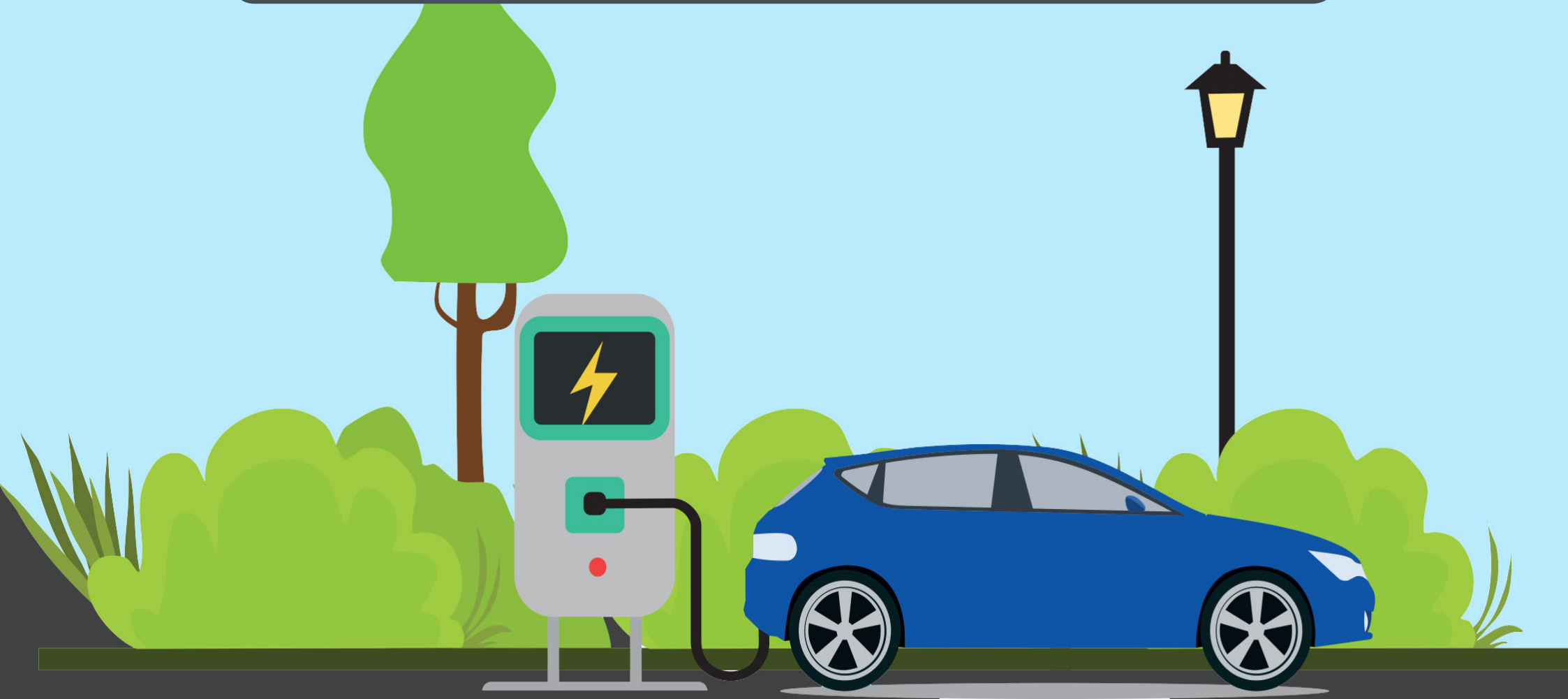




مؤسسه مطالعات پژوهش های بازرگانی

# اقتصاد خودروهای برقی

گزارش نخست: حمل و نقل برقی، بایدها و سیاستها

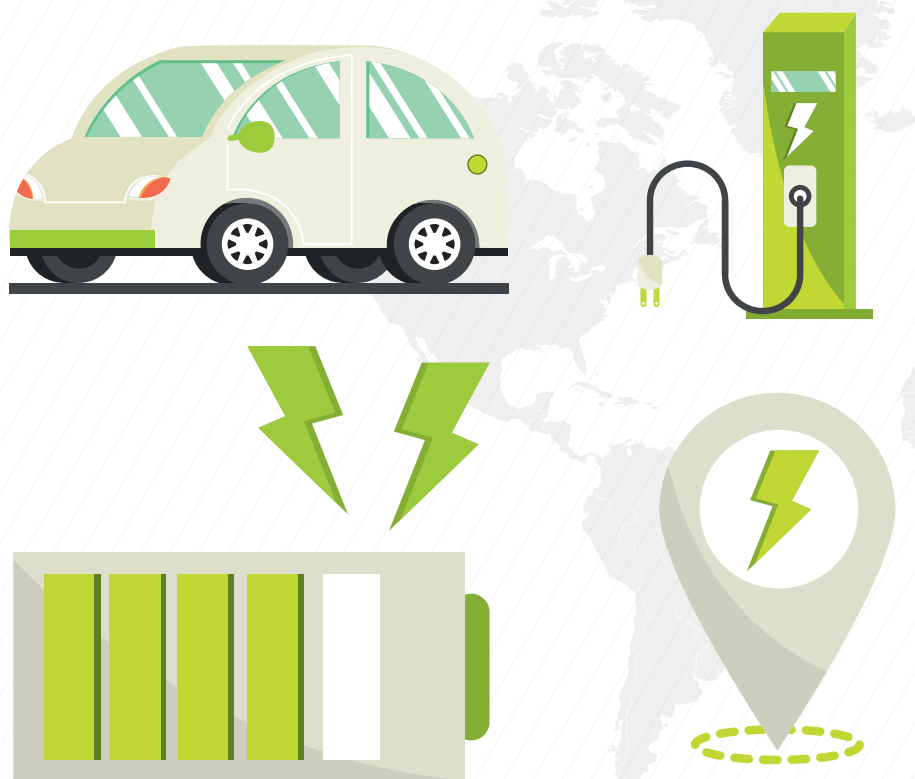




## مقدمه



- **خودروهای برقی**، به واسطه ملاحظات کربن زدایی و کاهش مصرف سوخت های فسیلی، توجه فزاینده ای را در چندین بازار بزرگ دنیا به خود جلب کرده، به طوری که هم اکنون اروپا، چین و ایالات متحده بیش از ۹۰ درصد ناوگان خودروهای برقی جهان را تشکیل می دهند.
- هرچند **گسترش بازار** این خودروها عمدتاً در **کشورهای توسعه یافته** و با درآمد متوسط بالا روی داده، و تا به امروز، خودروهای برقی برای مسافران در کشورهای با درآمد پایین و متوسط (LMICs) پدیده نادری قلمداد می شده، اما اکنون به امری مرتبط و بایسته تبدیل شده است. لذا اهداف سیاستی برای توسعه خودروهای برقی نظیر جایگزینی ۳۰ درصد از خودروهای سواری جدید به خودروی برقی تا سال ۲۰۳۰، (راهبرد ۳۰×۳۰) برای بسیاری از کشورهای با درآمد متوسط و پایین تحت طیف وسیعی از سناریوهای ممکن به صرافه خواهد بود.

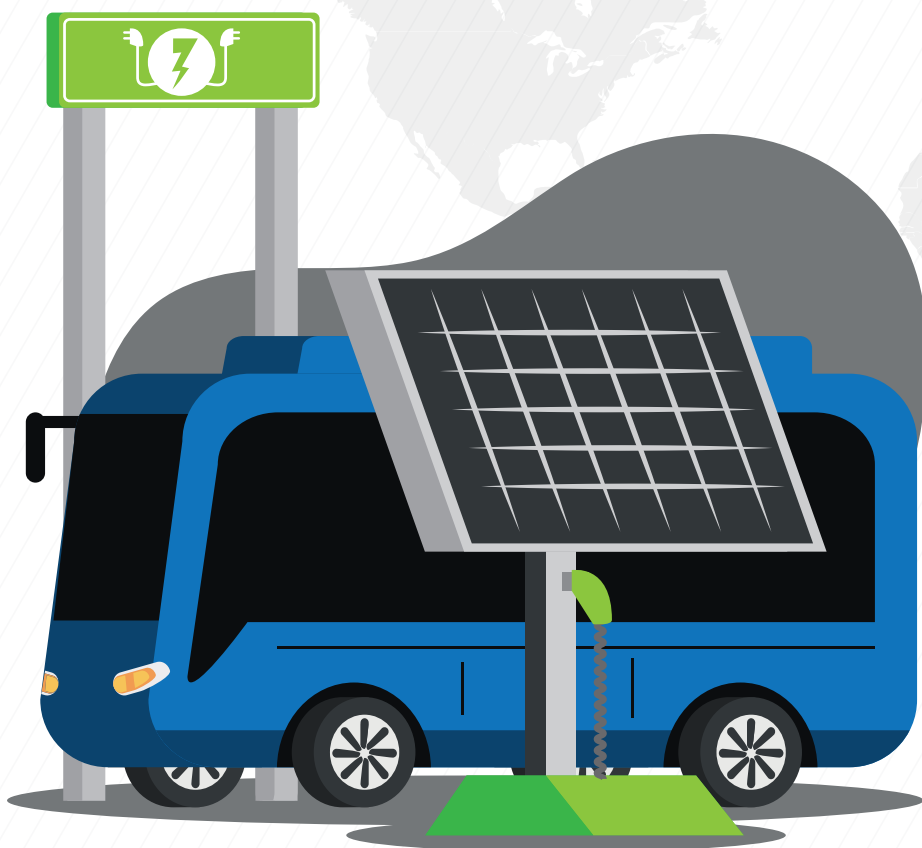




## ۱. مهمترین مزایای حمل و نقل عمومی برقی



ترویج حمل و نقل فراگیر. هزینه های چرخه عمر برخی از انواع وسایل نقلیه برقی پایین تر از هزینه های مرتبط با گزینه های متداول است. علاوه بر این، با گسترش بکارگیری وسایل نقلیه برقی دو چرخ و سه چرخ مقرون به صرفه، میزان دسترسی اقشار کم درآمد به حمل و نقل نیز افزایش خواهد یافت. خودروی برقی دو و سه چرخ در حال حاضر در بسیاری از بازارهای کم درآمد برای حمل و نقل مردم و کالا از محبوبیت برخوردار است. در مناطق روستایی، موتورسیکلت های برقی ارزان قیمت، همراه با سیستم های فتوولتائیک خورشیدی، وابستگی به بنزین گران قیمت را کاهش می دهد و دسترسی به بازارها و سایر فرصت ها را تسهیل می کند. همچنانکه وسایل نقلیه برقی به سمت برابری هزینه سرمایه با همتایان مرسوم خود حرکت می کنند، این مزایا برجسته تر خواهد شد.



## ۱. مهمترین مزایای حمل و نقل عمومی برقی



- بهبود کیفیت هوا. بدتر شدن کیفیت هوا به عنوان یک مشکل جدی بهداشتی در بسیاری از شهرهای بزرگ، مسئول مرگ سالانه حدود ۷ میلیون نفر در سطح جهان است. گذار به وسایل نقلیه سواری برقی از انتشار زیانبارترین ذرات به میزان ضربی از مسافت طی شده توسط یک وسیله نقلیه در هر کیلومتر جلوگیری می کند.
- بهبود امنیت انرژی. بسیاری از کشورها برای تامین سوخت خودروهای بنزینی و دیزلی همچنان به محصولات نفتی وارداتی متکی هستند. واردات سوخت نه تنها مستلزم صرف سهم قابل توجهی از ارز خارجی است بلکه اغلب تراز پرداخت ها را در برابر شوک های قیمت نفت آسیب پذیر می سازد. به میزانی که کشورها از انرژی های تجدیدپذیر یا حتی سوخت های فسیلی بومی، برق تولید می کنند، معرفی خودروی برقی می تواند مزایای قابل توجهی را از حیث امنیت انرژی و انعطاف پذیری کلان اقتصادی مرتبط با آن به ارمغان آورد. به عنوان مثال، کشورهایی مانند اتیوپی و نپال که وارد کننده سوخت های فسیلی هستند، تقریباً به طور کامل می توانند از نیروگاه های آبی بومی برق تولید کنند و با گذار به خودروی برقی، وابستگی خود به نفت را کاهش دهند.
- همه گیر نمودن توسعه صنایع کارخانه ای خودروهای برقی. ساخت وسایل نقلیه موتوری بر اساس موتورهای احتراق داخلی نسبتاً پیچیده بوده و لذا در سطح جهان گسترده نیست، بطوریکه تنها پنج کشور ۶۰ درصد از تولید جهانی را در اختیار دارند. اگرچه ساخت باتری برای وسایل نقلیه برقی نیز در سطح جهانی بسیار متمرکز است، اما به واسطه سهولت و عدم پیچیدگی ساخت وسایل نقلیه برقی و همچنین تجاری سازی قابل توجه بسیاری از قطعات کلیدی، امکان تولید داخلی (یا حداقل مونتاژ) آن در بسیاری از LMIC ها وجود دارد. دلالت اولیه این امر، ظهور استارتاپ های نوآوری است که در کنیا، رواندا و اوگاندا جایگزین های مقرون به صرفه برای دو چرخ های برقی عرضه کرده و در حال کاوش گزینه های کم هزینه برای اتوبوس ها و کامیون های برقی هستند.



## ۲. ملاحظات توسعه حمل و نقل عمومی برقی



سیاستگذاران سوالات زیادی در مورد **اهمیت توسعه و بکارگیری خودروهای برقی** از جهات مختلف **اقتصادی، محیط زیست، حمل و نقل، اجتماعی** و ... مطرح می کنند که لازم است مورد کنکاش قرار گرفته و متناسب با شرایط هر کشور به آن ها پاسخ داده شود. برخی از مهمترین این سوالات و پاسخ های یافته شده برای آن ها به شرح ذیل قابل بررسی است:





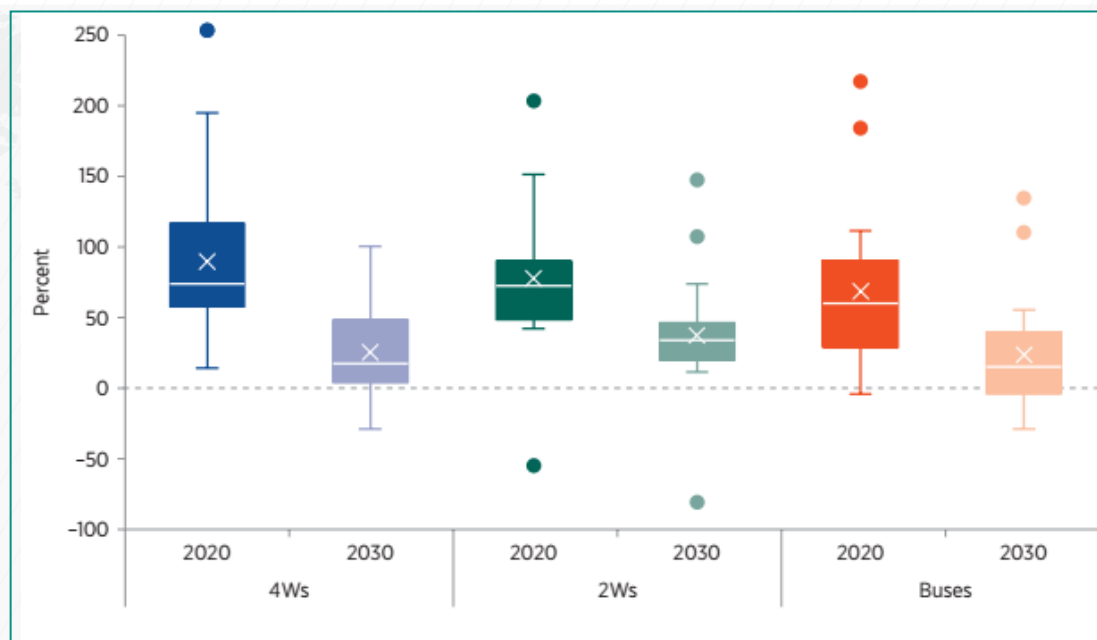
## سوال ۱. آیا هزینه سرمایه بالاتر خودروهای برقی با هزینه های چرخه عمر کمترین وسیله جبران می شود؟



تفاوت قیمت وسایل نقلیه برقی اگرچه قابل توجه، اما در حال کاهش است. خودروهای سواری برقی به طور قابل توجهی گرانتر از خودروهای با موتور احتراق داخلی مرسوم است. این تفاوت قیمت بسته به نوع خودروی برقی متفاوت است. از اوایل سال ۲۰۲۰، بیشترین پرمیوم (در حدود ۸۰ درصد) مربوط به خودروهای برقی چهار چرخ و دو چرخ بوده در حالیکه نرخ مربوطه برای اتوبوس های برقی حدود ۶۰ درصد است (شکل ۱).

زیرساخت شارژی یکی دیگر از هزینه های سرمایه ای مرتبط با وسایل نقلیه سواری برقی است. اگرچه می توان دو چرخ های برقی را تا حد زیادی با سوکت های برق معمولی شارژ کرد، اما دیگر خودروهای برقی به زیرساخت های شارژ تخصصیتری نیاز دارند. این زیرساخت ها شامل نقاط شارژ خصوصی، چه در منزل و یا محل کار، و امکانات عمومی است تا از شارژ به موقع وسایل نقلیه برقی در حین استفاده اطمینان حاصل شود. بیشترین سرمایه گذاری ها به اتوبوس های برقی اختصاص داشته، زیرا با توجه به نیاز بیشتر به انرژی، به زیرساخت های شارژ گسترده تری نیاز دارند.

## سوال ۱. آیا هزینه سرمایه بالاتر خودروهای برقی با هزینه‌های چرخه عمر کمترین وسیله جبران می‌شود؟



شکل ۱. اضافه قیمت خودروهای برقی نسبت به خودروهای احتراقی در سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۳۰

### یادداشت:

شکل نشان‌دهنده اضافه قیمت سرمایه خودرو در ۲۰ کشور با درآمد کم و متوسط مورد بررسی در این مطالعه است. میانگین اضافه قیمت‌های سرمایه وسیله نقلیه با X نشان داده شده است. میانه اضافه قیمت‌های سرمایه خودرو با یک خط افقی در کادر نشان داده شده است. خط چین نشان‌دهنده برابری هزینه است. نقطه‌ها نشان‌دهنده داده‌های پرت هستند.

## سوال ۲. آیا مصرف کنندگان استطاعت مالی تفاوت هزینه سرمایه مرتبط با وسایل نقلیه برقی را دارند؟



تا زمانی که **وسایل نقلیه برقی** به برابری **هزینه سرمایه** برسند، هزینه های خرید بالاتر مانع پذیرش آن ها خواهد بود. در بسیاری از کشورها، اضافه قیمت **خودروهای دوچرخ و چهارچرخ خصوصی** تنها **۱۰ درصد** از **درآمد ناخالص ملی سرانه** را تشکیل می دهد. این امر حاکی از آنست که می توان این خودروها را با اعمال شیوه های تامین مالی مصرف کنندگان، مقرون به صرفه کرد. با این حال، در تعداد قابل توجهی از کشورها، اضافه قیمت خودروهای چهارچرخ برقی بسیار بالاست - بین **۲۰ تا ۵۰۰ درصد** درآمد ناخالص ملی سرانه - که به طور بالقوه یک مانع صعب العبور برای بسیاری از مصرف کنندگان است.

بسیاری از کشورهای سازمان همکاری و توسعه تلاش کرده اند تا هزینه های سرمایه ای بالاتر را با یارانه خرید خودرو جبران کنند، اما مکانیسم های تامین مالی راه حل بهتری برای کشورهای در حال توسعه ارائه می کنند. یارانه خرید وسایل نقلیه برقی، عمدتاً چهارچرخ، در بسیاری از بازارهای پیشرو شایع است. اما این یارانه ها بسیار پرهزینه هستند، حدود **۱۲۰۰۰ دلار آمریکا** به ازاء خرید هر وسیله نقلیه

## سوال ۲. آیا مصرف کنندگان استطاعت مالی تفاوت هزینه سرمایه مرتبط با وسایل نقلیه برقی را دارند؟

**لیزینگ خودروهای برقی** می تواند در **کاهش ریسک مالکیت** که مصرف کنندگان با آن مواجه هستند موثر بوده و آنها را به شرکت های لیزینگ که در مدیریت ریسک خبره ترند منتقل کنند. «باتری به عنوان یک سرویس» یکی از مدل های کسب و کار در حال ظهور است که در آن خرید باتری - پرهزینه ترین جزء وسایل نقلیه برقی - از خود خودرو تفکیک می شود و ترکیبی از لیزینگ و تعویض باتری باعث کاهش هزینه پیش پرداخت خودرو که مانعی کلیدی برای پذیرش خودروهای برقی توسط اقشار کم درآمد است می شود.



## سوال ۳. آیا قبل از کربن زدایی کامل شبکه برق (بهره‌گیری از انرژی‌های تجدید پذیر)، برقی کردن حمل و نقل منافع زیست محیطی دارد؟

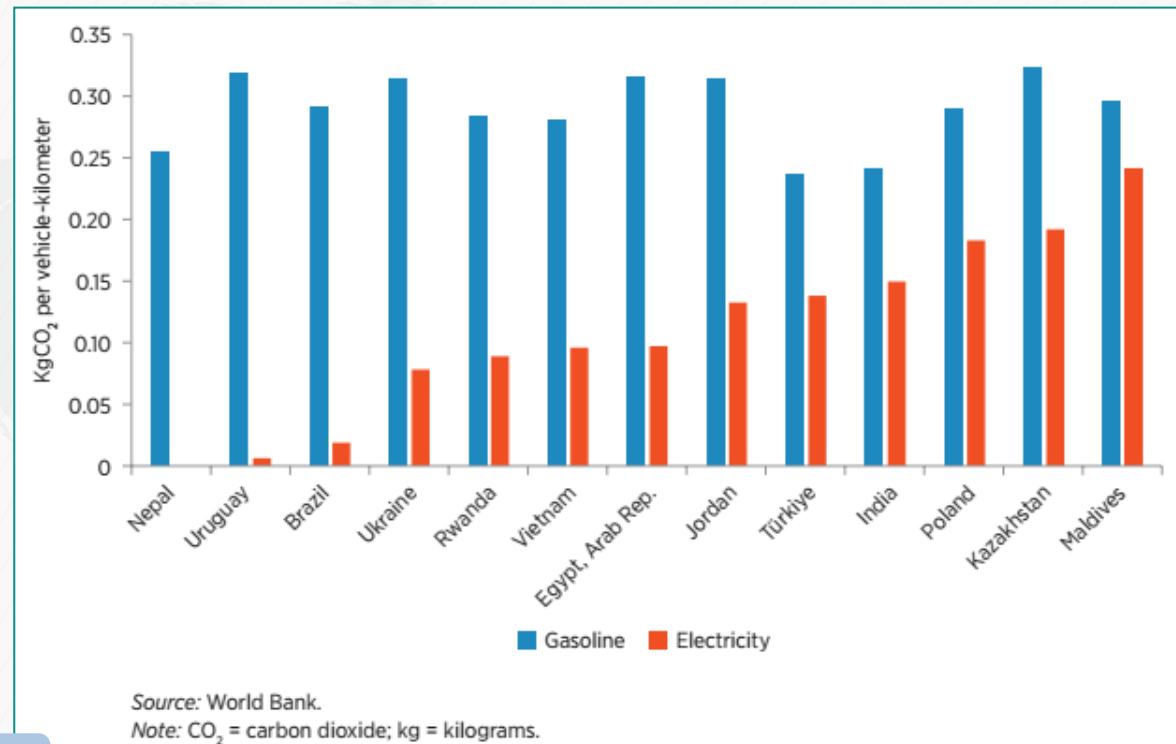


موتورهای برقی از **موتورهای احتراق داخلی** که مقدار زیادی انرژی به صورت گرما و صدا از دست می‌دهند بسیار کارآمدتر هستند. همچنین این خودروها تنها به حدود یک چهارم تا یک سوم انرژی مورد نیاز وسایل نقلیه موتور احتراق داخلی موجود برای جابجایی یک وسیله نقلیه در هر کیلومتر نیاز دارند. این مزیت حتی با در نظر گرفتن هدررفت قابل توجه انرژی در **تولید، انتقال و توزیع برق** همچنان قابل اعتناست و در مورد کشورهای LMIC، مزیت بهره‌وری با توجه به راندمان پایین پایه در ناوگان موتوری به دلیل رواج خودروهای قدیمی و استانداردهای نسبتاً ضعیف بهره‌وری سوخت، برجسته‌تر نیز می‌شود.

بنابراین حمل و نقل برقی به واسطه راندمان بالای انرژی عمدتاً از **حیث کربن** دارای مزیت است، حتی قبل از **کربن زدایی کامل شبکه برق** وسایل نقلیه برقی به دلیل سطح بالاتر راندمان انرژی، در هر کیلومتر تقریباً همیشه کربن کمتری نسبت به همتایان مرسوم خود تولید می‌کنند (شکل ۲). البته این مزیت با تاکید صنعت برق بر تحقق کربن زدایی لازم در طول زمان افزایش نیز می‌یابد.



سوال ۳. آیا قبل از کربن زدایی کامل شبکه برق (بهره گیری از انرژی های تجدید پذیر)، برقی کردن حمل و نقل منافع زیست محیطی دارد؟



شکل ۲. مقایسه شدت کربن در بنزین و برق در کشورهای منتخب



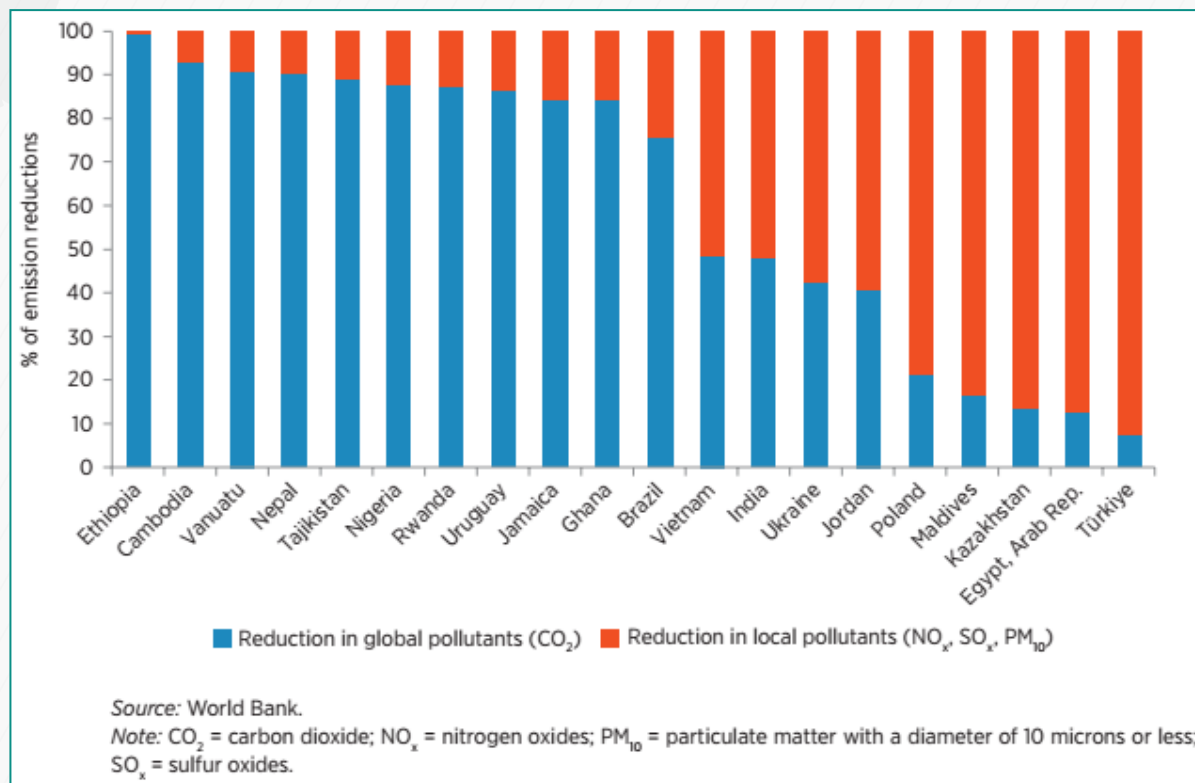
## سوال ۴. مزایای زیست محیطی منطقه ای در رابطه با مزایای جهانی چقدر مهم است؟

حمل و نقل برقی دارای مزیت بزرگی از حیث کاهش آلاینده های محلی است. وسایل نقلیه برقی تنها کسری از آلاینده های مرتبط با موتورهای احتراق داخلی به ازای هر واحد انرژی مصرف شده را منتشر می کنند. این مزیت با احتساب اختلاف بازده انرژی برجسته تر نیز می شود. علاوه بر این، آلاینده های مرتبط با تولید برق معمولاً در مکان های نسبتاً دور که نیروگاه ها در آن قرار دارند منتشر شده و لذا ضریب آسیب آن به سلامت انسان بسیار کمتر از زمانی است که همان میزان آلودگی از لوله آگزوز خودرو در یک خیابان شلوغ در دل شهر منتشر می شود.

برای برخی از اقتصادهای نوظهور، مزایای زیست محیطی مرتبط با کاهش آلودگی هوا حتی مهم تر از کاهش تغییرات آب و هوایی جهانی است. اهمیت نسبی مزایای زیست محیطی محلی و جهانی گذار به خودروهای برقی به طور قابل توجهی در بین LMIC ها متفاوت است (شکل ۳). برای کشورهایی مانند مصر و ترکیه که هنوز به طور قابل توجهی به سوخت فسیلی برای تولید برق متکی هستند، مزایای زیست محیطی مرتبط با حمل و نقل برقی از حیث بهبود کیفیت هوای شهری، امری ملی است. برعکس برای کشورهایی مانند ایتالی و نپال که از انرژی آبی فوق العاده تمیز برخوردار هستند، مزایای زیست محیطی مرتبط با حمل و نقل برقی از حیث کاهش انتشار کربن، امری جهانی محسوب می شود.



## سوال ۴. مزایای زیست محیطی منطقه ای در رابطه با مزایای جهانی چقدر مهم است؟



شکل ۳. مزایای زیست محیطی گذار به حمل و نقل برقی در کشورهای منتخب

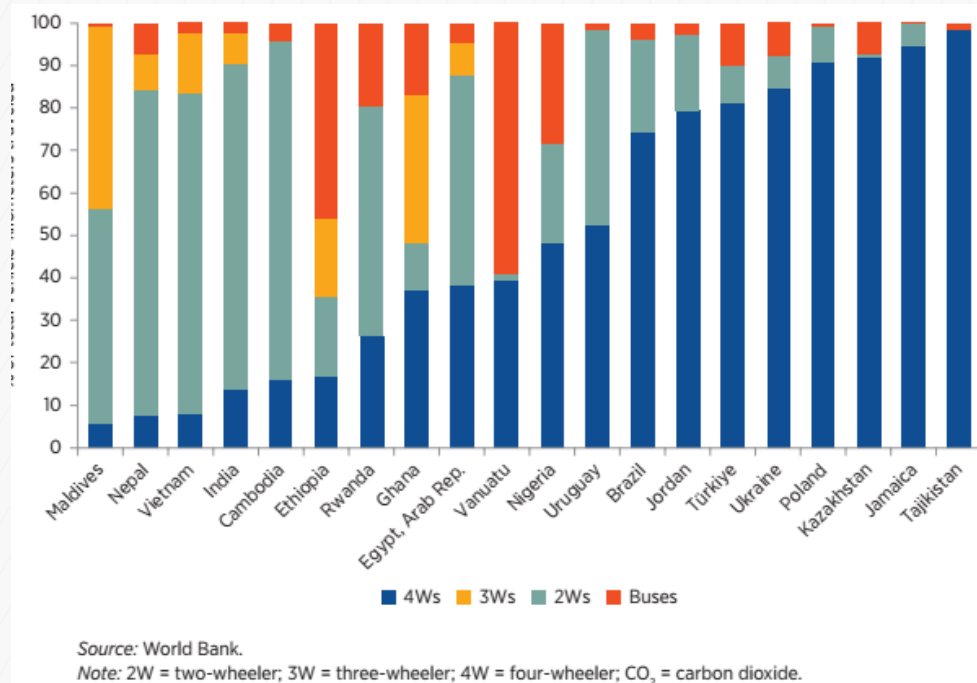
## سوال ۵. آیا کشورها باید برقی‌سازی دسته‌های خاصی از خودرو را در اولویت قرار دهند؟ و اگر چنین است، کدام دسته‌ها؟

مساله انتخاب خودروهای برقی به طور قابل توجهی بسته به انواع مختلف خودرو، متفاوت است، به طوری که هزینه سرمایه وسیله نقلیه و مسافت پیموده شده در طول عمر آن از عوامل حیاتی به شمار می‌روند. امروزه برقی‌سازی حمل و نقل مسافران برای خودروهای دو چرخ، چهار چرخ و اتوبوس به روش‌های کاملاً متمایزی در حال تکامل است. در نتیجه، در هر کشوری ممکن است برقی‌سازی برای برخی از انواع وسایل نقلیه خیلی زودتر از انواع دیگر منطقی باشد، که این امر بر اهمیت یک رویکرد مقایسه‌ای دلالت دارد.



بنابراین، برقی کردن حمل و نقل به ویژه برای خودروهای دو چرخ، اتوبوس‌های برقی و احتمالاً ناوگان چهار چرخ پرکاربرد مانند تاکسی‌ها و مشابه آن جذابیت خواهد داشت. تقریباً در هر LMIC مورد مطالعه در این گزارش، برقی کردن موتورهای دو چرخ با توجه به هزینه سرمایه نسبتاً پایین آنها به صرفه است. علاوه بر این، برای اکثر LMIC‌های مورد مطالعه، برقی‌سازی اتوبوس‌ها نیز گزینه جذابی محسوب می‌شود.

## سوال ۵. آیا کشورها باید برقی‌سازی دسته‌های خاصی از خودرو را در اولویت قرار دهند؟ و اگر چنین است، کدام دسته‌ها؟



### شکل ۴. رواج انواع وسایل نقلیه در کشورهای منتخب

ترکیب ناوگان خودرو در LMICها بسیار متفاوت بوده و این تفاوت باید در استراتژی به خدمت‌گیری خودروهای برقی مدنظر قرار گیرد. در حالی که در بسیاری از کشورهای با درآمد بالا، وسایل نقلیه چهار چرخ عمدتاً بر ناوگان مسافربری تسلط دارند، داستان در کشورهای در حال توسعه کاملاً متفاوت است (شکل ۴).





## سوال ۶. حمل و نقل برقی چه تاثیری بر توان و عملکرد سیستم برق یک کشور خواهد داشت؟

تقاضای کل انرژی مرتبط با اجرای حمل و نقل برقی نسبت به مقیاس سیستم برق در اکثر کشورها بالا نیست. برقی شدن حمل و نقل مطمئناً تقاضای اضافی برای برق ایجاد خواهد کرد، اما انتظار می‌رود رشد تقاضا در اکثر موارد به دلیل ماهیت بهینه وسایل نقلیه برقی (از حیث مصرف انرژی) و تحول نسبتاً کند ناوگان خودرو کاملاً قابل مدیریت باشد. در سراسر ۲۰ LMIC مورد مطالعه در این گزارش، مشخص شد که اتخاذ یک هدف ۳۰ درصدی برای برقی سازی خودروهای جدید تا سال ۲۰۳۰ به افزایش یک درصدی تقاضای برق منجر خواهد شد.

بازه زمانی شارژ خودروی برقی به طور بالقوه می‌تواند پیک تقاضا را تشدید کند. نگران کننده تر از اثر کل بر تقاضای برق، مشخصات زمانی مرتبط با شارژ خودرو است. حداقل برای وسایل نقلیه شخصی، شارژ به احتمال زیاد می‌تواند در پایان روز و در منزل صورت گیرد. این مساله ریسک تشدید پیک تقاضا در هنگام عصر را به دنبال دارد. برآوردن این نیاز با توجه به پیک تقاضا برای برق، به طور بالقوه پرهزینه بوده و محرک اصلی سرمایه گذاری در زیرساخت های برق است. علاوه بر این، بسیاری از شرکت های برق فاقد ابزارهای قیمت گذاری برای ایجاد انگیزه در تغییر رفتار شارژ به سمت زمان های غیر پیک، مانند نیمه شب هستند.



## سوال ۷. مالیات ها و یارانه ها چگونه می توانند بر رویه بکارگیری وسایل نقلیه برقی تاثیر بگذارند؟

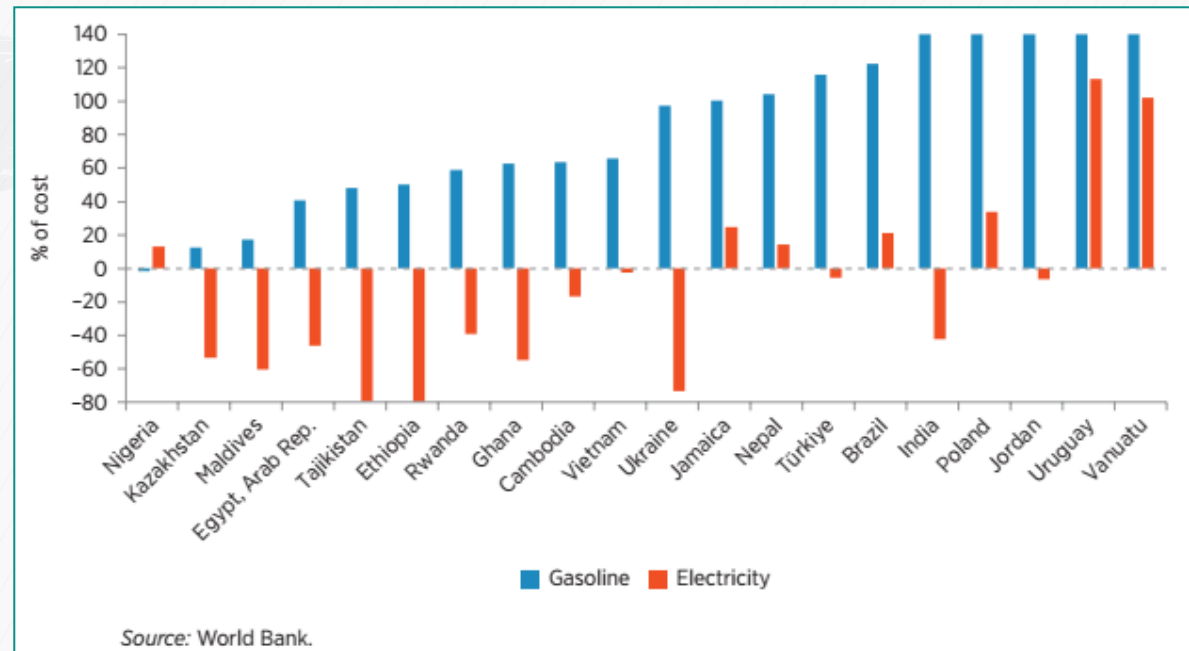
اکثر LMIC های مورد مطالعه تمایل به وضع مالیات سنگین بر بنزین و گازوئیل و در عین حال اختصاص یارانه سخاوتمندانه به برق هستند، تا حدی که باعث ترغیب بیش از حد اجرای خودروهای برقی شود. نرخ معمول مالیات بر بنزین بین ۴۰ تا ۱۴۰ درصد بر هزینه (قیمت تمام شده) است؛ یارانه برق حدود ۴۰ درصد قیمت است (شکل ۵). چنین رژیم مالی با افزایش اختلاف هزینه بین سوخت های مایع و برق به نفع خودروهای برقی است. اگرچه وضع قیمت بالاتر برای بنزین و گازوئیل نسبت به برق با توجه به هزینه های زیست محیطی بالای آنها مشروع تلقی شود، تحلیل ها نشان می دهد که اختلاف قیمت اغلب بزرگتر از آن چیزی است که از نظر اقتصادی به واسطه اثرات زیست محیطی مختلف تضمین می شود.



مالیات ها و یارانه های انرژی بر صرفه جویی در هزینه های عملیاتی مرتبط با حمل و نقل برقی تأثیرگذار هستند. بسیاری از کشورها یا به دلیل اثرات خارجی منفی زیست محیطی بر انرژی مالیات وضع کرده و یا به دلایلی به انرژی یارانه اختصاص می دهند. علاوه بر این، انواع مختلف انرژی، به ویژه سوخت های مایع و برق، ممکن است (از حیث ملاحظات بودجه ای) بطور کاملاً متفاوتی مدنظر قرار گیرند.

## سوال ۷. مالیات ها و یارانه ها چگونه می توانند بر رویه بکارگیری وسایل نقلیه برقی تاثیر بگذارند؟

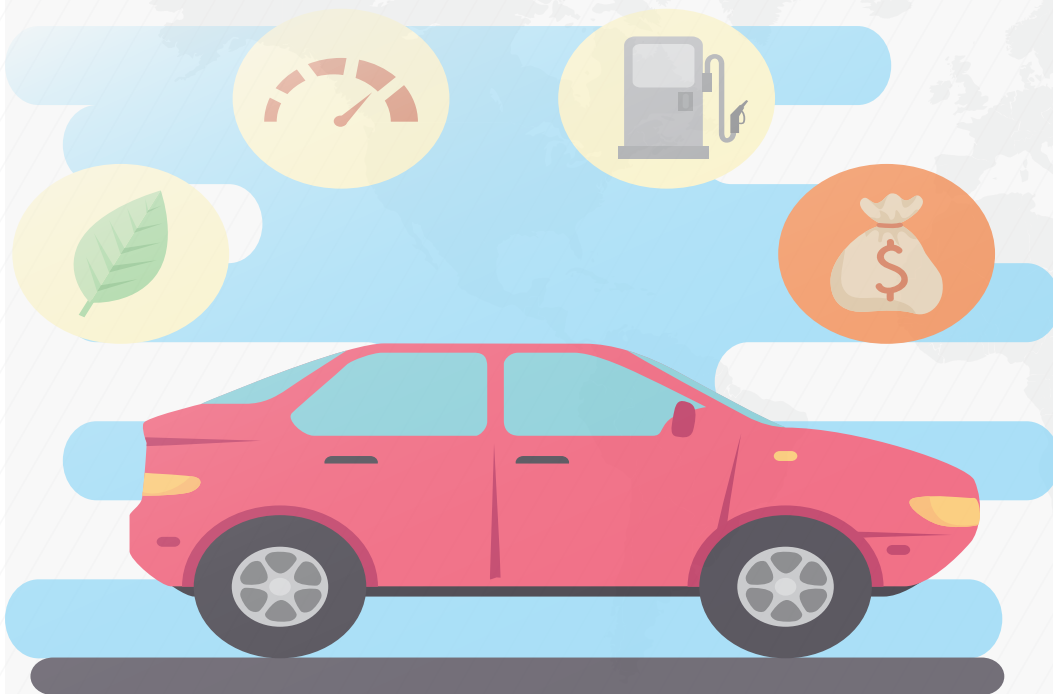
رژیم مالی (بودجه ای) تاثیرگذار بر خرید خودرو نیز در شکل دادن به انگیزه های اجرای طرح خودروهای برقی نقش دارد. در حالی که بسیاری از کشورهای سازمان همکاری و توسعه، یارانه های قابل توجهی را برای ترغیب خرید خودروهای برقی اختصاص داده اند، اما مشابه این یارانه ها در LMI ها نادر است. در حدود نیمی از کشورهای مورد مطالعه، رژیم مالی رویکرد یکسانی در قبال وسایل نقلیه برقی و خودروهای مرسوم دارد. در الباقی کشورها، وسایل نقلیه مبتنی بر موتورهای احتراق داخلی حدوداً ۲۰ درصد بالاتر از همتای برقی خود و در قالب ترکیبی از مالیات و عوارض واردات جریمه می شوند. با این وجود، مشوق های مالی - حتی در کشورهایی که اعمال می شوند - معمولاً برای معکوس کردن عدم مزیت هزینه سرمایه وسایل نقلیه برقی کافی نیستند.



شکل ۵. نرخ مالیات و یارانه برای بنزین و برق

## سوال ۸. دلالت‌های مالی (بودجه‌ای) گذارشتابان به حمل و نقل برقی چیست؟

در غیاب هرگونه اصلاحات مالی (بودجه‌ای)، انتظار می‌رود اجرای طرح خودروهای برقی خالص عایدی مالی (بودجه‌ای) را کاهش دهد. همانطور که اشاره شد، وسایل نقلیه با موتور احتراق داخلی و سوخت‌های حمل و نقل مایع معمولاً مشمول مالیات سنگین‌تری نسبت به خودروهای برقی هستند. نتیجه اجتناب ناپذیر این است که گذار به سمت حمل و نقل برقی به کاهش درآمد مالیاتی حاصل از حمل و نقل متعارف و افزایش یارانه به بخش برق خواهد انجامید (شکل ۶). می‌توان انتظار داشت که این تغییر موجب وخیم‌تر شدن وضعیت بودجه (مالیه عمومی) منجر شود (به ویژه در کشورهایی که به مالیات بر سوخت به عنوان منبع مهم درآمد مالی متکی هستند). این گذار همچنین ممکن است به ثبات مالی شرکت‌های برق که در حال حاضر وضعیت مخاطره‌آمیزی در بسیاری از LMICها دارند آسیب جدی وارد کند.

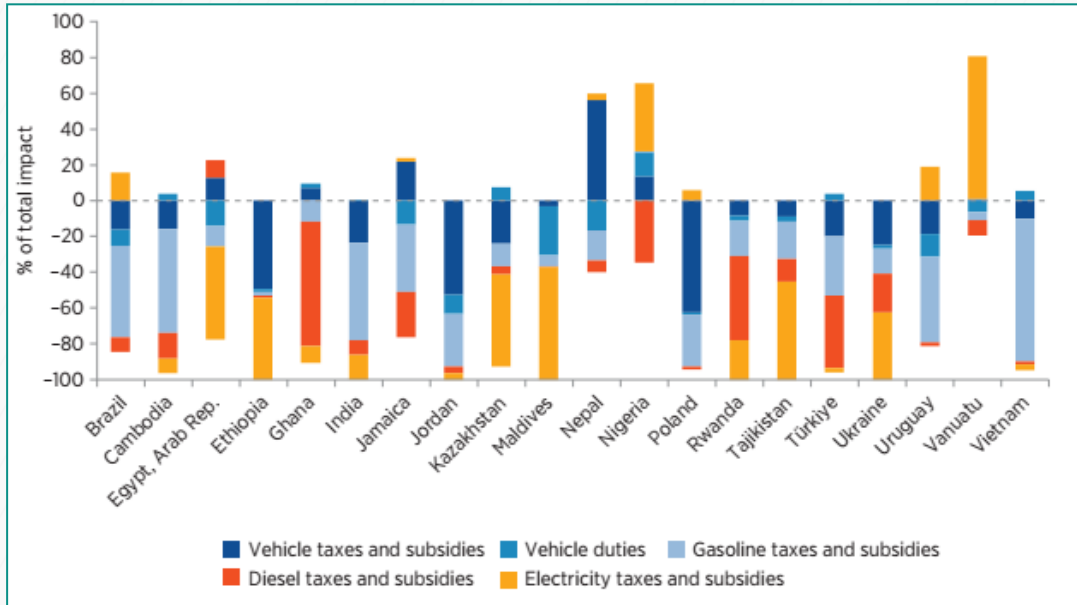


## سوال ۸. دلالت های مالی (بودجه ای) گذارشتابان به حمل و نقل برقی چیست؟

در غیاب هرگونه اصلاحات مالی (بودجه ای)، انتظار می رود اجرای طرح خودروهای برقی خالص عایدی مالی (بودجه ای) را کاهش دهد. همانطور که اشاره شد، وسایل نقلیه با موتور احتراق داخلی و سوخت های حمل و نقل مایع معمولاً مشمول مالیات سنگین تری نسبت به خودروهای برقی هستند. نتیجه اجتناب ناپذیر این است که گذار به سمت حمل و نقل برقی به کاهش درآمد مالیاتی حاصل از حمل و نقل متعارف و افزایش یارانه به بخش برق خواهد انجامید (شکل ۶).



## سوال ۸. دلالت های مالی (بودجه ای) گذار شتابان به حمل و نقل برقی چیست؟



می توان انتظار داشت که این تغییر موجب وخیم تر شدن وضعیت بودجه (مالیه عمومی) منجر شود (به ویژه در کشورهایی که به مالیات بر سوخت به عنوان منبع مهم درآمد مالی متکی هستند). این گذار همچنین ممکن است به ثبات مالی شرکت های برق که در حال حاضر وضعیت مخاطره آمیزی در بسیاری از LMIC ها دارند آسیب جدی وارد کند.

شکل ۶. تاثیر مالی (بودجه ای) نسبی حمل و نقل برقی، به تفکیک جریان مالیات در کشورهای منتخب

### یادداشت:

داده های نمودار مبتنی بر این سناریو است که اتوبوس ها و خودروهای الکتریکی ۳۰ درصد فروش جدید و خودروهای دوچرخ و سه چرخ ۷۰ درصد بازار فروش خودرو در سال ۲۰۳۰ را کسب می کنند.



## سوال ۹. نیازهای سرمایه گذاری مرتبط با حمل و نقل برقی چیست، و چه کسی آنها را تقبل می کند؟

نیازهای سرمایه گذاری مرتبط با گذار به حمل و نقل برقی بسیار گسترده و قابل توجه هستند. به طور کلی، برای حمایت از تحقق حمل و نقل برقی به دو نوع سرمایه گذاری نیاز است. اولین مورد هزینه سرمایه افزایشی مرتبط با خرید وسایل نقلیه برقی است که در حال حاضر قابل توجه بوده اما می توان انتظار داشت که در طول زمان نسبت به خودروهای احتراقی به صفر کاهش یابد. مورد دوم زیرساخت شارژ مورد نیاز برای پشتیبانی از وسایل نقلیه برقی است که طیف وسیعی از امکانات، از شارژرهای خصوصی واقع در منازل و ادارات گرفته تا ایستگاه های شارژ عمومی در جاده ها تا ترتیبات تخصصی شارژ در ترمینال های اتوبوس را شامل می شود. با وجود تفاوت قابل توجه در میزان نیاز سرمایه گذاری در کشورهای مختلف، رقمی در حدود ۰/۲۵ درصد تولید ناخالص داخلی در سال برای این مهم قابل پیش بینی است.

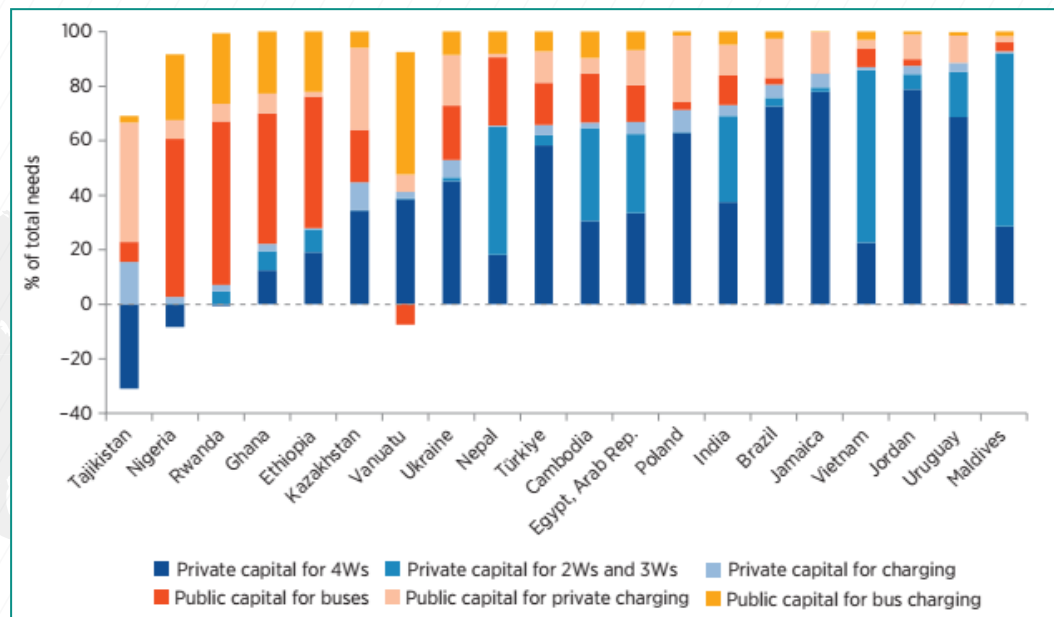


## سوال ۹. نیازهای سرمایه گذاری مرتبط با حمل و نقل برقی چیست، و چه کسی آنها را تقبل می کند؟



در برخی کشورها بار سرمایه گذاری عمدتاً بر دوش بخش دولتی و در سایر کشورها عمدتاً بر عهده بخش خصوصی خواهد بود. هزینه سرمایه گذاری افزایشی وسایل نقلیه برقی دو چرخ و چهار چرخ شخصی و زیرساخت های شارژ خانگی مرتبط با آن بر دوش بخش خصوصی است، حال آنکه بخش دولتی باید هزینه اضافی خرید اتوبوس های برقی و زیرساخت های شارژ مرتبط با آن ها و همچنین تامین تجهیزات شارژ عمومی برای کاربران خصوصی وسایل نقلیه برقی را متحمل شود. اندازه نسبی سرمایه گذاری های دولتی و خصوصی مورد نیاز در کشورهای مختلف بسیار متفاوت است (شکل ۷).

## سوال ۹. نیازهای سرمایه گذاری مرتبط با حمل و نقل برقی چیست، و چه کسی آنها را تقبل می کند؟



شکل ۷. نیازهای سرمایه گذاری اضافی، به تفکیک سهم بخش دولتی و خصوصی در کشورهای منتخب

یادداشت:

داده های نمودار مبتنی بر این سناریو است که اتوبوس ها و خودروهای الکتریکی ۳۰ درصد فروش جدید و خودروهای دوچرخ و سه چرخ ۷۰ درصد بازار فروش خودرو در سال ۲۰۳۰ را کسب می کنند.

## سوال ۱۰. آیا تامین مالی کربن می تواند در تامین مالی گذار به حمل و نقل برقی نقش داشته باشد؟

تامین مالی کربن به طور بالقوه می تواند بخش قابل توجهی از نیازهای سرمایه گذاری عمومی را پوشش دهد. در حال حاضر، تجربه کمی در مورد استفاده از تامین مالی کربن جهت پشتیبانی از گذار به حمل و نقل برقی وجود دارد. با این حال، اگر امکان جذب چنین اعتباری در قیمت ۴۰ دلار در هر تن وجود دارد، شبیه سازی ها نشان می دهند که درآمد حاصل برای پوشش درصد قابل توجهی (حدود ۲۵ درصد) از نیازهای سرمایه گذاری دولت در اتوبوس های برقی و زیرساخت های شارژ عمومی کافی خواهد بود.



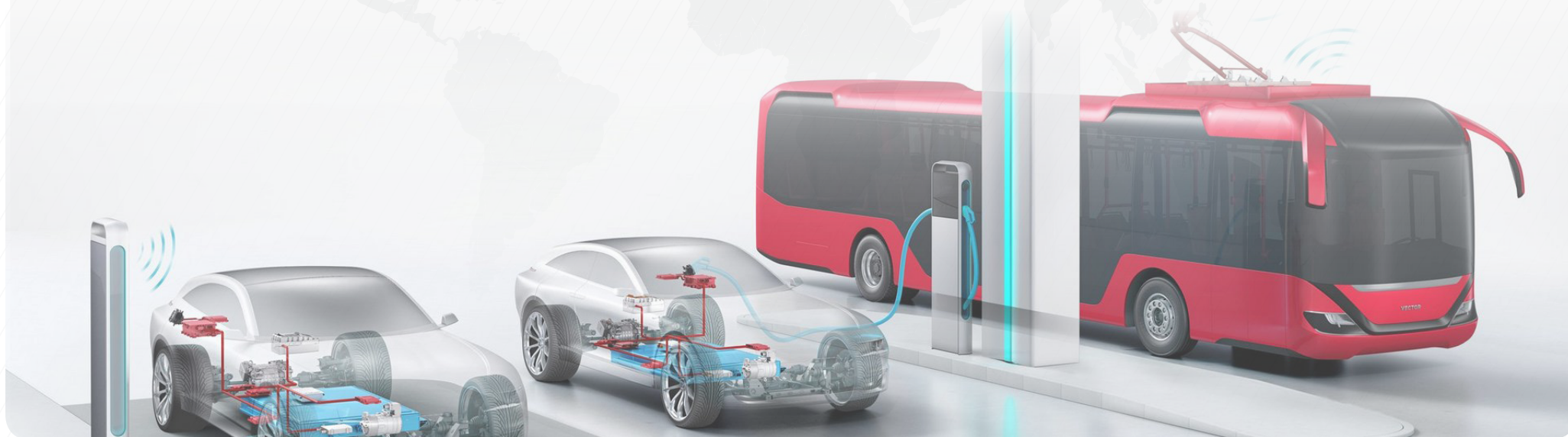
حمل و نقل برقی گاهی اوقات می تواند وسیله ای مقرون به صرفه برای کاهش کربن باشد. تقریباً در نیمی از کشورهای مورد مطالعه، حمل و نقل برقی می تواند کاهش کربن را با هزینه منفی محقق کند - به این معنی که پذیرش آن با سایر مزایای مرتبط، بیش از حد قابل توجیه بوده، به طوری که صرفه جویی در کربن عملاً بطور رایگان محقق می شود. با این حال، در بسیاری از کشورهای دیگر، گذار به حمل و نقل برقی تنها در صورتی منطقی به نظر می رسد که قیمت اوراق کربن از ۱۰۰ دلار در هر تن فراتر رود. در این صورت، مساله گذار به حمل و نقل برقی، به عنوان یک استراتژی کاهش کربن قویاً به شرایط خاص هر کشور بستگی خواهد داشت.



### ۳. سیاست های توسعه حمل و نقل عمومی برقی



چندین توصیه سیاستی برگرفته از پاسخ به سوالات مطرح شده قابل استنتاج است. این توصیه ها به چند دسته تقسیم می شوند: حوزه استراتژیک (توصیه های ۱ تا ۴)، حوزه حمل و نقل (توصیه های ۵ تا ۹)، حوزه انرژی (توصیه های ۱۰ تا ۱۳)، و حوزه تامین مالی (توصیه های ۱۴ تا ۱۶).





## توصیه های راهبردی



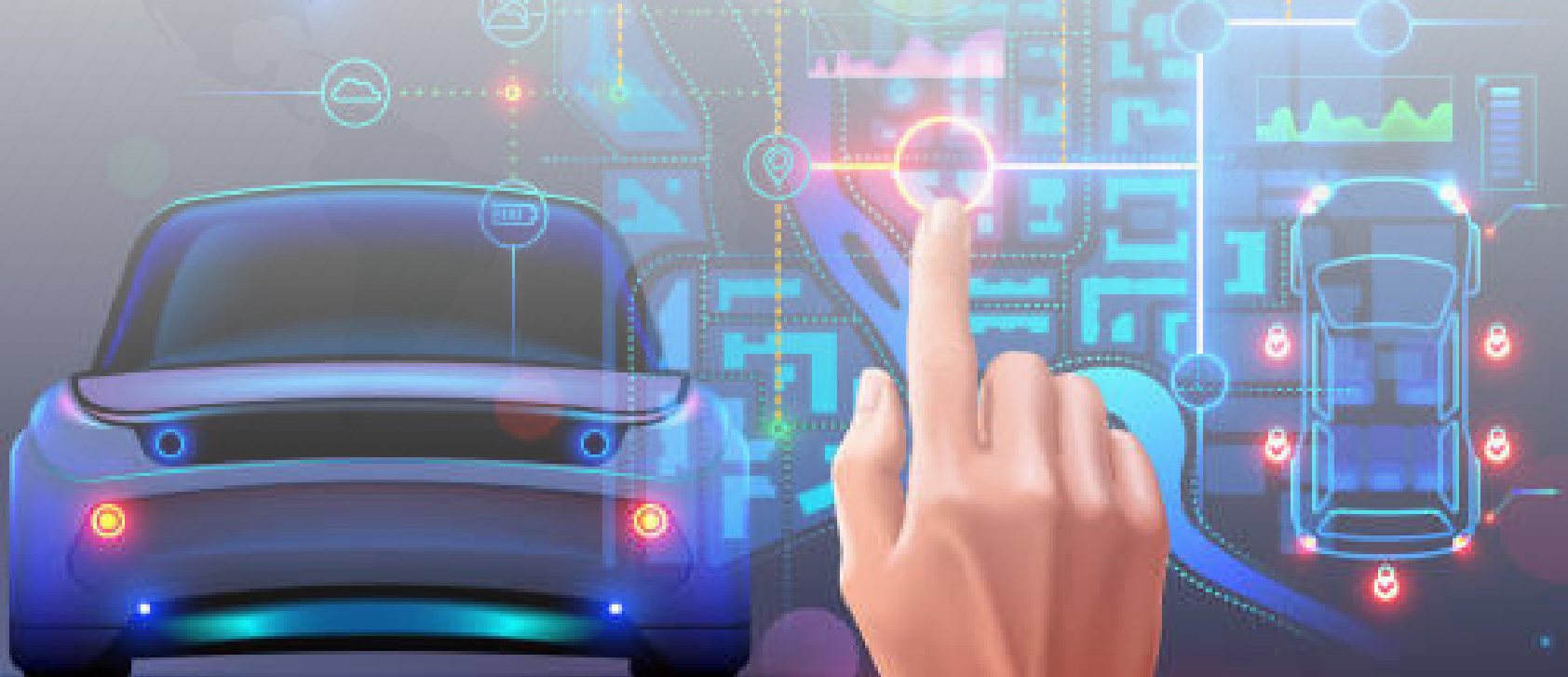
👉 **توصیه ۱:** شناسایی انگیزه اصلی برای تحقق حمل و نقل برقی. همانطور که در ابتدا ذکر شد، دلایل پیگیری ایده حمل و نقل برقی، به ویژه در LMIC ها متعدد است. این دلایل شامل ترویج حمل و نقل فراگیر، بهبود کیفیت هوا، کاهش انتشار کربن، تقویت امنیت انرژی و دموکراتیک (همه گیر شدن) ساخت وسایل نقلیه می شود. در هر کشوری، یک یا چند مورد از این اهداف ممکن است نسبت به سایر اهداف مهم تر و برجسته تر باشد. کشورها باید علت کاربست خودروهای برقی را مشخص کنند، زیرا این امر به شفاف سازی رویکرد استراتژیک آنها کمک می کند. به عنوان مثال، یک کشور با انگیزه پیشبرد سیاست صنعتی ممکن است نیاز داشته باشد تا در راستای کسب مزیت پیشتاز اول در تولید، سریع تر به جلو حرکت کند، در حالی که کشوری با انگیزه کربن زدایی تنها زمانی ملزم به حرکت رو به جلو است که قیمت کربن به کمترین سطح معین کاهش یابد.



## توصیه‌های راهبردی



**توصیه ۲:** تعبیه حمل و نقل برقی در یک استراتژی ملی یکپارچه به منظور تحقق حمل و نقل پایدار. حتی زمانی که کربن زدایی دلیل مهمی برای پیگیری ایده حمل و نقل برقی است، کشورها باید بدانند که حمل و نقل برقی تنها یکی از چندین رویکرد کربن زدایی و استراتژی ملی برای حمل و نقل پایدار است. در راستای جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای، کربن زدایی حمل و نقل عموماً به ترکیبی از اقدامات از طریق مدیریت تقاضا، سوق دادن ترافیک به سمت حمل و نقل با کربن کمتر، به ویژه در حمل و نقل عمومی و راه آهن، و حذف آثار کربن از تمامی شیوه‌های حمل و نقل اطلاق می‌شود. حمل و نقل برقی تنها یکی از راه‌ها برای رفع آثار کربن بوده و لزوماً مقرون به صرفه‌ترین روش نیست و لذا باید در کنار سایر اقدامات از جمله مدیریت موتوریزه سازی با هدف بهبود همه جانبه بهره‌وری سوخت ناوگان موجود، و همگام با سایر اقدامات طراحی شده جهت کنترل انتشار کربن مدنظر قرار گیرد.





## توصیه‌های راهبردی



**توصیه ۳:** ارزیابی موردی و زمان بندی حمل و نقل برقی در سطح کشوری. یکی از نتایج مهم این مطالعه این است که اقتصاد حمل و نقل برقی برای حمل و نقل مسافریک مساله خاص کشوری است. تعادل منافع و هزینه‌ها به طور قابل توجهی در بین کشورهای مختلف و متناسب با ویژگی‌های آنها، متفاوت است. به عنوان مثال، به طور کلی، ایده حمل و نقل برقی در کشورهایی که واردکننده خالص نفت بوده و از مزیت پایین بودن نسبی قیمت خرید وسایل نقلیه برخوردارند، معقول و منطقی تر به نظر می‌رسد. عدم تسلط وسایل نقلیه چهار چرخ بر ناوگان حمل و نقل یکی دیگر ویژگی‌هایی است که ایده فوق را عملی تر می‌سازد. علاوه بر این، ایده حمل و نقل برقی به طور کلی به واسطه تحولات فناورانه در حال بهبود بوده، و از لحظه‌ای که صرفه اقتصادی می‌یابد، از کشوری به کشور دیگر متفاوت خواهد بود. مدل اصلی توسعه یافته در این گزارش روشی هوشمند و عملی برای اجرای ارزیابی اولیه در سطح کشوری ارائه می‌دهد.





## توصیه های راهبردی



**توصیه ۴:** ایجاد سازوکارهایی برای هماهنگی نهادی. گذار به حمل و نقل برقی فرآیندی پیچیده بوده و مستلزم هماهنگی میان طیف گسترده ای از نهادهایی است که ممکن است لزوماً سابقه همکاری تنگاتنگی نداشته باشند. برای شروع، بخش های حمل و نقل و برق باید با یکدیگر همکاری نزدیک داشته تا از همراستایی شبکه تولید برق با تقاضای حمل و نقل اطمینان حاصل کنند. علاوه بر این، اگرچه حمل و نقل برقی ممکن است یک هدف سیاست ملی باشد، اما بخش عمده پیاده سازی آن باید در سطح شهر اجرا شود. به عنوان مثال، تصمیم شهرداری شهر مبنی بر برقی سازی حمل و نقل می تواند به کاهش درآمد حاصل از مالیات بر بنزین بینجامد، حال آنکه تصمیم ملی برای تسریع حمل و نقل برقی می تواند نیازهای سرمایه گذاری قابل توجهی را در سطح استانی ایجاد کند.



## توصیه های بخش حمل و نقل



👉 **توصیه ۵:** هدف قرار دادن بکارگیری خودروی برقی در نوید بخش ترین (آینده دارترین) بخش حمل و نقل. کشورها باید از رویکردهای کلی به حمل و نقل برقی اجتناب ورزیده و در عوض برقی سازی هر بخش خودرو به صورت جداگانه را در نظر بگیرند، زیرا ظرفیت هر بخش به طور قابل توجهی متفاوت است. خودروهای دو چرخ (با هزینه سرمایه نسبتاً پایین و الزامات زیرساخت شارژ اندک) معمولاً اولین دسته از وسایل نقلیه مناسب جهت برقی سازی هستند. پس از آن، اتوبوس ها و سرآخر چهار چرخ ها قرار می گیرند. کشورها با احتساب این تفاوت ها می توانند تلاش ها در راستای برقی سازی حمل و نقل را سلسله بندی کنند. علاوه بر این، از آنجا که منافع حمل و نقل برقی عمدتاً از صرفه جویی در هزینه های عملیاتی ناشی می شود، مسئله بسیار مهم، میزان استفاده وسیله نقلیه است. هرچه استفاده از وسیله نقلیه بیشتر باشد، حمل و نقل برقی زودتر محبوبیت یافته که این امر بر لزوم اولویت بندی در هر بخش خودرو، بر حسب حجم کاربری بخش های مختلف ناوگان حمل و نقل اشاره دارد. به عنوان مثال، تاکسی، خدمات سواری اشتراکی و سایر ناوگان چهار چرخ ممکن است پیش از خودروهای خانوادگی شخصی که کمتر مورد استفاده قرار می گیرند برقی شوند.





## توصیه های بخش حمل و نقل



**توصیه ۶:** اولویت بندی استفاده از بودجه عمومی به منظور اختصاص یارانه به زیرساخت شارژ. گسترش حمل و نقل برقی منوط به هماهنگی است؛ مساله ای مشابه معمای مرغ-تخم مرغ: از سویی تقاضا برای وسایل نقلیه برقی به میزان دسترسی به زیرساخت شارژ بستگی دارد، و از سوی دیگر توسعه زیرساخت های شارژ به تقاضا برای حمل و نقل برقی بستگی دارد. لذا خروج از این دور باطل نیازمند مداخله دولت است. شواهد روشن اقتصادی حاکی از آنست که اختصاص یارانه به توسعه ایستگاه های شارژ عمومی با هدف ترغیب جذب خودروهای برقی، در مقایسه با پرداخت یارانه مستقیم برای خرید این خودروها، رویکردی به مراتب مقرون به صرفه تر است. در واقع، هزینه یارانه به ازاء فروش هر خودروی برقی برای ایستگاه های شارژ فقط ۴۰۰۰ دلار و در عوض برای مشوق های خرید خودرو ۱۲۰۰۰ دلار است.





## توصیه های بخش حمل و نقل



**توصیه ۷:** تسهیل مدل های تعویض باتری. یک راه ساده برای کاهش هزینه وسایل نقلیه برقی و امور مرتبط با شارژ باتری خودرو، تعویض باتری های خالی شده با باتری های کاملاً شارژ شده است. مدل های کسب و کار مرتبط در حال حاضر در سراسر آفریقا و آسیا در حال ظهور هستند، اما افزایش مقیاس این رویکرد نویدبخش مستلزم استانداردسازی رگولاتوری جهت حصول اطمینان از سازگاری یکپارچه میان انواع باتری و وسایل نقلیه برقی است.

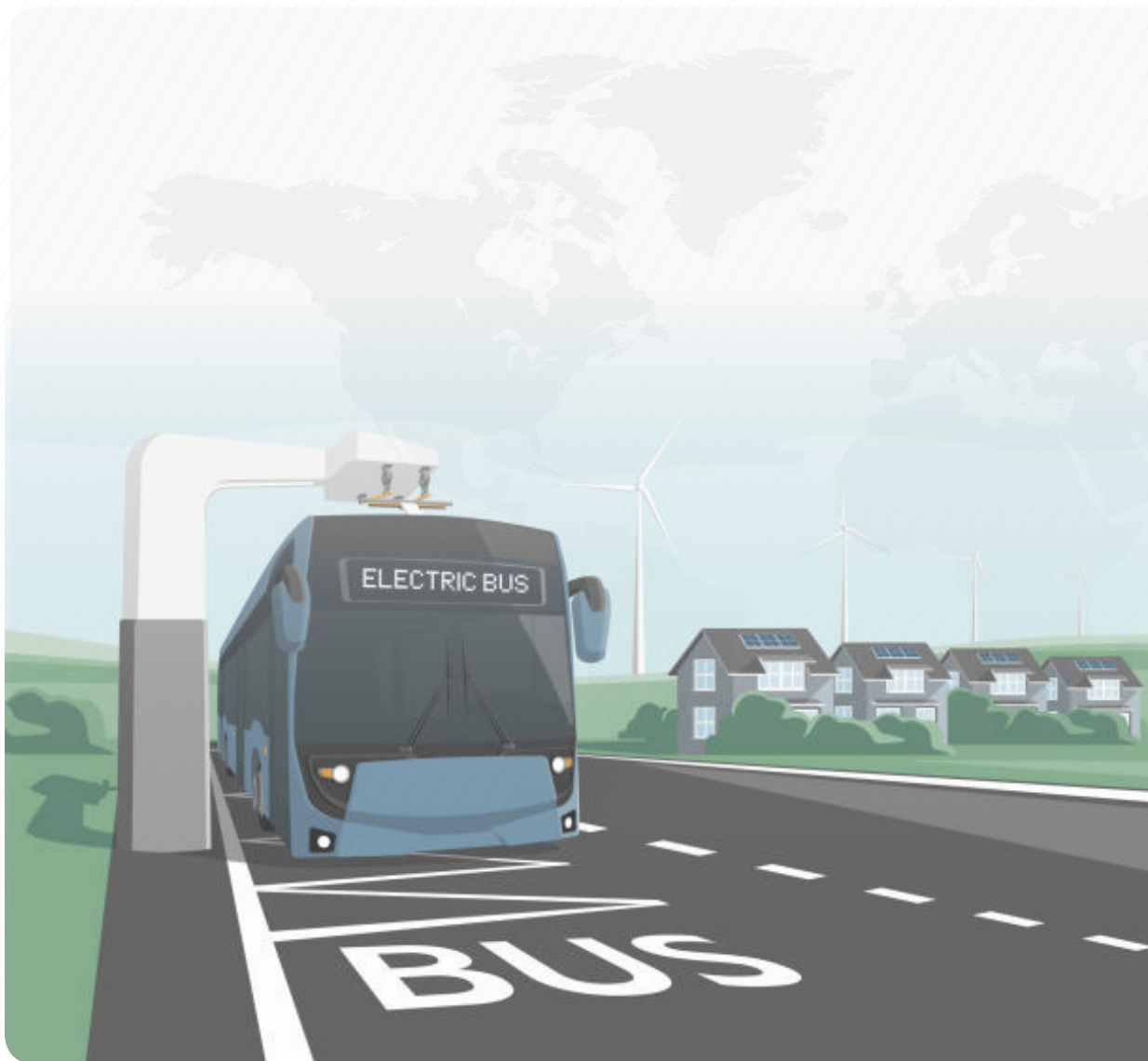




## توصیه های بخش حمل و نقل



**توصیه ۸:** تسهیل بازیافت باتری برای وسایل نقلیه برقی. حیاتی ترین گلوگاه توسعه وسایل نقلیه برقی باتری است. نه تنها تولید باتری نسبتاً پرهزینه است، بلکه بازار آن تمرکز بالایی داشته و با تنگنانهایی در زنجیره تأمین مواد خام حیاتی (مانند لیتیوم، نیکل و کبالت) که در ساخت آن به کار می روند مواجه است. با گسترش حجم عرضه باتری خودروهای برقی موجود در بازار، بازیافت باتری ها و لذا استخراج ارزش بیشتر از محتوای مواد معدنی آنها به طور فزاینده ای امکان پذیر خواهد شد. با این حال، انجام این کار مستلزم ایجاد یک محیط سیاستی مناسب جهت تسهیل بازیافت از طریق ایجاد استانداردها و رویه های رگولاتوری نظارتی در سطوح ملی و بین المللی، و همچنین تجهیزات مرتبط با تولید همراه با مقرراتی است که مسئولیت تولیدکننده از قبل بازیافت باتری را تصریح می کند.



## توصیه های بخش حمل و نقل



👉 **توصیه ۹:** اتخاذ مکانیزم های جمعیت تقاضا به منظور کاهش هزینه تدارکات اتوبوس ها. چالش های مشابهی برای مقامات حمل و نقل عمومی از جمله توان پرداخت اضافه قیمت مرتبط با هزینه سرمایه اتوبوس های برقی وجود دارد. در این موارد تجربه نشان می دهد که جمعیت تقاضا در حوزه های متعدد شهری برای تشکیل گروه های تدارکات (خرید) بزرگتر می تواند راه موثری برای کاهش هزینه خرید اتوبوس های برقی باشد. هند، به عنوان مثال، توانسته هزینه ها را تا ۳۰ درصد کاهش دهد. دستیابی به چنین ارقامی مستلزم هماهنگی در سطح ملی برای خرید اتوبوس برقی در شهرها و یا حتی هماهنگی فراملی است که به طور بالقوه توسط نهادهای منطقه ای یا چند جانبه تسهیل می شوند.





## توصیه های بخش انرژی



**توصیه ۱۰:** ادغام تقاضا برای حمل و نقل برقی در برنامه ریزی بخش برق. همچنانکه حمل و نقل برقی به طور فزاینده ای گسترش می یابد، پیامدهای آن برای بخش برق مسجل ترمی شود. با توجه به زمان طولانی لازم برای سرمایه گذاری در بخش برق، ادغام تقاضای پیش بینی شده حمل و نقل در فرآیند برنامه ریزی در طول زنجیره تامین برق، از تولید گرفته تا انتقال، و تمرکز بر توزیع محلی، که بیشترین احتمال وقوع تنگناها در آن قابل تصور است، حائز اهمیت فراوان است. انجام این کار درک واضح تری از پیامدهای (از حیث هزینه کرد) برقی سازی حمل و نقل در بخش برق ارائه می دهد.

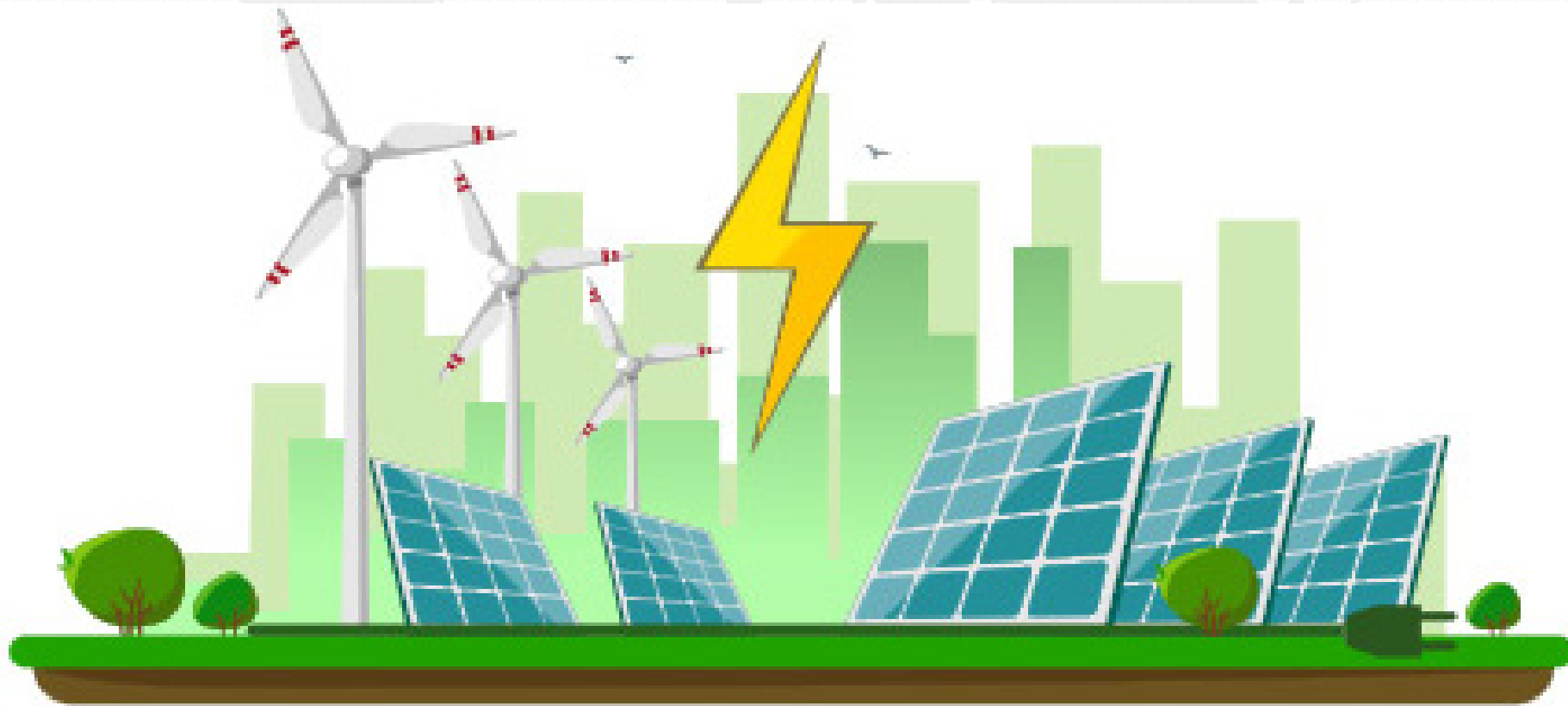




## توصیه های بخش انرژی



**توصیه ۱۱:** اتخاذ تدابیر مدیریت تقاضای برق جهت سوق دادن تقاضا شارژ خودرو به ساعات غیر از پیک. پیامدهای هزینه ای برقی سازی حمل و نقل برای بخش برق به رفتار شارژ و میزان تمرکز آن در ساعات پیک در سیستم موجود بستگی دارد. این امر اهمیت اتخاذ تدابیر به منظور مدیریت تقاضای برق، با هدف تغییر زمان شارژ خودرو را برجسته می سازد. این اقدامات شامل ارائه اطلاعات به مصرف کنندگان با هدف تشویق رفتار کاراتر و معرفی ترتیبات تعویض باتری جهت اتخاذ بازه زمانی عریض تر برای شارژ می شود. در نهایت، زیرساخت شارژ هوشمند که به اپراتور شبکه اجازه می دهد تا بر زمان شارژ وسایل نقلیه نفوذ داشته و به طور بالقوه حتی باتری های خودرو را یکپارچه کنند (به ویژه اگر منابع ذخیره انرژی در سطح سیستم بتوانند این مشکل را حل کنند که خود این امر بدون سرمایه گذاری میسر نخواهد بود). در این بین، یکی از قدرتمندترین ابزارهای موجود مدیریت تقاضا، قیمت گذاری انرژی است.



## توصیه های بخش انرژی



**توصیه ۱۲:** اصلاح ساختارهای تعرفه برق جهت ایجاد انگیزه برای رفتار شارژ کارآمدتر. ساختارهای تعرفه برق پیچیده بوده و در سراسر کشورهای در حال توسعه تحت سلطه ساختارهای تعرفه بلوکی افزایشی هستند (در این ساختار تعرفه ای، مصرف کنندگان به ازاء سطح مصارف مختلف، تعرفه های متفاوتی پرداخت می کنند). چنین طرح هایی می تواند مالکیت خودروی برقی را با نیل شارژ به دامنه مصرف با قیمت بالاتر جریمه کنند. در عین حال، این طرح ها هیچ اقدامی برای تشویق مالکان وسایل نقلیه به شارژ در ساعات خارج از پیک ترتیب نمی دهند. اتکای بیشتر به قیمت گذاری زمان استفاده، که در آن تعرفه های خطی ثابت بر اساس زمان روز تغییر می کند، برای سیستم هایی که در آن وسایل نقلیه برقی بخش فزاینده ای از تقاضا را پوشش می دهند، مناسب تر است. با این حال، اجرای چنین طرح های قیمت گذاری مستلزم سرمایه گذاری قابل توجهی در زیرساخت های اندازه گیری هوشمند است.





## توصیه های بخش انرژی



**توصیه ۱۳:** اصلاح قیمت انرژی برای اطمینان از ارائه مشوق های مناسب جهت ترویج وسایل نقلیه برقی. مقدار مطلق قیمت برق نسبت به قیمت سوخت های مایع، تأثیر مهمی بر انگیزه توسعه خودروهای برقی دارند. همانطور که اشاره شد، وضع مالیات بر بنزین و گازوئیل و در عین حال اعطای یارانه برق ممکن است باعث ایجاد انگیزه بیش از حد برای اجرای طرح برقی سازی ناوگان حمل و نقل شود و بالعکس. در حالت ایده آل، قیمت نسبی حمل و نقل و قیمت برق باید منعکس کننده بار نسبی آلودگی محیطی مرتبط با هریک از آنها باشد.





## توصیه‌های تأمین مالی



**توصیه ۱۴:** حمایت از ایجاد مکانیسم‌های تأمین مالی جهت توزیع کردن هزینه‌های سرمایه در طول زمان. اضافه قیمت هزینه سرمایه برای وسایل نقلیه برقی ممکن است در میان مدت ادامه یابد؛ مساله‌ای که قدرت خرید مصرف‌کنندگان خصوصی، به ویژه مصرف‌کنندگان کم‌درآمد که می‌توانند از مزایای دو چرخ برقی بهره‌مند شوند را به چالش می‌کشد. توصیه می‌شود LMICها به جای اختصاص یارانه‌های نسبتاً پرهزینه برای خرید وسایل نقلیه برقی، از ایجاد مکانیسم‌های تأمین مالی جهت توزیع کردن هزینه‌های سرمایه در طول زمان حمایت کنند. این مکانیسم‌ها شامل روش‌های مختلفی از جمله ارائه خطوط اعتباری با شرایط نسبتاً مساعد، معرفی ترتیبات لیزینگ برای وسایل نقلیه و باتری‌ها، و یا اتخاذ مدل‌های نوآورانه است که در آن یک واسطه در ازای دریافت سهمی از صرفه‌جویی در هزینه‌های عملیاتی، هزینه خرید خودرو را تقبل می‌کند.





## توصیه های تأمین مالی



**توصیه ۱۵:** استفاده از تأمین مالی کربن برای جبران نیازهای سرمایه گذاری عمومی. بسته به شرایط هر کشور، تحرک برقی در برخی موارد می تواند رویکردی کم هزینه یا حتی بدون هزینه برای کاهش کربن داشته باشد. علاوه بر این، تحلیل ها نشان می دهد که اعتبارات اختصاص یافته به کربن زدایی می تواند در اصل بخش قابل توجهی از هزینه سرمایه گذاری، به ویژه سرمایه گذاری عمومی، مانند توسعه زیرساخت های شارژ یا خرید اتوبوس های برقی را پوشش دهد. با این حال، تا به امروز، تجربه چندانی در طراحی معاملات کربن به روشی مناسب جهت حمایت از توسعه تحرک برقی حاصل نشده است.



## توصیه‌های تأمین مالی



**توصیه ۱۷:** بررسی پیامدهای مالی (بودجه‌ای) تحرک برقی و اعمال تعدیل‌های مورد نیاز. همانطور که اشاره شد، با توجه به تغییر الگوهای تقاضا برای وسایل نقلیه و سوخت‌های مرتبط، گذار به تحرک برقی دلالت‌هایی را برای تحول بودجه ریزی کشورها به دنبال خواهد داشت. با توجه به الگوهای رایج مالیات ستانی و اختصاص یارانه برای وسایل نقلیه و انرژی، با برقی‌سازی بخش حمل و نقل، برخی پایه‌های درآمد مالیاتی به ویژه مالیات بر سوخت تضعیف خواهد شد. اگرچه مقدار معینی از مشوق‌های مالی ممکن است برای تسریع این گذار در مراحل اولیه مفید باشد، اما با گذشت زمان، معماری بودجه باید با این واقعیت جدید سازگار شود. مانند بسیاری از گذارها، اگرچه مسیر نامشخص است، اما مقصد نهایی مشخص است. تحرک برقی با عنایت به پتانسیلی که برای حل چالش‌های متعدد توسعه‌ی LMICها دارد یک موضوع سیاستی بسیار مهم است. با این حال، هر کشوری باید زمان و دلیل موجه و معقول خود جهت برقی‌سازی بخش حمل و نقل حق را واکاوی کند. عوامل متعددی از جمله ساختار ناوگان حمل و نقل و وضعیت عرضه انرژی بر روند گذار به تحرک برقی تأثیرگذار خواهند بود. اما برای اکثر کشورها در وهله اول، هدف گذاری وسایل نقلیه پرکاربرد و کوچکتر، هدایت منابع عمومی کمیاب به سمت توسعه زیرساخت‌های شارژ، ارائه مکانیسم‌هایی به مصرف‌کنندگان جهت تسهیل خرید خودروهای برقی، و ایجاد هماهنگی بیشتر با شبکه تولید و توزیع برق منطقه‌ای تر به نظر می‌رسد.

