتی در نظر گرفته شده است و مهم‌تر از همه برای مصرف‌کننده چه یارانه‌هایی در نظر گرفته شده یا خواهد شد.

۴-۵. مؤلفه‌های مؤثر در تحول اکوسیستم حمل‌ونقل

برای گسترش خودروهای سازگارتر با محیط زیست مانند خودروهای برقی، سیاستگذاران با یک تصمیم مهم روبه‌رو هستند؛ اعمال تعهد نظارتی یا اختیاری. این دو رویکرد متمایز، به‌طور کلی پیامدهای مهمی در چشم‌انداز صنعت، محیط زیست و جامعه دارند. تعهد نظارتی مستلزم وجود سیاستگذار بالادستی منسجم با هدف زمانی مشخص است. این رویکرد که براساس ارائه مجموعه‌ای از مقررات و استانداردهای سخت‌گیرانه انتشار از خودروها تدوین شده است، مرجع نظارتی محدودیت‌های انتشار دقیقی را برای خودروهای مصرفی تعیین می‌کند، به‌گونه‌ای که تولیدکنندگان خودرو باید به آن پایبند باشند و یک چشم‌انداز و چارچوب روشن و مشخص که نوسانی در اجرای آن هم وجود نداشته باشد، برای صنعت ایجاد کند.

تحت تعهد نظارتی، تغییرات زمانی صنعت و بازار به‌روشنی قابل‌پیش‌بینی است. همچنین، کاهش تدریجی انتشار آلاینده‌ها را که از زمان‌بندی مشخصی پیروی کند، به‌دنبال خواهد داشت [۴۱]، [۴۰].

درواقع، در فرایند تعهد نظارتی، مشوق‌های جذاب‌تر برای تولید وسایل نقلیه سازگار با محیط زیست بیشتر ارائه می‌شود و سیاست بالادستی مشخص برای صنعت که بدانند در چه چارچوبی باید حرکت کنند و درنهایت میزان گسترش‌پذیری خودروهای برقی توسط مصرف‌کننده در بازار را بالا می‌برد. در طرف دیگر، رویکرد انتخابی از انعطاف‌پذیری بیشتری برخوردار است و هدف زمانی مشخصی ندارد. در این چارچوب، استانداردهای انتشار خودرو از یک سیر تکاملی پیروی می‌کند. مقامات نظارتی اغلب بر انگیزه‌های مالی مصرف‌کننده، مانند یارانه‌ها یا تخفیف‌های مالیاتی، برای تشویق تغییر خودروهای‌شان از سوخت فسیلی به خودروهای برقی تأکید می‌کنند [۴۱]، [۴۰].

رویکرد انتخابی به چشم‌اندازی منجر می‌شود که در آن وسایل نقلیه فسیلی با سرعت کمتری در بازار هدف منقرض شوند. در این فضا، خودروسازان برحسب سود و زیان خود، همچنان به تولید آن دسته از خودروهایی که توجیه اقتصادی دارند (برقی و غیربرقی) ادامه می‌دهند و منتظر قوانین بعدی هستند. مطالعات بین‌المللی نشان می‌دهد که انتخاب بین رویکرد تعهدی و اختیاری چندان ساده نیست [۴۱]، [۴۰].

۱-۴-۵. نقش شرکت‌های دانش‌بنیان

اقتصاد رقابتی و بی‌رحم جهانی، بسیاری از شرکت‌های نوپای دانش‌بنیان خودروسازان برقی را به چالش کشیده است. رقابت با غول‌های چینی و تسلا تبدیل به نبردی سخت برای شرکت‌های دانش‌بنیان نوپا در حوزه خودرو برقی شده است. به‌طور کلی داده‌ها حاکی از آن است که شرکت‌های دانش‌بنیان حمل‌ونقل پاک در جذب سرمایه‌گذاری در آمریکا موفق‌تر از بقیه دنیا بوده‌اند و سرمایه‌گذاری در شرکت‌های دانش‌بنیان حمل‌ونقل پاک در اروپا بسیار ناچیزتر از آمریکا و چین است [۵۰].

با اینکه در سال‌های اخیر ایران شاهد افزایش بی‌سابقه تعداد شرکت‌های دانش‌بنیان در ایران بوده‌ایم اما متأسفانه این نوع شرکت‌ها در تحول صنعت خودروسازی کشورمان تا امروز نتوانستند تأثیرگذاری لازم را داشته باشند. در واقع صنعت خودروسازی ایران در حال حاضر به قبول ریسک بالای همکاری با شرکت‌های دانش‌بنیان داخلی نیستند. البته ذهنیت غیرتطابق بین شرکت‌های دانش‌بنیان و صنعت خودرو در کشور نیز وجود دارد. غالباً در ایران فرهنگ شرکت‌های دانش‌بنیان «فین تکی» رواج دارد که در این نوع شرکت‌ها چرخه‌های سریع توسعه محصول به دلیل محصولات مبتنی بر نرم‌افزار هستند. این سرعت بالا به شرکت‌های مربوطه اجازه می‌دهد تا فرایند توسعه محصول نرم‌افزاری خود را خیلی سریع تکرار کنند و بهبود بخشند و با تقاضاهای در حال تغییر بازار، سازگار شوند، اما در صنعت خودرو، بازه‌های زمانی توسعه بسیار طولانی‌تر است. دلایل این کند بودن مسیر توسعه به مهندسی پیچیده، آزمایش‌های گسترده و مقررات ایمنی دقیق ذاتی در ساخت خودرو برمی‌گردد. خودروسازان باید استانداردهای ایمنی و کیفیت سختگیرانه‌ای را رعایت کنند، بنابراین واضح است که نگرش اکو سیستم دانش‌بنیانی غالب در ایران باید شکاف عملیاتی و سرمایه‌گذاری خود را با صنایع نظیر خودروسازی را کاهش دهد تا سرمایه‌گذاری مورد نیاز خود را جذب کند.

صرف‌نظر از نوع قوای محرکه چشم‌انداز راهبرد بلندمدت اکثر خودروسازان بزرگ جهان اولویت نرم‌افزار بر سخت‌افزار است [۵۱]، [۴۷]. در این راستا شرکت‌های دانش‌بنیان ایرانی می‌توانند نقشی عمده در تحول بازار داخل بازی کنند. اکنون در کشور هیچ محصول خاص دانش‌بنیانی و یا تجاری در مورد خودروهای برقی وجود ندارد که مزیت رقابت جهانی از نظر تولید انبوه و فناوری داشته باشد. با جهت‌دهی کلان صنعت دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان می‌توانند نقش مهمی در پیشرفت فناوری و انجام تحقیقات مخصوصاً در حوزه الکترونیک و نرم‌افزار داشته باشند.

۲-۴-۵. لزوم طراحی راهبرد کلان برای صنعت خودرو

با مطالعه تجربیات جهانی و همسویی با پویایی بازار در مقطع فعلی، قابلیت‌های صنعتی و نیازهای محیطی ضروری کشور، صرفاً گذار بین فناوری‌های قوای محرکه برای حل چالش‌های حمل‌ونقل ملی و انرژی کشور کافی نخواهد بود زیرا چالش‌های رو به روی خودروسازی ایران عمیقاً پیچیده و ریشه‌دار است و به همین دلیل، بررسی دقیق این چالش‌ها به مطالعات بیشتری نیاز دارد که از حوزه گزارش فعلی خارج است.

به‌طور مشخص در حال حاضر جامعه ایران به‌لحاظ اقتصادی با چالش‌های متعددی مواجه است. صنعت خودرو ایران با ابهامات فزاینده‌ای مواجه است که شامل قیمت و کیفیت محصولات و نفوذ روزافزون برندهای خارجی به این صنعت است. بر این اساس در اینجا سؤال‌های راهبردی از این دست وجود دارد که وضعیت خودروسازی ایران در ۲۰



ساله آینده و بعد از آن به چه صورت خواهد بود؟ مطالعات راهبردی هم‌زمان و بی‌درنگ در پنج موضوع مهم ذیل در کشور به نظر ضروری می‌رسد تا به سمت اهداف یکپارچه‌تر و همگراتر منافع ملی کشور حرکت کنیم:

۱. بهینه‌سازی فرایندهای تولید، ابزار و زنجیره تأمین برای افزایش بهره‌وری، کیفیت و چابکی خودروسازان داخلی،
۲. ایجاد اهداف شفاف و تأثیرگذار برای افزایش کارایی در تمام گزینه‌های مختلف قوای محرکه فعلی در کشور،
۳. بازاندیشی در تخصیص استراتژیک یارانه‌ها برای تقویت نوآوری در مدیریت به‌هم‌پیوسته انرژی و حمل‌ونقل،
۴. ایجاد تعادل (کوتاه‌مدت و بلندمدت) بین افزایش تولید داخلی و واردات با درک عمیق‌تر ملاحظات ژئوپلیتیک جهانی،
۵. شناسایی و رفع گلوگاه‌هایی که مانع رشد پایدار و متقارن حمل‌ونقل زمینی، دریایی و هوایی می‌شوند.

۳-۴-۵. بازطراحی نقش نهادهای تصمیم‌گیر

یک تحلیل جامع علمی می‌تواند کاستی‌های سیستم سوختی و قوای محرکه فعلی حمل‌ونقل کشورمان را روشن‌تر کرده و به ایجاد یک چشم‌انداز قوی ۲۰ ساله کمک کند. البته تبیین چشم‌انداز لازم است ولی به‌تنهایی برای گسترش حمل‌ونقل پاک یک کشور کافی نیست. اهداف باید با برنامه‌های اجرایی مؤثر دولت و مجلس، مقررات حمایتی و رشد اقتصادی، تضمین اجرایی پیدا کند. اندازه‌گیری رشد اقتصادی، فرایند پیچیده و چندوجهی است که به رویکردی جامع‌تر از تکیه بر معیارهای سنتی نیاز دارد و نقش دولت و مجلس را برجسته‌تر می‌کند.

تأثیر معیارهای اقتصادی برقی‌سازی فراتر از حمایت مالی و اهداف دوره‌ای دولت‌ها است و پیامدهای درازمدتی برای صنایعی مانند خودروسازی دارد. برای شروع برقی‌سازی حمل‌ونقل، در نظر گرفتن معیارهای جامع‌تر و آینده‌نگرتر ضروری است که وابستگی‌های متقابل پیچیده و پویایی‌های متغیر صنعت را توضیح دهد. این رویکرد می‌تواند از رشد و توسعه اقتصادی پایدار حمایت کند و آینده‌ای برابر و مرفه را برای جامعه (صرف‌نظر از سطح درآمد) ترویج دهد. رشد خودروسازی یکی از شاخص‌های مهم پیشرفت اقتصادی در ایران است. درحالی‌که معیارهایی مانند تولید ناخالص داخلی و بهره‌وری ممکن است نگرانی‌هایی را در مورد سلامت اقتصاد کنونی خودروسازی ایران ایجاد کند، رشد بخش تولید خودروسازی با دسترسی به انرژی ارزان می‌تواند به نتایج مثبتی برای جامعه مانند ایجاد شغل و کاهش آلودگی و در نتیجه کاهش هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی کمک کند. بنابراین منطقی است که اهداف جامعه‌محور را به‌عنوان معیارهای سنجش پیشرفت اقتصادی ایران در آینده در نظر گرفته و سیاست‌های تشویقی هدفمند برای کم‌آلاینده‌تر حمل‌ونقل کشور ارائه داد.

علاوه بر درک اهمیت معیارهای اجتماعی و اقتصادی، شناخت چگونگی تغییر زنجیره تأمین جهانی و داخلی صنعت خودرو بسیار مهم است. سازندگان خودرو داخلی باید تغییرات مربوطه را از نزدیک نظارت کنند و راهبردهای زنجیره تأمین خود را براساس آن تنظیم کنند. در این میان، مجلس و دولت می‌توانند نقش حیاتی در جمع‌آوری و ارائه دستورالعمل‌های کاربردی برای رشد برقی‌سازی حمل‌ونقل ایفا کنند. از جمله این دستورالعمل‌های احتمالی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- کمک به تسهیل و تسریع فناوری‌های جدید حمل‌ونقل، به‌عنوان یک راهبرد ملی فراگیر برنامه‌ریزی کنند تا اطمینان حاصل شود که کشور از فرصت‌ها استفاده می‌کند و خطرات و چالش‌های تغییر، مدیریت می‌شوند.
- با ایجاد هماهنگی بین ارگان‌های دولتی برای مدیریت هماهنگ و اجرای یک راهبرد ملی، هم‌افزایی لازم برای

تغییر در کل سطوح ایجاد شود. هماهنگی بخش‌های مختلف دولت برای گسترش زیرساخت‌های ملی و حمایت از اجرای فناوری‌های جدید امری ضروری است.

- دولت باید اهدافی بزرگ برای بهبود حمل‌ونقل عمومی داشته باشد. همچنین تغییر را از خود شروع کند. به‌عنوان مثال، کم‌آلاینده کردن یا برقی‌سازی را از ناوگان دولتی شروع کنند که نمونه‌ای برای ارگان‌های دیگر شود.
- قانونگذار استانداردهای آلاینده‌ی خودروها را سخت‌گیرانه‌تر معرفی کند اما به صنعت اجازه دهند در چارچوب قوانین، راه‌حل‌های متنوع اقتصادی را دنبال کنند.
- با هدایت دولت؛ صنعت یک نقشه راه منسجم از امکان طراحی و ساخت باتری‌های خودرو و سیستم، ساخت قطعات، زنجیره تأمین و سایر فناوری‌های مرتبط آینده تهیه و اجرا کنند.
- دولت و مجلس سیاستگذاری متنوعی را برای خودروهای سواری و باری با بازه زمانی مشخص اختصاص دهند.
- دولت و مجلس سیاستگذاری بخش انرژی و حمل‌ونقل را به هم نزدیک کنند تا اولویت تولید انرژی و ارتقای زیرساخت شبکه مورد نیاز برای مدیریت تقاضای فناوری‌های جدید تأمین شوند.
- با ذی‌نفعان مربوطه همکاری کنند تا استانداردها و مقررات جاده‌ای و ساختمانی جدید را به‌موقع معرفی کنند تا هیچ مصرف‌کننده‌ای در آینده، نگران شارژر وسایل نقلیه خود نباشد.

۶. جمع‌بندی و ارائه پیشنهادها سیاستی

در شرایطی که فناوری‌های صنعت خودرو و حمل‌ونقل در جهان به‌سرعت در حال تحول است، ایران نیز همچون بسیاری از کشورها، با چالش‌هایی در تغییر و بازنگری سیاست‌های صنایع خودروسازی و حمل‌ونقل خود به‌منظور تطبیق با نیازهای متناسب با واقعیت‌های جدید فناوری و تقاضای مصرف‌کنندگان مواجه است.

بررسی‌های صورت گرفته در این گزارش مستندی بر این واقعیت است که می‌توان از تجربیات کشورهای دیگر درس‌های زیادی گرفت، اما هر کشوری باید درنهایت، سیاست‌ها و راهبردهای خود را در طراحی چگونگی مواجهه با برقی‌سازی حمل‌ونقل و ورود به زنجیره ارزش خودروهای برقی، براساس اهداف کلان و شرایط منحصربه‌فرد خود شکل دهد.

مسیر ورود به عرصه برقی‌سازی حمل‌ونقل، پیش‌نیازها و الزاماتی در سطوح مختلف دارد؛ براساس شکل ۲، سطح اول تحلیل ابعاد مختلف حمل‌ونقل برقی، بررسی واقعیات و شناخت مختصات کلان‌روند برقی‌سازی حمل‌ونقل در مقیاس جهانی تحت عنوان «چرایی» است. گام دوم طراحی مسیر ورود و نقش‌آفرینی در زنجیره ارزش بین‌المللی خودروهای برقی، بررسی نظام انگیزشی کشورهای پیشرو در مسیر برقی‌سازی حمل‌ونقل و احصای راهبرد مناسب کشور در این حوزه تحت عنوان «چرایی» است و درنهایت مرحله «چگونگی» یا تعیین چارچوب کلی سیاستگذاری و طراحی جزئیات سیاستی در راستای تحقق چشم‌انداز مطلوب در این حوزه لازم است مورد توجه قرار گیرد. موضوعی که در روند فعلی برقی‌سازی در کشور ازسوی نهادهای مختلف مغفول مانده است و با گذر از دو سطح اول یعنی بدون شناخت از واقعیات و مختصات کلان‌روند برقی‌سازی حمل‌ونقل در مقیاس جهانی و نظام انگیزشی کشورهای پیشرو در این حوزه و قبل از احصای راهبرد مناسب کشور در مواجهه با این کلان‌روند، اقدام‌هایی بدون توجه به الزامات ۳۰گانه



مطرح شده در این گزارش، در دستور کار قرار گرفته است.

بخش حمل و نقل ایران با چالش‌های مهمی مانند افزایش انتشار آلاینده‌ها، ترافیک و اتکای شدید به فناوری‌های نسبتاً قدیمی با مصرف بالای سوخت‌های فسیلی مواجه است. با این حال، ایران بزرگ‌ترین تولیدکننده خودرو غرب آسیا، با پتانسیل بالای نوآوری، منابع غنی انرژی و نیروی انسانی متخصص، پتانسیل ایجاد تغییرات تحول‌آفرین در مسیر صنعت خودروسازی و یک سیستم حمل و نقل کارآمدتر را دارد. با پذیرش فناوری‌های جدید مانند برقی‌سازی و تقویت همکاری در بخش‌های مختلف، ایران می‌تواند پتانسیل رشد اقتصادی در گذار از سوخت فسیلی به برقی را به فعلیت برساند و نقش خود را در زنجیره ارزش این نوع خودروها در صنایع خودروسازی جهان بازیابی کند. فعالیت‌های تحقیقاتی و میدانی در زمینه فناوری‌های خودروسازی در ایران، نشان می‌دهد که با وجود معرفی چندین محصول اولیه از خودروهای برقی در سال‌های اخیر، پیشرفت صنعتی برای تولید انبوه این محصولات در ایران فراهم نشده است. علاوه بر کمبود مطالعات فنی، تا به امروز مطالعات اجتماعی کافی برای ارزیابی استقبال گسترده بخش‌های مختلف جمعیتی ایران از این نوع فناوری زیست‌بوم حمل و نقل و تأثیرات آن بر اقتصاد کشور ارائه نشده است. جهت بهره‌برداری از فناوری‌های جدید کم‌آلاینده، ایجاد مدل اقتصادی سالم و پایدار در اکوسیستم صنعت خودروی ایران بسیار ضروری است. ارزیابی ترکیبی از جنبه‌های راهبردی، فنی، اقتصادی و اجتماعی حمل و نقل برقی نقش مهمی در توسعه پایدار صنعت خودرو در ایران ایفا خواهد کرد.

در حال حاضر نظام اقتصادی کشور و بخش خصوصی، برنامه مشخصی برای سرمایه‌گذاری جدی در مشارکت برای فرایند برقی‌سازی ارائه نداده است؛ موضوعی که ریشه در عدم قطعیت در پیش‌بینی رشد بازار خودروهای برقی در ایران دارد. با مطالعه دقیق منابع منتشر شده و تجربیات کشورهای پیشرو در این زمینه، احتمال مواجهه ایران با ابرچالش‌های جدی در راستای ورود به زنجیره ارزش صنعتی خودروهای برقی و گسترش حمل و نقل برقی، دور از انتظار به نظر نمی‌رسد؛ بر همین اساس الزامات ورود ایران به زنجیره ارزش خودروهای برقی در جهان احصا و معرفی شده است.

الزامات ورود و نقش آفرینی ایران در زنجیره ارزش بین‌المللی خودروهای برقی

جهت حرکت در مسیر ورود و مشارکت در زنجیره ارزش بین‌المللی خودروهای برقی و گسترش حمل و نقل برقی در ایران و تبدیل چالش‌های موجود در مسیر، به فرصت‌های جدید، لازم است به تحلیل راهبردی الزامات اقتصادی-اجتماعی و صنعتی طراحی نحوه مواجهه با این کلان‌روند بین‌المللی بیشتر پرداخته شود و بدین منظور ۳۰ ملاحظه در ادامه ارائه شده است که در ۶ دسته اصلی زیر طبقه‌بندی شده است:

- الزامات طراحی راهبرد کلان،
- الزامات اجتماعی-اقتصادی،
- الزامات روابط بین‌الملل و توسعه زنجیره تأمین،
- الزامات حوزه زیرساخت، انرژی و محیط زیست،
- الزامات حوزه حمل و نقل،
- الزامات توسعه صنعتی.

این ۶ دسته از الزامات نتیجه مطالعات ابعاد مختلف کلان‌روند بین‌المللی برقی‌سازی در بخش‌هایی از بازارهای جهانی است که عوامل مختلف مؤثر بر پذیرش حمل‌ونقل برقی و پیامدهای گسترده‌تر چنین گذاری (فناوری احتراقی به برقی) را مورد تحلیل و بررسی قرار داده است. ۳۰ ملاحظه طراحی مسیر حرکت به سمت ورود به زنجیره ارزش بین‌المللی خودروهای برقی و توسعه حمل‌ونقل برقی در ایران، در ۶ بخش در جدول زیر ارائه شده است که شامل تبیین دیدگاه‌های سیاست بالادستی تا مشارکت‌های بین‌المللی، ملاحظات اقتصادی و تقدم‌های فناوری و ... می‌شود که به‌طور مختصر عوامل اساسی در سطح راهبردی و سیاستی را جهت تصمیم‌گیری و اجرای متناسب را در گلوگاه‌های مسیر سیاستگذاران تشریح می‌کند و نقش مجموعه حکمرانی کشور، رهبران صنعت و نوآوران را در این راه تصریح می‌نماید.



شکل ۱۲. دسته‌های شش‌گانه الزامات ورود ایران به زنجیره ارزش بین‌المللی خودروهای برقی

مأخذ: بررسی‌های پژوهش.

پژوهش ارائه شده در این گزارش نشان می‌دهد که ورود به زنجیره ارزش بین‌المللی خودروهای برقی و گذار به حمل‌ونقل برقی صرفاً یک تغییر فناورانه نیست، بلکه شامل تعاملات چندوجهی در بخش‌ها و سطوح مختلف کشور است و در تغییرات از جغرافیایی به جغرافیایی دیگر برحسب شرایط اقتصادی-اجتماعی می‌تواند بسیار متفاوت باشد. به‌عنوان مثال، ملاحظات راهبرد کلان شامل بحث موضوع همگرایی و واگرایی سیاست‌های کلان ملی و بین‌المللی با اولویت حمل‌ونقل پایدار است، درحالی‌که ملاحظات اجتماعی-اقتصادی شامل درک رفتار مصرف‌کننده، پویایی بازار و شرایط اقتصادی است. ملاحظات زنجیره تأمین و روابط بین‌الملل به ماهیت جهانی تولید وسایل نقلیه برقی و تحولات ژئوپلیتیکی بین پیشروان صنعت غرب و شرق و تأمین مواد حیاتی در چرخه تولید می‌پردازد. ملاحظات انرژی بر زیرساخت‌ها و منابع انرژی مورد نیاز برای حمایت از وسایل برقی تمرکز می‌کند و ملاحظات حمل‌ونقل به‌صورت کلان



به چالش‌های ادغام همگون خودروهای برقی در سیستم حمل‌ونقل موجود و توسعه راه‌حل‌های جابه‌جایی جدید در سطوح شهر و جاده‌های بین‌شهری می‌پردازد. در نهایت، موضوعیت صنایع مرتبط منعکس‌کننده تأثیرات اقتصادی گسترده بر بخش‌های مختلف، از جمله خودروسازی، تولید انرژی و صنایع خدماتی است که نیاز به همکاری بین‌بخشی و نوآوری صنایع گوناگون را برجسته می‌کند. این ۶ دسته‌بندی در مجموع با هدف پیشنهاد یک رویکرد ساختاریافته برای درک و تبدیل چالش‌های چندوجهی ورود به زنجیره ارزش بین‌المللی خودروهای برقی و گذار به وسایل نقلیه برقی به فرصت‌های جدید با در نظر گرفتن داده‌های متنوع مربوط به ایران، واقعیت‌های بازار و صنعت و وضعیت فعلی اقتصاد کشور ارائه شده است. همگرایی ذی‌نفعان مختلف برای پیشینه کردن رفاه مردم در این مسیر و کمک به نوآوران و صنعتگران برای موقعیت‌یابی بهتر و افزایش تولید با کیفیت رقابتی در صنعت خودرو گامی بسیار مؤثر خواهد بود و با برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت و بلندمدت، بخش‌های مختلف صنعت و تجارت می‌توانند نقشه‌های راه جدید و مؤثری در عصر تحولات فناوری‌های جدید تدوین کنند.

جدول ۱. الزامات ورود و نقش‌آفرینی ایران در زنجیره ارزش بین‌المللی خودروهای برقی

الزامات طراحی راهبرد کلان
- بازتعریف چشم‌انداز
- همه‌جانبه‌گرایی
- همگرایی سیاستی
- طراحی الزامات دوره گذار
- توازن راهبردهای اتخاذشده
- زمان‌بندی راهبردی
- استفاده از تجربیات کشورهای پیشرو
- توجه به تجربیات گذشته در ایران
سیاستگذاران باید با تبیین چشم‌انداز مشخص در حوزه صنعت خودرو و حمل‌ونقل، تخصیص منابع عمومی را به‌گونه‌ای تنظیم کنند که تحولات فناوری در جهت منفعت عمومی به حداکثر برسد. این امر مستلزم اجتناب از انگیزه‌های کوتاه‌مدت اجتماعی-اقتصادی متضاد است که ممکن است منافع بلندمدت بالقوه ملی را تضعیف کند. برای تدوین سیاست‌های جامع و بلندمدت که چشم‌انداز روشنی برای آینده صنعت و سیستم حمل‌ونقل ارائه می‌کند، لازم است در ابتدا چشم‌انداز مناسب با توجه به شرایط کشور بازتعریف شود. برنامه‌ریزی راهبردی در این حوزه، باید در راستای ایجاد تعادل بین شرایط و هزینه‌های توسعه این نوع از حمل‌ونقل و تغییر پارادایم صنعت خودرو، زیرساخت آن و شرایط زنجیره تأمین، کاهش هزینه‌های سلامت ناشی از آلودگی هوا، بهینه‌سازی سبک سوخت، گسترش دسترسی به حمل‌ونقل مدرن و کارا برای همه اقشار اجتماعی تعریف شود. علاوه بر آن پیش‌بینی‌ها در حوزه گسترش زنجیره ارزش این نوع از خودروها در دهه‌های آینده، توجه ویژه به انتفاع حداکثری از زنجیره ارزش خلق شده در دنیا به‌واسطه توسعه خودروهایی برقی و همچنین اولویت‌بندی راه‌حل‌های پایدار و مقرون‌به‌صرفه برای مدیریت زیرساخت و سرمایه‌گذاری در زنجیره تأمین از جمله مواردی است که لازم است در طراحی راهبرد مناسب کشور در این حوزه مدنظر قرار گیرد. همچنین برنامه‌ریزی زمان‌محور در همه سطوح سیستم حمل‌ونقل ضروری است. در مسیر احصای راهبرد مناسب کشور در مواجهه با این فناوری نوظهور، سیاست‌های کلان ملی و بین‌المللی مربوط به حوزه‌های اجتماعی، اقتصادی و صنعتی مؤلفه‌هایی هستند که اگر در هماهنگی با یکدیگر تصمیم‌گیری نشوند، ممکن است هم‌افزایی لازم برای تحقق چشم‌انداز در نظر گرفته شده صنعت خودرو و حمل‌ونقل کشور ایجاد نشود. ناهماهنگی در این سیاست‌ها - مخصوصاً در حوزه‌های تولید، توزیع، مصرف و انرژی - می‌تواند به سردرگمی در پویایی عرضه و تقاضا در بازار خودرو کشور منجر شده و مانع پذیرش این‌گونه از فناوری‌های جدید در حوزه صنعت خودرو و حمل‌ونقل از سمت مصرف‌کنندگان شود.

در کنار این موارد، با توجه به ویژگی‌های بازار و صنعت خودرو ایران، به نظر می‌رسد که خودروهای دارای سوخت فسیلی تا دهه‌های آینده با حفظ سهم عمده خود از بازار، نقش مهمی در حمل‌ونقل ایران ایفا خواهند کرد؛ با این وجود، لازم است الزامات دوره گذار در برنامه‌ریزی از سوی سیاستگذار و خودروسازان داخلی صورت گرفته و طراحی مناسب مراحل توسعه اتفاق بیفتد. در این برنامه‌ریزی لازم است در راستای امکان رقابت‌پذیری در زنجیره ارزش بین‌المللی صنعت خودرو، صرف‌نظر از نوع فناوری قوای محرکه، در طول دوره گذار جهت رفع موانع توسعه صنایع خودروسازی در ایران اصلاحاتی در مجموعه حکمرانی صنعت کشور و اقدام‌هایی در مسیر توانمندسازی صنعت خودرو کشور در میدان رقابت بین‌المللی رخ دهد.

علاوه بر موارد پیش‌گفته، در طراحی راهبرد کلان در این حوزه، ایجاد یک برنامه زمان‌بندی مشخص برای سرمایه‌گذاری و اجرا و همچنین ایجاد تعادل و اصول عادلانه بازار بین استراتژی‌های مختلف اعم از تولید کاملاً داخلی و یا تولید CBU و CKD خودروهای برقی بسیار مهم است. برنامه‌ریزی زمان‌محور در همه سطوح سیستم حمل‌ونقل ضروری است. به‌علاوه، سیاست‌ها باید رشد هماهنگ انواع مختلف حمل‌ونقل مانند مترو، راه‌آهن سبک، دوچرخه‌ها و موتورسیکلت‌ها را برای ایجاد یک اکوسیستم حمل‌ونقل پایدار و همسو با زمانه دربرگیرند.

در انتهای این بخش لازم است به این نکته اشاره شود که عواقب ناکامی سیاستگذاری‌های مقطعی و بدون در نظر گرفتن همه ابعاد در دهه هشتاد شمسی و در مسیر گسترش حمل‌ونقل گازسوز به سطح مورد نیاز همچنان باقی مانده است، موضوعی که لزوم توجه به الزامات مطرح شده در راستای طراحی برنامه‌های جامع برقی‌سازی حمل‌ونقل را ضمن عبرت گرفتن از تجربیات بین‌المللی و داخلی و تلاش‌های ناموفق گذشته پررنگ‌تر می‌کند.

الزامات اقتصادی-اجتماعی

- طراحی چرخه اقتصادی و تأمین منابع مالی

- تحول مقتضی اکوسیستم کسب‌وکار

- تقویت توان خرید مصرف‌کننده

- تضمین مشارکت بخش خصوصی

در مسیر حرکت به سمت توسعه حمل‌ونقل برقی و فناوری‌های مرتبط با آن در صنایع خودروسازی کشور توجه به الزامات اقتصادی - اجتماعی مربوطه ضروری است. در همین راستا لازم است به این موضوع اشاره شود که تکرار مدل‌های تأمین مالی و چرخه اقتصادی کشورهای اروپایی، آمریکا و چین در راستای ترویج حمل‌ونقل برقی و فناوری‌های مربوطه برای ایران ممکن است با چالش‌هایی همراه شود، زیرا شرایط زیرساخت‌ها، وضعیت صنعت خودرو، سیستم اقتصادی و نظام بانکی و بازار خودرو ایران به‌طور قابل‌توجهی با سایر کشورها متفاوت است. مسیر انتقال به حمل‌ونقل برقی مستلزم طراحی چرخه اقتصادی کارا و تخصیص بودجه نسبتاً قابل‌توجهی جهت تسریع در ایجاد شرایط صنعت و همچنین تولید و توزیع انرژی و سایر موارد ذکر شده در گزارش است.

جدای از آن با کاهش رقابت مالی سخت‌افزار در طول زمان، تغییر تدریجی از یک صنعت محصول‌محور، مانند بخش خودرو، به یک مدل کسب‌وکار دیجیتال و خدمات‌محور ضروری می‌شود. این گذار مستلزم توسعه بسترهای ارتباطی قوی، مانند مرکز ابر-داده و پردازش داده‌های عظیم است. موضوعی که تلویحاً صنعت خودرو کشور را به سمت شکل‌دهی یک اکوسیستم پررونق از شرکت‌های دانش‌بنیان کارآمد در بخش خودروسازی کشور رهنمون می‌سازد. در صنعت خودروسازی ایران، ذی‌نفعان مختلف هنوز در مراحل اولیه چنین تعاملی با شرکت‌های دانش‌بنیان هستند. سیاستگذاران باید سیاست‌های تجاری و اقتصادی را در خصوص مقررات صنعتی به‌روزرسانی و به‌نحوی که در تحقق راهبرد مدنظر کارآمد عمل کند، بازطراحی نمایند و در راستای حفظ تعادل نیازهای دو حوزه بازار و صنعت خودروسازی حرکت کنند و به‌نوعی بر مشارکت شفاف در بازارهای داخلی پویا و درعین‌حال حفاظت از صنایع حیاتی ملی تأکید کنند. همچنین توجه به این نکته ضروری است که به‌رغم حرکت به سمت گسترش وسایل نقلیه برقی در بازارهای مختلف دنیا، قدرت خرید مصرف‌کننده همچنان به‌عنوان عاملی تعیین‌کننده در کشورهای مختلف مطرح است و لازم است در طراحی چرخه پایدار اقتصادی توسعه حمل‌ونقل برقی در ایران، به این عامل به‌عنوان یکی از اساسی‌ترین پارامترها توجه شود.

در این مسیر، موضوعی که باید مدنظر قرار گیرد این است که یک استراتژی اقتصادی جدید باید سرمایه‌گذاری‌های بخش خصوصی را تضمین کرده و فعالانه آنها را در بخش‌های مختلف این چرخه، به‌ویژه در حوزه‌های مرتبط با حمل‌ونقل پاک، متصل و هوشمند براساس اقتصاد دیجیتال در حال رشد، ضمن جهت‌دهی مناسب، مشارکت دهد.

درنهایت باید به این نکته اشاره شود که در حوزه فناوری‌های حمل‌ونقل برقی، عدم شکل‌گیری چرخه پایدار اقتصادی و تأمین منابع کلیدی مورد نیاز توسعه، به‌عنوان دو عامل بی‌ثبات‌کننده مؤثر بر رشد بازار مطرح هستند و لازم است ضمن طراحی سیاستی مناسب با



در نظر گرفتن این دو عامل و سایر موارد مطرح شده به سمت توسعه این فناوری در صنعت خودرو و حمل و نقل کشور حرکت کرد.

الزامات روابط بین الملل و توسعه زنجیره تأمین

- استفاده از ابزار دیپلماسی تجاری
- تطبیق زنجیره تأمین در فرایند گذار
- اطمینان از منابع در دسترس
- افزایش بهره‌وری در زنجیره تأمین

لحاظ الزامات روابط بین الملل و توسعه زنجیره تأمین مربوطه، در مسیر حرکت به سمت توسعه حمل و نقل برقی و فناوری‌های مرتبط با آن در صنایع خودروسازی کشور ضروری است. در همین راستا باید به این نکته اشاره شود که دیپلماسی تجاری به‌عنوان ابزاری در دست مجموعه متولی توسعه این حوزه، براساس راهبرد طراحی شده در زمینه نوع و کیفیت ورود کشور به این حوزه از فناوری‌های نوین، می‌تواند با تسهیل همکاری و هماهنگی بین کشورهای مدنظر در برنامه‌ریزی صورت گرفته، تشویق سرمایه‌گذاری و تجارت و رفع موانع توسعه همکاری‌های مؤثر و راهبردی، نقشی محوری در تقویت رشد صنایع خودروسازی و زنجیره تأمین آن در زنجیره ارزش صنعت خودرو در منطقه و جهان داشته باشد.

در این مسیر بازیگران اصلی در صنعت خودروسازی ایران باید روابط راهبردی، هدفمند و مستحکمی با همتایان بین‌المللی خود برقرار کنند و از فناوری از طریق مشارکت‌های استراتژیک مانند سرمایه‌گذاری مشترک استفاده کنند. با این حال، چنین مشارکت‌هایی باید در چارچوب ملاحظات ژئوپلیتیکی با مطالعات دقت انواع فناوری کوتاه‌مدت و بلندمدت ارزیابی شوند.

کشور چین به‌طور غیرقابل‌انکاری نقشی محوری در آینده حمل و نقل برقی در سراسر جهان دارد و از همکاری جهانی برای توسعه هدفمندتر آن منفعت خواهد برد. با این حال، همکاری با این کشور، مانند هر کشور دیگری، باید براساس منافع متقابل باشد. ایران بازار جذابی برای خودروهای چینی است و عدم آمادگی صنعت ایران می‌تواند منجر به اشراف چین در هدایت بازار و صنعت خودرو ایران به سمت منافع خود بدون لحاظ منفعت ایران از این روابط شود؛ موضوعی که در بخشی از صنایع مونتاژ خودرو در ایران مشاهده می‌شود. این شرایط، لزوم توجه به کیفیت مشارکت با کشورهای مختلف از جمله چین در این حوزه را برای سیاستگذار صنعتی در ایران، پررنگ می‌سازد.

همچنین مدیریت دوره گذار برای زنجیره تأمین داخلی، همسو کردن تولید قطعات با استقرار شرایط جدید زیرساخت تولید، فرایندهای تولید و رویکرد بازار با سیاست‌های جدید و مقررات در حال تحول بسیار مهم است. اتحادهای صنعتی کلان و تأمین‌کنندگان جایگزین برای کاهش ریسک مربوط به هزینه‌ها و اختلالات احتمالی باید در نظر گرفته شود. علاوه بر آن فناوری‌های پیشرفته‌ای مانند روباتیک، هوش مصنوعی، شارژ پرقدرت، و سیستم‌های ارتباطی می‌تواند برای افزایش کارایی و تضمین آینده زنجیره تأمین داخلی نقش نسبتاً مؤثری بازی کند.

الزامات زیرساخت، انرژی و محیط زیست

- تناسب منابع انرژی و سطح برقی‌سازی حمل و نقل
- نحوه مواجهه با روند توسعه انرژی تجدیدپذیر در تقابل با انرژی‌های فسیلی
- لحاظ اثرات سیاست‌های کربن‌زدایی
- توجه به سایر پارادایم‌های انرژی
- طراحی چرخه تأمین باتری و فرایند بازیافت
- برنامه‌ریزی توسعه مؤثر زیرساخت شارژ و توجه به شرایط جغرافیایی، آب‌وهوایی و ترافیکی شهرها

در مسیر حرکت به سمت توسعه حمل و نقل برقی و فناوری‌های مرتبط با آن در صنایع خودروسازی کشور توجه به الزامات حوزه زیرساخت، انرژی و محیط زیست ضروری است. مسئله خودروهای برقی به همان اندازه که با صنعت خودروسازی و زنجیره ارزش آن در ارتباط است، با بخش انرژی نیز درهم‌تنیده و مرتبط است و حرکت به سمت توسعه حمل و نقل برقی نشان‌دهنده یک تحول اساسی با پیامدهای طولانی‌مدت برای بخش انرژی می‌باشد لذا لازم است این مقوله در خصوص راهبرد کلان کشور در حوزه انرژی سنجیده و در نقشه بلندمدت راهبردی انرژی کشور جانمایی شود؛ روند برقی‌سازی حمل و نقل بخشی از برنامه بین‌المللی کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی در جهان است و باید در لایه راهبردی تعیین تکلیف مناسب در نحوه مواجهه کشور با این مقوله بررسی و تعیین تکلیف شود. خودروهای برقی یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان و ذخیره‌کنندگان انرژی تجدیدپذیر در آینده خواهند بود و همان‌گونه که گفته شد می‌بایست نحوه مواجهه با انرژی تجدیدپذیر مشخص شود.

بسیاری از کارشناسان کاهش تدریجی تقاضای نفت پس از سال ۲۰۴۰ را به دلیل گسترش خودروهای برقی تحت تأثیر اجرای سیاست‌های ملی و بین‌المللی پیش‌بینی می‌کنند. میزان کاهش تقاضای جهانی نفت برای حمل‌ونقل در مناطق مختلف متفاوت خواهد بود و آمریکای شمالی و اروپا بیشترین کاهش را تجربه می‌کنند، البته نه قبل از سال ۲۰۵۰. ایران باید سیاست‌های مربوطه به انرژی را با رصد دقیقی جهانی تنظیم کند تا حداکثر استفاده بهینه از درآمد نفتی و رشد فناوری‌های پاک را توأمان داشته باشد [۱۳].

جدای از این موضوع، تناسب منابع انرژی و سطح برقی‌سازی حمل‌ونقل و پیش‌بینی مناسب بودن محصولات در چرخه عرضه و تقاضا با تخمین انرژی مورد نیاز حائز اهمیت است. بخش‌های تولید و توزیع انرژی باید قابلیت انطباق با نیازهای مصرف‌کننده را در طول زمان و فصول مختلف داشته باشند.

جدای از موارد ذکر شده، مورد دیگری که باید مورد توجه قرار گیرد بحث سایر پارادایم‌های انرژی در این حوزه است. تجزیه و تحلیل‌های بین‌المللی نشان می‌دهد که در حال حاضر هیچ انتخاب قطعی بین فناوری‌های هیدروژنی و برقی (هیبرید، پلاگین و تمام برقی) حتی در کشورهای توسعه‌یافته در دهه فعلی وجود ندارد و تعیین اینکه کدام فناوری در آینده اقتصاد و صنایع نقش جدی‌تری خواهد داشت، صورت نگرفته است. همچنین مدل‌های مختلف شارژرهای خصوصی و عمومی خودروهای برقی (جوانب مختلف از جمله نصب و کارایی و اثربخشی) می‌بایست سنجیده شود تا مصرف و توزیع انرژی در ساعات مختلف، به صورت بهینه طراحی شود. ارزیابی عملکرد شارژرهای خودروهای برقی شامل بررسی شاخص‌ها و عوامل متعددی از جمله در دسترس بودن، میزان استفاده، سرعت شارژ، پنجره‌های عملیاتی و عوامل محدودکننده است. همچنین لازم است یک نقشه راه عملیاتی در حوزه زیست‌بوم تولید و بازیافت باتری از طریق مشارکت‌ها و همکاری‌های بخش‌های مختلف صنایع تهیه شده و از تکمیل چرخه تأمین و فرایند بازیافت باتری مورد نیاز این خودروها به نحو پایدار اطمینان حاصل شود.

همچنین مصرف انرژی خودروهای برقی در شهرهایی که دارای توپوگرافی غیرمسطح بوده و تغییرات دمای هوا در فصول سرد و گرم در آنها بالا است، بسیار افزایش می‌یابد. بنابراین توسعه خودروهای برقی بدون توجه به شرایط جغرافیایی، آب‌وهوایی و حتی ترافیکی هریک از شهرهای کشور توصیه نمی‌شود و می‌تواند کارآمدی این وسایل نقلیه را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد.

الزامات حوزه حمل‌ونقل

- نوسازی ناوگان فرسوده حمل‌ونقل

- لزوم گسترش ناوگان حمل‌ونقل عمومی

- توجه به روش‌های جایگزین بهبود وضعیت

توجه به الزامات حوزه حمل‌ونقل، در مسیر حرکت به سمت توسعه حمل‌ونقل برقی و فناوری‌های مرتبط با آن در صنایع خودروسازی کشور ضروری است. میانگین سنی خودروهای سبک و سنگین در چرخه حمل‌ونقل عمومی کشور به‌طور قابل توجهی بالا است و در نتیجه هزینه سوخت و آلودگی زیست‌محیطی و هزینه‌های اقتصادی و اجتماعی قابل توجه دیگری به همراه دارد. سیاست‌های کلان حمل‌ونقل نباید صرفاً جایگزینی خودروهای برقی با جای خودروهای سوخت فسیلی در چرخه حمل‌ونقل باشد در برخی موارد اجرای سرمایه‌گذاری جدید برای جایگزینی وسایل نقلیه قدیمی با جایگزین‌های پاک‌تر و کم‌مصرف‌تر در همان پارادایم انرژی می‌تواند راه‌حلی مقرون‌به‌صرفه برای کشور باشد که به سرعت حمل‌ونقل و محیط زیست را بهبود می‌بخشد.

همچنین در راستای بهبود وضعیت حمل‌ونقل عمومی در کشور، گسترش حمل‌ونقل عمومی از جمله مترو، اتوبوس درون شهری، از جمله راه‌حل‌های اصلی برای کاهش انتشار سوخت‌های فسیلی در شهرها است. حمل‌ونقل عمومی پاک - و سرمایه‌گذاری در توسعه اتوبوس‌های برقی به‌عنوان اولین قدم به سوی حمل‌ونقل شهری پاک - در درازمدت می‌تواند یکی از بهترین روش‌های حمل‌ونقل عمومی باشد، اما هزینه بالای فعلی اتوبوس‌های برقی مانع قابل توجهی برای تولید انبوه در صنعت و استفاده گسترده در بخش حمل‌ونقل است. علاوه بر این، زیرساخت‌های مورد نیاز برای پشتیبانی از ناوگان اتوبوس‌های برقی به‌طور قابل توجهی با موارد خودروهای شخصی متفاوت است و بدون برنامه‌ریزی دقیق، ساخت زیرساخت شارژ و پیمایش اتوبوس‌های برقی می‌تواند بیشتر از یک راه‌حل پایدار به یک چالش تبدیل شود. بر همین اساس و با در نظر گرفتن وضعیت فعلی حمل‌ونقل عمومی در کلان‌شهرهای بزرگ ایران و در راستای طراحی مناسب دوره گذار، می‌توان به سایر روش‌های جایگزین با هزینه‌های کمتر و بازدهی کوتاه‌مدت توجه نمود. موضوعی که به تفصیل در گزارش «تجربیات جهانی در برقی‌سازی ناوگان اتوبوسرانی شهری و توصیه‌های سیاستی برای ایران» مرکز پژوهش‌های مجلس، مورد بررسی قرار گرفته است.

الزامات توسعه صنعتی

- تحکیم جایگاه فعلی و توسعه صنعت خودرو

- تدوین و اجرای سیاست صنعتی کارآمد



- تدوین استانداردهای لازم در راستای رقابت‌پذیری بین‌المللی

- تقویت و بهبود شرایط نیروی انسانی

- ایجاد و گسترش شبکه پشتیبانی و خدمات پس از فروش

در مسیر حرکت به سمت توسعه حمل‌ونقل برقی و فناوری‌های مرتبط با آن در صنایع خودروسازی کشور توجه به الزامات توسعه صنعتی ضروری است. بر همین اساس لازم است به این نکته اشاره شود که راهبرد صنعتی بلندمدت مشخصی در صنعت خودرو که مورد مفاهمه تصمیم‌گیران و سیاستگذاران بخش خودرو در کشور باشد، طراحی و اتخاذ نشده است و هنوز تصمیمات اساسی در خصوص مدل توسعه این صنعت گرفته نشده است. از همین روست که طی سه دهه گذشته دائماً این صنعت شاهد نوسان مداوم در حرکت میان توسعه برند داخلی و مونتاژ خودروهای بین‌المللی و از طرفی، در مقاطعی حرکت به سمت توسعه خودروهای گازسوز و دیزل بوده است و سیاستگذاران نتوانسته‌اند که یک مسیر مشخص را هدف‌گذاری و خودروسازان را به آن هدایت کنند. با وجود نوسان‌های متعدد در مسیر توسعه صنعت خودرو، به نظر می‌رسد مزیت این صنعت در ایران، در تولید خودروهای اقتصادی - مخصوصاً با هدف عرضه در بازارهایی با ساختار تقاضای شبیه به بازار خودرو ایران - شناسایی می‌شود؛ نقشی که باید در سیاست‌گذاری‌ها، در راستای تثبیت و تقویت آن قدم برداشت. بر همین اساس باید اشاره شود که فعالان اقتصادی و شرکت‌ها براساس آنچه در بازار رخ می‌دهد تصمیم می‌گیرند که برای حداکثر کردن سود خود چه فعالیت‌هایی را پیگیری کنند، در این میان دولت با ابزارهای زیادی که در اختیار دارد باید انگیزه و تصمیم شرکت‌ها را تحت تأثیر قرار داده و سود بنگاه را هم‌راستا با سود و منافع ملی نماید. بنابراین سیاست‌های صنعتی اتخاذ شده از سوی دولت نقش محوری در جهت‌دهی به فعالیت‌ها دارد.

صنعت خودرو ایران می‌بایست جهت بهبود رقابت‌پذیری منطقه‌ای و بین‌المللی حرکت کند؛ ایران به‌عنوان بزرگ‌ترین قطب خودروسازی و تولیدکننده خودروهای اقتصادی رقابت‌پذیر در غرب آسیا باید جایگاه خود را تحکیم کند و اهداف متمایز خود را تعیین کند و با تدوین و اجرای سیاست‌های صنعتی مؤثر و کارآمد در مسیر تحقق آنها گام بردارد.

البته ضمن تثبیت و تقویت مزیت ذکر شده، به‌منظور ارتقای سهم صنعت خودرو ایران از زنجیره ارزش رو به گسترش خودروهای برقی در صنایع خودروسازی جهان، لازم است در سیاست‌گذاری‌ها جهت حمایت هدفمند از این صنعت چه در راستای تثبیت و تقویت مزیت فعلی خود و چه در راستای نقش‌آفرینی در زنجیره ارزش خودروهای برقی اقداماتی را صورت داد. این سیاست‌ها باید به‌صورت واقع‌گرایانه و با لحاظ شرایط مربوط به روابط بین‌الملل، دسترسی به فناوری، بازارهای خارجی، توان اقتصادی و مالی، مقیاس تولید در کشور و رقابت‌پذیری منطقه‌ای و بین‌المللی در بلندمدت تدوین و اجرایی گردد.

جدای از این موارد، برای دسترسی به فناوری‌های جدید و بازارهای خارجی، رعایت دقیق استانداردها و مقررات بین‌المللی بسیار ضروری است. در راستای تحقق اهداف ذکر شده در راستای رقابت‌پذیری منطقه‌ای و بین‌المللی تدوین استانداردهای متناسب بازارهای هدف خارجی و رقابت با بازیگران مطرح این صنعت چه در مورد خودروهای اقتصادی و چه در مورد خودروهای برقی مهم‌تر از قبل به‌نظر می‌رسد. همچنین برای تقویت نیروی انسانی نوآور، ایران باید قابلیت‌های منحصربه‌فرد خود را در صنعت خودروسازی مورد توجه ویژه قرار دهد تا بتواند کیفیت نیروی انسانی شاغل در این صنعت را بهبود داده و امکان شکل‌گیری تحولات فناورانه را فراهم آورد. علاوه بر آن گسترش وسایل نقلیه برقی بدون پشتیبانی کافی برای خدمات پس از فروش و خدمات مربوط به تعمیر و نگهداری می‌تواند چالش مهمی برای حمل‌ونقل کشور باشد. موفقیت فروش خودرو در بازارهای جهانی با سه پارامتر کلیدی مرتبط است: خدمات پس از فروش، شهرت برند و کیفیت محصول؛ غفلت از این جنبه اساسی و پرهزینه در مورد خودروهای برقی، ممکن است چالش مهمی برای برقی‌سازی حمل‌ونقل در کشور ایجاد کند.

مأخذ: بررسی‌های پژوهش.

۷. پیوست: قوانین مربوط به خودرو برقی

مواد (۳) و (۴) - قانون ساماندهی صنعت خودرو مصوب ۱۴۰۰/۸/۲۶ مجلس شورای اسلامی

ماده (۳) - وزارت صنعت، معدن و تجارت مکلف است با همکاری وزارتخانه‌های ارتباطات و فناوری اطلاعات، نیرو و راه و شهرسازی و معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری نسبت به تدوین سند راهبردی فناوری‌های نوین در صنعت خودروسازی از جمله خودروهای تمام برقی، ترکیبی (هیبریدی) - انواعی که قابلیت پر شدن مخزن انرژی (شارژ) از طریق

اتصال به منبع‌های خارجی را نیز دارند) و خودران و نیز امکان استفاده از سوخت‌های غیرسنگواره‌ای (غیرفسیلی) دیگر حداکثر ظرف مدت یک سال پس از لازم‌الاجرا شدن این قانون اقدام کند.

تبصره- دولت مجاز است ضمن ترویج روش‌های کاهش و بهینه‌سازی مصرف سوخت، نسبت به وضع عوارض پلکانی بر دارندگان خودروهای پرمصرف (نسبت به حجم سیلندر) و یا تولید خودروهای با مصرف بالاتر از حد مجاز به تشخیص سازمان ملی استاندارد اقدام نماید و درآمد حاصل را پس از واریز به حساب خزانه‌داری کل کشور و درج در بودجه‌های سنواتی به یارانه تسهیلات بانکی جهت گسترش حمل‌ونقل عمومی موضوع احکام مندرج در ماده (۴) این قانون اختصاص دهد. آیین‌نامه اجرایی این تبصره حداکثر ظرف مدت سه ماه پس از لازم‌الاجرا شدن این قانون توسط وزارت صنعت، معدن و تجارت تهیه می‌شود و به تصویب هیئت‌وزیران می‌رسد.

ماده (۴)- واردات خودرو برابر آیین‌نامه‌ای که توسط وزارت صنعت، معدن و تجارت با رعایت شرایط زیر پیشنهاد می‌شود و به تصویب هیئت‌وزیران می‌رسد، مجاز است:

۱. تعیین مشخصات فنی خودرو با اولویت واردات خودروهای برقی، ترکیبی، کم‌مصرف، ایمن و مورد استفاده عامه
 ۲. تأمین خدمات پس از فروش و انتقال فناوری
 ۳. تعیین صلاحیت‌های فنی و حرفه‌ای واردکنندگان و برخورداری از نمایندگی رسمی خودروساز خارجی
 ۴. تعیین سقف واردات خودرو با ملاحظه تنظیم بازار، حمایت از تولید با کیفیت داخلی و رعایت منابع ارزی کشور با اولویت مصرف ارز برای کالاهای اساسی و ضروری
- تبصره «۱»-** واردات موارد ضروری غیرتجاری که مصادیق آن توسط هیئت‌وزیران تعیین می‌شود، مشمول این ماده نمی‌باشد.
- تبصره «۲»-** حکم این ماده برای مدت پنج سال از تاریخ ابلاغ اعتبار دارد.

ماده (۹) - قانون هوای پاک مصوب ۱۳۹۶/۴/۲۵

ماده (۹) - وزارت کشور موظف است با همکاری وزارتخانه‌های صنعت، معدن و تجارت و امور اقتصادی و دارایی (گمرک جمهوری اسلامی ایران)، زمینه نوسازی ناوگان حمل‌ونقل عمومی شهری با اولویت شهرهای بالای دویست هزار نفر جمعیت را ظرف مدت پنج سال از محل منابع درآمدی ماده (۶) این قانون از طریق کمک بلاعوض، یارانه، تسهیلات یا صفر نمودن سود بازرگانی واردات خودروهای برقی - بنزینی (هیبریدی) و خودروهای الکتریکی و موتورسیکلت برقی، به انجام برساند.

تبصره - خودروهای برقی - بنزینی، موتورسیکلت و خودروهای الکتریکی تولید داخل از پرداخت مالیات بر ارزش افزوده معاف می‌باشند.

ماده (۱۲) - بند «ب» - قانون رفع موانع تولید رقابت‌پذیر و ارتقای نظام مالی کشور مصوب ۱۳۹۴/۲/۱



ماده (۱۲) - به کلیه وزارتخانه‌ها به‌ویژه نفت و نیرو و شرکت‌های تابعه و وابسته به آنها و سازمان‌ها و مؤسسات دولتی و کلیه دارندگان عنوان و ردیف در قوانین بودجه کل کشور اجازه داده می‌شود سالانه تا سقف یکصد میلیارد (۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰) دلار به صورت ارزی و پانصد هزار میلیارد (۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰) ریال به صورت ریالی که هر ساله تا سقف نرخ تورم سال قبل تعدیل می‌گردد، در موارد مربوط به بندهای ذیل این ماده که سرمایه‌گذاری یا اقدام اشخاص حقیقی یا حقوقی خارجی یا داخلی با اولویت بخش‌های خصوصی یا تعاونی به تولید، صادرات، ارتقای کیفیت، صرفه‌جویی یا کاهش هزینه در تولید کالا یا خدمت و زمان و بهبود کیفیت محیط زیست و یا کاهش تلفات جانی و مالی می‌انجامد برای نفت و گاز و میعانات گازی و فراورده‌های نفتی و کالاها و خدمات قابل صادرات یا واردات به قیمت‌های صادراتی یا وارداتی به نرخ روز ارز بازار آزاد یا معادل ریالی آن با احتساب حقوق دولتی و عوارض قانونی و سایر هزینه‌های متعلقه و برای سایر موارد با قیمت‌های غیریارانه‌ای با احتساب حقوق دولتی و عوارض قانونی و سایر هزینه‌های متعلقه قرارداد منعقد کنند.

دولت مکلف است:

۱. کالا یا خدمت تولید شده یا صرفه‌جویی شده و منافع یا ارزش حاصله را حسب مورد و از محل درآمد، صرفه‌جویی، منافع یا ارزش حاصله خریداری کند.
۲. اصل و سود سرمایه‌گذاری و حقوق دولتی و عوارض قانونی و سایر هزینه‌های متعلقه یا منافع اقدام موضوع این ماده را به آنان پرداخت نماید.

در صورت تأمین تمام یا بخشی از منابع مورد نیاز اجزای (۱) و (۲) از بودجه کل کشور، ضمن مبادله موافقت‌نامه با سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور از طریق خزانه‌داری کل کشور اقدام می‌شود.

اشخاص فوق می‌توانند طبق قرارداد یا مجوز صادره نسبت به فروش کالا یا خدمت تولید شده یا صرفه‌جویی شده و منافع یا ارزش حاصله از سرمایه‌گذاری یا اقدام در داخل یا خارج کشور و یا بهره‌برداری و استفاده از آنها اقدام نمایند. ب) طرح‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش‌های مختلف از جمله صنعت با اولویت صنایع انرژی‌بر و حمل‌ونقل عمومی و ریلی درون و برون‌شهری و ساختمان، توسعه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، گسترش استفاده از گاز طبیعی فشرده یا مایع یا گاز مایع شده با اولویت شهرهای بزرگ و مسیر راه‌های اصلی بین‌شهری، تولید و یا جایگزین کردن خودروهای کم‌مصرف و یا برقی با خودروهای پرمصرف و فرسوده و کاهش هزینه‌های حمل‌بار و مسافر و کاهش دموارژ (خسارت تأخیر) کشتی‌ها و طرح‌های حمل‌ونقل ریلی، جاده‌ای، دریایی، هوایی اعم از زیرساخت‌ها و وسایل حمل‌ونقل، طرح‌هایی که به کاهش گازهای گلخانه‌ای منجر می‌شود، ماشین‌آلات و واحدهای تولیدی بخش کشاورزی.

مواد (۱) و (۲) - قانون توسعه حمل‌ونقل عمومی و مدیریت مصرف سوخت مصوب ۱۳۸۶/۹/۱۸

ماده (۱) - دولت مکلف است در جهت توسعه حمل‌ونقل درون‌شهری و برون‌شهری کشور و مدیریت مصرف سوخت نسبت به بهینه‌سازی عرضه خدمات حمل‌ونقل (از طریق اصلاح و توسعه شبکه حمل‌ونقل ریلی، برقی کردن خطوط و اجرای علائم و تأسیسات و ارتباطات، افزایش سرعت در شبکه ریلی، یکپارچه‌سازی و ساماندهی مدیریت حمل‌ونقل، اصلاح قیمت‌ها، ایمن‌سازی و بهبود تردد، بهسازی و از رده خارج نمودن خودروهای فرسوده سبک و سنگین مسافری و باری درون و برون‌شهری، تبدیل خودروهای بنزین‌سوز و گازوئیل‌سوز به دوگانه‌سوز، الزام معاینه فنی، توسعه ناوگان

حمل‌ونقل همگانی ون و مینی‌بوس و مدی‌بوس و اتوبوس، استفاده از سامانه هوشمند حمل‌ونقل، ساخت و توسعه شبکه آزادراه‌ها و بزرگراه‌های بین‌شهری، حمل ترکیبی کالا از مبدأ تا مقصد نهایی با شبکه ریلی و شبکه مکمل جاده‌ای، الزام به داشتن توقفگاه در انواع کاربری‌ها، احداث توقفگاه‌های عمومی، ساماندهی و ایجاد توقفگاه‌ها و پایانه‌های بار و مسافر شهری و برون‌شهری اعم از ریلی و جاده‌ای در نقاط مناسب از شهرها و حومه آن، افزایش امنیت و قابلیت اطمینان و دسترسی)، بهینه‌سازی تقاضای حمل‌ونقل (از طریق اصلاح فرایندهای اداری، کاربرد فناوری اطلاعات و ارتباطات، اصلاح کاربری زمین و آمایش سرزمین، اعمال محدودیت‌های ترافیکی، آموزش و فرهنگ‌سازی)، بهینه‌سازی مصرف انرژی (از طریق عرضه بنزین و گازوئیل در بخش حمل‌ونقل با استفاده از کارت هوشمند سوخت، احداث جایگاه‌های عرضه گاز، حمایت از ابداعات و اختراعات مؤثر در کاهش مصرف سوخت)، بهینه‌سازی تولید خودرو [از طریق تولید خودروهای گازسوز، تأمین تجهیزات استفاده از گاز توسط خودروها، حمایت از تولید خودروهای برقی، دو نیرویی (هیبریدی) و کم‌مصرف، استانداردسازی تولید خودروی سبک و سنگین و موتورسیکلت در مصرف سوخت و کاهش آلایندگی] و خروج بنزین و گازوئیل از سبد حمایتی، حداکثر از ابتدای سال ۱۳۹۱ هجری شمسی اقدام نماید.

تبصره- دولت مجاز است به‌منظور ترغیب مصرف‌کنندگان به استفاده از کارت هوشمند سوخت مختص هر خودرو از سیاست‌های انگیزشی در چارچوب قوانین و مقررات استفاده کند.

ماده (۲)- به دولت اجازه داده می‌شود برای اجرا احکام ماده (۱) این قانون اقدامات زیر را به‌عمل آورد:

۱. اعطاء کمک‌های بلاعوض یارانه‌ای به بخش‌های غیردولتی مرتبط با اهداف این قانون؛
۲. تخفیف در حقوق ورودی و سود بازرگانی واردات ناوگان حمل‌ونقل همگانی، خودروهای کم‌مصرف، خودروهای گازسوز، نفت‌گاز، برقی و دونیرویی (هیبریدی) و قطعات و تجهیزات مربوطه.

منابع و مأخذ

- [1] IEA, Advancing Clean Technology Manufacturing-An Energy Technology Perspectives Special Report, 2024.
- [2] Bloomberg Electric Vehicle Outlook," 2023. [Online]. <https://www.bloomberg.com/>.
- [3] World Bank, <https://data.worldbank.org/indicator>.
- [4] [www. Forbes.com](http://www.Forbes.com).
- [5] 'Fueling Europe's Future.' [Online]. Available: <https://www.camecon.com/what/our-work/fuelling-europes-future/>.
- [6] www.ec.europa.eu.
- [7] Energy Prices and Electric Vehicle Adoption, <https://www.nber.org/papers/w29842>.
- [8] PWC & Strategy, <https://www.strategyand.pwc.com/>.
- [9] ICCT, <https://theicct.org/>.
- [10] BCG, <https://www.bcg.com>.
- [11] Statista, <https://www.statista.com/>.
- [12] IHS Markit, <https://www.spglobal.com/>.
- [13] Deloitte, 'The Future of Automotive Mobility to 2035', 2023.
- [14] McKinsey, <https://www.mckinsey.com>.
- [15] The European Automobile Manufacturers' Association (ACEA) Economic and Market Report State of the EU.
- [16] Briceno-Garmendia, Cecilia; Qiao, Wenxin; Foster, Vivien. 2023. The Economics of Electric



- Vehicles for Passenger Transportation. Sustainable Infrastructure Series. World Bank.
- [17] Arthur. D. Little, 'Global Electric Mobility Readiness Index — GEMRI X 2022', https://www.adlittle.com/sites/default/files/reports/ADL_Global_EM_readiness_index_2022.pdf.
- [18] JATO Dynamics, <https://www.jato.com/>.
- [19] KPMG, <https://kpmg.com/xx/en/home.html>, 2023.
- [20] MIT Technology review, <https://www.technologyreview.com/>.
- [21] European Alternative Fuels Observatory, 'Statistics on Infrastructure and Fleet Data for Road Vehicles: EU27 Vehicle and Fleet', October 2022.
- [22] <https://www.capgemini.com/>, 2023.
- [23] The Inflation Reduction Act, <https://www.circular.com/inflation-reduction-act-detail>.
- [24] The Net-Zero Industry Act, https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/sustainability/net-zero-industry-act_en.
- [25] 'IEA Electric Vehicles.' <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024>.
- [26] B. Russo, Automobility Ltd, Selling to China: Stories of Success, Failure, and Constant Change, edited by K. Gibbes, 2023.
- [27] DNV, 'Transport in Transition', 2023.
- [28] A. Jenn, and X. Li, Emissions and Health Impact of Electric Vehicle Adoption on Disadvantaged Communities, 2023.
- [29] <https://www.apcuk.co.uk/>.
- [30] Berylls Strategy Advisors GmbH, Remanufacturing: a new Imperative in Times of Circularity and E-mobility, 2023.
- [31] Accenture Strategy and World Economic Forum, 'Raising Ambitions: A new Roadmap for the Automotive Circular Economy', 2020.
- [32] CAM, The Center of Automotive Management (CAM), <https://auto-institut.de/en/>.
- [33] RolandBerger, www.RolandBerger.com, 2023.
- [34] 'V2GB - Vehicle to Grid Britain Requirements for Market Scale-up,' 2019. Harvard Business Review, <https://hbr.org/2022/10/leveraging-new-tech-to-boost-supply-chain-resilience>.
- [35] Cox Automotive, www.coxauto.co.uk.
- [۳۶] علی میرزایی سیسان 'اقتصاد حمل‌ونقل برقی-تحلیلی بر تحولات جهانی و توانایی ایران.' ۱۴۰۲.
- [37] Deloitte, <https://www2.deloitte.com>.
- [38] IEA, Grid Integration of Electric Vehicles, A manual for policy makers, 2022.
- [39] [Resilient Supply Chains in the Battery Industry, on Behalf of the German Federal Ministry for Economic.
- [40] IEA, Global EV Policy Explorer, 2021.
- [41] 'Electric Cars: Calculating the Total Cost of Ownership for Consumers,' 2021. Final report for BEUC (The European Consumer Organisation) by Element Energy.
- [42] ICCT, Vision to 2050, Strategies to Align Global Road Transport with well Below 2°C, 2023.
- [43] A. Hassani and A. Maleki, 'Projection of Passenger cars' Fuel Demand and Greenhouse Gas Emissions in Iran by 2050," Energy Convers. Manag. X, vol. 12, p. 100126, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2021.100126>.'
- [44] <https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect>.
- [45] E. Allahmoradi, S. Mirzamohammadi, A. Bonyadi Naeini, A. Maleki, S. Mobayen, and P. Skruch, 'Policy Instruments for the Improvement of Customers' Willingness to Purchase Electric Vehicles: A Case Study in Iran, " Energies, Vol. 15, p. 4269, 2022, doi: htt.'
- [46] RMI report, X-Change: Batteries The Battery Domino Effect, 2023.
- [47] Dalroad, 'Automotive megatrends: Advanced manufacturing, circularity, digitalisation and globalisation', 2023.
- [48] PWC, Five Trends Transforming the Automotive Industry. <https://www.pwc.com/>.
- [49] '53 Years of Electricity Industry in Iran in the Mirror of Statistics,' 2018. [Online]. Available: <https://amar.tavanir.org.ir>.
- [50] 'Energy Annual Report in Iran,' 2020. [Online]. Available: <https://isn.moe.gov.ir/>.
- [51] E. Shafiei, Y. Saboohi, and M. B. Ghofrani, "Impact of Innovation Programs on Development of Energy System: Case of Iranian Electricity-supply System, " Energy Policy, Vol. 37, No. 6, pp. 2221–2230, 2009, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.02.013>.

- [52] Z. Zarepour and N. Wagner, "Cash Instead of Subsidy: Assessing the Impact of the Iranian Energy Subsidy Reform on Households, " *Energy Policy*, Vol. 168, p. 113145, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113145>.
- [53] ZEV transition Council, "Accelerating ZEV Adoption in Fleets to Decarbonize Road Transportation", 2023.
- [54] V. Aryanpur, M. S. Atabaki, M. Marzband, P. Siano, and K. Ghayoumi, "An Overview of Energy Planning in Iran and Transition Pathways Towards Sustainable Electricity Supply Sector, " *Renew. Sustain. Energy Rev.*, Vol. 112, pp. 58–74, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.05.047>.
- [55] BCG, The High-stakes Race to Build Affordable b-segment Evs in Europe, <https://www.bcg.com/>
- [56] "Statistics of Iran Vehicles." <https://www.statista.com/outlook/mmo/passenger-cars/iran>
- [57] Energystartups, <https://www.energystartups.org/top/electric-cars/>.

گزیده سیاستی

نقش آفرینی در زنجیره ارزش بین‌المللی خودروهای برقی نیازمند طراحی جامع و برنامه‌ریزی گسترده در سطوح مختلف است که متناسب با نیازهای هر کشوری می‌تواند متفاوت باشد.



مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی

تهران، خیابان پاسداران، روبروی پارک نیاوران (ضلع جنوبی، پلاک ۸۰۲)

تلفن: ۷۵۱۸۳۰۰۰ صندوق پستی: ۱۵۸۷۵-۵۸۵۵ پست الکترونیک: mrc@majles.ir

وبسایت: rc.majles.ir