

Symulacja strażacy vs pożar

Paulina Gacek, Jakub Hulek

November 2022

1 Wprowadzenie

Celem projektu jest stworzenie modelu, który w wiarygodny sposób zasymuluje rozprzestrzenianie się pożaru lasu oraz możliwie optymalnie rozporządzi grupami strażaków starających się w jak największym stopniu ugasić pożar i zminimalizować szkody przez niego wyrządzone. Logika zachowań grupy strażaków została opracowana w oparciu o teorię gier, natomiast symulacja pożaru, będąca automatem komórkowym, bazuje na pracach naukowych oraz artykułach popularno-naukowych dotyczących rozprzestrzeniania się pożaru lasu.

2 Model świata

Świat, w którym symulowany jest pożar tworzy dyskretna przestrzeń dwu-wymiarowa 300×300 , w której jedna komórka reprezentuje obszar lasu o wymiarach $10 \text{m} \times 10 \text{m}$. Każda komórka może przyjąć jeden z poniższych typów:

- woda
- las
- łąka/ grunt

W obszarach będących lasem gęstość drzew jest generowana losowo - w jednej komórce (odpowiadającej jednemu aru) znajduje się od 10 do 25 drzew, co przekłada się na ok. $10 - 25 \text{m}^3$ drewna.

3 Model pożaru

Przyjeliśmy że zapłonowi mogą ulegać jedynie obszary, na których znajduje się las, gdyż pożary lasu są przenoszone przez drzewa oraz krzewy, a nie przez trawy.

Pożar został zasymulowany jako automat komórkowy, którego kierunek i szybkość rozprzestrzeniania się zależą od następujących czynników:

- wilgotność drewna
- kierunek i prędkość wiatru
- masa drewna (niespalonego, palącego się i spalonego) w obrębie jednej komórki i jej sąsiadów

3.1 Wiatr

Domyślnie wiatru w symulacji nie ma, jednak można dodać do symulacji wiatr o prędkości 4 m/s naciskając właściwy kierunek geograficzny na róży wiatrów.



rys.1. Róża wiatrów z ustawionym wiatrem północno-wschodnim

Prędkość wiatru została dobrana tak, aby miał on znaczny wpływ na rozprzestrzenianie się pożaru, ale jednocześnie był możliwy do ugaszenia przez strażaków. Wiatr rozprzestrzenia się z palącej się komórki do komórki sąsiedniej (przejmujemy sąsiedztwo Moore'a) z prawdopodobieństwem wyliczanym ze wzoru:

$$p = \text{wind modifier} * \text{diagonal modifier} * \text{wood modifier} \quad (1)$$

gdzie:

wind modifier - współczynnik wyliczany na podstawie kierunku wiatru i położenia sąsiadującej komórki względem płonącej komórki,

diagonal modifier - współczynnik biorący pod uwagę większą odległość sąsiadów znajdujących się „w narożnikach” komórki,

wood modifier - współczynnik mówiący jak duża masa drewna aktualnie pali się danej komórce - im większa masa tym większe prawdopodobieństwo podpalenia sąsiedniej komórki

3.2 Proces spalania

W zależności od gatunku drzewa ogień w danej komórce będzie się rozprzestrzeniać z daną prędkością p_1 (masa drewna podpalona na klatkę) oraz palące drewno będzie się spalać z inną prędkością p_2 (masa drewna spalona na klatkę).

W każdej iteracji programu w palącej się komórce masa niepodpalonego, palącego i spalonego drewna zmienia się zgodnie ze wzorami:

$$m_n(t_{i+1}) = m_n(t_i) - p_1 \quad (2)$$

$$m_p(t_{i+1}) = m_p(t_i) + p_1 - p_2 \quad (3)$$

$$m_s(t_{i+1}) = m_s(t_i) + p_2 \quad (4)$$

$$m_n(t_{i+1}) + m_p(t_{i+1}) + m_s(t_{i+1}) = m_n(t_i) + m_p(t_i) + m_s(t_i) \quad (5)$$

gdzie:

m_n - masa niespalonego drewna,

m_p - masa palącego się drewna,

m_s - masa spalonego drewna

4 Opis agentów

Aby lepiej odwzorować rzeczywisty proces gaszenia pożaru lasu zdecydowaliśmy, że wszyscy strażacy będą podlegać pod jednego dowódcę, który jest też jedynym agentem w symulacji. Dowódca będzie starał się zmaksymalizować nagrodę, tj. zminimalizować funkcję szkód wyrządzonych przez pożar. Strażacy dysponują następującymi możliwościami walki z pożarem [2]:

- wycinka fragmentu lasu, aby stworzyć barierę rozprzestrzeniania się pożaru
- gaszenie wodą, ziemią i innymi środkami

4.1 Funkcja straty

Funkcja ta będzie sumą funkcji straty wszystkich nadpalonych komórek.

$$F_{straty}(X) = \sum_{i=1}^N F_{straty}(X_i) \quad (6)$$

gdzie:

- X - aktualny stan symulacji,
- X_i - aktualny stan i -tej kratki,
- N - ilość komórek

Wstępnie funkcja straty będzie zależeć liniowo od czynników takich jak:

- masa spalonego drewna
- wartość nadpalonego miejsca pod względem flory i fauny

4.2 W jaki sposób agent podejmuje decyzje

Agent podejmuje decyzje kierując się maksymalizacją funkcji nagrody

$$Z_{win} = \underset{Z}{\operatorname{argmax}} F_{nagrody}(Z) \quad (7)$$

$$F_{nagrody}(Z) = H(X_Z) - Q(Z) \quad (8)$$

gdzie:

- Z - decyzja,
- Z_{win} - decyzja wybrana,
- X_Z - stan symulacji po podjęciu decyzji Z ,
- H - heurystyka przewidująca F_{straty} w pewnym odstępie czasowym,
- $Q(Z)$ - koszt podjęcia decyzji Z

5 Opis wybranych technologii

Projekt będzie realizowany w języku Python, aby ułatwić ekspertom dziedzinowym bez doświadczenia informatycznego korzystanie z kodu źródłowego. Symulacja pożaru zostanie zrealizowana za pomocą bibliotek Pythona takich jak pygame, numpy oraz opencv.

6 Bibliografia

1. „Essentials of game theory"Kevin Leyton-Brown and Yoav Shoham [1]
2. „10 Strategies Firefighters Use to Fight Wildfires"Brooks Hays, Mental Floss [2]
3. „What you need to know about how wildfires spread", Kasha Patel, The Washington Post [3]
4. „Moisture Content, Ignitability, and Fire Risk of Vegetation in Vertical Greenery Systems"Kalani C. Dahanayake and Cheuk Lun Chow [4]
5. „Forest fires .. How do they start? And what is the role of the weather in its spread?"Arabia Weather [5]
6. „Ochrona lasów przed pożarami"Karol Wiler, Paweł Wcisło [6]