



استهلاک و اتلاف را همزمان مدیریت می کنند و این مدیریت، بدون مهندسی مواد و پتروشیمی، ممکن نیست.

برده هفتم چون پرده برافتند...

اقتصاد دیجیتال را معمولاً «اقتصاد نامرئی» توصیف می کنند. داده ها در هوا جابه جا می شوند، پول دیجیتال است، ارتباطات نامرئی اند، کار از راه دور انجام می شود و بسیاری از خدمات بدون حضور فیزیکی ارائه می شوند. این تصویر، وسوسه کننده و تا حدی درست است، اما فقط در سطح کاربر.

اگر یک لایه پایین تر برویم، این بی وزنی شروع به فروپاشی می کند. اقتصاد دیجیتال، برخلاف ظاهرش، روی یکی از سنگین ترین، پیچیده ترین و پرمصرف ترین زیرساخت های مادی تاریخ بشر ایستاده است؛ زیرساختی که اگر لحظه ای از کار بیفتد، تمام آن «نامرئی بودن» ناپدید می شود.

گوشی هوشمند خود را تصور کنید؛ وزن دارد، گرما تولید می کند، می شکند، فرسوده می شود و باتری اش عمر محدود دارد. این جسم کوچک، دروازه تو به بانک، بازار، رسانه، آموزش، کار و حتی دولت

بر بودجه عمومی.

در مترو و قطارهای شهری، مسأله فقط سوخت نیست؛ انرژی الکتریکی است. هر تن وزن کمتر، یعنی انرژی کمتر برای شتاب گیری، استهلاک کمتر تجهیزات و فاصله بیشتر بین تعمیرات اساسی. به همین دلیل است که در واگن های مدرن، صندلی ها، پوشش ها، کف پوش ها و حتی بخشی از بدنه، از مواد سبک و مهندسی شده ساخته می شوند.

در مقیاس کلان، این تغییرات مستقیم به زندگی روزمره مردم وصل می شوند، حتی اگر دیده نشوند. هر چه هزینه رفت و آمد کمتر باشد، مصرف انرژی کمتر خواهد بود و هر چه سرمایه گذاری پایدارتر باشد، عمر ناوگان حمل و نقل عمومی بیشتر خواهد بود.

حتی در خودروهای شخصی، این رابطه کاملاً شفاف است. مصرف سوخت پایین تر، یعنی هزینه ماهانه کمتر برای خانوار. در کشورهایی که یارانه سوخت ندارند، این موضوع به شدت ملموس است؛ اما حتی در اقتصادهای یارانه ای هم، مصرف کمتر یعنی فشار کمتر بر منابع عمومی و بودجه دولت.

نکته مهمی که اغلب هم نادیده گرفته می شود، این جاست؛ پتروشیمی در حمل و نقل فقط مصرف کننده انرژی نیست، بلکه کاهش دهنده مصرف انرژی است.



است. بدون آن، نه شبکه های اجتماعی معنا دارند، نه بانکداری آنلاین، نه دورکاری، نه بسیاری از خدمات شهری که امروز بدیهی فرض می کنیم.

از منظر فیزیکی، گوشی هوشمند یک محصول بشدت مادی است. بیش از ۶۰ درصد حجم فیزیکی یک گوشی هوشمند را مواد پلیمری، کامپوزیت ها و مشتقات پتروشیمی تشکیل می دهند؛ از بدنه و فریم گرفته تا عایق ها، کابل ها، چسب ها، پوشش بردهای الکترونیکی و محافظ باتری. این مواد انتخاب نشده اند چون ارزان اند؛ انتخاب شده اند چون سبک اند، مقاوم اند، عایق اند و رفتارشان در مقیاس صنعتی قابل پیش بینی است.

اگر این مواد حذف شوند، گوشی نه تنها گران تر، بلکه سنگین تر، شکننده تر و پرمصرف تر می شود. یعنی دقیقاً بر خلاف منطق اقتصاد دیجیتال. در سطح کلان تر، اقتصاد دیجیتال به سه ویژگی حیاتی نیاز دارد: سرعت، پایداری و مقیاس پذیری و هر سه، بدون ماده، فرو می ریزند. لپ تاپ ها، تجهیزات شبکه و سرورها مثال روشن تری اند. قلب تپنده اینترنت و هوش مصنوعی، نه اپلیکیشن ها، بلکه مراکز داده (دیتاسنترها) هستند. هر ایمیل، هر جست و جوی گوگل، هر تراکنش بانکی، هر تماس ویدیویی و هر درخواست هوش مصنوعی، از این فضاها عبور می کند. این مراکز، از پرمصرف ترین زیرساخت های انرژی در جهان امروزند.

این یک تناقض ظاهری است که با نگاه چرخه عمر حل می شود. تولید مواد انرژی بر است، اما اگر آن ماده باعث شود یک وسیله نقلیه در طول ۱۵ یا ۲۰ سال عمرش، هزاران لیتر سوخت کمتر مصرف کند، تراز انرژی به طور معناداری مثبت می شود.

شهرها هم از این تغییر سود مستقیم برده اند. عایق های صوتی و حرارتی پلیمری در تونل ها، ایستگاه ها و وسایل حمل و نقل عمومی، هم مصرف انرژی را کاهش داده اند و هم تجربه سفر را بهبود بخشیده اند. نوز کمتر، دمای پایدارتر و دوام بیشتر تجهیزات، همه بخشی از همان منطق سبک سازی و بهینه سازی اند.

در مقیاس شهری، کاهش مصرف انرژی فقط به معنای صرفه جویی مالی نیست، بلکه به معنای آلودگی کمتر هوا، کاهش انتشار آلاینده ها و فشار کمتر بر زیرساخت های انرژی است. این جا دیگر بحث انتخاب فردی نیست، بحث سلامت عمومی است. حتی وسایل حمل و نقل سبک شهری- دوچرخه ها، اسکوترها، وسایل اشتراکی- بدون مواد مدرن قابل تصور نیستند. فریم های سبک و مقاوم، لاستیک های پیشرفته و تجهیزات ایمنی سبک، همه در خدمت یک هدف اند؛ حرکت بیشتر، با انرژی کمتر.

در واقع حرکت ارزان تر، همیشه از سوخت ارزان تر نمی آید؛ گاهی از مواد هوشمندانه تر می آید. شهرهای آینده، صرفاً شهرهایی با خودروهای برقی نیستند بلکه شهرهایی هستند که وزن، مصرف،

در دهه های گذشته، فلزات- فولاد، آلومینیوم و چدن- اسکلت اصلی خودروها بودند. مقاوم، اما سنگین. پلیمرهای در پلیمرهای مهندسی شده، کامپوزیت ها و پلاستیک های تقویت شده با الیاف، اما معادله را تغییر داد