

Specifikace zápočtového programu  
EpiSolve  
Optimalizace Strategií pro Řízení Epidemie Pomocí  
Evolučního Algoritmu

Jan Beneš - Programování 2 (Pátek 9:00)

27. května 2025

# 1 Úvod

## 1.1 Idea projektu

Cílem tohoto projektu je vývoj programu v jazyce C#, který bude simulovat šíření infekční nemoci v populaci agentů pohybujících se na diskretní mřížce. Klíčovou součástí programu bude implementace evolučního algoritmu, jehož úkolem bude nalézt optimální parametry pro strategii protiepidemických opatření (např. lockdown) s cílem minimalizovat negativní dopady epidemie, jako je maximální počet současně nakažených nebo celkový počet úmrtí, při zohlednění nákladů spojených s opatřeními.

## 1.2 Základní popis problému

Program bude realizovat následující klíčové funkce:

- Inicializace simulovaného prostředí (mřížka, populace agentů s různými atributy).
- Modelování šíření nemoci mezi agenty na základě jejich interakcí a stavu (Susceptible, Infected, Recovered/Vaccinated - SIR/SIVR model).
- Implementace protiepidemických opatření (např. lockdown ovlivňující pohyb a přenos nemoci), jejichž parametry budou optimalizovány.
- Implementace evolučního algoritmu pro hledání optimální sady parametrů strategie opatření.
- Sběr a vyhodnocení metrik z každého běhu simulace pro určení kvality (fitness) testované strategie.
- Výstup nejlepší nalezené strategie a souvisejících metrik.

# 2 Formalizace problému a Modelování

## 2.1 Popis

Úkolem je navrhnout a implementovat systém, kde diskretní simulace (agent-based model na mřížce s časovým krokem nebo událostmi) poskytuje prostředí pro vyhodnocení různých strategií řízení epidemie. Evoluční algoritmus bude prohledávat prostor možných parametrů těchto strategií (např. prahové hodnoty pro zahájení/ukončení lockdownu, intenzita lockdownu) a na základě výsledků simulací (fitness funkce) bude iterativně vylepšovat nalezená řešení.

## 2.2 Formální model simulace

### 2.2.1 Prostředí a Agenti

- Prostředí je reprezentováno 2D mřížkou definované velikosti (Výška  $\times$  Šířka).
- Populace se skládá z  $N$  agentů. Každý agent  $A_i$  je charakterizován:
  - Stavem: Susceptible (S), Infected (I), Recovered (R), Vaccinated (V). Stav se mění v čase na základě interakcí a parametrů nemoci.
  - Věkovou skupinou (např. Dítě, Dospělý, Senior), která může ovlivňovat náchylnost k nákaze nebo průběh nemoci.
  - Pozicí na mřížce  $(x_i, y_i)$ .

- Dobou strávenou v aktuálním stavu (např. doba od infekce).
- Agenti se mohou pohybovat po mřížce. Rozsah pohybu může být ovlivněn aktivním lockdownem.

### 2.2.2 Model Šíření Nemoci

- K přenosu nemoci dochází při kontaktu (blízkosti na mřížce) mezi infekčním (I) a náchylným (S) agentem.
- Pravděpodobnost přenosu  $P_{infekce}$  závisí na základní míře přenosu nemoci ( $\beta$ ), modifikátorech (např. věk cílového agenta, aktivní lockdown snižující  $\beta$ ).
- Infikovaný agent zůstává infekční po určitou dobu, poté přechází do stavu Recovered (získává imunitu) nebo případně Dead (pokud je modelováno). Imunita může být dočasná.
- Očkování (pokud je implementováno) přesouvá agenty ze stavu S do V, čímž jim poskytuje ochranu (může být úplná nebo částečná, dočasná nebo trvalá).

## 3 Vstup a Výstup

### 3.1 Vstup

- Parametry simulace (velikost mřížky, počet agentů, základní parametry nemoci, délka simulace) budou konfigurovatelné, ideálně přes konfigurační soubor nebo argumenty příkazové řádky.
- Parametry evolučního algoritmu (velikost populace, počet generací, pravděpodobnosti operátorů) budou také konfigurovatelné.

### 3.2 Výstup

- Průběžný výstup informací o běhu EA (např. nejlepší fitness v každé generaci).
- Po dokončení EA:
  - Výpis nejlepší nalezené strategie.
  - Výpis metrik dosažených s touto nejlepší strategií (průměrné hodnoty ‘MaxNakažených’, ‘CelkemMrtvých’, ‘DobaLockdownu’ atd.).
- Volitelně: Možnost vizualizace běhu simulace s nejlepší strategií (např. textový výpis mřížky v konzoli v čase).

## 4 Interface

Primární interface bude konzolový. Uživatel spustí program s odkazem na konfigurační soubor nebo s parametry. Výstup bude primárně do konzole a/nebo do výstupních textových souborů.