

Delenie buniek

28. 5. 2024

Informatika a simulácie nám môžu pomôcť v rôznych oblastiach vedy a výskumu. Vašou dnešnou úlohou je implementovať simuláciu, ktorá nasimuluje rast populácie mikroorganizmov. Tieto mikroorganizmy sú citlivé na svoje okolie a reagujú na prispôbením pravdepodobnosti delenia bunky, teda reprodukcie. Naše simulované mikroorganizmy budú konkrétne brať do úvahy koncentráciu dusíka (N_2) a oxidu uhličitého (CO_2) vo svojom okolí. V skripte pre implementáciu simulácie (0528.py) nájdete tri triedy:

Organism

Reprezentuje náš mikroorganizmus, ktorý je definovaný tromi hodnotami:

- `min_n2_conc` (float) – minimálna potrebná koncentrácia dusíka vo vzduchu, aby sa organizmus dokázal rozmnožovať (hodnota by mala byť medzi 0 a 1)
- `max_co2_conc` (float) – maximálna dovolená koncentrácia oxidu uhličitého, pri ktorom sa organizmus dokáže rozmnožovať (hodnota je medzi 0 a 1)
- `mutation_prob` (float) – pravdepodobnosť (medzi 0 a 1) mutácie počas reprodukcie: zmutovaný potomok bude viac odolný

Do triedy potrebujete doplniť metódu **breed**, ktorá reprezentuje reprodukciu organizmu. Metóda má dva parametre: aktuálnu koncentráciu dusíka (`current_n2`) a oxidu uhličitého (`current_co2`) vo vzduchu. Z dostupných údajov najprv vypočítajte pravdepodobnosť reprodukcie (reprodukcia je menej pravdepodobná v nepriateľnom prostredí) nasledovným spôsobom (implementuje priamu a nepriamu úmernosť):

$$P(\text{reproduction}) = N2_{\text{constant}} \cdot CO2_{\text{constant}}$$
$$N2_{\text{constant}} = \frac{\text{current } N2 - \text{minimal } N2}{\text{maximum } N2 - \text{minimal } N2}$$
$$CO2_{\text{constant}} = \frac{\text{maximum } CO2 - \text{current } CO2}{\text{maximum } CO2 - \text{minimal } CO2}$$

Následne s pravdepodobnosťou $P(\text{reproduction})$ sa vytvorí potomok organizmu, ktorý bude zmutovaný tiež istou pravdepodobnosťou (`mutation_prob`). K mutácii môže dôjsť iba v prípade, ak aktuálna koncentrácia dusíka alebo oxidu uhličitého sú mimo hraníc aktuálneho organizmu. Zmutovaný potomok bude viac odolný, t. j. jeho minimálna hodnota koncentrácie dusíka pre reprodukciu bude menšia o 0,1 a jeho maximálna tolerancia koncentrácie oxidu uhličitého bude vyššia o 0,1. Pri aktualizácii hodnôt si ustrážte, aby hodnoty koncentrácií ostali v intervale 0 až 1. Pravdepodobnosť mutácie zmutovaného potomka bude $1 - \text{pravdepodobnosť mutácie rodiča}$. Ak pri reprodukcii nedôjde k mutácii, potomok má rovnakú pravdepodobnosť mutácie ako jeho rodič.

Návratová hodnota je nový organizmus, teda potomok, ak taký vznikol. Ak potomok nebol vytvorený, metóda vráti hodnotu `None`.

Population

Definuje populáciu organizmov:

- `min_n2_conc` (float) – minimálna potrebná koncentrácia dusíka vo vzduchu, aby sa členovia populácie dokázali rozmnožovať
- `max_co2_conc` (float) – maximálna dovolená koncentrácia oxidu uhličitého vo vzduchu pri ktorom sa členovia populácie dokážu rozmnožovať
- `mutation_prob` (float) – pravdepodobnosť mutácie členov populácie
- `size` (int) – začiatočná veľkosť populácie

Doplňte metódy do triedy podľa nasledovných špecifikácií:

- **`generate_population(min_n2_conc, max_co2_conc, mutation_prob, size)`** – metóda vygeneruje začiatočnú populáciu, teda `size` počet jedincov s vlastnosťami definovanými ostatnými parametrami; jedincov pridajte do zoznamu `self.population`.
- **`step(current_n2, current_co2)`** – metóda reprezentuje jeden krok v simulácii, v ktorom sa vygenerujú noví jedinci (podľa možností na základe vlastností prostredia). V metóde aktualizujte zoznam `self.population` pridaním potomkov opätovným zavolaním metódy `breed()` pre jednotlivé organizmy v populácii.

Environment

Trieda reprezentuje prostredie, v ktorom sa nachádzajú naše mikroorganizmy:

- `current_n2` (float) – aktuálna koncentrácia dusíka vo vzduchu (medzi 0 a 1)
- `current_co2` (float) – aktuálna koncentrácia oxidu uhličitého vo vzduchu (medzi 0 a 1)
- `population` (Population) – objekt typu `Population`; populácia mikroorganizmov, inicializovaná na `None`.

Do triedy doplňte nasledujúce metódy:

- **`introduce_population(pop_size, mutation)`** – metóda vytvorí populáciu v prostredí podľa parametrov; ako toleranciu dusíka a oxidu uhličitého použite aktuálne koncentrácie v prostredí.
- **`increase_n2(increase)`** – metóda zvýši koncentráciu dusíka v prostredí o hodnotu `increase`; ustrážte si, aby nová hodnota nebola väčšia ako 1 a aby súčet koncentrácie dusíka a oxidu uhličitého po aktualizácii nebol väčší ako 1, v opačnom prípade vygenerujte `ValueError`.
- **`increase_co2(increase)`** – metóda zvýši koncentráciu oxidu uhličitého v prostredí o hodnotu `increase`; ustrážte si, aby nová hodnota nebola väčšia ako 1 a aby súčet koncentrácie dusíka a oxidu uhličitého po aktualizácii nebol väčší ako 1, v opačnom prípade vygenerujte `ValueError`.
- **`decrease_n2(decrease)`** – metóda zníži koncentráciu dusíka v prostredí o hodnotu `decrease`, ustrážte si, aby nová hodnota nebola menšia ako 0.
- **`decrease_co2(decrease)`** – metóda zníži koncentráciu oxidu uhličitého v prostredí o hodnotu `decrease`, ustrážte si, aby nová hodnota nebola menšia ako 0.
- **`time_step()`** – metóda reprezentuje jeden krok simulácie: zavolajte príslušnú metódu nad objektom populácie. Ak populácia ešte nebola vygenerovaná, vygenerujte výnimku `ValueError`.

Skript ďalej obsahuje metódu `simulate_breeding()`, ktorá nasimuluje rast populácie v danom prostredí. Metóda má nasledovné parametre:

- `length` (int) – dĺžka simulácie, teda počet vykonaných krokov
- `start_pop` (int) – počiatočná veľkosť populácie
- `mutation` (float) – pravdepodobnosť mutácie organizmov v populácii
- `start_n2` (float) – počiatočná koncentrácia dusíka v prostredí
- `start_co2` (float) – počiatočná koncentrácia oxidu uhličitého v prostredí
- `change_frequency` (int) – vyjadruje počet krokov, po ktorých sa aktualizuje koncentrácia dusíka a oxidu uhličitého v prostredí

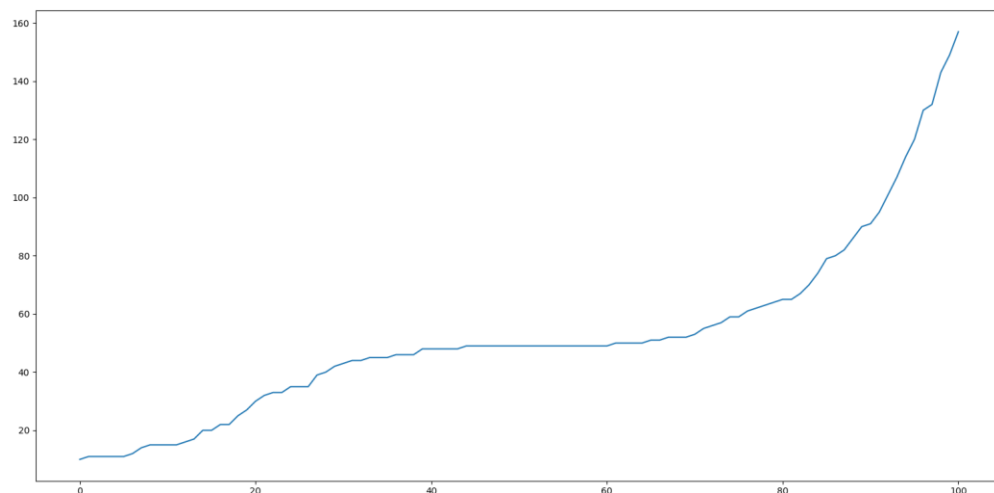
Implementujte metódu **`simulate_breeding()`** podľa nasledovnej špecifikácie:

- inicializujte prostredie podľa zadaných parametrov
- vytvorte populáciu v prostredí
- nastavte ľubovoľné nové hodnoty koncentrácie dusíka a oxidu uhličitého
- zaznamenajte veľkosť populácie (zoznam `pop_size`)
- pre potrebný počet krokov nasimulujte zmenu veľkosti populácie (použite už implementované metódy) a zaznamenajte veľkosť populácie; ak je potrebné aktualizovať hodnotu koncentrácie (podľa `change_frequency`), znížte koncentráciu dusíka o 0,01 a zvýšte koncentráciu oxidu uhličitého o 0,01
- po ukončení simulácie funkcia vráti veľkosť populácie po jednotlivých krokoch (zoznam `pop_size`).

Vo funkcii `main()` odpovedzte na otázku:

Ako sa zmení veľkosť populácie ak sa mení koncentrácia kľúčových plynov v prostredí?

Pre získanie odpovede vykonajte jednu simuláciu. Výsledky znázorníte pomocou grafu, ktorý musí mať názov, a pomenované osi. Samotný graf môže vyzeráť nasledovne (ukážka volania v kóde):



Pri riešení dodržujte nasledujúce zásady:

- riešenie môžete rozšíriť o ľubovoľné metódy
- pri riešení nemusíte postupovať presne podľa návodu, mali by ste ale ponechať funkčnosť
- predpripravený skript môžete ľubovoľne opravovať, nemali by ste ale meniť funkčnosť
- nepristupujte priamo k členským premenným objektov a tried
- hlavná funkcia môže obsahovať iba volanie funkcie `main()`

Dĺžka kódu (bez komentárov): cca. 120 riadkov.