

МОВА ЯК МЕРЕЖЕВА БЕЗМАСШТАБНА СТРУКТУРА

Д. філол. н., проф. Ельдар Веремчук



План

- 1. Параметри мережевої безмасштабності
- 2. Дослідження безмасштабності на матеріалі корпусів
- 3. Комбінаторні властивості мовних одиниць як прояв безмасштабності.

. 1. Параметри мережевої безмасштабності

- Нелінійність мовної системи
- Ієрархічна організація
- Багатоваріантність шляхів розвитку
- Незворотний характер змін
- Різномасштабність процесів
- Приклад (речення):
 - *The old man read the book in the library yesterday.*

👉 кількість **зв'язків між словами** > кількість самих слів

Нелінійність на рівні тексту

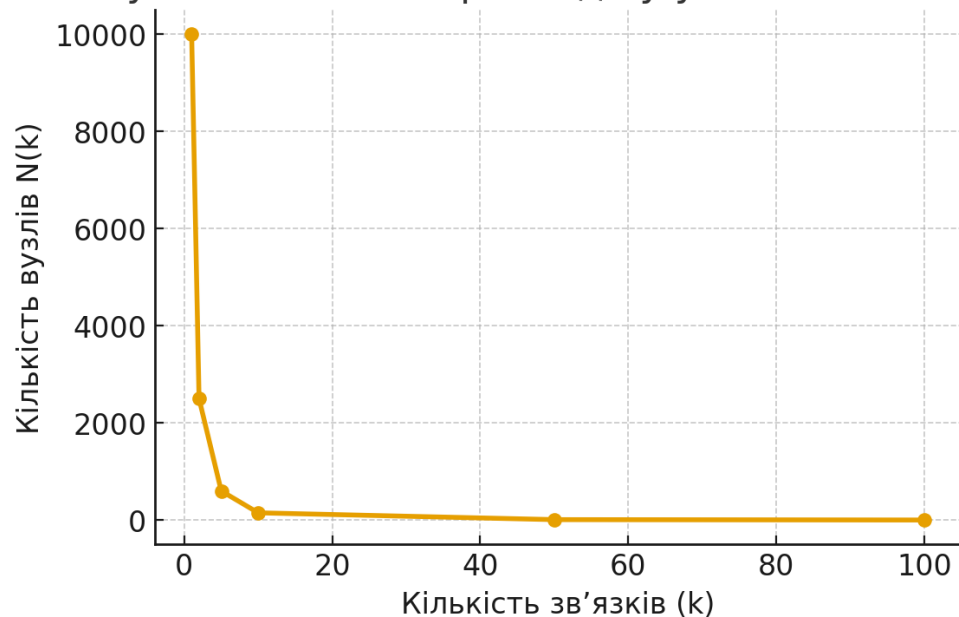
- Слова, словосполучення, речення → численні про- і ретроспективні зв'язки
- «Цементування» тексту в єдину ієрархічну систему
- Приклад (текст):
 - Референції назад: *As mentioned earlier...*
 - Референції вперед: *This will be explained in the next section...*

Поняття безмасштабної мережі

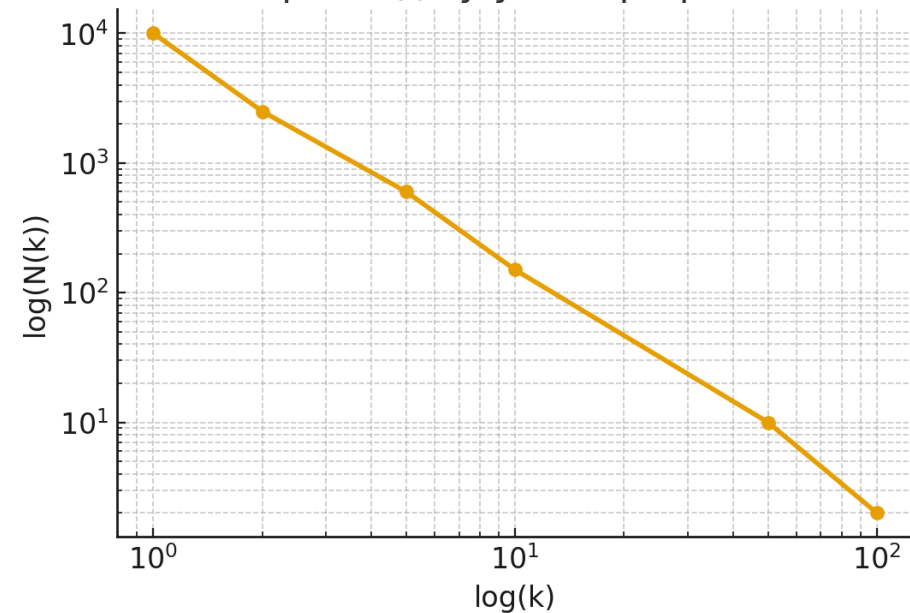
- Введено Альбертом-Ласло Барабаші (1999)
- **Scale-free network** → вузли + ребра
- Ступеневий закон:
 - *багато вузлів із малою кількістю зв'язків*
 - *мало вузлів із дуже великою кількістю зв'язків (**hubs**)*
- **Приклади мереж:**
- нейронні мережі мозку
- мережа телефонного зв'язку
- Інтернет

Ступеневі закони розподілу

Ступеневий закон розподілу у звичайній шкалі



Ступеневий закон розподілу у логарифмічній шкалі (log-log)



Безмасштабна мережа



Мова як мережа

- **Мовна система** — це мережа взаємопов'язаних елементів:
 - *слова, морфеми, звуки, конструкції;*
 - **вузли** — окремі мовні одиниці;
 - **ребра** — зв'язки між ними (спільне вживання, семантика, граматика).
- У складних системах зв'язки **нерівномірні**:
 - *більшість елементів мають мало зв'язків,*
 - деякі — “**вузли-хаби**”, надзвичайно зв'язані.

Вузли-хаби у мові

- Приклади “центрів” мовної мережі:
 - *Службові слова: і, в, що, не;*
 - *Частотні дієслова: бути, мати, робити;*
 - *Семантичні центри: людина, час, світ.*
- Такі слова формують **ядро мережі**, забезпечуючи стійкість системи.

Ступеневий закон у мовній системі

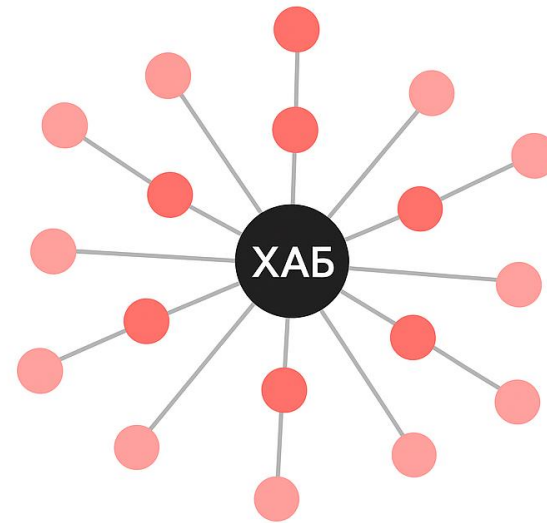
- Розподіл зв'язків між словами описується ступеневим законом (power law):
 - багато “дрібних” слів із малими зв'язками;
 - мало “великих” — з багатьма зв'язками.
- Це саме той розподіл, що спостерігається у безмасштабних мережах.

Приклади прояву ступеневого закону

- **Закон Зіпфа:** кілька надзвичайно частотних слів + “довгий хвіст” рідковживаних.
- **Синтаксичні мережі:** дієслово як центр тяжіння.
- **Лексико-семантичні мережі:** поняття-хаби (“людина”, “час”, “мати”).

Ілюстрація ступеневого закону у мові

СТУПЕНЕВИЙ ЗАКОН У МОВНІЙ СИСТЕМІ



Периферійні вузли/рідковживані
слова

Ідея закону Ципфа

- **Закон Ципфа (Zipf's law)** описує емпіричну закономірність у розподілі частот слів у мові.
Він стверджує, що: $f(r) \sim 1/r$
- $f(r)$ — частота слова,
- r — його ранг за частотністю у корпусі.
- Тобто **друге за частотністю слово** вживається **приблизно вдвічі рідше**, ніж перше, третє — **утричі рідше**, і так далі.

Імплікація Закону Ципфа

- У більшості мов світу 10 найчастотніших слів (службові, дієслова-зв'язки, прийменники) становлять до 20% тексту.
- Довгий “хвіст” рідковживаних одиниць (іменників, прикметників, термінів) становить решту лексикону.
- Такий розподіл спостерігається також у:
 - корпусах текстів різних жанрів,
 - мережах співживання слів,
 - семантичних і синтаксичних структурах.

2. Дослідження безмасштабності на матеріалі корпусів

Безмасштабність у мові

- Структура самоорганізована.
- Більшість елементів мають мало зв'язків.
Кілька елементів мають надзвичайно багато зв'язків.
- Це забезпечує стійкість, адаптивність і гнучкість мовної системи.

2. Приклади безмасштабності на матеріалі корпусів

- Аналіз British National Corpus
- Побудовано мережу з **440 902 слів-вузлів** на основі вживання в реченнях
- Інший приклад:
- 23 279 слів-синонімів → величезний кластер із **22 311 слів**
- 🖱️ Мова виявляє властивості **scale-free network**

Властивості мовної мережі

- **Нерівномірність розподілу:** більшість слів має мало зв'язків, але деякі мають велику кількість
- **Самоорганізація:** мова перебудовується динамічно
- **Кластеризація:** слова утворюють «острівці» зв'язків (синонімічні ряди, тематичні поля)

3. Комбінаторні властивості мовних одиниць як прояв безмасштабності.

Комбінаторика в системі мови

- Мову можна описати як *мережу комбінаторних відносин*.
- Кожен мовний знак має **валентність** — потенційну здатність поєднуватися з іншими знаками.
- Реалізація цієї здатності в мовленні — **сполучуваність**.
- Валентність належить **системі мови**, сполучуваність — **системі мовлення**.
- Разом вони формують **комбінаторний потенціал слова**.

Значення сполучуваності

- Сполучуваність — **ключ до розкриття семантики** мовної одиниці.
 - Значення слова виявляється через його функціонування у контексті.
 - Контекст «активує» різні аспекти значення.
-
- *Вживання виявляє синтаксичні особливості знака і розкриває його значення у синтагматиці та парадигматиці.*

Валентність дієслова

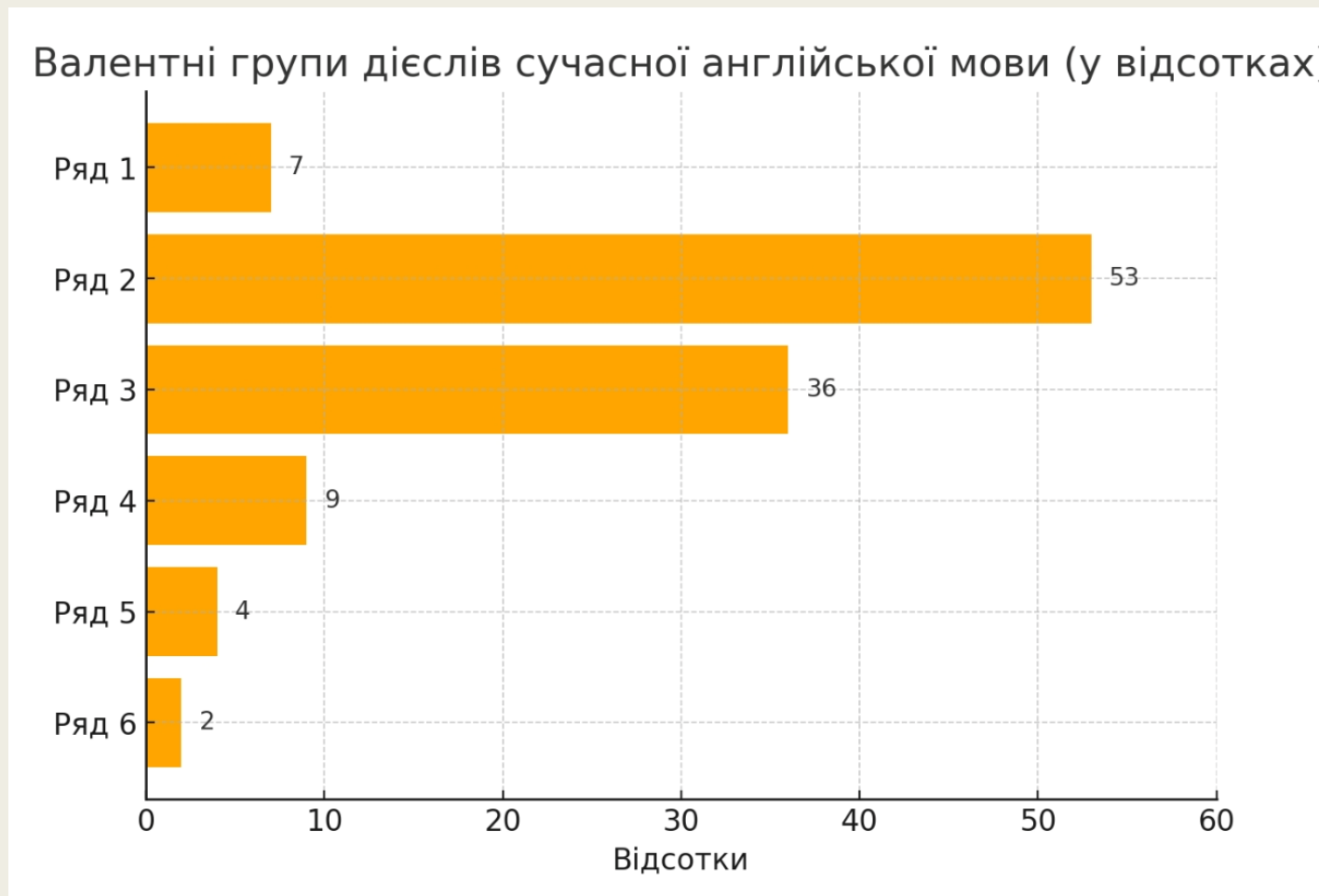
- Комбінаторний потенціал частин мови різний.
- **Дієслово** має найвищу валентність:
 - визначає **структуру речення**;
 - функціонує як **семантико-синтаксичне ядро**;
 - формує навколо себе **кластер залежних компонентів**.

Дієслово = «вузол-концентратор» у граматичній мережі.

Типи англомовних дієслів за валентністю

- Валентність дієслова — від **1 до 6**.
- Найпоширеніші:
 - **дивалентні** (2 зв'язки)
 - **тривалентні** (3 зв'язки)
- Разом — майже **90 %** усіх дієслів.

Гістограма валентності англійських дієслів



Приклади валентності дієслів у контекстах

1. [The motor] started.
2. [The woman] seemed [enthusiastic].
3. [I] wish [you] [good luck].
4. [She] struck [him] [in the face] [with an open hand].
5. [The fog] had driven [the people] [up] [from their staterooms] [to noise and gaiety].
6. At lunchtime one day [he] sent [the manuscript] [off] [second class] [by airmail] [to a publisher].

Дієслово як хаб безмасштабної мережі

- Дієслово має **широкий діапазон сполучуваності** на лексико-семантичному та синтаксичному рівнях.
- У системі частин мови воно формує **кластер** із максимальною кількістю зв'язків.
- Такі вузли-концентратори цементують мовну систему, забезпечуючи її **цілісність і гнучкість**.

Кластерна структура частин мови

- Частини мови утворюють **кластерну мережу**:
 - кожен кластер = лексико-семантичний розряд;
 - рівень кластеризації визначає комбінаторні властивості.
- **Дієслівні та іменникові кластери** — ядерні елементи мережі.

С. Пінкер: граматичні алгоритми групують слова в синтаксичні блоки («дієслівна група», «іменникова група»).

Динамічність мовної мережі

- Безмасштабна мовна мережа — **відкрита і динамічна система**.
- Відбувається **втрата старих і поява нових зв'язків**.
- Нові зв'язки формуються за принципом **переважного приєднання** (*preferential attachment*): → нові елементи тяжіють до вже зв'язаних “вузлів-хабів”.
- Контекст, зміна функції чи ролі слова — чинники еволюції мережі.

Механізми самоорганізації мовної мережі

- Мова як динамічна система підтримує баланс між стабільністю і гнучкістю.
- Вузли-концентратори (дієслова, службові слова, іменники) забезпечують стійкість мережі.
- Нові слова та конструкції приєднуються за принципом **переважного приєднання**, що зумовлює формування «хабів».
- Самоорганізація проявляється у формуванні тематичних кластерів, повторюваних синтаксичних схем, фразеологізмів.

Приклади

- Дієслово **make**: *make a decision, make a mistake, make friends, make coffee* — центр великого кластера.
- · Іменник **time**: *spend time, take time, save time, waste time* — приклад стабільного вузла з численними колокаціями.
- · Новий вузол: *scroll* → *scroll the page, scroll down, endless scrolling* — приклад приєднання нового дієслова до існуючих схем.

Динаміка мовної мережі в текстах

- У тексті спостерігається чергування сильних і слабких зв'язків:
 - сильні зв'язки: частотні словосполучення, фраземи;
 - слабкі зв'язки: рідковживані слова, нові терміни.
- Такі коливання підтримують **нелінійність системи**, створюють можливості для інновацій та зміни значень.
- Референції в тексті (forward/backward linking) також формують структуру мережі, створюючи «міні-кластери» всередині тексту.

Приклади

- **Сильні зв'язки:** *take care of, in other words, as a result* — частотні та стабільні комбінації.
- **Слабкі зв'язки:** *algorithmic empathy, digital fatigue, post-truth politics* — нові контекстуальні сполуки.
- Приклад у тексті:
- *In the age of digital fatigue, people crave authentic communication.*
→ слабкий зв'язок *digital fatigue* розширює семантичну мережу слова *digital*.

Когнітивна інтерпретація вузлів-концентраторів

- Вузли-хаби виконують **центральну когнітивну роль**:
 - *допомагають організовувати інформацію в пам'яті;*
 - *служать точками доступу для активації пов'язаних понять і словосполучень;*
 - *формують семантичні «ядра» для сприйняття і вироблення тексту.*
- Дієслово в реченні — ключовий хаб, який інтегрує всі аргументи та доповнення.

Приклади

- У реченні *The child opened the window* дієслово **open** є ядром, що поєднує агенса (*the child*) і пацієнса (*the window*).
- У вислові *She made me laugh* дієслово **make** створює каскадну залежність між двома дієслівними подіями.
- У фразі *He looks tired* / *He looks at me* зміна типу зв'язку (*copular vs. prepositional*) перебудовує когнітивну схему вузла **look**.

Мережевий підхід та мовна інновація

- Відкритість системи дозволяє інтегрувати нові одиниці (неологізми, запозичення).
- Нові вузли спочатку формують слабкі зв'язки, але деякі стають вузлами-хабами через часте використання і активну сполучуваність.
- Приклади: технологічні терміни (AI, blockchain), сленгові форми, міжмовні запозичення.

Приклади

- Нові вузли:

- to google* → *google it, googling yourself, overgoogled world*

- hashtag* → *hashtag activism, hashtag generation*

- AI* → *AI tools, AI ethics, AI-driven future*

- Розширення старих вузлів:

- cloud* → *cloud storage, cloud computing, in the cloud*

→ приклад зміни семантичного поля та формування нових кластера.

Розбудова семантичної мережі

- *run a company, run fast, run late, run smoothly, run an experiment* — приклад полісемічного вузла, що з'єднує різні кластери (рух, управління, процес).
- *light rain, light meal, light mood, light version* — демонструє розширення семантичного поля прикметника **light** через зв'язки в різних кластерах.

Висновок

- Мова функціонує як **динамічна безмасштабна мережа** зі складною кластерною структурою.
- Дієслово та частотні іменники — ядра системи, що забезпечують її цілісність і гнучкість.
- Валентність та сполучуваність слів — основа комбінаторних можливостей мови.
- Мережевий підхід дозволяє досліджувати як **структуру**, так і **процеси розвитку мови**.

Вправа

Валентність	Дієслово	Пояснення
1	sleep	лише підмет
2	seem	підмет + комплемент
3	give	підмет + прямий + непряний об'єкт
4	put	підмет + прямий об'єкт + 2 обставини
5	send	підмет + прямий + непряний об'єкт + 2 обставини
6	drive	підмет + прямий об'єкт + 4 обставини/результати

Валентність	Дієслово	Приклад
1	sleep	[The baby] sleeps.
2	seem	[The woman] seemed [enthusiastic].
3	give	[I] gave [her] [a book].
4	put	[She] put [the vase] [on the table] [carefully].
5	send	[He] sent [the manuscript] [to the publisher] [by airmail] [yesterday].
6	send	[The teacher] sent [the students] [their assignments] [by email] [before the deadline] [to the head of the department].