نویسنده :ایرالد کولاسی (Erald Kolasi).
منبع وتاریخ نشر : ما نتلی ریبیو« 2018-05-01».
برگردان : پوهند وی دوکتور سید حسا م «مل» .

فزیک سرما یه داری

The Physics of Capitalism

تعریف فزیک : فزیک شاخه علم مربوط به طبیعت وخواص ماده وانرژی است .
موضوع فزیک : متمایز از شیمی وزیست شنا سی، شا مل مکا نیک ، گرما ، نور ، ودیگر ، تا بش ، صد ا ، برق ، مقنا طیس وساختا ر ا تم ا ست .

مردم تما یل نشا ن میدهند که به ارتباط سرما یه داری از لحا ظ اقتصا دی فکر کنند یعنی که میخواهند اقتصا د سرما یه داری را بدا نند. **کارل مارکس** ادعا کرد که سرما یه داری یک نظا م سیا سی وا قتصا دی ا ست که بهره وری نیروی انسا نی را به سود بزرگ تبد یل ویا برمیگردانند .«1» واین سود برای کسانیکه ابزار تولید را در د ست دارند با زمیگردد ؛ توضیح دهند گا ن ویا استدلال کنند گا ن طرفداران مارکس به این با ور اند که سرما یه داری یک نظا م اقتصا دی ا ست که بازار های آزاد وآزادی فرد را ترویج میکند«2» دراینجا مخا لفا ن و طرفد اران **کا رل ما رکس** هردو بطوریکسا ن اغلباً تا ثیرسرما یه داری را از نظر ثروت و درآمد ، دستمزد وقیمت وعرضه و تقا ضا اندازه گیری میکنند.

ایرالد کولاسی سند «PhD» خودراازپوهنتون جورج ماسون در (2016) بد ست آورده

با وجود یکه اقتصاد های انسا نی «بشری» سیستم های بیوفزیکی مغلق وپیچیده ای است ؛ که تا ثیر وسیع تر در دنیای طبعی ویا در زند ه گی میگذارد والبته که هیچ کدام

از آن نمی تواند که بطورکا مل ازنقطه نظر شرایط مادی خود محا سبه شود.با بررسی برخی ازمفاهیم اسا سی در فزیک ما میتوانیم درک بهتر از اینکه چگونه تمام سیستتم های اقتصادی کارمیکند ؛ ازجمله راه هایی که فعالیت های وسیع انرژی ازسرمایه داری موجب تغیرانسا ن وسیا ره میشود یعنی که ا نسا ن وسیا ره ای را که انسان درآن زیست دارد تغیر میدهد.

این مقا له توضیح میدهد که چگونه ویژه گی های اساسی هردو یعنی موجود طبعی واقتصا دی ما بستگی به اصول ترمودینا میک دارد ؛ که روابط بین مقادیر مانند انرژی ،کار وحرارت را بررسی میکند. درک درست ودقیق از اینکه چگونه سرما یه داری درسطح فزیکی کار میکند؛ میتواند بما کمک کند تا درک کنیم که چرا نظام اقتصا دی بعدی ما باید بیشتر زیست محیطی ، اولویت بندی ثبات وسازگاری طولانی مدت با محیط زیست جهانی که بشریت را حفظ میکند با شد.

چنین درک ویا فهم نیا ز به ملاحظه یا نگاهی به برخی مفاهیم مرکزی واساسی در فزیک دارد که این هاعبارت اند ازانرژی ،انتروپی (entropy) تخریب (dissipation) وقوانین مختلف موجود در طبیعت که آنها را باهم مرتبط میکند. ویژه گی های مرکزی ویا اساسی وجود طبعی ما بعنوان موجودات زنده وبعنوان انسا ن از تعا ملات جمعی توسط این واقیعتهای فزیک هسته ای بیا ن میشود ظهور میکند. با وجودیکه این مفاهیم بدون ارجاع به مُد لها ونظریات خاص میتواند دشوار با شد. اما ویژه گی ها ی کلی آنها را میتوان برای تحلیل وتجزیه تقطع قدرتمند بین فزیک واقتصاد مورد بررسی قرارداد.

تبد یل انرژی بین سیستم های مختلف تا ثیر تعین کننده ای بر نظم، فا ز وثبات ماده فزیکی دارد. انرژی میتواند بعنوان یک ویژه گی فزیکی محافظت شده تعریف شود که میتواند حرکت کند مانند کار یا گرما را درزمانی که دربین سیستم های مختلف مبادله میشود تولید کند.«4»- انرژی جنبشی (Kinetic) وانرژی با لقوه(Potential) دو شکل مهم ذخیره سازی انرژی است که مجموع ازاین دو مقدارانرژی بعنوان انرژی میکانیکی شناخته میشود. یک کامیون یا یک موتر باربری که دریک شاهراه (بزرگ راه) به سرعت درحرکت باشد- مقدار خوبی از انرژی جنبشی یعنی انرژی مرتبط با حرکت را میدهد؛ تخته سنگی که در لبه یا کناره یک صخره دربالا وپاین قرار داشته ودرحرکت باشد دارای انرژی پوتانسیل بالایی است یا انرژی مرتبط وتوام با موقیعت اش دارد که اگر بالای آن فشار کمی وارد شود انرژی بالقوه آن به نسبت تحت تاثیر جاذ به زمین (gravity) تبد یل به انرژی جنبشی میگردد و بعداً خاموش میشود ؛ هنگامیکه سیستم های فزیکی تعامل میکند«5» ؛ انرژی به شکل های مختلف تبدیل میشود ؛ اما مقدار کلی آن همواره ثابت باقی می ماند. حفا ظت ویا ذخیره کردن انرژی نشا ن میدهد که دهانه ای جریان های دهانه ای کل ا نرژی خروجی (total Energy out put) با ید

با دهانه ای کل انرژی ورودی(total Energy in put) برابربا شد.«6»
انرژی درمیان سیستم های مختلف نشان دهنده موتور کیها ن (Cosmos) ا ست وآ ن درهمه جا اتفاق می افتد. ؛ بطوریکه اغلباً ما آ نرا به سختی می بینیم ویا به آن متوجه می شویم ؛ گرما (حرارت) بطور طبعی ازمناطق گرما به مناطق سرد تر جریان می یابد – بنا بران قهوه ما هنگام صبح سرد میشود؛ زرات از منا طق فشا ر بالا به مناطق فشار پا ین حرکت میکند وبنا براین باد شروع به وزیدن می کند؛آب ازمناطقی با انرژی کم پتانسیل ایجاد میکند ورودخا نه ها جریا ن پیدا میکند ؛ چارج های الکترونیکی از مناطق با ولتاژ بالا به منا طق با ولتاژ پا ین سفر میکندودرنتیجه جریان ها از طریق ها دی ها (conductors) آزاد میشود. جریا ن انرژی از طریق سیستم های فزیکی یکی ازشا یع ترین ویژه گیهای طبیعت است وبعنوان مثال نشان میدهد که جریا ن های انرژی نیاز به شیب (gradients) تفاوت های دما (tempreture) ؛ فشار ؛ تراکم ویاعوامل دیگر دارد بدون این گرادین ها ویا شیب ها طبیعت هرگز جریان های خالصی را تحویل نمیدهد و تمام سیستم های فزیکی درتعادل باقی خواهد ما ند وجهان بی روح وروان وبسیار خسته کننده خواهد بود .

جریان های انرژی نیز مهم است زیرا میتوانند کارمیکا نیکی را تولید کند که هر واکنش ماکروسکوپی درپاسخ به یک نیرو است ، بلند کردن وزن وضربه زدن توسط توپ هردو نمونه ای از انجام کارمیکا نیکی دریک سیستم د یگر ا ست – یک نتیجه مهم ازفزیک کلاسیک مقدارکا ری را به تغیرانرژی میکانیکی یک سیستم فزیکی معادل میکند ویک رابطه مفید بین این دو متغیر ها را نشا ن میدهد . «7»

اگرچه که جریان های انرژی می تواند کار را ایجاد کند که نادراً بگونه موثر کار را ایجاد میکند.سیستم های بزرگ ماکروسکوپیک (Macroscopic) ،ما نند کا میون ها یا سیا رات ازطریق تعاملات ویا فعل وانفعال شان با دنیای خارج انرژی میکا نیکی را بطورمعمول ازدست میدهد ویا بد ست می آورد ، که بازی کن اصلی وعمده دراین درام اتلاف ویا تخلیه (dissipation) است که بعنوان هر فرایند ویا روندی که انرژی میکانیکی چه بگونه قسمی ویا کلی قابل دریا فتی که بواسطه سیتم فزیکی تولید شده است به نسبت تبدیل شدن آن به گرما یا حرارت (heat) ویا دیگر محصولات کاهش می یا بد ویا حذف میشود «8» دراثرهمکاری محیط خارجی ، سیستم های فزیکی اغلباً انرژی میکانیکی را درطول زما ن ازطریق اصطکا ک (friction) ، نفوذ (diffusion) آشفتگی (turbulence) ارتعا ش (vibration) برخورد (collisions) ود یگر اثرات تخریب کننده مشا به که ازهر منبع انرژی بطور کامل به کارمیکامیکی منتقل میشود ازدست میدهد یک مثال ساده وعام فهم آن اینکه اگرما د ست های خودرا باهم به سرعت حرکت دهیم انرژی میکا نیکی که از اثر ما لیدن دست های ما بوجود می آید به سرعت

تخلیه وآزاد میشود . درد نیای طبعی ؛ جریا ن های انرژی ما کروسکوپیک اغلباً به نسبت که ازیک نوع به نوع دیگر همراه میشود ضا یع و اتلاف میشود . سیستم های فزیکی که میتوانند انرژی را ازبین ببرند ؛ قادر به فعل وانفعالات غنی وپیچیده ای اند وباعث میشود که انهدام ویا تخلیه (dissipation) یک ویژ ه گی اصلی ومرکزی از نظم طبعی با شد دنیای که بدون تخلیه وتجزیه (dissipation) وبدون فعل وانفعالات که امکان پذیر باشد دشوار است که تصور شود . اگر اصطکا ک بطور ناگها نی از جهان نا پد ید شود مردم درهمه جا ها مواجه به لغزش وبی موازنگی خواهند شد ؛ وما قا در نخواهیم بود که برای نقل وانتقال خود ازیکجا به جای دیگر از اتومبیل خود استفاده کنیم چونکه چرخ ها ویا عراده ها ودستگاهای میکا نیکی د یگر با زمین وسطوح دیگر در اصطکاک قرارنخواهند گرفت وبا درنظرداشت این اصل ما قادر نخواهیم بود که دست های خودرا نگه داریم ویا نوزادان مارا درآغوش کشیم ویا آنها را درآغوش خود محکم گیریم ، بدن ما به سرعت خواهد پوسید ویا اینکه سا ختا رهای هستولوژیکی واناتومیکی آن از بین خواهد رفت وجهان برای ما بیگا نه وغیر قا بل تشخیص خواهد شد.

برگشت ناپذ یری (تعریف آن را در جدول ویا درچوکات ذیل مطالعه کنید از ویکی پید یا ..مترجم) هرچه نزدیکتربه **انتروپی** که یکی ازمهمترین مفاهیم در ترمود ینا میک

برگشت‌ناپذیری (به انگلیسی: Dissipation) یا هدررفت، به نتایج حاصل از فرایند برگشت‌ناپذیر که در سیستم ترمودینامیکی ایجاد می‌گردند گفته می‌شود.

در فرایندها انرژی‌های جنبشی، پتانسیل و درونی از نخستین حالت به گونهٔ دومی تبدیل می‌شوند که در فرایندهای برگشت‌ناپذیر (بر خلاف فرایند برگشت‌پذیر) اندازهٔ برایند انرژی‌های نخستین با مجموع انرژی‌های ثانویه برابر نیست.

برای نمونه انتقال گرما، هدررفت یا اتلاف انرژی است زیر انتقالی میان جسم داغ با انرژی درونی بیشتر به جسم سرد است.

بر اساس قانون دوم ترمودینامیک میزان تغییر آنتروپی متناسب با دما است ولی در سیستم ایزوله کاهش نمی‌یابد.

این فرایندها آنتروپی با نرخی ثابت و قابل پیش بینی (نگاهی به تولید آنتروپی بیندازید) ایجاد می‌کنند. نرخ زمانی، دمایی تولید آنتروپی در محیط موجب هدرفت توان می‌گردد.

از بهترین مثالهایی که برای هدررفت انرژی می‌توان به: گرمای هدررفته در مقاومتهای حرارتی، حرکت سیالها، پدیده واپخشی، واکنشهای شیمیایی و مقاومت الکتریکی ناشی از جریان برق اشاره کرد.

است . درحا لیکه انرژی حرکتی یا جنبشی تولید شده تو سط سیستم های فزیکی را اندازه گیری میکند . **انتروپی** چنین تعریف ستاندارد در فزیک دارد : که همه آنها معادل اند . یک تعریف عمومی از ترمو د ینا میک کلا سیک بیا ن میکند . که **انتروپی** مقد ا ر انرژی حرارتی درواحد دمای (tempreture) است که برای کارمیکا نیکی

درطول یک روند ترمود ینا میکی غیر ممکن است «9» یکی دیگر از تعاریف مهم از فزیک آما ری (statistical physics) ا ست که به چگو نگی پیوند بخش های میکروسکوپی(microscopic) ا ز طبیعت می پردازد برای تولید نتا یج بزرگ ماکروسکوپی ؛ ا نتروپی اندزه گیری روش های مختلفی است که حالتهای میکروسکوپی یک سیستم بزرگتر را بدون تغیر این سیستم میتوان دوباره مرتب کرد.«10» یک مثال قوی ویا کانکریتی : یک گاز معمولی و یک جامد معمولی را در تعادل نگاه کنید. انرژی دراین دو مرحله از ماده بسیار متفاوت است ؛ گاز دارای یک انتروپی بالاتر از جا مد ا ست . زیرا ذرات گاز دارای تنظیمات انرژی بیشتری نسبت مکا ن های اتمی ثا بت درجا مد ا ت وکریستال است که تنها طیفی از تنظیما ت ا نرژی را حفظ میکندتا که نظم اساسی «11» آنها حفظ شود ما باید تاکید کنیم که مفهوم انتروپی به پیکر بندی (configuration) خا صی از ماده ماکروسکوپی اعما ل نمی شود بلکه بعنوان محدودیتی درتعداد پیکر بندی های احتما لی که یک سیستم ما کروسکوپی درتعا مل میتواند داشته باشد ؛ اعمال میشود.

انتروپی یک ارتباط عمیق با اتلاف(با برگشت نا پذ یری) از طریق یکی ازمهمترین قوانین ترمو دینا میکی دارد که جریان حرارت یا گرما هرگز نمیتواند بطور کا مل به کار تبدیل شود«12» تعا ملات متقا رن ویا فعل وانفعا لات اطمینا ن مید هد که سیستم های فزیکی همواره بعنوان گرما مقدار انرژی را درهر فرایند ترمودینامیکی طبعی ازد ست میدهد. که درآنجا اصطکا ک ودیگر اثرات مشا به وجود داشته با شد . نمونه های واقعی درجهان از این تلفا ت ترمودینا میکی شا مل انتشار موتورهای از خودرو « موتر های تیز رفتار» و جر یا ن های الکتریکی ا ست که با مقاومت مواجه میشوند وفعل وانفعالات لایه های مایع ویسکوزیتی(چسپند گی) راتجزیه میکند. در ترمودینامیک این پدیده ها اغلباً غز قابل برگشت است. تولید مد وام انرژی گرما یا حرارت از پدیده های غیر قابل برگشت به تتدریج سبب کاهش انرژی میکا نیکی میشود که سیستم های فزیکی می تواند از آن بهره برداری کند با توجه به تعریف اندروپی ، تخلیه انرژی میکانیکی مفید معمولاً به این معنی ا ست که انتروپی افزایش می یابد . قسمیکه بطور رسمی بیان شده ا ست مهمترین نتیجه هر فرایند غیر قا بل برگشت، افزایش ا نتروپی ترکیبی یک سیستم فزیکی ومحیط اطراف آن ا ست . یک سیستم جدا شده ا نتروپی تا زمانیکه به حد اکثر مقدارخود برسد افزایش می یابد تا که درآن نقطه ؛ سیستم مذکور به تعادل برسد برای روشن شدن این اخرین مفهوم تصورکنید – که گاز قرمز وگاز آبی توسط یک پارتیشن در داخل یک ظرف جدا و مهر وموم شده است – وقتی که این پارتیشن ازبین برده شودچنان تعامل رخ میدهد که این دوگاز باهم مخلوط میشوند ودر نتیجه گاز به رنگ بنفش به نظر می آید واین پیکره بندی نشان دهنده تعادل حالت حد

اکثر انتروپی است. ما همچنین میتوانیم فرسایش را بمفهوم انتروپی درفزیک آماری مرتبط کنیم . گسترش انرژی گرما ازطریق سیستم های فزیکی حرکت مالیکول های آنها را به چیزی بیشترتصادفی وپراگنده تغیرمیدهد وتعداد میکروستات را افزایش میدهد که میتواند خواص ماکروسکوپی سیستم را افزایش دهد لذا انتروپی را به معنی وسیع کلمه میتوان به عنوان گرایش طبیعت به تغیر حا لت های انرژی در توزیع ها یی که انرژی میکانیکی را ازبین می برد دا نست.

توضیح وتوصیف« ا نتروپی سنتی » که در بالا ازآن ذکرشد، در رژیم ترمو دینامیک کار برد تعا د ل دارد ؛ اما در دنیا ی واقعی ، سیستم های فزیکی به ند رت در درجه حرارت یا «دمای» ثابت ، درحا لت کا مل تعادل یا در انزوا کامل ازبقیه جهان وجود دارد . زمینه ترمودینامیک غیر تعادلی خواص سیستم های ترمودینامیکی را بررسی میکند که به اندازه کافی دوراز تعا د ل، ما نند موجودات زنده یا انفجا ر بمب ها عمل میکند .سیستم های غیر تعادل انرژی حیا تی جها ن ا ست ؛ که آن جها ن را پویا وغیر قابل پیش بینی می سا زد.

ترمودینامیک مدرن بعنوان کار درحال پیشرفت باقی مانده است ، اما آن را برای موفقیت طیف گسترده ای از پدیده ها ازجمله جریان گرما ، تعامل گاز های کوانتومی ساختار های برگشت ناپذیر وحتی آب وهوای جهانی مورد استفاده قرارمی دهد . «13»

هیچ مفهوم پذیرفته شده عمومی ویا جهانی از انتروپی درغیر شرایط فزیکی وجود ندارداما فزیکد ا نان پیشنها دا ت مختلفی دراین راستا ویا دراین مورد ارایه داه اند« 14» که همه آن پیشنهادات شا مل زمان برای تحلیل تعا ملات ترمودینا میکی است وبما اجازه میدهد تا نه تنها تعین اینکه آیا انتروپی به سمت بالا یا پایین حرکت میکند؟ یا اینکه چگونه سریع ویا به آرامی سیستم های فزیکی می تواند درمسیر خود به تعادل تغیر کند. بنا براین اصول ترمودینامیکی مدرن در کمک به ما در درک رفتار سیسم های دنیای واقعی، از جمله خود زندگی ضروری ا ست .

هدف فزیکی مرکزی تما م اشکال زندگی ، جلو گیری از تعا دل ترمود ینا میکی با بقیه ویا تمام محیط زیست است که بطور مدوام انرژی را تخلیه ویا ضایع میکند همانطور که **اروین شرودینگر** (Erwin Schrodinger) فزیکدان در دهه (1940) پیشنها د کرد «زما نیکه ازترمود ینا میک غیر تعا دل استفاده کردتا ویژه گیهای کلیدی زیست شناسی را تحت مطالعه قرار دهد ،ما میتوانیم این اهداف حیاتی را که لازمه ای انتروپیک است بیان کنیم »همه موجودات« 15» زنده انرژی ازیک محیط خارجی مصرف میکنند یعنی از آن انرژی برای سوختن فرایند هایی بیوشیمیایی حیاتی ودیگر فعل وانفعالات استفاده میکنند وسپس بیشترین انرژی مصرفی را که به محیط زیست رسیده است ازبین می برد ازبین بردن انرژی به یک محیط خارجی اجازه میدهد تا موجودات زنده نظم وثبات

سیستم های بیوشیمی خودرا حفظ کنند. توابع ویا عملکرد حیا تی زندگی بطور بحرانی به این ثبات انتروپیک از جمله توابع ویا عملکرد مانند هضم ، تنفس ، ا نقسا م سلولی وسنتیز پروتین بستگی دارد. چه چیزی با عث زند گی منحصر به فرد بعنوان یک سیستم فیزیکی می شود ، انواع مختلفی از روش های تخریب که از جمله تولید گرما انتشار گازها واخراج زبا له ها یا مواد فضله اضا فی است .این ظرفیت فراگیر برای ازبین بردن انرژی چیزی است که به زندگی کمک میکند تا انحصار انتروپی را حفظ کند درواقع فزیکدان جرمی (Jeremy) ا نگلستا ن استدلال کرده ا ست که سیستم های فزیکی دریک حمام گرم با حجم زیا دی از انرژی می تواند ا نرژی بیشتری را ازبین ببرد «16» این« انطبا ق پذ یری ردیا بی = dissipation driven adaptation» میتواند منجر به ظهور خود بخودی نظم ،تکرار وخود مجموعه شود و درمیان واحد های میکروسکوپی ماده ، یک سرنخ بالقوه را در دینامیک منشا ء زندگی به ارمغان می آورد .سازمانها همچنین از انرژی مصرفی خود برای انجام کار مکانیکی استفاده میکنند بگونه مثال راه رفتن، درحال اجرا، بالا رفتن یا تایپ کردن با گذاشان انگشت به روی کیبورد(keyboard) این موجودات با دسترسی به منابع انرژی زیاد میتوانند کار بیشتری را انجام دهند وانرژی بیشتری را ازبین ببرند وشرایط اصلی ومرکزی زند گی را رضا یت بخشند .

روابط ترمودینامیکی بین انرژی ،انتروپی وانقطاع نیز محدودیت های قدرتمندی را در رفتار وتکا مل سیستم های اقتصا دی بوجود می آورد «17» - اقتصا د ها سیستم های پویا وعاجل است که همه بواسطه شرایط اجتماعی وزیست محیطی به نحوه خاص عمل میکنند .دراین زمینه اقتصاد ها سیستم های غیر تعادل است که قادر به فرسایش سریع انرژی به محیط خارجی است که تمام سیستم های دینامیکی از برخی مخزن های انرژی بد ست می آید وباجذ ب منظم انرژی شد یداً به اوج خود میرسد و سپس ناشی از تغیرات داخلی وخارجی موجب انسد ادجریا ن های حیا تی انرژی می شود ویاغیرممکن می سازد که انرژی اتلاف شده ای بیشتری راحفظ کند ویا ازدست ندهد آن حتی میتوانند طوفا نهای طولانی مد ت را برای مد ت زما ن طولانی رشد میدهد و سپس کا هش پیدا میکند وبعداً دوباره رشد می کند تا قبل ازآنکه نا پد ید شود. تعا ملات بین سیستم های دینامیکی می تواند نتایج بسیار ناگهانی ایجاد کند . اما گسترش وانقباض انرژی ویژه گی های اصلی همه سیستم های د ینا میکی ا ست. انرژی مصرف شده توسط همه سیستم های اقتصادی شده میتواند که یا به کا ر میکا نیکی ومحصولات فزیکی ازآن کار تبدیل شود ویا اینکه بشکل ساده ازبین میرود وبه محیط زیست منتقل میشود. ما میتوانیم کارایی جمعی یک سیستم اقتصادی را به عنوان کسری از تمام انرژی مصرف شده تعریف کنیم که به ایجاد کار میکا نیکی وانرژی الکتریکی با نجا مد .اقتصا د هایی که

مقدار کار میکانیکی را بوجود می آورد میتوانند که کالاها وخدمات بیشتری را تولید کند ؛ اما هرچند آنچه که مهم است این است که کارمیکانیکی ، کسری نسبتاً کم مصرف انرژی درهر اقتصاد است ، اکثریت قریب به اتفاق انرژی های مصرف شده توسط همه اقتصادها به طور منظم ازطریق زبا له ها ، تلفا ت ودیگر انواع ضا یعا ت ویا تلفا ت انرژی به محیط زیست میرسد .

در طول تاریخ، رشد اقتصادی به شد ت وابسته به افرادی ا ست که ازمحیط طبیعی خود انرژی بیشتری مصرف می کنند. [18] وقتی انسان ها شکارچیان و علوفه داران بودند، دارایی اصلی که کارمکانیکی را انجام می داد، عضلات انسانی بود. شیوه زندگی عشایر ما حدود 200،000 سال طول کشید. اما پس از عصر یخبندان، اختلالات قابل ملاحظه ای رخ داد. در طول هزاران سال، تغییر شرایط زیست محیطی در سراسر جهان، گروه های متعددی را مجبور کرد تا گیاه خواری و کشا ورزی را تصویب کند. اقتصاد کشا ورزی به شد ت به گیاهان کشت شده وحیوانات اهلی کمک می کند تا به تولید مازاد مواد غذایی و سایر کالاها و منا بع کمک کنند. این شیوه های تولید و مصرف زراعتی تقریبا ده هزار سا له جوامع انسا نی را تحت تأثیر قرار داد اما در نها یت با یک سیستم ا قتصا دی جدید جا یگزین شد. سرمایه داری از طریق گسترش استعمار، امواج صنعتی شدن، گسترش بیما ری های اپید می، مبارزات نسل کشی علیه مردم بومی و کشف منابع انرژی جدید گسترش یا فت. «19»

پس از آن اقتصاد جهانی تبدیل به یک سیستم باهم درارتباط از امورمالی ، کامپیوتر، کارخانه ها ، وسایل نقلیه ، ماشین الات وغیره وغیره شد – تا جایکه ایجاد و حفظ این سیستم نیاز به یک انتقا ل بزرگ به سمت بالا (upward transition) در میزان ویا درنرخ بهره وری انرژی از محیط طبیعی ما بود . در روزهای کوچیگری (اساطیر) ما نرخ روزانه مصرف انرژی سرانه درحدود (5000) کیلو کالری «20» بود که تا سال (1850) مصرف سرانه سالانه به حدود (80000) کیلو کالری در روز رسید واز آن زمان به بعد این مصرف به حدود (250000) کیلو کالری تا امروز رسید «21».

از دیدگاه فزیک ، یکی از ویژه گی های اساسی تمام اقتصاد های سرما یه داری میزان ویا نرخ مصرف بالای انرژی است که به رشد اقتصادی .ما زاد ما لی متمرکز شده ا ست .

استقرار جمعی دارایی های سرمایه داری میتواند سطوح کار میکانیکی باورنکردنی ایجاد کند وبمردم امکان میدهد که بیشترتولید کنند ،فاصله های زیادی راطی کنند واجسام سنگینی را دربین کارهای دیگر بلند کنند- همچنان مطلب قا بل تذ کر اینکه سرمایه داری نسبت به هر سیستم اقتصادی قبلی بسیا ر نیرومند ا ست که پیا مدهای بی نظیر آن زیست محیطی را ایجا د میکند. که ممکن است وجود آن سرمایه داری را تهد ید کند.

هنوز ثا بت نشده ا ست که بشریت چه مد ت میتواند فعالیت های شدید سرمایه داری را پشت سر بگذارد اما شکی نیست که فانتزی رشد بی پایان وسودآسان میتواند ادامه یابد . تمام سیستم های دینامیک باید درنهایت به پایان برسد.

در طول دو قرن گذشته، اقتصادهای سرمایه داری ناکارآمد مقدار زیادی از مصارف انرژی را به محیط طبیعی خود درقالب زبا له، مواد شیمیا یی،آلاینده ها وگازهای گلخانه ای تخلیه کرده است. اثرکل اینهمه زباله و فاضلاب اساسا موجب تغییر جریانهای انرژی شدید در سراسر محیط زیست شده است و موجب بحران اجتماعی و زیست محیطی در جهان طبیعی شده است. این بحران اجتماعی و زیست شناختی هنوز در مراحل اولیه خود است، اما پیش از این ، فاجعه ها یی ما نند جنگل زدایی، گرمایش جها نی، اسیدی شدن اقیانوس وزیان های قابل توجهی درتنوع زیستی ایجاد کرده است. [22] تغییرات انقلابی درسیستم اقتصادی و اجتماعی ما، این بحران تنها ادامه خواهد یا فت. هما نطور که این اتفاق میافتد،مشکلات جمع آوری شده دردنیای طبیعی باعث زنده ماند ن طولانی مد ت تمد ن جهانی خواهد شد.محصولاتی که توسط آن به محیط زیست نفوذ می کنیم ممکن است برای ما بی فایده باشد، اما اغلب به عنوان مخزن انرژی برای سا یر سیستم های دینا میکی استفاده می شود.تلفات انرژی اغلب اثر تقویت کننده ای برتمدن انسا نی دارد، به ا ین معنی که هزینه های واقعی آنها بسیاربیشترازآنچه ممکن است قابل مشاهده یا درک عمیق با شد.شرایط غیر بهداشتی درشهرها را درطول تاریخ بشر بیشتر در نظر بگیرید. شهرها دراقتصا دهای پیش مدرن معمولا کثیف بود، با زبا له ها وزبا له های فراوان بسیاری ازفضاهای عمومی. با این حال این تلفات انرژی منبع مهمی برای غذا و تغذیه برای انواع مختلفی از موجودات زنده ،به ویژه حشرات ودیگرحیوانات کوچک است که می توانند درمیا ن تمدن انسا نی زنده بما نند. هنگا می که این موجودات به بیما ری های مرگبا ر مبتلا شد ند، زبا له های انسا نی کمک کرد تا اعداد خود را دقیقا در بد ترین مکا ن ها قرار دهند منا طق پر تراکم ما نند شهرهای. به عنوان یک نتیجه، بیما ری های اپید می«همگیر» معمولا عواقب مرگ و میر بیشتری را درمقا یسه با آنچه که درغیر این صورت بود، با قتل عا م غیرقا بل تصور مرگ سیاه به عنوان یک نمونه اولیه می دانستند.

امروز ما با نسخه های خود این مشکل باستا نی مواجه هستیم ، اما در مقیا س بسیار بزرگتر. چند نوع گاز در فضا وجود دارد که به عنوان گا زهای گلخانه ای شناخته می شود، و قا در به جذب تا بش گرمای خروجی است. هنگا می که این گا زها در اتمسفر شعاع ویا رادیشن را جذب می کند وبعداً تا بش را به سطح سیاره انتشار می دهد، تعداد زیادی فوتون الکترون ها، اتم ها را تحریک می کند. ، و مولکول ها در سطح به حالات انرژی بالاتر، دراین روند اثر گلخانه ای نامیده میشود. . این تحرکات و نوسانات اضافی

در سطح میکروسکوپی به طور کل نشان گر گرمائی است که ما در سطح ماکروسکوپی تجربه می کنیم. اثر گلخانه ای حیاتی است چرا که زمین را به اندازه کافی قابل سکونت می سازد «25.» در طول دو قرن گذ شته، کشورهای ثروتمند و صنعتی ، با افزایش حجم زیادی گازهای گلخانه ای جدید به جو زمین، باعث تقویت این فرایند طبیعی شده اند گرما یش جهانی بیشتر است. این تقویت مصنوعی اثر گلخانه ای تا به حا ل پیامدهای عمیقی برای گونه های ما و دیگران داشته ا ست. تحریکا ت حرارتی از یک اثر گلخانه ای تقویت شده اغلب به عنوان مخزن انرژی قدرتمند برای سا یر سیستم های دینامیکی و پدیده های طبیعی ، از جمله طوفان ، سیل ، خشکسا لی، سیکلون ها، آتش سوزی ها، حشرات، ویروس ها، باکتری ها و جلبک ها جلبک عمل می کند.«26»

سیاره گرم شده می تواند مکانیسم بازخورد (feedback) مثبت درآب وهوا را نیز تقویت کند که می تواند باعث گرم شد ن بیشترشود ، که فراتراز آ نچه که قبلا ناشی ازانتشا ر گازهای گلخانه ای ما ست. این سازوکارها، مانند ذوب شدن یخ دریا و انجماد مرطوب، اجازه می دهد که این سیاره انرژی خورشیدی بیشتری را جذب کند ،درحالی که به طور طبیعی مقدار زیادی از گازهای گلخانه ای را منتشر می کند.« 27». هرج و مرج ناشی از آن هر گونه اقدام انسانی برای کاهش بی نظمی گرمایش زمین را ارایه می دهد. این دقیقا همان چیزی است که ما باید نگران باشیم: هرج و مرجی که ما از طریق سیستم سرمایه داری به سوی سیاره بیرون می آوریم راهی برای ایجاد یک نوع جدیدی از نظم وجود دارد که خود انسان را تهد ید می کند.هما نطور که سرمایه داری گسترش می یابد، بحران زیست محیطی بد تر خواهد شد. سیستم های دفاعی شد ید طبیعت به طور فزاینده با تمدن های ما ارتباط برقرارمی کند «28» ومیتواند جریان های حیا تی حیا ت را که از بازتولید اجتماعی و فعالیت های اقتصادی حما یت می کند، به شدت مختل سازد.

مناطق با تراکم جمعیت بالا که درمعرض ابتلا به بلاهای طبیعی مواجه ا ست، به ویژه آ سیب پذ یراست.هنگامی که درسال 1970در شرق پاکستان رخ داد، تقریبا 500000 نفر کشته شد ند و موجب شورش و تظاهرات گسترده شد که به یک جنگ داخلی منجر شد و به ایجا د یک کشور جدید بنا م بنگلادش کمک کرد. مطا لعا ت متعدد نشا ن داده است که بدترین خشکسا لی حمله به سوریه در تقریبا یک هزار سا له تا حدودی مسئول تنش های اجتماعی و سیاسی ا ست که در جنگ داخلی فعلی به وجود آمد «29» آب و هوا یک سیستم دینامیکی انعطاف پذ یر است که قادر به جذب بسیاری از تغییرات جوی مختلف ا ست، اما این ا نعطاف پذ یری محدودیت های برای بشریت نیز دارد در صورتی که تلاش می کند تا آنها را تحمل کند، همان است که در معرض مشکلات جدی قرار میگیرد.

این استدلال، یکی ازعمیق ترین نقاط ضعف درنظریه اقتصادی مدرن را برجسته می کند: که فا قد یک پایه علمی است. فلسفه های اقتصادی ارتدوکس، از مونیتاریسم تا سنتز

نئوکلاسیک، برتوصیف ویژگی های ما لی گذارسرما یه داری تمرکز می کند و این اشتباهات را برای قوانین طبیعت ناپایدار و جها نی انجام می دهد. اقتصاد کاپیتالیستی تا حد زیادی تبد یل به یک فلسفه متا فیزیکی شده است که هدف آن ارائه یک مبنای علمی برای اقتصاد نیست، بلکه برای تولید تبلیغات پیشرفته طراحی شده برای محا فظت از ثروت و قد رت نخبگان جها نی است. هر توضیحی علمی از اقتصاد با ید با درک اینکه جریان انرژی و شرایط زیست محیطی - هیچ "د ست نا مرئی" بازار - پارامترهای ماکروسکوپی درازمد ت تمام اقتصادهارا آغازنمی کند، که باید آغاز شود. مشارکت های مهم دراین راستا ازمنظر اقتصا د زیست محیطی، به ویژه در آ ثا رهسته ای توسط اقتصاددانان نیکلاس جورجسو- روژن و هرمان دالی، و همچنین از سیستم اکولوژیست هاوارد **ادوم**« 30» صورت گرفته است. **مارکس** خود ش نگرانیهای اکولوژیکی را در اند یشه اقتصادی و سیاسی خود قرار داده است «.31» مشارکت ا ین و دیگر متفکران نشان داد که ویژگی های اقتصادی جها ن، خواص فزاینده ای ا ست که از طریق واقعیت های فیزیکی و شرایط محیطی شکل گرفته ا ست ، و درک این شرایط برای هر گونه شناخت اسا سی اقتصاد ضرورا ست.

اندیشه های اکولوژیکی از مدارس ارتدوکس اقتصاد به روش های اساسی متفاوت است. مهمتر از همه، نظریه اکولوژیک می گوید که ما دیگر نمی توانیم از تلفات و ضایعات ناشی از "اثرات خارجی" و "هزینه های انجام کسب و کار" برخوردار باشیم، با توجه به اهمیت این زیان های انرژی در شکل دادن به تکامل دینامیکی سیستم های اقتصادی. چه اقتصاددانان جریان اصلی به نام "اثرات خارجی" عبارتند از محصولات فیزیکی که ما به محیط زیست می ریزیم - مثل همه چیز مانند آلودگی ها و زبا له های پلاستیکی مواد شیمیایی سمی و گازهای گلخانه ای. واز سوی هم عواقب زیا ن های شد ید انرژی می تواند تأ ثیر زیا دی بر تکامل آینده سیستم های دینا میکی داشته با شد. هما نطور که دانشمندان به طور مداوم ایستادگی می کنند، تلفات انرژی از اقتصادهای مدرن ما چنان بزرگ و شدید است که آنها اساسا تغییر جریان انرژی کل ecosphere، از تقویت اثر گلخا نه ای به شیمی در حا ل تغییر اقیانوس ها است. بعضی از این غلظت های جد ید انرژی پس از آن به عنوان مخازن عمل می کند که توان تشکیل و کا ر سیستم های دینامیکی دیگر را دارد که اغلب فعالیت های عا دی تمدن را مختل می کند. از این رو اقدا ما ت ما دلیل اصلی نیست که بتواند ا قتصاد را ازدنیای طبعی آن جدا سا زد ا گر اثرات ناشی از زیا ن های انرژی ما به اندازه کافی قدرتمند برای نا بود کردن کا رهای عادی تمدن های ما با شد، هیچ تعداد سیا ست های هوشمندانه اقتصادی ما را از خشم طبیعت نجات نخواهد داد. «32»

اکثر مردم با قدرت امروز بر این باورند که ما می توانیم سرمایه داری را با دقت مدیریت کنیم وازبد ترین اثرات بحران زیست محیطی جلوگیری کنیم. سرسپردگی مرد م که به تکنولوژی ازخود خوشبینی نشا ن می دهند وبه این با ورهستند که نوآوری های

تکنولوژی می تواند مشکلات اساسی که مردم به آن مواجه اند بعد ازشناخت پرابلم حل گردد. مثل از طریق تصویب منابع انرژی تجدید پذ یر به برنامه های غا فلگیرانه ما نند ذخیره وذخیره سازی کاربن پیشنهاد شده است تا راه حلهای مختلفی برای حل مشکلات ناشی اززیست محیطی ما ارائه شود.همه این ایده ها این فرض را به اشتراک می گذارد که سرمایه داری خود رامجبور به تغییر نمی کند، زیرا راه حل های تکنولوژیکی همیشه برای ارائه رشد اقتصادی ومحیط سا لم تر درد سترس خواهد بود. از« پکن» به دره سیلیکون، تکنوکاپیالیست ها علاقه مند به استدلال هستند که سرما یه داری می تواند از طریق به د ست آوردن سود در بهره وری انرژی ادامه یا بد. دلیل اصلی این استراتژی در طولانی مد ت که مواجه می شود این است که طبیعت محدودیت های فیزیکی مطلوب را برای بهره وری اعمال می کند، پیشرفت می تواند غلبه کند شکست اخیر در قا نون مور« Moore's Law » به دلیل اثرات کوانتومی یک مثال قا بل توجه ا ست « .33»

یکی دیگر از موانع کارایی است که چرخه کارنو(**چرخهٔ کارنو** (به انگلیسی: Carnot cycle) یک چرخهٔ ترمودینامیکی بازگشت پذیر ا ست که توسط سعدی کارنو در ۱۸۲۴ معرفی‌شد.چرخهٔ کارنو چرخه‌ای است که بیشترین کارایی را دارد... **از ویکی پیدیا**) برای همه موتورهای حرارتی عملی ارایه میدهد.

اما مهم ترین نگرانی ما مربوط به روابط زمینه ای«اساسی» بین نوآوری های تکنولوژیکی و رشد اقتصادی است.با ور واعتماد در راه حل های تکنولوژیک ، کمک می کند تا نوآوری های تکنولوژیک و رشد اقتصادی سریعاً تقویه گردد ، و به افزایش تقاضای کلی در جهان بیوفیزیکی پرداخته وازوابستگی پراگنده گی جهان سرمایه داری رهایی صورت گیرد . ما می توانیم این روابط را ابتدا بررسی کنیم تا ببینیم چگونه مردم و سیستم های اقتصا دی به دستا وردهای بهره وری پا سخ می دهند. برای این حس می توان گفت که سرما یه داری می تواند پیشرفت های قابل ملاحظه ای در کارایی ارائه دهد، ما باید یک نظریه عمومی ارائه دهیم که توضیح دهد که چگونه بازده جمعی سیستم های اقتصادی ما با گذ شت زمان تغییر می کند.

هنگامی که بهره وری سوخت بهبود می یابد، ما اغلباً به رانندگی طولانی ترین فاصله ها میپردازیم . ویاهنگا می که برق ارزان تر می شود، ما اغلباً لوازم بیشتر برقی را مورد استفاده قرار میدهیم حتی کسانی هم از طریق بازیافت، کمپوست(بازیافت فضله وبقایای حیوانات) و فعالیت های دیگر ازانرژی درخانه خود استفاده می کنند،وهرچه بیش از همه خوشحال هستند آنطوریکه درروزهای تعطیلات با هواپیما به نقاط جهان به سفربپردازند و پرواز کنند. مردم اغلب صرفه جویی در یک منطقه می کنند ومواد صرفه جویی شده شان را برای بد ست اوردن هزینه ها در یکی از منا طق دیگر مبا د له می کنند. گاهی اوقات می توان به همان اندازه که به دست آوردن دستاوردهای خود اهمیت می دهیم، به

همان اندازه دستا وردهای کارآیی را نیزبه د ست می آوریم. در مطا لعات بوم شناختی (ایکولوژی)، این پد یده به طور کلی به عنوان پارادوکس **جونون**(اقتصاد دان بریتانیایی) شناخته شده است، که نشان می دهد که ا ثرات در نظر گرفته شده از بهبود بهره وری همیشه تحقق نمی یا بد «35.» اولین با ردر اواسط قرن نوزدهم توسط **ویلیام استنلی جونون**، اقتصاددان بریتانیا، دربهره وری انرژی به طورکلی استفاده می شود تا انبا شت و تولید را گسترش دهد، منجر به مصرف بیشتر منا بع بسیا ر است که بهبود بهره وری باید حفظ شود. کارآیی(efficiency) منجر به کالا های ارزانتر و خد ما تی می شود که موجب افزایش تقاضا وهزینه بیشترمی شودومنجربه مصرف انرژی بیشتری می شود. « 36» **جونون** ابتدا این اثر را در زمینه موتورهای بخار و موتور بخار توضیح داد. او مشاهده کرد که افزایش بهره وری در موتورهای بخار مصرف بیشتر زغال سنگ را در بریتانیا تشویق می کند ویا به مقدارزیا دزغال سنگ ضرورت دیده میشودواین بدان معنی است که افزایش بهره وری انرژی درواقع صرفه جویی درانرژی راانجام نمی دهد.

تغییرات این پارادوکس به عنوان اثر بازگشتی در اقتصاد شناخته شده است. اکثر اقتصاددانان معتقدند که برخی از نسخه های اثر واقعی است، اما در مورد اندازه و دامنه مشکل اختلاف نظردارند.برخی معتقند که اثرات برگشت پذیری نامناسب است و اینچنین ادعا می کنند که بهبود کارایی موجب کاهش مصرف انرژی درازمدت می شود« 37 » در یک بررسی جا مع از اد بیا ت مربوط به موضوع، مرکز تحقیقا ت انرژی بریتا نیا مشخص کرد که نسخه های افراطی ترین اثر بازتاب احتمالا دیگر به اقتصادهای توسعه یافته اعمال نمی شود. با این حا ل، آنها همچنین استدلال کردند که اثرات بازتاب بزرگ در اقتصاد ما هنوز هم ممکن است رخ دهد. آنها به نتیجه گیری زیر رسید ند: "اشتباه است فرض کنیم که ... اثرات بازگشتی بسیا ر کوچک است که می توان آنها را نادیده گرفت. در برخی از شرایط (به عنوان مثال فن آوری های کارآمد انرژی که به طور قابل توجهی بهبود بهره وری از صنا یع انرژی پر انرژی) اثرات برگشت پذ یر در سراسر اقتصاد ممکن است بیش از 50٪ و به طور بالقوه می تواند مصرف انرژی را در دراز مدت افزایش می دهد. «"38» این واقعیت که اثرات برگشت پذیر در ا قتصا د گسترده ممکن است ما را در مورد استفاده از استراتژی های بهره وری در مبا رزه با بحران زیست محیطی و تغییرات آب و هوایی متوقف کند. در حقیقت، ا ین کل استدلال مبهم عدم اطمینان بیشترا ست: مشکل این است که آیا بهبود بهره وری می تواند به اندازه کافی سریع برای کاهش بدترین پیامدهای بحران زیست محیطی، که هنوز از ما جلوتر است. با توجه به مکانیک و انگیزه های سرمایه داری، ما باید از ا لتهاب فعلی با خوش بینی کارایی مراقبت کنیم.

برای روشن شدن این استدلال، ما نیاز به یک نظریه داریم که نقش بازده در زمینه گسترده تر پیشرفت تکنولوژی را توضیح دهد. ا ثر با زپرداخت و Paradox **جونون** تمرکز بر درک اینکه چگونه مردم و سیستم های اقتصادی در پا سخ به د ستا وردهای بهره وری رفتار می کنند. با این حال، اساسی تر، این است که وظیفه درک تکا مل کلی

از کارآیی جمعی در طول زما ن های طولانی است که درک میشود. موضوع غا لباً نوآوری های تکنولوژیکی در طول تاریخ، تلاش برای تغییر با ر مصرف انرژی از عضلات انسانی به سایر سیستم های جسمی و بیولوژیکی مانند حیوانات، ماشین آلات و کامپیوتراست.اتومبیل ها، دوچرخه ها، هواپیماها، مایکروویو ها، ماشین های ظرفشویی، جاروبرقی و تقریبا تمام "شگفتی ها" زندگی مدرن را در نظر بگیرید: هد ف ا صلی آنها بهره برداری از انرژی و انجام کارهایی است که به طور معمول نیاز به اعمال عضلات انسانی دارند. روبات ها و هوش مصنوعی به تا زگی خشمگین شده اند، آماده اند تا در انجام وظایف ماهرانه ای که ما تما یل به انجام آن نداریم، انجام دهیم. گسترش در تولید مکانیکی با پیشرفت تکنولوژیک تسهیل می شود به طور معمول به جوامع انرژی افزایشی بیشتر منتهی می شود که در آن کسا نی که ابزار تولید را کنترل می کنند، می توانند مازاد و سود بیشتری کسب کنند. نوآوری تکنولوژیکی تحت سرمایه داری به طور خاص، میزان جمع آوری کار مکانیکی را که ا قتصادها می توانند تولید کند، افزایش داده و همچنین میزان مصرف انرژی را از محیط طبیعی ما افزایش داده ا ست. اما این کار اساسا کارایی جمعی را تغییر نداده است، و این بدان معنی است که نرخ های بالاتر رشد اقتصادی معمولا با تلفات انرژی بیشتری همراه ا ست.

سیستم های اقتصادی به طور معمول از منابع جدید انرژی برای گسترش تولید، مصرف و تجمع استفاده می کند، نه به طور اسا سی بهبود بهره وری. از کشت گیاهان و اهلی کردن حیوانات تا سوزاندن سوخت های فسیلی و اختراع برق، تسلط و کشف منابع جد ید انرژی به طور کلی جوامع پر انرژی بیشتری را تولید می کند.هرچند هر نظام اقتصادی ممکن است سودآوری کارآیی را به دست آورد، این امر به طورگسترده و هدفمند انباشتی ثا نویه است. که رویهمرفته راندمان کلی سیستم اقتصادی بسیار ناپایداراست وبا سرعت یخبندان تغییر می کند.ما این روند بسیار خوبی را درحال حاضربا انتشار گازهای گلخانه ای می بینیم، هرچند بحران زیست محیطی به مراتب فراتر از این مشکل است. رهبران سیا سی و تجاری امید وارند که سالها پیش پیشرفت تکنولوژیکی به میزان قابل توجهی رشد نرخ رشد اقتصادی و کاهش شد ید انتشار گازهای گلخانه ای را ارائه دهد. چیزهای که بر اساس برنامه صورت گرفته است.. در سا ل 2017 افزایش قا بل ملاحظه ای در انتشارمواد فضله و مضره ها مشاهده شد و حتی اهداف مقتضی در توافق نا مه پاریس را نیز رفع کرد.حتی قبل از آن، سازمان ملل متحد از شکاف غیرقابل قبول میان تعهدات دولت و کاهش میزان مورد نیا ز برای جلوگیری از برخی از بدترین عواقب تغییرات اقلیمی نگران شد . چالش های افزایش بهره وری در زما نی که ما سرمایه داری را در مقیاس جهانی مشاهده می کنیم بیشتر دیده می شود: اگر چه بسیاری از کشورهای توسعه یافته در بهبود کارایی جمعی خود، اما قابل اندازه گیری را ساخته اند، ا ین پیشرفت ها توسط اقتصادهای توسعه یا فته هنوز در روند صنعتی شدن «.41 » واضح ا ست که تغییرات قابل توجهی در کارایی جمعی هر نظام ا قتصا دی به ندرت در کوتاه مد ت صورت می گیرد. رشد تکنولوژیک تحت رژیم سرمایه داری پیشرفتهای بیشتری را در

زمینه بهره وری به ارمغان خواهد آورد، اما مطمئنا برای پیشگیری از بدترین عواقب بحران زیست محیطی و قت کافی نما نده است.

یکی ازبهترین راه ها برای درک اینرسی«جبر» ازکارآیی (efficiency)جمعی، مقایسه کارایی انرژی با سرمایه داری است با آنچه که از روزهای عشایر بشری، بیش از ده هزار سال پیش است، مقایسه شده است. به یاد بیاورید که عضلات انسانی بیشتر از این کار را در جوامع عشا یری انجام می داد و بهره وری عضلات ما تقریبا 20 درصد است و شاید در شرایط خاص ازاین فیصدی بسیا ر بیشتر باشد. برای مقا یسه ، بیشتر موتورهای احتراق بنزین دارای بهره وری تقریبا(15)درصد، نیروگاه های بادی که همین اکنون کار بر روی آن وابسته است ، در حدود(30)درصد در سطح جهانی قرار دارد و اکثریت فتوولتائیک تجاری در حدود 15 تا 20 درصد ا ست.« 43 » همه این ارقام بسته به نوع وسیعی از شرایط جسمی متفاوت است، ، ما می توانیم با خیال راحت نتیجه گیری کنیم که دارایی های غا لب سرمایه داری، حتی پس از سه قرن پیشرفت تکنولوژیکی سریع، از عضلات انسانی بهتر است. هزینه و راحتی دلیل اصلی این است که چرا نوآوری های تکنولوژیکی به این طریق کار می کند، تاکید بر خروجی مکانیکی و مقیاس تولید در هزینه بهره وری. دستاوردهای بزرگ در بهره وری به لحاظ فیزیکی و اقتصادی بسیار دشوار است. از زمان به زمان، جیمز وات و یا Elon Musk همراه با اختراع شگفت انگیز همراه است، اما چنین محصولاتی را نشان نمی دهد کل اقتصاد است.موتور بخا روات پیشرفت چشمگیری نسبت به مد ل های قبلی داشت، اما بازده حرارتی آن تنها 5 درصد بود. در حالی که موتورهای Tesla Musk دارای راند مان عملیاتی پدیده ای است، برق موردنیازبرای اجرای آنها اغلب ازمنابع بسیار ناکارآمدتری مانند به عنوان نیروگاه های زغال سنگ استفاده می شود.اگرشما یک تسلا(موتر هوندا) را در اوهایو یا غرب ویرجینیا رانندگی می کنید، منا بع کثیف انرژی آن به این معنی است که محصول تکنولوژیکی شگفت انگیزشما باعث تقریباهمان انتشار کاربن به عنوان یک قرارداد هوندا می شود. بازده جمعی اقتصادهای سرما یه داری نسبتا پا یین ا ست، زیرا این اقتصادها علاقه مند است دررشد سود و سطح تولید خود، نه درساخت سرمایه گذاری های عظیم مورد نیاز برای بهبود قابل توجه در بهره وری است.

در ماه نوامبر سال« 2017»، یک گروه از(15000) دانشمند از بیش از(180) کشور، نامه ای به زنگ خطر و هشدار درمورد بحران زیست محیطی وآنچه که درآینده درانتظارما است امضا و تصویب کردند «46.» پیش آگهی ویا انزار آنها پرمخاطره و دشواربود، و پیشنهادات آنها بطوراگاهانه ویاغیر اگاها نه ازطرف سرمایه داران وعمده فروشان رد شد در میان بسیاری از توصیه های مفید آنها، یکی هم خواستار "بازنگری در اقتصاد ما برای کاهش نابرابری ثروت و اطمینان از اینکه قیمت ها، ما لیا ت ها و

سیستم های انگیزشی، هزینه های واقعی را که الگوهای مصرف در محیط های ما تحمیل می کند، در نظر می گیرد." تمدن مدرن «دنیای متمدن » از انرژی بیش از حد استفاده می کند.و راه حل این مشکل که به همان اندازه آسان است، اما اجرای به همان اندازه بسیار سخت است: انسان باید میزان مصرف انرژی راکه در دوران مدرن زیاد شده است آنرا بایدرا کاهش دهد. بهترین راه برای راندن این نرخ از طریق تصورات مسیحانه پیشرفت تکنولوژیک نیست، بلکه از طریق شکستن وازبین بردن ساختا رها و انگیزه های سرما یه داری، که تلا ش آنها برای سود و تولیداست – ضرورت به ایجاد سیستم اقتصادی جدیدی که اولویت بندی آینده ای آن بصورت طبعی با طبیعت وجهان ما سازگار باشد دیده میشود.

دولت ها و جنبش های مردمی در سراسر جهان باید اقدامات رادیکا ل را که به انسانیت از سرمایه داری به سوی اکولوژیست تبدیل می شود، بسازند و اجرا کنند. این اقدامات باید شامل مالیات های مجاز و کلاه گذاری در مورد ثروت های شد ید متمولین، ملی سازی جزئی از صنایع انرژی پر مصرف، بازتوزیع گسترده کالا های اقتصادی و منابع برای مردم فقیر و مظلوم، محدود یت های دوره ای به ارتبا ط استفاده از دارایی های سرمایه و سیستم های تکنولوژیکی، سرمایه گذاری های عمومی بزرگ در تکنولوژی های انرژی تجدید پذیر انرژی بالا، کاهش شد ید در ساعا ت کا ر و شا ید حتی پذیرفتن وگانیسم (گیاهخوری)جمعی در میان کشورهای صنعتی که دیگر به حیوانات برای تولید مواد غذایی وابسته نیستند. اولویت های اقتصادی پروژه های اکولوژیک با ید بر بهبود کیفیت زندگی فعلی ما، نه در تلاش برای ا یجا د سطح بالایی از رشد ا قتصا دی برای تقویت سود سرمایه داری. اگر تمدن بشر هزاران سال است که نه تنها چند قرن دیگر زنده بماند، پس باید به شدت اهداف اقتصادی خود را در مقیاس بزرگتر و به جای بهبود کیفیت زندگی در جوامع ما، از جمله جامعه ما با طبیعت تمرکز کنیم. به جای تلاش برای تسلط بر جهان طبیعی، ما باید مسیر را تغییر دهیم و با آن همکا ری کنیم. .

رفرنس ها :

1. ↵ Karl Marx, *Capital*, vol. 1 (London: Penguin, 1976), 929–30.
2. ↵ Edward W. Younkins, *Capitalism and Commerce* (New York: Lexington, 2002), 57.
3. ↵ Peter Atkins, *Four Laws That Drive the Universe* (Oxford: Oxford University Press, 2007), preface.
4. ↵ Robert L. Lehrman, “Energy Is Not the Ability to Do Work,” *Physics Teacher* 11, no. 1 (1973): 15–18.
5. ↵ Larry Kirkpatrick and Gregory E. Francis, *Physics: A Conceptual Worldview* (Boston: Cengage, 2009), 124

6. ↩ Atkins, *Four Laws That Drive the Universe*, 23.
7. ↩ Debora M. Katz, *Physics for Scientists and Engineers*, vol. 1 (Boston: Cengage, 2016), 264.
8. ↩ William Thomson, "On a Universal Tendency in Nature to the Dissipation of Mechanical Energy," in *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh* 3 (Edinburgh: Neill and Company, 1857), 139–42.
9. ↩ Douglas C. Giancoli, *Physics for Scientists and Engineers* (London: Pearson, 2008), 545.
10. ↩ John M. Seddon and Julian D. Gale, *Thermodynamics and Statistical Mechanics* (London: Royal Society of Chemistry, 2001), 60–65.
11. ↩ Seddon and Gale, *Thermodynamics and Statistical Mechanics*, 65.
12. ↩ Atkins, *Four Laws That Drive the Universe*, 53.
13. ↩ For the famous reciprocal relations that describe heat flows, see Lars Onsager, "Reciprocal Relations in Irreversible Processes I," *Physical Review Journals* 37 (1931): 405–26. It was mainly for this work that Onsager won the Nobel Prize in Chemistry in 1968. For a study of bosonic quantum gases in a one-dimensional trap, see Miguel Ángel García-March et al, "Non-Equilibrium Thermodynamics of Harmonically Trapped Bosons," *New Journal of Physics* 18 (2016): 1030–35. For an exhaustive review of modern thermodynamics and an explanation of dissipative structures, which earned Ilya Prigogine his Nobel Prize, see Dilip Kondepudi and Ilya Prigogine, *Modern Thermodynamics* (Hoboken: Wiley, 2014), 421–41. In 2009, Alex Kleidon wrote an important theoretical study and review of the climate system using non-equilibrium thermodynamics. See Alex Kleidon, "Nonequilibrium Thermodynamics and Maximum Entropy Production in the Earth System," *Science of Nature* 96 (2009): 1–25.
14. ↩ A notable idea from the physicist Phil Attard looks at entropy as the number of particle configurations associated with a physical transition in a given period. See Phil Attard, "The Second Entropy: A General Theory for Non-Equilibrium Thermodynamics and Statistical Mechanics," *Physical Chemistry* 105 (2009): 63–173. Perhaps the most technically rigorous model of entropy imagines it to be a collection of two functions that describe the changes happening among a restricted class of non-equilibrium systems. See Elliott H. Lieb and Jakob Yngvason, "The Entropy Concept for Non-Equilibrium States," *Proceedings of the Royal Society A* 469 (2013): 1–15. The physicist Karo Michaelian has provided an intuitive definition of entropy, viewing it as the rate at which physical systems explore available energy microstates ("Thermodynamic Dissipation theory for the origin of life," *Earth System Dynamics* (2011): 37–51).
15. ↩ Erwin Schrödinger, *What Is Life? The Physical Aspect of the Living Cell* (Ann Arbor: University of Michigan Press, 1945), 35–65.

16. ↩ Natalie Wolchover, "A New Physics Theory of Life," *Quanta Magazine*, January 22, 2014.
17. ↩ Carsten Hermann-Pillath, "Energy, Growth, and Evolution: Towards a Naturalistic Ontology of Economics," *Ecological Economics* 119 (2015): 432–42.
18. ↩ Numerous studies from around the world have revealed a powerful relationship between energy use and economic growth. For a review of the statistical relationship between energy use and GDP growth worldwide, see Rögnvaldur Hannesson, "Energy and GDP growth," *International Journal of Energy Management* 3 (2009): 157–70. For a major study on the link between energy and income in certain Asian countries, see John Asafu-Adjaye, "The Relationship Between Energy Consumption, Energy Prices, and Economic Growth: Time Series Evidence from Asian Developing Countries," *Energy Economics* 22 (2000): 615–25. For a general overview of the ways energy use has shaped human history, see Vaclav Smil, *Energy and Civilization* (Cambridge: MIT Press, 2017).
19. ↩ Vaclav Smil, *Energy in Nature and Society* (Cambridge: MIT Press, 2008), 147-49.
20. ↩ Jerry H. Bentley, "Environmental Crises in World History," *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 77 (2013): 108–15.
21. ↩ Bentley, 113.
22. ↩ Robert Falkner, "Climate Change, International Political Economy and Global Energy Policy," in Andreas Goldthau, Michael F. Keating, and Caroline Kuzemko, eds., *Handbook of the International Political Economy of Energy and Natural Resources* (Cheltenham: Elgar, 2018), 77-78.
23. ↩ Edward Humes, *Garbology: Our Dirty Love Affair with Trash* (London: Penguin, 2013), 30.
24. ↩ W. J. Maunder, *Dictionary of Global Climate Change*, (New York: Springer, 2012), 120.
25. ↩ Maunder, *Dictionary of Global Climate Change*, 120.
26. ↩ One of the major papers linking climate change to forest fires in the United States came out in 2016; see John T. Abatzoglou and A. Park Williams, "Impact of Anthropogenic Climate Change on Wildfire across Western US Forests," *PNAS* 113 (2016): 11770–75. For a comprehensive guide to some recent research on hurricanes and climate change, see Jennifer M. Collins and Kevin Walsh, eds., *Hurricanes and Climate Change*, vol. 3 (New York: Springer, 2017). For a review of the role of climate change plays in the spread of infectious diseases, see Xiaoxu Wu et al., "Impact of Climate Change on Human Infectious Diseases: Empirical Evidence and Human Adaption," *Environment International* 86 (2016): 14–23. For the relationship between climate change and algae blooms, see Daniel Cressey, "Climate Change Is Making Algal Blooms Worse," *Nature*, April 25, 2017.

27. ↩ Jonathan A. Newman et al., *Climate Change Biology* (Oxfordshire: CABI, 2011), 220–21.
28. ↩ Alan H. Lockwood, *Heat Advisory: Protecting Health on a Warming Planet* (Cambridge: MIT Press, 2016), 103.
29. ↩ Bruce E. Johansen, *Climate Change: An Encyclopedia of Science, Society, and Solutions* (Santa Barbara: ABC–CLIO, 2017), 19–20.
30. ↩ For one of the first major works attempting to ground economics in physics, see Nicholas Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1971). Georgescu-Roegen's initial arguments have been refined and developed by subsequent generations of thinkers who recognize that economic activity is constrained by physical laws. Among them was Herman Daly, a leading exponent of the idea that economic growth will not last forever, whose works have had a profound influence on the ecological movement. For a succinct overview of his thought, see Herman E. Daly, *Beyond Growth* (Boston: Beacon, 1997). Perhaps the greatest ecological systems theorist was Howard Odum, who did a masterful job explaining the mechanisms that link human societies to their natural environments. For an explanation of his theories, see Howard Odum, *Environment, Power, and Society for the Twenty-First Century* (New York: Columbia University Press, 2007).
31. ↩ John Bellamy Foster, *Marx's Ecology* (New York: Monthly Review Press, 2000), 9–10.
32. ↩ For a formal academic explanation of this view, see Lea Nicita, "Shifting the Boundary: The Role of Innovation," in Valentina Bosetti et al., eds., *Climate Change Mitigation, Technological Innovation, and Adaptation* (Cheltenham: Elgar, 2014), 32–39.
33. ↩ Tom Simonite, "Moore's Law Is Dead. Now What?" *MIT Technology Review*, May 13, 2016.
34. ↩ Atkins, *Four Laws That Drive the Universe*, 51-52.
35. ↩ John Bellamy Foster, *Ecology Against Capitalism* (New York: Monthly Review Press, 2002), 94.
36. ↩ Foster, *Ecology Against Capitalism*, 94.
37. ↩ Evan Mills, "Efficiency Lives—The Rebound Effect, Not So Much," ThinkProgress, September 13, 2010, http://thinkprogress.org/.
38. ↩ Steven Sorrell, *The Rebound Effect* (London: UK Energy Research Centre, 2007), 92.
39. ↩ Jeff Tollefson, "World's Carbon Emissions Set to Spike by 2% in 2017," *Nature*, November 13, 2017.

40. ↩ Fiona Harvey, “UN Warns of “Unacceptable” Greenhouse Gas Emissions Gap,” *Guardian*, October 31, 2017.
41. ↩ Nijavalli H. Ravindranath and Jayant A. Sathaye, *Climate Change and Developing Countries* (New York: Springer, 2006), 35.
42. ↩ Zhen-He He et al, “ATP Consumption and Efficiency of Human Single Muscle Fibers with Different Myosin Isoform Composition,” *Biophysical Journal* 79 (2000): 945–61.
43. ↩ On the efficiency of internal combustion engines, see Efstathios E. Stathis Michaelides, *Alternative Energy Sources*, (New York: Springer, 2012), 411. For coal-fired power plants, see R. Sandström, “Creep Strength of Austenitic Stainless Steels for Boiler Applications,” in A. Shibli, ed., *Coal Power Plant Materials and Life Assessment* (Amsterdam: Elsevier, 2014), 128. On the efficiency of photovoltaic cells, see Friedrich Sick and Thomas Erge, *Photovoltaics in Buildings* (London: Earthscan, 1996), 14.
44. ↩ Robert T. Balmer, *Modern Engineering Thermodynamics* (Cambridge: Academic Press, 2011), 454.
45. ↩ Will Oremus, “How Green Is a Tesla, Really?” Slate, September 9, 2013, http://slate.com.
46. ↩ William J. Ripple et al., “World Scientists’ Warning to Humanity: A Second Notice,” *BioScience* 20, no. 10 (2017): 1–3.

با تقدیم احترامات «2018-06-10»