

# Масштаб

Універсальні закони зростання, інновацій, стійкості та швидкості у житті організмів, міст, економік і компаній



Книгу написав один з найвпливовіших сучасних учених

Видання отримало позитивні відгуки The New York Times, Science Magazine

Книгу рекомендує Нассім Талеб, автор книг «Антикрихкість» та «Чорний лебідь»

**Джеффри Вест** – фізик-теоретик, старший науковий співробітник Національної лабораторії Лос-Аламоса і почесний професор Інституту Санта-Фе, де він також був президентом у 2005-2009 роках. У 2006-му увійшов до списку 100 найвпливовіших людей у світі за версією The Time.

## Основна ідея

Фізик та візіонер Джеффри Вест одного разу замислився: чому ми живемо саме стільки, не більше й не менше? І зрештою дійшов цікавого висновку: всі ссавці фактично є версіями один одного, тільки в різному масштабі. І підкоряються тим самим законам. Згодом Веста зацікавив розвиток міст та бізнес-систем – і він виявив, що на них поширюються схожі закони. Про свої відкриття він написав у цій книзі.

### Простота і складність

Життя на нашій планеті набуває безлічі форм і є, мабуть, найскладнішим феноменом у Всесвіті. Існує понад 8 млн видів організмів, які відрізняються за розміром, тривалістю життя, тим, як вони народжуються, живуть і вмирають. З появою людини складність цього світу ще збільшилася: виникли будівлі, міста, культури...

Проте якщо подивитися, як влаштована Сонячна система, то стає очевидним: існують закони, за якими планети рухаються своїми орбітами. Можливо, подібні закони діють і в нашому складному хаотичному світі? Автор вважає, що не потрібно бути математиком або фізиком, щоб у цьому переконатися.

Якщо побудувати графік залежності частоти серцевих скорочень тварин від їхньої ваги, то отримаємо спадну пряму лінію. А сумарна кількість серцевих скорочень за все життя у всіх тварин практично однакова: і в миші, що живе лише декілька років, і у кита, який може прожити понад століття. Кількість патентів у містах прямо пропорційна розміру популяції. Дохід і вартість активів компанії знаходиться практично в лінійній залежності від кількості працівників. Йдеться про надзвичайно складні процеси, але їх описує найпростіший математичний закон. Усе це – ілюстрації до принципу масштабу, якому підкоряються тварини, рослини, екосистеми, міста і компанії.

### Мережі та фрактали

Усі організми, від бактерій до найбільших тварин, для підтримки життєдіяльності й відтворення потребують злагодженої взаємодії численних елементів – молекул, органел, клітин. І ці мікроскопічні складники мають «обслуговуватися» у «демократичний», ефективний спосіб, щоб підтримувати метаболізм, виводити відходи, регулювати активність.

Природний відбір вирішив це завдання в оптимальний спосіб, організувавши ці елементи в мережі, які розподіляють енергію.

З функціональної точки зору біологічні системи обмежені тією кількістю енергії, метаболітів та інформації, яку здатні передавати ці мережі.

Простіше кажучи, людина – це ефективно організований набір мереж, кожна з яких переносить енергію, речовини й інформацію. Ба більше, усе живе можна представити у вигляді ієрархії мереж. Ось деякі приклади схожих між собою мереж: серцево-судинна система людини, циркуляторна система мозку, біла й сіра речовина мозку, дерево. Автор зробив припущення: універсальні закони, що описують усе живе, базуються на фізичних і математичних властивостях біологічних мереж.

Вест спільно з Джеймсом Брауном і Браяном Енквістом дійшли висновку, що більшість біологічних мереж (на кшталт серцево-судинної системи людини) демонструють цікаву властивість – фракталь-

# П'ять основних думок

1

Людина – це ефективно організований набір мереж, кожна з яких переносить енергію, речовини та інформацію.

2

Універсальні закони, що описують усе живе, базуються на фізичних і математичних властивостях біологічних мереж.

3

Більшість біологічних мереж демонструють властивість фрактальності: їхня структура повторює свою геометрію на всіх рівнях.

4

Міста є сприятливим середовищем для інновацій і створення цінності. Кожне місто має два виміри: фізична інфраструктура і соціально-економічна активність.

5

У тварин інтенсивність метаболізму зменшується зі збільшенням розміру, у міст – зростає. У компаній ця залежність є практично лінійною.

ність. Інакше кажучи, їхня структура повторює свою геометрію на всіх рівнях.

Фрактали у природі й у нашому повсякденному житті зустрічаються дуже часто. Їх можна побачити в будові легень і в екосистемах, у хмарах і містах, у руслах річок і компаніях. Найпростіший приклад фракталу – брокколи. Якщо розділити її на маленькі шматочки, кожен з них буде виглядати зменшеною копією цілого овочу. Якщо розділити шматочки на ще дрібніші фрагменти, вони теж повторюватимуть оригінал. Цей процес можна виконувати знову й знову, і кожного разу в черговому фрагменті можна буде впізнати ціле.

Математичні фрактали є ідеальними: вони тривають нескінченно. Об'єкти реального світу мають природні обмеження. Брокколи можна ділити на фрагменти, що повторюють структуру цілого, лише до певного моменту, а потім залишаться тільки тканини, молекули і клітини.

Вест, Браун і Енквіст встановили, що найефективнішими мережами є ті, що мають фрактальну структуру. І майже всі мережі, які підтримують життя в організмах, є фракталами, що повторюють себе. Причому це актуально для різних систем рослин, комах, тварин і людини.

## Планета, де домінують міста

Одним з найвидатніших відкриттів ХХ століття був той факт, що ми живемо у всесвіті, що постійно розширюється. Важливо те, що це стосується не тільки космічних масштабів, а й нашого повсякдення. У масштабах планети ми теж живемо у соціально-економічному середовищі, яке постійно розширюється. І хоча ми не думаємо про це, але таке експоненційне розширення впливатиме на життя наших дітей сильніше за будь-які парадокси космосу.

Один з найочевидніших проявів цього феномена – стрімке зростання популяції упродовж останніх 200 років. Після двох мільйонів років повільного, поступового

збільшення кількості людей на планеті приблизно у 1805-му ми перетнули позначку в 1 млрд. А потім, після промислової революції, стався вибух. Вона стала соціально-економічним аналогом Великого вибуху. Капіталізм, збільшення доступу до ресурсів, інновації, підприємництво – усе це виникло завдяки їй.

Другий мільярд людей з'явився на планеті за 120 років. Третій – менш ніж за 35. У 1974 році людей на Землі було вже 4 млрд, і сьогодні ми вже практично подвоїли це число. Зростання популяції відбувається навіть швидше, ніж за експонентою.

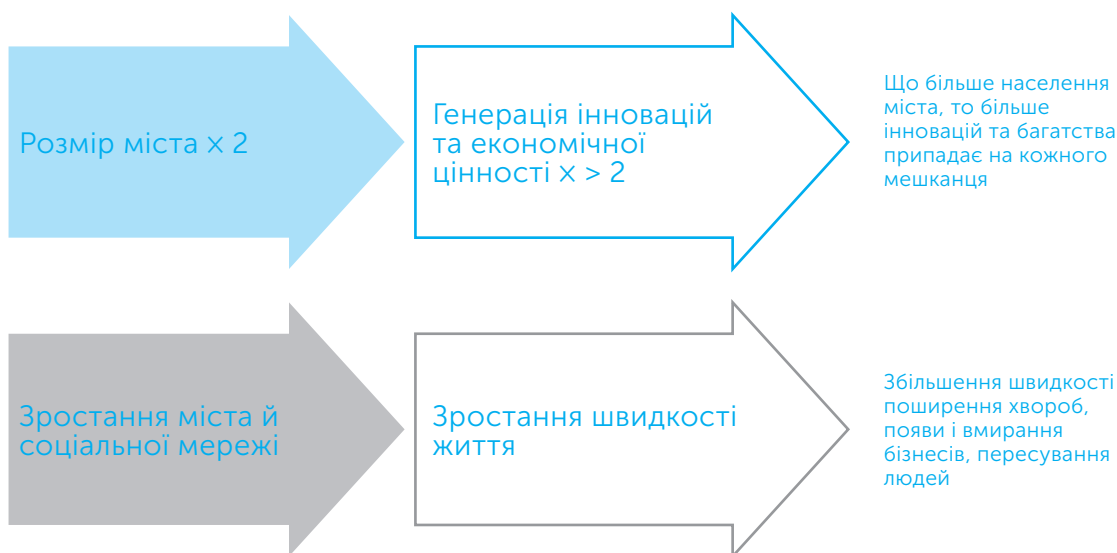
## Усе живе можна зобразити у вигляді ієрархії мереж

Донедавна життя людини було переважно біологічним: ми були інтегровані в екологічну систему Землі, являли собою лише ще один вид ссавців. Проте зараз людина настільки активно змінює екосистему планети, що для позначення цього впливу придумали новий термін – антропоценоз. Дехто вважає, що початком епохи антропоценозу варто називати промислову революцію. Інші вчені думають, що нова ера стартувала лише в середині ХХ століття. А дехто впевнений, що вплив людини на планету почався ще 10 тисяч років тому.

Якщо подивитися на Землю з космосу в тій її частині, де зараз ніч, ми побачимо величезну кількість вогнів. Їх генерують міста, наочно ілюструючи ідею урбанозеноза, міської екосистеми.

Традиційно збільшення популяції корелювало з підвищенням фінансових і соціально-економічних показників. І ця ідея настільки стійка, що ми сприймаємо експоненційне розширення як належне і схвалюємо його. Нинішня соціальна й економічна парадигма визнає необхідною підтримку цього зростання.

## Закономірності міст за версією Джеффри Веста



Проте майже 8 млрд людей і всі ті нові люди, які з'являться найближчими роками, мають бути нагородовані, одягнені. Ми хочемо подорожувати, розважатися, жити осмисленим життям. Щоб забезпечити все це, необхідне експоненційне зростання кількості ресурсів. І місто – це ефективний спосіб досягти бажаного результату.

### Міста і майбутнє

Майбутнє нашої планети значною мірою визначають міста й глобальна урбанізація. Міста є сприятливим середовищем для інновацій і створення цінності, силловими центрами, магнітами, які притягують креативних людей. Місто дозволяє налагодити соціальні взаємозв'язки, співпрацю, а значить, створювати інновації й багатство.

Міста стимулюють зростання, генерують ідеї. Проте вони мають і темний бік: забруднення атмосфери, кримінал, хвороби, бідність, надмірне споживання ресурсів. Занадто швидка урбанізація призводить до того, що людство стикається з новими викликами, зокрема екологічними, соціальними, фінансовими.

Проблеми, з якими має справу людство, не нові. Більшість з них зародилася ще на початку промислової революції. Але урбанізація розвивається експоненційно, і зараз ми починаємо відчувати, що на нас насувається цунамі викликів. Небезпека в тому, що ми можемо усвідомити деякі загрози вже тоді, коли стане занадто пізно, щоб упоратися з ними.

Тільки нещодавно ми помітили руйнівний потенціал глобального потепління, кліматичних змін, обмеженості ресурсів (води, енергії тощо), викидів в атмосферу, фінансових криз. І навіть зараз чимало політиків і економістів вважають, що ці проблеми – лише тимчасові труднощі, які скоро будуть вирішені за допомогою якоїсь сміливої інновації. Проте автор не впевнений, що це так. Епоха стрімкої урбанізації – це дещо нове для людства і, щоб упоратися з викликами, які вона несе, у нас не завжди досить інформації.

Отже, нам необхідна наука про міста – концептуальна модель, що дозволяє зрозуміти й передбачити динаміку розвитку, еволюцію мегаполісів. Те саме можна сказати

про компанії: нам потрібно розібратися в тому, яким законам вони підпорядковуються, щоб ефективніше ними управляти.

## Головне – енергія

Для підтримки життєдіяльності середньої людини вистачає 2 тисяч калорій на день. Цю енергію можна порівняти зі звичайною лампою потужністю 100 ват. Ми надзвичайно ефективні у витрачанні енергії, особливо якщо порівняти ту кількість енергії, яка потрібна нам самим, із тією, що потрібна для забезпечення наших потреб. Пристрої, які ми використовуємо (телефони, посудомийні й пральні машини тощо), споживають у 30 разів більше енергії на день, аніж ми. На думку Веста, епоху антропоцену можна визначити за цим показником – зростання кількості енергії, яку споживає людина.

Цей показник доволі сильно варіюється в різних країнах. Наприклад, у США він майже учетверо вище за середній: 11 тис. ват на людину. Це у понад 100 разів більше за біологічну потребу нашого організму в енергії! З точки зору біології ми є видом, який споживає набагато більше енергії, ніж потрібно тварині нашого розміру.

Автор вважає, що такі показники дозволяють по-справжньому зрозуміти, наскільки далеко ми відійшли від світу природи. Підраховано, що якби ми, як і раніше, залишалися його частиною, споживали трохи більше 100 ват на день і не винайшли сільське господарство, то сьогодні населення Землі становило б 10 млн. людей.

Не менш важливо усвідомити, наскільки великими є масштаби неефективного витрачання енергії. Наприклад, лише 20% енергії, що виробляється з бензину, йде на приведення машини в рух. Приблизно третина світового споживання енергії – це зайві витрати. Пріоритетним напрямком інновацій для людства має стати підвищення ефективності використання енергії. Багато компаній де-

кларують, що вже займаються цим, але для більшості організацій на першому місці все одно залишається прибуток.

## Міста й організми

Міста й компанії, на думку Веста, мають чимало спільного з організмами і природними екосистемами. Вони переробляють енергію і ресурси, виділяють відходи, обробляють інформацію, зростають, адаптуються, еволюціонують. Ми часто використовуємо поняття «ДНК компанії», «метаболізм міста» тощо, як ніби бізнес і мегаполіс є біологічними об'єктами. Навіть у Аристотеля ми зустрічаємо ставлення до міста як до природної органічної автономної одиниці. Чи є ці порівняння лише красивими метафорами?

Вест і його колеги з Інституту Санта-Фе впевнені, що між містами і живими організмами багато спільного. Мегаполіси підтримують своє існування завдяки мережам на кшталт доріг, залізничних колій, ліній електропередавання. Ці мережі транспортують енергію, людей, ресурси і є втіленням метаболізму міста.

Якщо подивитися на різні міста – Нью-Йорк, Даллас, Лос-Анджелес, то вони будуть сильно відрізнятися від Токіо, Осаки, Парижа чи Лондона. Однак їхні відмінності будуть набагато меншими, аніж різниця між китом, конем і мавпою. І водночас усі

# Майбутнє нашої планети істотно визначають міста і глобальна урбанізація

тварини підкоряються однаковим законам і є фактично версіями одне одного у різному масштабі. Те саме й з містами: вони можуть бути влаштовані приблизно однаково, відрізняючись масштабом. І Вест зі своєю командою підтвердив це, досліджуючи різні

## Варто замислитися

**Яка структура**  
у вашої компанії?

1

Чи використовуєте ви повною мірою  
**потенціал мереж**, частиною яких ви є?

2

**Який зворотний зв'язок**  
ви отримуєте від ринку?

3

## Варто зробити

**Пошукати схожість**  
між вашим бізнесом  
та живим організмом

1

**Проаналізувати**, на якому етапі  
життєвого циклу перебуває ваша компанія

2

**Переконалися**, що ви приділяєте новим  
напрямами доволі уваги

3

міста за різними показниками: ВВП на душу населення, рівнем злочинності тощо.

Виявилось: якщо ви знаєте розмір міста, скажімо, у США, то можете передбачити з 80-90%-вою точністю, яка середня зарплата його мешканців, довжина його доріг, скільки злочинів там відбувається, скільки у ньому ресторанів, скільки патентів реєструється. Багато чого визначається тільки розміром населеного пункту. Цікаво й те, що мова йде про міста у межах однієї країни. Закони масштабу діють не так точно, коли ви порівнюєте міста з різних країн. Скажімо, рівень злочинності в Японії у середньому набагато нижчий, аніж у США, а кількість патентів – вища.

Потрібно враховувати й те, що міста – це дещо більше за набір фізичних об'єктів. Париж – це не лише красиві будинки й вулиці, хоча саме це спадає на думку в першу чергу, коли ми думаємо про столицю Франції. Дивитися на урбанізацію тільки з точки зору збільшення розмірів міста, появи нових будинків та інфраструктури – означає робити велику помилку.

Міста мають органічну властивість: вони фізично зростають і розвиваються завдяки взаємодії між людьми. І найвеличніші мегаполіси стають такими, тому що спрямовують зусилля людей на створення «душі»: інновацій, цінності.

Отже, у кожного міста є два виміри: фізична інфраструктура та соціально-економічна активність. На думку Веста, їх можна представити у вигляді фрактальної мережевої структури. Фрактали часто є результатом еволюційного процесу, спрямованого на оптимізацію певної функції (наприклад, забезпечення енергією всіх клітин організму або всіх людей міста). Може здатися дивним, але й соціальні мережі мають цю властивість: доволі великі соціальні групи також часто набувають фрактальної структури.

## Наука про компанії

Компанії є головним механізмом створення економічної цінності: лише у США загальна вартість публічних бізнесів на 15% перевищує ВВП країни. У США є 30 млн незалежних компаній, в більшості з яких тільки декілька працівників, але є 4 тис. великих, чії акції виставлені на біржі.

Існує чимало літератури, де інвестори і бізнесмени розповідають про те, що допомогло їм досягти успіху. Такі книги фокусуються в основному на структурі і динаміці розвитку організацій. Механізми, за допомогою яких ми звикли дивитися на організації, можна розділити на три групи: транзакційні витрати, організаційна структура, ринкова конкуренція.

**Ми є видом, який споживає набагато більше енергії, ніж потрібно тварині нашого розміру**

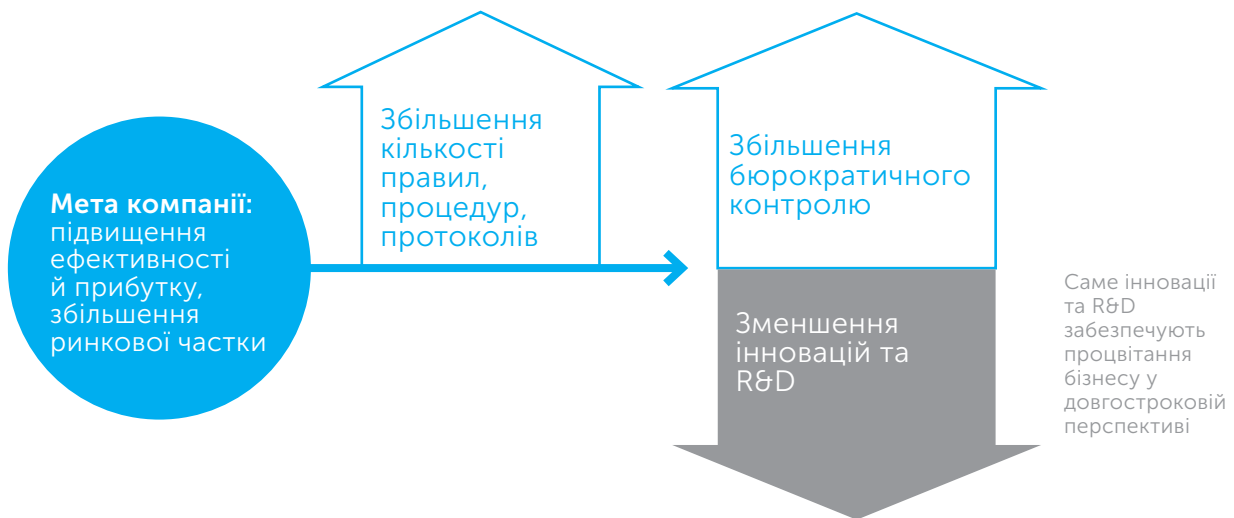
Не заперечуючи цей підхід, Вест вважає, що компанії потрібно розглядати як складні адаптивні системи, враховуючи їхній масштаб. Однак таких досліджень сьогодні існує дуже мало. Як нема й детальних моделей того, як працює економіка.

Часто компанії радше нагадують організми, ніж міста. Тому можна припустити, що вони стикаються з тими самими обмеженнями, що й тварини. Наприклад, з обмеженим життєвим циклом.

Зростання й у випадку організмів, і у випадку міст забезпечується різницею між метаболізмом і підтриманням життєдіяльності. У компанії метаболізмом можна вважати її дохід або продаж, а витрати – підтриманням життєдіяльності. У тварин інтенсивність метаболізму зменшується зі збільшенням розміру, у міст – навпаки.



## Чому вмирають компанії?



Вест виявив, що у компанії ця залежність є практично лінійною. Для бізнесу це добра новина, адже вона говорить про можливість експоненційного зростання, тобто про ріст будь-якого підприємця.

Втім, це не означає, що якщо компанія стрімко зростає, то вона неодмінно виживе. Адже швидкість її розширення повинна бути не меншою за швидкість збільшення ринку.

Ще одне цікаве відкриття автора: ризик смерті компанії не залежить від її віку та розміру. Кількість п'ятирічних бізнесів, які закрилися на шостому році, приблизно така сама, як і число 50-річних організацій, які загинули на 51-му році існування.

Чому компанії часто гинуть, а для міст це рідкість? Можливо, тому що з метою підвищення ефективності й прибут-

ку, збільшення ринкової частки бізнеси діють стереотипно: додають ще більше правил, процедур і протоколів. Зрештою, зростає бюрократичний контроль, і часто це відбувається за рахунок інновацій та R&D (а саме вони мають забезпечувати процвітання у довгостроковій перспективі). Статистика свідчить, що у міру зростання компанії витрати на R&D зменшуються.

На відміну від міст, компанії нерідко старіють. А ринкові сили виштовхують тих, хто втомився. Тому головним викликом для бізнесу, на думку автора, є забезпечення балансу між позитивним зворотним зв'язком від ринку щодо наявних продуктів і стратегічною необхідністю розвиватися у нових напрямках, які можуть не дати негайного результату ●●