



Еволюція співпраці: Теорія ігор у біології

Ця презентація досліджує захоплюючий перетин еволюційної біології та теорії ігор. Ми зануримося в те, як прості правила взаємодії можуть призвести до складних еволюційних результатів, зокрема зосередившись на динаміці співпраці.

Теорія ігор: Основи

Теорія ігор – це математичний підхід до вивчення стратегічних взаємодій між раціональними суб'єктами. Вона моделює ситуації, в яких результат для кожного гравця залежить не тільки від його власних дій, але й від дій інших гравців. У біології гравцями часто є особини, а їхні "стратегії" – це вроджені або вивчені поведінки.



Еволюційна теорія ігор

На відміну від класичної теорії ігор, еволюційна теорія ігор не припускає раціональності гравців. Натомість, стратегії поширюються або зникають з популяції на основі їхнього репродуктивного успіху. Це дозволяє моделювати еволюцію поведінки з часом, не вимагаючи свідомого вибору.



Генетичні стратегії

Стратегії передаються у спадок.



Виграш = Пристосованість

Виграші визначають репродуктивний успіх.



Динамічна популяція

Частота стратегій змінюється з часом.

Дилема в'язня: Класичний приклад

Дилема в'язня – це канонічна гра в теорії ігор, що демонструє конфлікт між раціональним особистим інтересом та взаємною вигодою. Два підозрюваних заарештовані, але не можуть спілкуватися. Кожен має вибір: співпрацювати (мовчати) або зрадити (свідчити проти іншого).

Виграші структуровані так, що для кожного гравця зрада завжди вигідніша, незалежно від вибору іншого. Однак, якщо обидва зрадять, результат для них обох буде гіршим, ніж якби вони співпрацювали.



Матриця виграшів Дилеми в'язня

Ця таблиця показує потенційні результати для кожного гравця залежно від їхніх спільних виборів. Виграші представлені як (Гравець 1, Гравець 2).

	Гравець 2: Співпрацює	Гравець 2: Зраджує
Гравець 1: Співпрацює	(-1, -1) (Легкий вирок)	(-10, 0) (Значний вирок для Г1, Г2 вільний)
Гравець 1: Зраджує	(0, -10) (Г1 вільний, Значний вирок для Г2)	(-5, -5) (Середній вирок)

Оптимальним індивідуальним рішенням є зрада, що призводить до гіршого колективного результату.

Еволюційна симуляція

У еволюційній симуляції ми моделюємо популяцію "гравців", кожен з яких має певну стратегію. Ці стратегії не є свідомим вибором, а є фіксованими поведінками, що передаються з покоління в покоління. Ми спостерігаємо, як частота різних стратегій змінюється з часом.

Ініціалізація популяції

Випадкове розподілення стратегій (наприклад, Співпраця vs. Зрада) серед початкової популяції.

Ітерації гри

Особини взаємодіють відповідно до матриці виграшів, накопичуючи очки пристосованості.

Відтворення та мутації

Стратегії з вищими виграшами частіше відтворюються, іноді з невеликими мутаціями.

Популяція стратегій

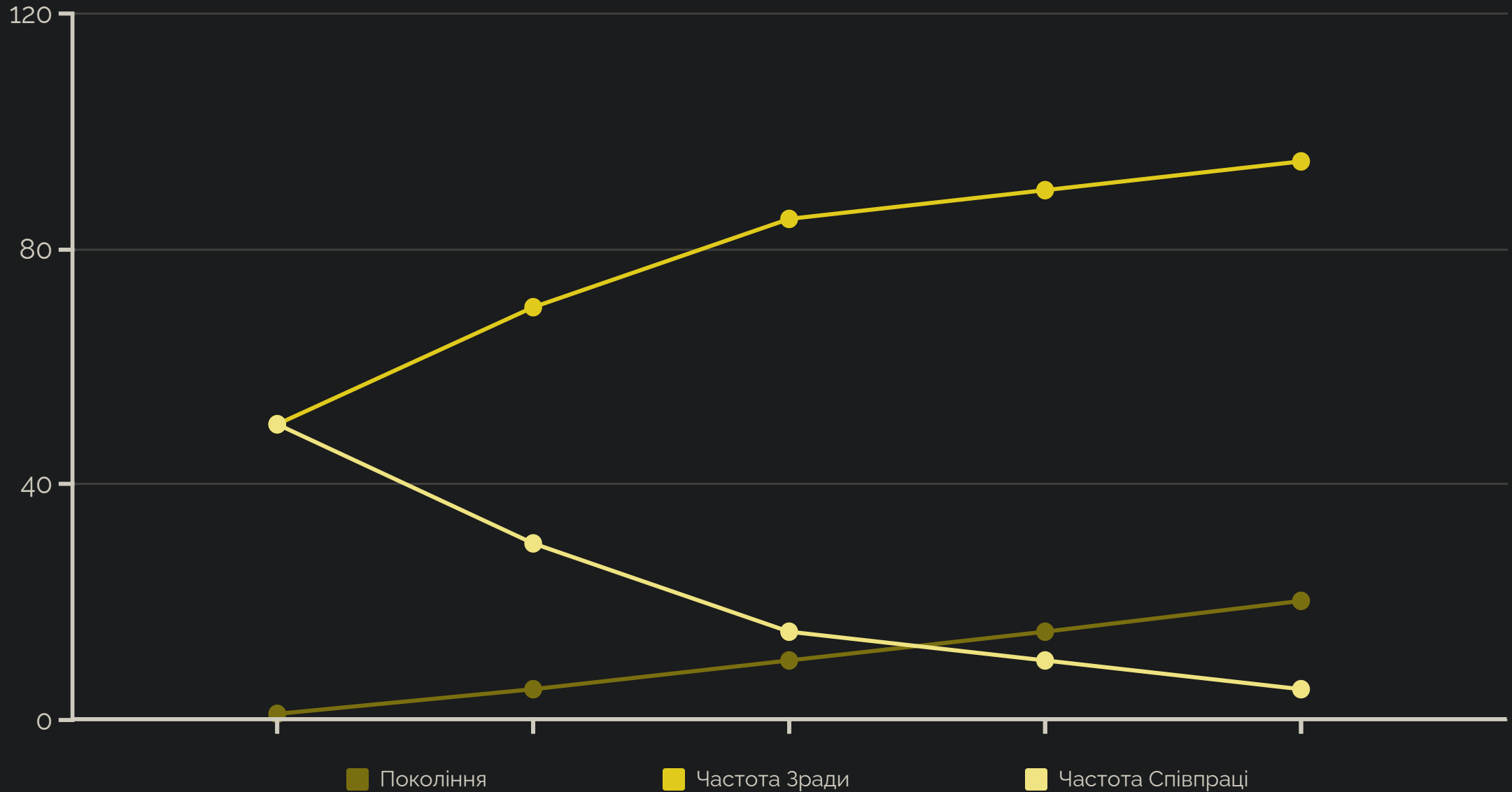
На початку симуляції популяція може складатися з різних стратегій, наприклад, "Завжди співпрацювати", "Завжди зраджувати", або більш складних, таких як "Зуб за зуб" (Tit-for-Tat). Кожна особина має одну з цих стратегій.



Різноманіття стратегій на старті є ключовим для дослідження еволюційних траєкторій.

Розмноження стратегій з високим виграшем

У кожному поколінні особи з вищими виграшами (тобто з більшою пристосованістю) мають більшу ймовірність передати свою стратегію наступному поколінню. Це імітує природний відбір, де успішніші поведінки стають більш поширеними.



Графік ілюструє, як стратегія зради може швидко домінувати в простій Дилемі в'язня без повторних ігор.

Еволюція оптимальних стратегій

Протягом багатьох поколінь симуляція показує, як популяція сходиться до еволюційно стабільної стратегії (ESS). ESS – це стратегія, яка, будучи прийнятою більшістю популяції, не може бути витіснена жодною іншою стратегією.

❗ У багаторазовій Дилемі в'язня стратегія "Зуб за зуб" (Tit-for-Tat) часто виявляється еволюційно стабільною.

Ці результати мають глибокі наслідки для розуміння еволюції соціальної поведінки, включаючи альтруїзм та співпрацю у природі.

Ключові висновки та наступні кроки

1

Теорія ігор пояснює поведінку

Дозволяє моделювати еволюцію стратегій через пристосованість.

2

Дилема в'язня

Демонструє конфлікт між індивідуальним раціоналізмом та колективною вигодою.

3

Еволюційні симуляції

Показують, як стратегії з вищим виграшем поширюються в популяції.

4

ESS та співпраця

Концепція ESS допомагає зрозуміти стабільність поведінки.

Дякуємо за увагу! Чи є у вас питання?