

قوانین مقیاس بندی و شهر مدرن

چکیده

تجزیه و تحلیل روابط درونی و پیچیدگی فضاهای شهری مدرن به منظور میسر نمودن بهبود شرایط زندگی و یا کمک به تعیین تصمیمات بهینه به منظور صرفه جویی در انرژی و یا بهبود پایداری، امری مشکل است. تصمیمات و رهنمودهای به دقت طراحی شده ممکن است به دلیل خصوصیات و یا مجموعه های پیچیده از واکنش ها از ساکنان و یا همتایان اقتصادی، نتایج غیر منتظره را تولید کنند. مثلاً زمانی که خدمات مایل به تمرکز روی تراکم های بزرگ هستند و نیازهای حمل و نقل دارای اهمیت حیاتی می شوند، پیچیدگی با اندازه افزایش می یابد. مبرهن است که سیستم های پیچیده مانند موجودات زنده به دنبال روابط تقریبی مانند قوانین مقیاس بندی بین متغیرهایی هستند که آنها را توصیف می کنند. برخی از این نوع روابط در رابطه با فضاهای شهری توسعه یافته مدرن آزمایش می شوند که در آن، پیدا کردن یک تداوم منطقی با انواع مقیاس ها در موجودات زنده امکانپذیر است و برخی از نتایج اولیه استنتاج می شوند.

کلمات کلیدی: قوانین مقیاس بندی؛ شهرها. سیستم های پیچیده. حمل و نقل

1. مقدمه

شهرهای بزرگ، درجه بالایی از پیچیدگی و روابط درونی قوی را میان ساکنان و محیط اطراف خود دارند. امروزه به نظر می رسد درجه پیچیدگی و این روابط درونی، شرایط مطلوب، و یا شرایط زندگی بهتر را با افزایش اندازه و تعداد شهرهای بزرگ ایجاد می کنند. به دلیل طیف وسیعی از پیش بینی ها که باید در نظر گرفته شوند، برنامه ریزی شهری در شهرهای بزرگ یک چالش دشوار است. این امر در صورتی می تواند بسیار جذاب باشد که قوانین طبیعی وجود داشته باشند که رشد هدایت شود و یا حداقل شرایط مطلوب را به همراه داشته باشند. با این حال، روابط دقیق

فیزیکی بین متغیرهایی که این شرایط را تعیین می کنند، با توجه به پیچیدگی سیستم و مجموعه های متعددی از متغیرهای مورد نیاز برای توصیف آن، که با هم به عنوان یک سیستم فیزیکی در نظر گرفته می شوند بسیار پیچیده هستند. با این وجود، به نظر می رسد برخی از ایده ها و گرایش ها بین بسیاری از شهرهای مدرن مشترک هستند: باید مواردی چون هزینه های انرژی، حمل و نقل کالاها (از جمله غذا، آب، ...)، حمل و نقل عمومی و خصوصی، و مسائل مربوط به آلودگی را بهینه سازی نمود. بنابراین انتظار برخی از روندهای عمومی (اگر نه، «قوانین» دقیق) که شهرهای مدرن باید از آن پیروی نمایند منطقی است و تفکر در مورد آن به عنوان سیستم های فیزیکی و پیچیده قابل قبول است.

بنابراین، ما باید از روابط پدیدارشناختی در سیستم های موجود پیچیده ای است که طی هزاران سال تکامل یافته اند درس بگیریم. همانطور که موجودات زنده یکی از این سیستم ها را نشان می دهند که تا حد زیادی مورد مطالعه قرار گرفته اند، و در واقع یک الگو از پیچیدگی هستند، مطالعه قوانین کلی و یا روابط عمومی در زیست شناسی می تواند پیشنشی را نسبت به مشکل ما ارائه دهد. در واقع این حدس معقول و منطقی به نظر می رسد که رفتار کلان سیستم های زنده ممکن است از قوانین جهانی قابل سنجش پیروی نماید که ویژگی های ضروری سیستم را در بردارد، همانطور که مرجع [1] نشان می دهد.

مقیاس بندی، به عنوان مظهر پویایی و هندسه کلی اصلی، در سراسر فیزیک مشهود است. این مقوله به دانشمندان در دست آوردن بینش های عمیق تر نسبت به مشکلاتی اعم از طیف کلی علم و فن آوری کمک کرده است، زیرا قوانین مقیاس بندی معمولاً منعکس کننده ویژگی های عمومی و اصول فیزیکی هستند که مستقل از پویایی مفصل و یا ویژگی های خاص از مدل های خاص می باشند. مکانیک سیالات و گذارهای فاز، نمونه های قابل توجهی هستند که در آن مقیاس بندی، اصول و یا ساختارهای مهم جهانی را روشن ساخته است، و پاسخ هایی را به مسائل عملی فراهم کرده است.

این حدس معقول و منطقی به نظر می رسد که رفتار کلان سیستم های زنده ممکن است از قوانین قابل سنجشی پیروی نمایند که ویژگی های ضروری این سیستم ها را در بردارند، اگر اینها در واقع وجود داشته باشند. در تضاد با

تنوع و پیچیدگی زیاد موجودات زنده، می توان سادگی رفتار مقیاس بندی فرآیندهای بیولوژیکی را یافت که در طیف گسترده ای از پدیده ها و طیف وسیعی از انرژی و جرم صادق است.

همانطور که توسط مرجع [1] اشاره شده است، در زیست شناسی، مقیاس بندی مشاهده شده نوعاً یک قانون توان

ساده است: $Y = Y_0 M^b$ ، که در آن Y یک دامنه قابل مشاهده، Y_0 یک ثابت، و M جرم ارگانیسم است: نمای b

معمولاً یک مضرب ساده از $\frac{1}{4}$ را تقریب می زند. در میان بسیاری از متغیرهای اساسی که از چنین قوانین مقیاس

بندی پیروی می کنند، میزان سوخت و ساز، طول عمر، ضربان قلب، طول آئورت و ژنوم، ارتفاع درخت، جرم ماده

خاکستری مغز، و دیگران قرار دارند [مرجع. 1] و منابع آن را ببینید].

میزان سوخت و ساز برای پستانداران و پرندگان با مقیاس $M^{3/4}$ ، چندین سال پیش به مدت حدود چهار مرتبه

بزرگی در توده [1,2] نشان داده شده است. این کار توسط محققان پس از آن به سیستم های دیگر تعمیم داده شد

و، با برخی از خصوصیات، نمای متابولیک $b \approx \frac{3}{4}$ در سراسر تقریباً 27 مرتبه از دامنه در زندگی [1,3] یافت

شده است. مثال های دیگر شامل ضربان قلب ($b \approx -\frac{1}{4}$)، و شعاعهای آئورت و تنه درخت ($b \approx \frac{3}{8}$) [1] می

شوند.

نقطه شروع درک منشا این مقیاس بندی، شناخت این مورد است که ساختارهای زنده بسیار پیچیده به یک انسجام

تقریبی از تعداد زیادی از واحدهای میکروسکوپی موضع یافته نیاز دارند که باید در مد حدود، "دموکراتیک" و کارآمد

[1] سرویس دهی شوند. برای مقابله با این چالش، گزینش طبیعی، شبکه های منشعب سازی فراکتال-مانند سلسله

مراتبی را پیشرفت داده است که انرژی، کالا، و یا متابولیت ها، و اطلاعات را از مخازن ماکروسکوپی به سایت های

میکروسکوپی توزیع می نمایند. مثالها عبارتند از سیستم های گردش خون حیوانات، سیستم عروقی گیاهان، و

شبکه های داخل سلولی.

تلاش توانمند برای بهینه سازی حمل و نقل (ماده، انرژی، و اطلاعات) را می توان به عنوان ظهوری برای قوانین

مقیاس بندی در سطح واقعی در نظر گرفت.

می توان نشان داد که قوانین مقیاس بندی و رفتار دینامیکی کلان عام سیستم های بیولوژیکی، منعکس کننده محدودیت های ذاتی در خواص کلی چنین شبکه هایی است. با توجه به مرجع [1]، این محدودیت ها را می توان به شرح زیر در نظر گرفت:

- شبکه ها به تمام نواحی موضعی فعال از نظر بیولوژیک در هر دو سیستم های بیولوژیکی بالغ و در حال رشد خدمات رسانی می نمایند. چنین شبکه هایی (هیچ جایی بدون خدمات)، پرکننده-فضا نامیده می شوند.
- واحدهای ترمینال شبکه، در داخل یک کلاس، نامتغیر هستند (واحدهای موضع یافته میکروسکوپی به طور متوسط هیچ گونه تغییر قابل ملاحظه ای را نشان می دهند).
- موجودات زنده به سمت حالت مطلوب تکامل می یابند که در آن انرژی مورد نیاز برای توزیع منابع به حداقل می رسد (بهینه سازی شبکه).

تصور می شود این ویژگی ها که یک ارگانیسم بیولوژیکی آرمانی را مشخص می نمایند، عواقب انتخاب طبیعی هستند: تمام اشکال تابع زندگی به واسطه تبدیل انرژی از منابع فیزیکی یا شیمیایی به مولکولهای آلی که پس از آن برای ایجاد، نگهداری، و تولید مثل سیستم های پیچیده و بسیار سازمان یافته متابولیزه می شوند.

در واقع، نظریه ساختاری بیان می کند که هر سیستم جریان در زمان تکامل می یابد به طوری که معماری جریان را توسعه می دهد که دسترسی جریان را تحت محدودیت های مطرح شده برای جریان حداکثر می نماید. این نظریه در توجیه قوانین مقیاس بندی آلومتریک [4]، ویژگی های جهانی گردش خون و آب و هوا [5]، و حتی اثرات مقیاس بندی در دویدن، شنا، و پرواز [6] نسبتاً موفق بوده است. با این حال، همانطور که مرزها و شرایط در سیستم های پیچیده ممکن است چندان مشهود نباشند، همانطور که مرجع [7] برای مورد سازمان ترافیک در جوامع مورچه اشاره می کند، باید در تفسیر مراقب بود. ما این ایده اصلی را بیان می کنیم که سیستم های بسیار پیچیده، دارای شرایط حمل و نقل، مانند موجودات زنده، باید برخی از قوانین مقیاس بندی آلومتریک را دنبال کنند.

هر چند به نظر می رسد شهرها نسبتاً فراتر از موجودات زنده هستند، برخی از فعالیت های عمومی در هر دوی آنها رخ می دهند: در میان این فعالیت ها، می توان تبدیل انرژی، حمل و نقل و انتقال انرژی، اطلاعات و کالاها و تعمیر

آسیب را یافت. علاوه بر این، اگر قوانین مقیاس بندی بیولوژیکی، نتیجه محدودیت های بالا باشند، شهرهای مدرن و توسعه یافته نیز به برخی از این انواع محدودیت های مربوط به شبکه قرار دارند، حتی اگر رده هایی از شبکه های پیچیده شهرها ممکن است از شبکه های پیچیده در موجودات زنده متفاوت باشند که این امر موجب مطرح شدن الگوهای متمایز از ارتباطات بین گره ها می شود. حتی اگر این مورد برقرار باشد، مرجع [8] نشان می دهد که این ویژگی های ساختاری را نمی توان با استفاده از مطالعه خواص کلی به دست آورد. بنابراین، تلاش برای مقایسه رفتار ناخالص شهرهای مدرن با سیستم های بیولوژیکی معقول است، حتی اگر این تنها یک رویکرد اول به ملاحظات دقیق تر به عنوان یک راه برای باز کردن ملاحظات در مرجع [9] باشد. یک روش اول در مرجع [10] در نظر گرفته شد. قوانین مقیاس بندی عمومی پیروی شده توسط موجودات زنده در اینجا برای برونمایی ابعاد شهر مدرن مورد بررسی قرار می گیرند، حتی اگر روابط آزادتر انتظار بروند، زیرا یک تفاوت بزرگ در تاریخ (شهرها بسیار جدیدتر از موجودات زنده هستند) و آمار وجود دارد: موجودات زنده همانند حیوانات، در مقایسه با تعداد ساکنان در شهر، معمولاً از تعداد بسیار زیادی از بلوک های عنصری (سلول) تشکیل شده است.

پژوهش در مورد مقیاس بندی در شهرها نیز برای ساختار شهر انجام شده است. هدف در مرجع [11]، روی ساختار برنامه ریزی شهرها، و مقیاس بندی طول ها است. مرجع [12] همچنین با ویژگی نزدیک به فراکتال شهرها و حمل و نقل در آنها مرتبط است.

علاوه بر این، نشان داده شده است که شبکه های تامین برق شهری از قوانین مقیاس بندی [13] پیروی می کنند. در شکل 3 از مرجع [13]، نشان داده شده است که، برای شهرهای آلمان، انرژی برق ارائه شده به خانواده ها تقریباً متناسب با جمعیت رشد می کند. نشان داده شده است که دیگر دامنه ها با جمعیت به روش های مختلف مقیاس بندی می شوند. با این حال، هیچ آزمایشی برای گسترش این داده ها در قوانین مقیاس بندی آلومتریک انجام نشده است

2. مقیاس بندی آلومتریک توان در شهرها

آزمایش برای کنترل قوانین مقیاس بندی آلومتریک در شهرها با جستجوی تعریف یک شهر شروع می شود. پس از آن، باید " جرم " و " سوخت و ساز بدن " یا مصرف انرژی یک شهر را برای مقایسه آن با قانون مقیاس بندی در موجودات زنده به دست آورد. با این حال، شهرها هیچ مرز و یا پوست روشنی را همانند موجودات زنده ندارند. علاوه بر این، جرم یک شهر و همچنین جرم یک حیوان تعریف نشده است. شهرهای بزرگتر باید جرم بیشتری به عنوان یک نتیجه از داشتن ساکنان بیشتر و ساختمان های بیشتر داشته باشند، و نیز در نتیجه خدمات عمومی و حمل و نقل. حداقل جمعیت برای یک شهر مهم مرکزی که به عنوان یک شهر در نظر گرفته می شود مورد نیاز است. اساساً، ما در نظر می گیریم که یک شهر باید بیمارستان، مدارس در تمام سطوح (از جمله دانشگاه ها، زیرا مردم باید قادر به دستیابی به شایسته ترین پست کاری باشند)، کتابخانه ها، حمل و نقل عمومی، و حضور مراکز خدمات نسبتاً بزرگ داشته باشد. همچنین، ما مناطق متراکم شهری را به عنوان شهر در نظر می گیریم، هر چند که ممکن است با هر شهرداری معین منطبق باشد یا نباشد. بنابراین، ما جرم موثر یک شهر را به عنوان جرم عناصر ساخته شده آن در نظر می گیریم: بتن تشکیل دهنده آن، فولاد و سنگ تراشی؛ امکانات عمومی آن (سطح خیابان ها، میداين، زیرزمینی، و غیره)؛ ماشین آلات و وسایل نقلیه عامل معمول در شهر؛ و ساکنان آن - یعنی، بخش هایی که بیشتر مستعد در تعمیر و یا تعویض در صورت آسیب یا نقص هستند. با این نوع از تعریف، بسیاری از نقاط باید به عنوان روش های ناخالص در نظر گرفته شوند، به عنوان مثال، در مورد جرم بزرگراه های ورودی و راه آهن ها که ما آن را در خارج از منطقه شهری، به عنوان یک روش اول در نظر نمی گیریم. ما همچنین در نظر می گیریم که مورد مهم در قوانین مقیاس بندی باید جرم باشد و نه تعداد مردم، زیرا جرم آن چیزی است که در موجودات زنده استفاده می شود و نه تعداد سلول ها.

برای مورد بارسلونا (اسپانیا)، ما جرم آن را از نقشه های داده شده در وب شورای شهر در نظر می گیریم [14] (بخش شهرسازی)، که در آن تعداد طبقات ساخته شده (و زیر سطح خیابان) را می توان در نقشه یافت. حتی اگر مشخص باشد که برخی از کارها همیشه در راه هستند، و برخی از بی نظمی ها ممکن است وجود داشته باشند، فرض می شود که داده ها باید تا چند درصد حاشیه اصلاح شوند. پس از آن، برآورد مساحت طبقه ساخته شده برای

شهرداری (حدود 1.6 میلیون نفر، از مرجع. [10]) نزدیک به $2.6 \times 10^8 \text{ m}^2$ است. سطح خیابان، $1.7 \times 10^7 \text{ m}^2$ است (از مرجع. [14]). برای به دست آوردن داده ها در تمام منطقه شهری، یک مقیاس بندی تقریبی با تعداد افراد فرض می شود، زیرا نوع شناسی های سازنده در منطقه شهری خیلی متفاوت نیستند. بنابراین، از ویژگی های ساخت و ساز و نوع شناسی ها، یک جرم ساخته شده تقریبی را می توان بدست آورد (جرم متوسط ساختمان 350 kg/m^2 طبقه، این یک منبع بسیار قوی از عدم دقت است). جرم برآورد شده از سایر عناصر ساخته شده، فاضلاب، تونل های قطار و مترو، بندر، فرودگاه (اینها نیز منابع عدم دقت هستند)، و سایر خدمات نیز باید همراه با ماشین آلات، اتومبیل، حیوانات، و مردم گنجانده شوند که برآورد حدود 2×10^{11} کیلوگرم را ارائه می دهد. با توجه به نقاط دوم، تخمین زده می شود که این رقم باید به یک حاشیه باریک تر از بین 1.5×10^{11} و 4×10^{11} کیلوگرم تصحیح شود.

پیشنهاد می شود که گرایش به سمت تراکم های بزرگتر بدان معنی است که یک راندمان بیشتر (از جمله مزایایی مانند سرپناه، در دسترس بودن خدمات، و برخی از بهینه سازی های حمل و نقل) بدست آید. برای یک شهر مدرن، سوخت و ساز بدن و یا مصرف برق را می توان از استفاده مسکونی (از جمله ادارات و مدارس)، حمل و نقل (که در شهرها شدید است)، و استفاده های صنعتی، از جمله منابع مانند برق، بنزین و گاز طبیعی برآورد نمود. محصولات غذایی یک مقدار نسبتاً کوچک (حدود 10 MJ / نفر / روز) را در مقایسه با مورد سابق ارائه می دهد که تخمین زده می شود حدود یک مرتبه از دامنه (یک ضریب 10) در شهرهای مدرن متوسط در آب و هوای معتدل بیشتر باشد. شهرهای کوچک معمولاً با افزایش هزینه حمل و نقل به ازای هر نفر و سرپناه تا حدودی کمتر روبرو هستند، بنابراین توان بیشتری برای هر ساکن مورد نیاز خواهد بود. شهرهای بزرگ به زیرساخت های معمولاً بیشتر نیاز دارند، بنابراین نسبت جرم به توان ممکن است با اندازه تغییر کند. کل مصرف برق منطقه شهری بارسلونا را می توان از ارقام داده شده در مرجع [15] با میانگین 3×10^9 وات برای سال 1999 دست آورد. با این حال، رشد کم مصرف توان (انرژی) با زمان باید با احتیاط صورت گیرد، زیرا داده های اصلی به شهرداری اشاره می کنند و رشد در محیط اطراف (منطقه شهری) قوی تر است، و بنابراین هر برون یابی به عنوان روش ناخالص در نظر گرفته می شود. ما فکر

می کنیم مقدار واقعی (2007) باید بین 2×10^9 و نزدیک به 4×10^9 وات باشد. و نیز، باید توجه داشت که ما بین استفاده های انرژی در جایگزینی، عملکرد، و رشد تمایز قائل نمی شویم و فقط می توانیم یک مقدار کلی را نشان دهیم.

ملاحظات مشابهی نیز برای برخی از شهرها با اندازه های مختلف انجام شده اند. داده ها برای شهر کوچکتر Vic (نزدیک به 40000 نفر ساکن، نیمه راه بین بارسلونا و مرز فرانسه)، از نقشه ها در مرجع. [16] پردازش شده اند. جرم برآورد شده برای Vic، 2.5×10^9 کیلوگرم است و توان متوسط برآورد شده 6.3×10^7 وات است. در این مورد، نقشه ها، عدم قطعیت های بزرگتر (ارتفاع "؟") را در بسیاری از نقاط نشان می دهند، به طوری که قابلیت اطمینان رقم نهایی پایین تر است. همچنین، اندازه Vic نسبتاً کوچک است، و این یک واقعیت است که برخی خدمات توسط جابجایی به بارسلونا در فاصله 70 کیلومتر به دست می آیند. این، داده ها را برای Vic تولید می کند که در مقایسه با داده ها برای دیگر شهرها با احتیاط در نظر گرفته شوند، زیرا Vic ممکن است با در ملاحظه محدود برای شهر بودن از نظر ما قرار داشته باشد، حتی اگر دارای حمل و نقل عمومی و دانشگاه باشد.

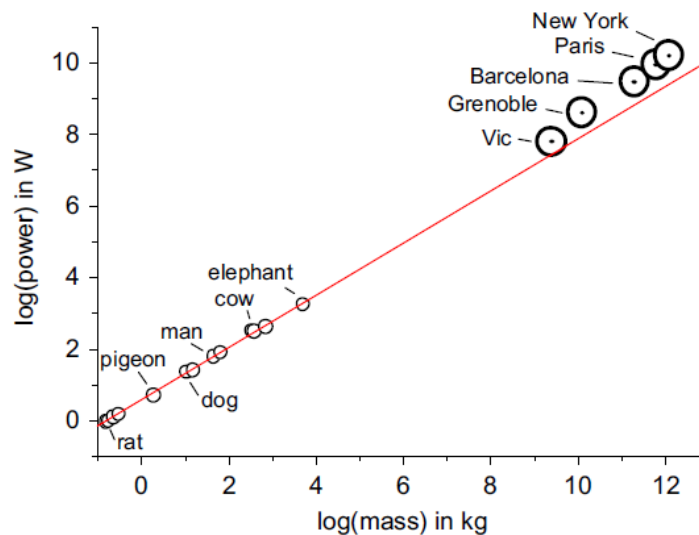
نقشه ها برای Grenoble، یک شهر فرانسه در نزدیکی رشته کوه های آلپ، با نزدیک 400000 نفر ساکن در منطقه شهری همراه با نماهای هوایی، برای یک برآورد دقیق از جرم یک شهر با اندازه متوسط استفاده شده اند. همچنین، برآورد مصرف انرژی انجام شده است، حتی اگر عدم قطعیت های بزرگتر به دلیل خصوصیات شهر، با بسیاری از سایت های بزرگ تحقیقاتی (ESRF، ILL، CENG) و دانشگاه بسیار بزرگ در مقایسه با اندازه شهر وجود داشته باشند که ممکن است برخی از برآوردهای ضعیف از مصرف برق را نشان دهد. بنابراین جرم برآورد شده برای Grenoble، 1.3×10^{10} کیلوگرم و میانگین مصرف برق 4×10^8 وات برآورد شده است.

داده ها برای پاریس از برنامه ریزی ها در مرجع [17] بازیابی شده است که در آن ارتفاع ساختمان با رنگ ها نشان داده می شود (نه تعداد طبقات، بلکه یک برآورد را می توان با فرض یک طبقه با ارتفاع 3 متر انجام داد). بنابراین، مقدار جرم پاریس دارای یک عدم قطعیت بسیار بزرگتر از داده ها برای بارسلونا است (علاوه بر این، زیرزمین ساخته شده برای پاریس داده نشده است). همان روش که برای بارسلونا اعمال می شود، همانند داده ها در نقشه ها، به

پاریس مرکزی (حدود 2.2 میلیون نفر) اشاره می کنند و نه به کل منطقه شهری (حدود 10 میلیون نفر). پس از آن، عدم قطعیت های بسیار بزرگتر انتظار می روند. جرم برآورد شده 6.3×10^{11} کیلوگرم است. همچنین، یک برآورد مصرف برق برای پاریس به اندازه 9×10^9 وات انجام شده است.

یک برآورد دقیق برای شهر مدرن بزرگی مانند نیویورک نیز از نقشه ها، عکس های هوایی، و آمار جمعیت، برای مقایسه با دیگر شهرها انجام شده است. جرم برآورد شده 1.3×10^{12} کیلوگرم، و متوسط توان 1.6×10^{10} وات توان است. پس از آن، موقعیت شهرها را می تواند در شکل 1 نشان داد که در آن داده ها برای حیوانات نیز ارائه شده است. اندازه نقطه ها برای شهرها متناظر با عدم قطعیت در جرم یا توان توسط یک ضریب نزدیک به 10 است (به عنوان مثال، ضرب در یا تقسیم بر 3)، زیرا این یک تخمین برای بدترین حالت است.

موقعیت شهرها در شکل 1 نسبتاً نزدیک به امتداد خط مستقیم ترسیم شده توسط داده های مرتبط به موجودات زنده با شیب $3/4$ است. همچنین باید توجه داشت که سوخت و ساز بدن و یا توان مورد استفاده در شهر تا حدودی بالاتر از خط راست نهفته است. همچنین، شیب داده ها برای شهرها (شیب 0.86 زمانی که فقط نقاط برای شهرها در نظر گرفته می شوند) تا حدودی متفاوت از شیب برای حیوانات است، و باید به خاطر داشت که نه تنها عدم قطعیت های بزرگی برای شهرها وجود دارند، بلکه شهرهای ذکر شده هیچ شرایط آب و هوایی به شدت برابر ندارند و آنها گستره کاهش یافته در مقیاس لگاریتمی را پوشش نمی دهند. همچنین، شهرهای کوچکتر به هدایت مردم به مکان های بزرگتر برای برخی از خدمات تمایل دارند. علاوه بر این تعریف جرم شهرها سخت تر است، به عنوان مثال، روشن نیست که آیا آب بیرونی هدایت می شود و فاضلاب، جاده ها و خطوط راه آهن اتصال شهرها باید گنجانده شوند؛ در حال حاضر ما این عوامل را در اینجا نگنجانده ایم.



شکل 1. نمایش لگاریتمی توان سوخت و ساز بدن در برابر لگاریتم جرم، برای برخی از حیوانات و برای برخی از شهرها (به متن مراجعه کنید).

همچنین، باید ذکر نمود که شهرهای نمایش داده شده در نمودار در میان شهرهایی قرار دارند که به عنوان دنیای "توسعه یافته" یا "غرب" در نظر گرفته می شود. آشکار است که شهرهای کمتر "توسعه یافته" معمولاً دارای مصرف برق پایین تر هستند (حتی اگر بسیار کم نباشد، به دلیل سیستم های معمولاً کمتر کارآمد فعال در جهان در حال توسعه)، اما زیرساخت های کمتر، و در بسیاری از موارد ساختمان های کیفیت پایینتر. تخمین ها برای شهرهای در حال توسعه، دقیق تر خواهند بود که آنهايي که ما انتخاب نموده ایم دارای ویژگی های شناخته شده نسبتاً قابل اعتماد هستند.

مورد ژاپن ممکن است به طور مستقل در نظر گرفته شود. یک تجزیه و تحلیل دقیق نشان می دهد که منطقه ساخته شده زندگی به ازای هر فرد، به دلیل سنت های فرهنگی کمتر از این موارد "غربی" است، بلکه مقررات لرزه ای، سختی بالاتری را برای ساختمان و سازه های عمومی تحمیل می کنند. بنابراین، یک انحراف بزرگ از نقاط ارائه شده انتظار نمی رود.

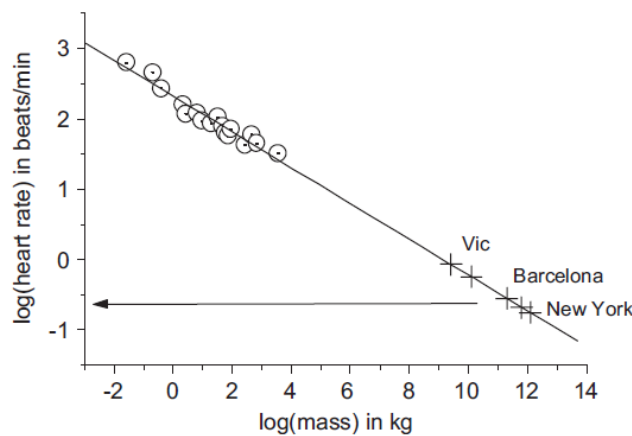
3. حمل و نقل ضربانی در شهرها

ما فکر می‌کنیم که روشی که در آن موقعیت یک شهر مدرن توسعه یافته حدوداً منطبق بر روند مربوط به رابطه میان توان و جرم برای موجودات زنده است، بدان معنی است که ویژگی‌های دینامیکی این سیستم‌ها بیش از حد دور از یکدیگر نیستند. البته، تنظیمات دقیق ممکن است از یک سیستم به دیگری، بسیار متفاوت باشند (بطور پیوسته با مرجع. [8])، و تنها ویژگی‌ها و یا سازه‌های ناخالص، رایج هستند. علاوه بر این، از نظر ما، این نشان دهنده تسلط مشکلات حمل و نقل (تا آنجا که به جرم، انرژی، و اطلاعات مرتبط می‌شود) در این سیستم است. اگر این مورد برقرار باشد، دیگر روابط تقریبی بین جرم و خواص متنوع شهرها می‌توانند وجود داشته باشند، حتی اگر شهرها به طور کامل تکامل نیافته باشند همانند موجودات زنده (عمدتاً به دلیل تکامل در موجودات زنده برای میلیون‌ها سال، و تنها برای چند هزار سال در شهرها)، و انحرافات را نیز می‌توان به دلیل عدم مقایسه تاریخ و تکامل شهرها، و عدم وجود آمار و نفوذ خاص در هر شهر یافت. می‌توان اثبات نمود که برخی از این روابط بی‌معنی هستند، زیرا شهرها نسبتاً به اندازه موجودات زنده تکامل نیافته‌اند.

شکل 2، ارتباط بین ضربان قلب و جرم، برای حیوانات را نشان می‌دهد و موقعیت برخی از شهرها را مشخص می‌کند. برون‌یابی خط مستقیم به جرم یک شهر بزرگ توسعه یافته، تقریباً یک دوره 4-دقیقه را برای ضربان (نرخ) شهرهای "متوسط" همانند بارسلونا ارائه می‌دهد. حتی اگر شهرها یک "قلب" «آرگانیک» نداشته باشند، مانند حیوانات، ضربان قلب شهر را می‌توان با یک فعالیت ضربان دار حمل و نقل شناسایی نمود که ممکن است تمام حوادث حمل و نقل عمومی (عبور اتوبوس‌ها، قطار...)، و یا تغییرات منظم چراغ راهنمایی باشد. در حالی که حوادث حمل و نقل عمومی می‌تواند یک دوره عبور واقعاً نزدیک به 4 یا 5 دقیقه داشته باشند، دومی معمولاً یک دوره نزدیک به 1.5 دقیقه (100 ثانیه در بارسلونا) دارند. اگر این رقم واقعاً نشان دهنده یک بهینه‌سازی باشد، بنابراین فرکانس واقعی تغییر چراغ‌های راهنمایی برای شهرهایی مانند بارسلونا یا بزرگتر خیلی بالا به نظر می‌رسد. حتی اگر کاهش فرکانس تغییرات چراغ راهنمایی ممکن است به راه‌حلی برای عبور و مرور (مانند گردشگاه‌های مرتفع) نیاز داشته باشند، فرکانس پایین‌تر تغییر، زمان نسبی را که در آن ترافیک با سرعت ثابت عبور می‌کند، افزایش می‌دهد که در نتیجه بهینه‌سازی حرکت را افزایش می‌دهد. ممکن است به یادآوریم که پس از یک بحران انرژی، در

برخی از کشورها مانند سوئیس پیشنهاد شد که اتومبیل ها، موتورهای خود را در حین انتظار در پشت چراغ راهنمایی خاموش کنند (چراغ ها چند ثانیه قبل از تغییر حالت در شهرهایی مانند ژنو اعلان می کردند). اثرات این نوع از اقدامات را می توان در دوره های طولانی تر چراغ ترافیک دید.

همچنین باید اشاره کرد که برای شهرهای کوچک، ممکن است هیچ چراغ ترافیکی هرگز وجود نداشته باشد. بنابراین، اتخاذ چراغ های ترافیک را می توان به عنوان یک بهینه سازی در حمل و نقل در نظر گرفت- این نه تنها به معنی در زمان انتظار، بلکه کاهش در حوادث و صدمات - و در عین افزایش اندازه، و در نتیجه پیچیدگی است.



شکل 2. نرخ ضربان قلب گسترش یافته (ضربان و یا ریتم حمل و نقل ضربانی) به ازای جرم، از جمله موقعیت شهرهای مدرن. از نمودار که یک گسترش از یک نمودار در مرجع. [1] است تا جرم های موثر شهرها، یک نرخ گسترش یافته از نرخ ضربان قلب برای شهرها ممکن است استنباط شود.

4. نتیجه گیری ها

یک برآورد دقیق نشان می دهد که شهرهای مدرن، برخی از رفتارهای مقیاس بندی دنبال شده توسط موجودات زنده را در نظر می گیرند. این امر را می توان به این دلیل تفسیر نمود که هر دو سیستم در اصل دارای شرایط حمل و نقل هستند و بهینه سازی این سیستم در راه است. مقیاس بندی می تواند با در نظر گرفتن جستجوی بهینه سازی

برخی از مشکلات مرتبط با حمل و نقل مفید باشد. یک نرم افزار برای زمان بندی چراغ های ترافیک پیشنهاد شده است.

References

- [1] G.B. West, J.H. Brown, *Phys. Today* 57 (2004) 36–42.
- [2] M. Kleiber, *The Fire of Life: An Introduction to Animal Energetics*, Robert E. Krieger, Huntington, NY, 1975.
- [3] G.B. West, W.H. Woodruff, J.H. Brown, *Proc. Natl. Acad. Sci.* 99 (2002) 2473–2478.
- [4] A. Bejan, *Shape and Structure, from Engineering to Nature*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2000.
- [5] A.H. Reis, A. Bejan, *Int. J. Heat Mass Transfer* 49 (2006) 1857–1875.
- [6] A. Bejan, J.H. Marden, *J. Exp. Biol.* 209 (2006) 238–248.
- [7] M. Burd, *Physica A* 372 (2006) 124–131.
- [8] R. Guimera, M. Sales-Pardo, L.A.N. Amaral, *Nat. Phys.* 3 (2007) 63–69.
- [9] M. Buchanan, *Nat. Phys.* 3 (2007) 7.
- [10] H. Coch, A. Isalgue, R. Serra, *Scaling laws and the city*, in: *World Renewable Energy Congress (WREC)*, Firenze, Italy, 2006.
- [11] R. Carvalho, *A. Penn, Physica A* 332 (2004) 539–547.
- [12] N.A. Salingaros, *Connecting the fractal city*, Keynote speech, *Fifth Biennial of Towns and Town Planners in Europe*, April 2005, Barcelona.
- [13] C. Kuhnert, D. Helbing, G.B. West, *Physica A* 363 (2006) 96–103.
- [14] <www.bcn.es>.
- [15] <<http://www.barcelonaenergia.com/cat/documents/documents2.htm>>, or <<http://www.barcelonaenergia.com/eng/observatory/bcnenergy4.htm>>.
- [16] <<http://www2.ajvic.net/visorSIG/web/index.asp?menu = urbanismeVicInternet>>.
- [17] <<http://paris-a-la-carte-version-pl.paris.fr/carto/mapping>>.