

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ  
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Dokumentácia

Projekt č. 11 do predmetu *Modelování a simulace*

**Modely přírodních a ekologických katastrof  
(Lesné požiare)**

2020/2021

7. decembra 2020

Jakub Mlky (xmlkvy00)  
Adam Múdry (xmudry01)

# Obsah

<b>1</b>	<b>Spustenie</b>	<b>2</b>
1.1	Preklad . . . . .	2
1.2	Použitie . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Úvod</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Rozbor tématu a použitých metód/technológií</b>	<b>4</b>
3.1	Šírenie ohňa . . . . .	4
3.2	Algoritmus najbližších susedov . . . . .	4
3.3	Vietor . . . . .	4
3.4	Generovanie mapy . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Koncepcia</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Experimenty</b>	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>Bibliografia</b>	<b>11</b>

# 1 Spustenie

Úlohou tohto projektu bolo naprogramovať program (*ims*), ktorý simuluje prírodné a ekologické katastrofy, v našom prípade lesné požiare.

Zoznam odovzdaných súborov:

```
1 src/main.cpp src/map.hpp src/cell.hpp src/etc.hpp
2 Makefile
3 dokumentacia.pdf
4 README.md
```

## 1.1 Preklad

Program sa prekladá pomocou nástroja **make** spusteného v koreni priečinku:

```
1 make
```

alebo

```
1 make build
```

Pre vytvorenie ladiacej verzie programu použite príkaz:

```
1 make build-debug
```

Makefile spúšťa program **g++** s nasledujúcimi parametrami:

```
1 --std=c++17 -Wall -Wpedantic [-O3|-g]
```

a linkuje vytvorené objektové súbory na knižnice pomocou:

```
1 -lglut -lGLU -lGL
```

Vytvára sa spustiteľný súbor **ims** na koreni priečinku.

## 1.2 Použitie

Príkaz na spustenie (GUI verzia):

```
1 make run
```

alebo verzia pre terminál:

```
1 make run-terminal
```

alebo priamo cez vygenerovaný spustiteľný súbor:

```
1 ./ims [-h|--help] [-g|--gui] [-l|--log] [-x <x_value>] [-y <y_value>] [-w <N|NW|W|SW|
S|SE|E|NE>] [-i|--intensity <i_value>]
```

1 Príznaky a argumenty:

2	-h, --help	Ukáže pomocnú hlášku
3	-g, --gui	Spustí aplikáciu v GUI móde
4	-l, --log	Zapnutie zapisovania do log súboru output.txt
5	-x <x_value>	Nastavenie začiatkovej X súradnice
6	-y <y_value>	Nastavenie začiatkovej Y súradnice
7	-w, --wind <N NW W SW S SE E NE>	Nastavenie smeru vetra
8	-i, --intensity <i_value>	Nastavenie intenzity vetra

Pred použitím programu musí existovať jeho spustiteľný súbor.

Pri spustení programu v móde s grafickým rozhraním (GUI) môžete kliknutím do mapy vytvoriť ďalšie ohnisko.

## 2 Úvod

Lesný požiar sa v realite šíri a udržuje podľa veľkého množstva faktorov. Zohľadnenie týchto faktorov vedie k extenzívnym ale presným modelom pre simuláciu. Jedným z týchto modelov je **ABBAMPAU model**[5], ktorý zahŕňa faktory *výška, typ vegetácie, teplota, vlhkosť, typ horenia, dĺžka horenia, smer vetra, sila vetra, horľavosť*. Riadi sa štvorcovými bunkami a **Moorovým algoritmom najbližších susedov** (algoritmus sa pozerá na štyroch hraničných a štyroch diagonálnych susedov).

Ďalší s extenzívnych modelov je **Rothermelov model** [1], ktorý sa sústreďuje na fyzické vlastnosti ohňa a jeho propagáciu v poveternostných podmienkach. Zohľadňuje aj lietajúce kusy horiaceho materiálu, ktorý sa rozširuje ohňom, tzv. (spotting).

Tieto modely na svoje spracovanie potrebujú veľké množstvo dát buď o samotnej oblasti, alebo typoch paliva na predurčenie správania ohňa. V našej simulácii sa zaoberáme simplifikovaním pár z týchto faktorov.

Ďalej pri celulárnych automatoch na základe Moorovho algoritmu najbližších susedov, dochádza k skresleniu bezprostrednej propagácie vďaka svojmu štvorcovému tvaru šírenia. Riešenie tohto problému by mohlo byť využitie **Von Neumanovho algoritmu najbližších susedov** (branie 4-och susedov, ktorých zdieľajú hranu s aktívnou bunkou). Využitie tohto algoritmu by malo za dôsledok príliš slabej bezprostrednej propagácie horenia. Ďalším riešením by bolo delenie mapy na hexagonálnu mriežku, čo sme ale kompletne vylúčili.

Táto simulácia využíva kompromis medzi Moorovým a Von Neumanovým algoritmom, kde rátame aj so susedmi, s ktorými aktívna bunka zdieľa vrchol ale patria do vyššieho rádu.

Jedným z hlavných problémov bolo **minimalizovanie potreby zberu dát** o simulovanej časti mapy, tak aby simulácia stále zodpovedala reálnemu požiaru. To sme obmedzili na **hustotu, rýchlosť horenia a šancu vsplanutia pri dvoch distinkčných typoch vegetácie (strom a porast)** kde jedna bunka zodpovedá približne  $2,5m^2$  ako priemerný zhuk našich dvoch typov vegetácie.

Mapu sme prispôbili veľkosťou nášmu pozorovanému prípadu požiaru v článku o simulácii **požiaru ostrova v Grécku z roku 1990** [2] kde postihnutá plocha má  $6km^2$  a požiar trvá 11 hodín pri tak isto dvoch distinkčných typoch vegetácie a miernom vetre.

Výhodou nášho riešenia je, že **netreba exportovať reálnu oblasť** s mapami typov vegetácie. Zhluky a hustotu v zhlukoch, v ktorých sa tieto typy nachádzajú v prírode **generujeme pomocou pseudonáhodných funkcií**.

S kalibráciou horenia nám pomáhal projektant požiarnej bezpečnosti ako naša odborná konzultácia.

## 3 Rozbor tématu a použitých metód/technológií

### 3.1 Šírenie ohňa

Rozdielne stavov šírenia:

- šírenie z porastu na porast

```
newMap[i][j].flammability += std::pow(0.12, distance);
```

- šírenie z porastu na strom

```
newMap[i][j].flammability += std::pow(0.1, distance);
```

- šírenie zo stromu na strom

```
newMap[i][j].flammability += std::pow(0.1, distance);
```

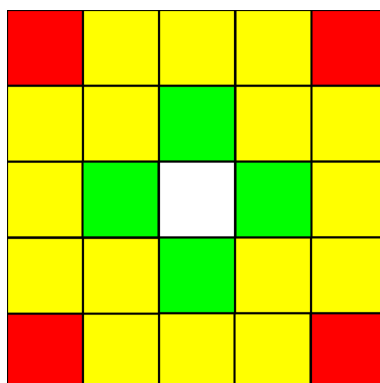
- šírenie zo stromu na porast

```
newMap[i][j].flammability += std::pow(0.08, distance);
```

- spotting implementovaný ako druhá vzdialenosť šírenia (2. a 3. rád algoritmu najbližších susedov)

### 3.2 Algoritmus najbližších susedov

Kompromis medzi Von Neumanovym a Moorovym algoritmom. Odvođený vzorec na rátanie pravdepodobnosti vsplanutia pre maximálnu vzdialenosť susedov 2:  $4x_0 + 16x_1^2 + 4x_2^3$



Obr. 1: Zobrazenie rádo**v** buniek ovplivňujúce pravdepodobnosť vsplanutia kde najväčší rád bunke pridáva najmenšiu pravdepodobnosť.

*Biela* - aktuálna bunka, *zelená* - bunky ( $x_0$ ) 1. rádu,  
*žltá* - bunky ( $x_1$ ) 2. rádu, *červená* - bunky ( $x_2$ ) 3. rádu

### 3.3 Vietor

Napomáha šíreniu ohňa rozširovaním algoritmu najbližších susedov do danej strany (4 svetové strany a ich kombinácie) o n-tú vzdialenosť, pričom sila vetra je n.

### 3.4 Generovanie mapy

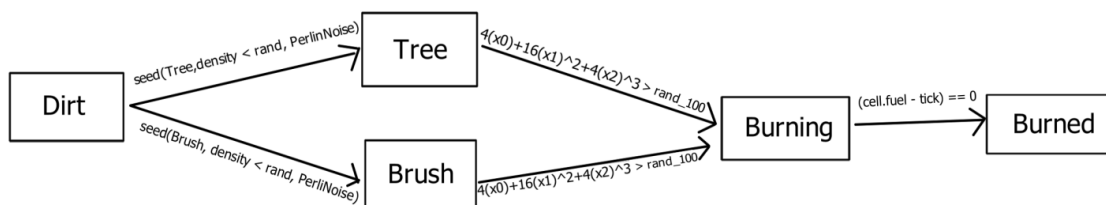
Pre generovanie jednotlivých buniek vegetácie používame jednoduchú pseudonáhodnú funkciu:

```
1 float pseudo_rand()  
2 {  
3     return (float)rand() / 13376.9f;  
4 }
```

Vytvarovanie do zhlukov vzniká prehnaním našej pseudonáhodnej funkcie Perlinovým algoritmom hluku [3], ktorý nám dáva vzor. Ďalej rozhodujeme či sa bunka nachádza vo vygenerovanom vzore (štruktúra lesa), ak áno tak má šancu byť aktívna na základe faktoru hustoty vegetácie.

## 4 Koncepcia

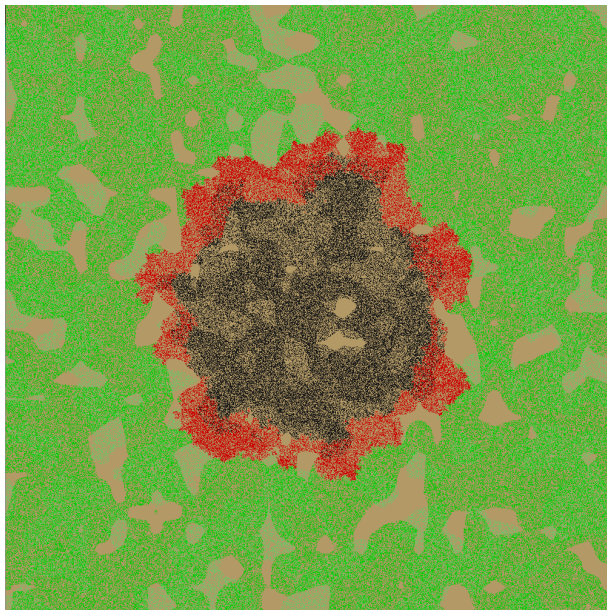
Model:[4]



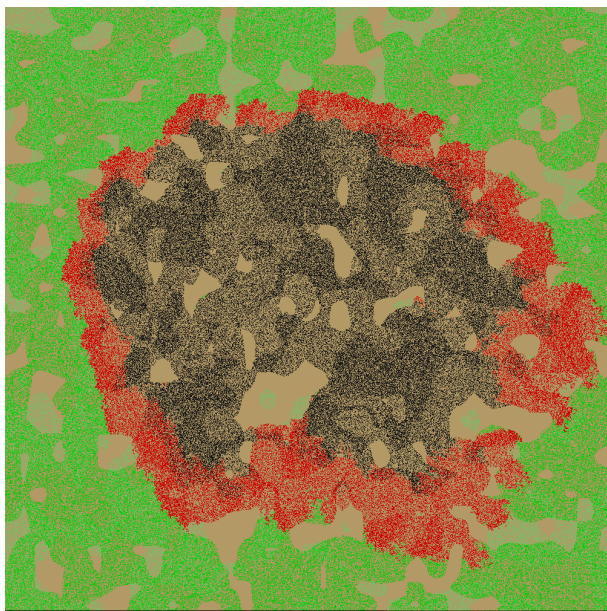
## 5 Experimenty

Experimentovali sme s rôznymi nastaveniami našej simulácie kvôli dosiahnutiu výsledku, ktorý najbližšie simuluje realitu - menili sme schopnosť rozširovania sa pre oheň, rôzne sily vetra (bezvetrie a sily 1 až 3), rôzne začiatkové pozície pre vznik požiaru. Podľa nášho vzoru [2] sa nám pri slabých poveternostných podmienkach podarila reprodukcia tvaru aj veľkosti postihnutej oblasti požiarom aj pri zohľadnení minimálneho počtu faktorov.

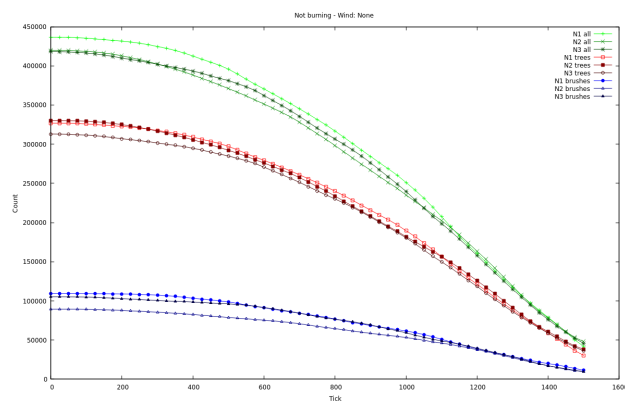
Nižšie uvedené grafy zobrazujú zmenu za čas (v našom prípade tick - 1 kolo simulácie) pre nehoriace bunky, horiace bunky, zhorené bunky a postihnuté bunky (zhorené + horiace).



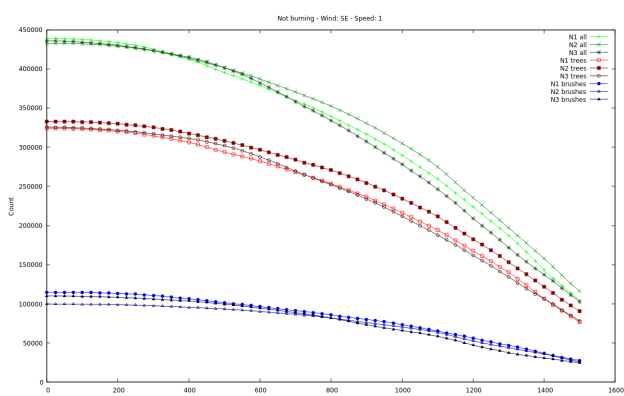
Obr. 2: Názorná ukážka simulácie pre bezvetrie so začiatkom požiaru na súradniciach  $x=500$ ,  $y=500$



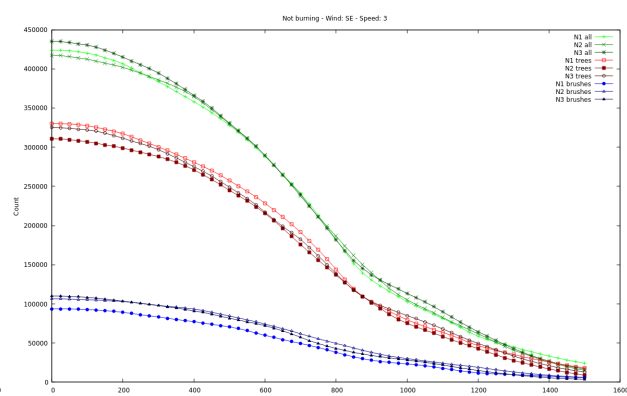
Obr. 3: Názorná ukážka simulácie pre vietor fúkajúci na juhovýchod so začiatkom požiaru na súradniciach  $x=400$ ,  $y=400$



(a) Bezvetrie



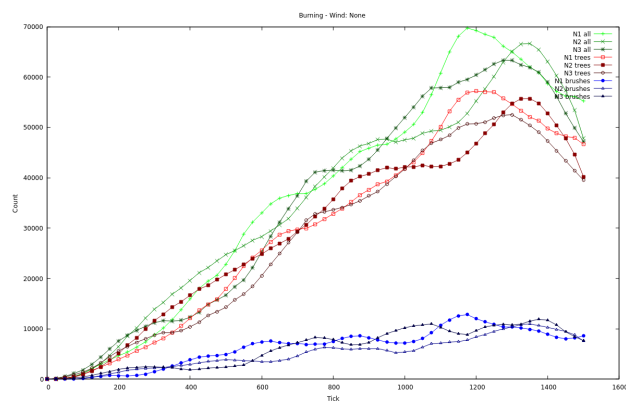
(b) Slabý vietor



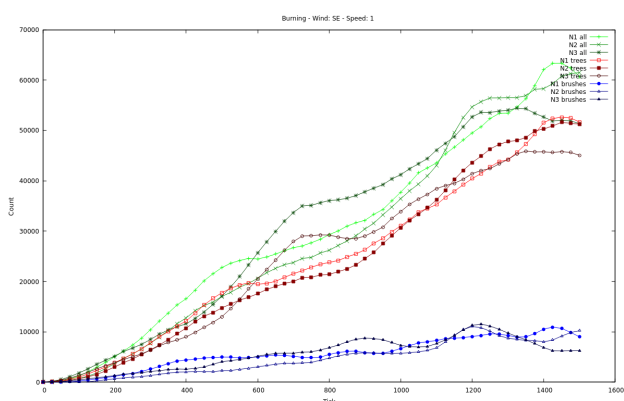
(c) Silný vietor

Obr. 4: Grafy pre nehoiace bunky pri rôznych poveternostných podmienkach

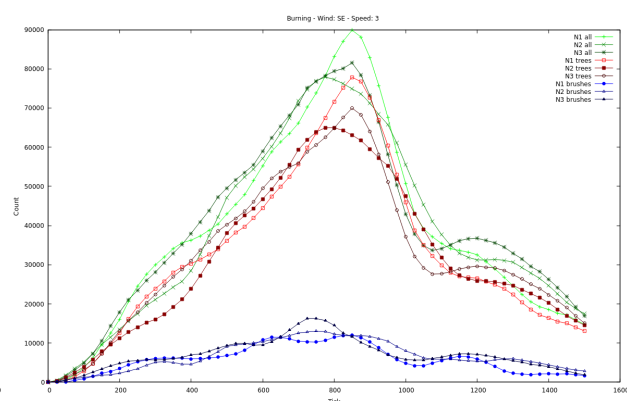




(a) Bezvetrie

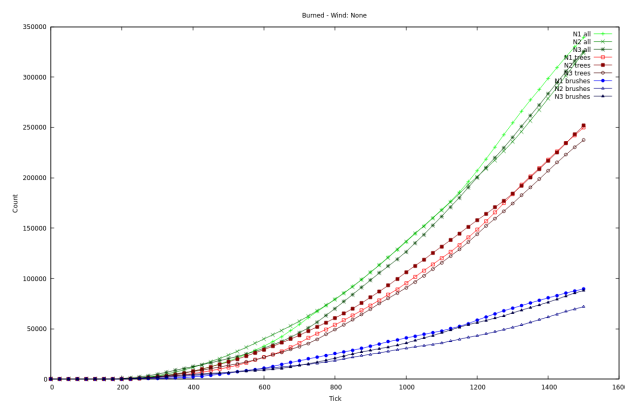


(b) Slabý vietor

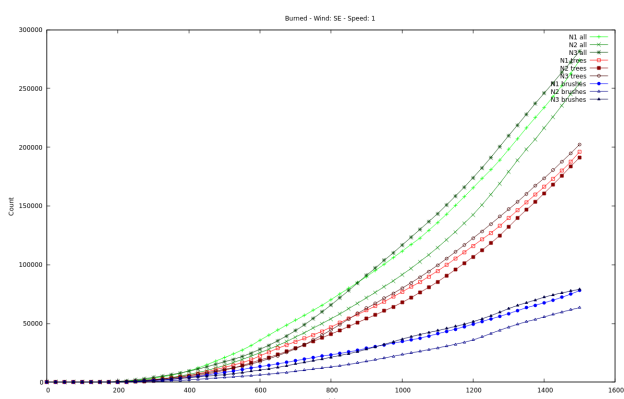


(c) Silný vietor

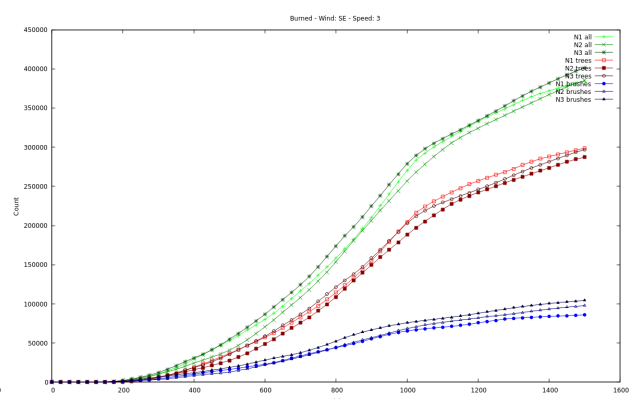
Obr. 5: Grafy pre horiace bunky pri rôznych poveternostných podmienkach



(a) Bezvetrie

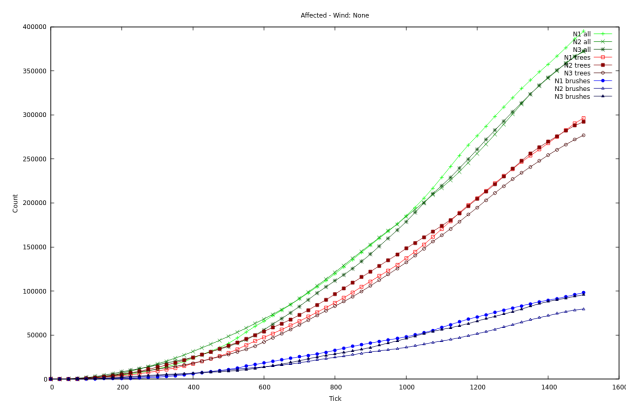


(b) Slabý vietor

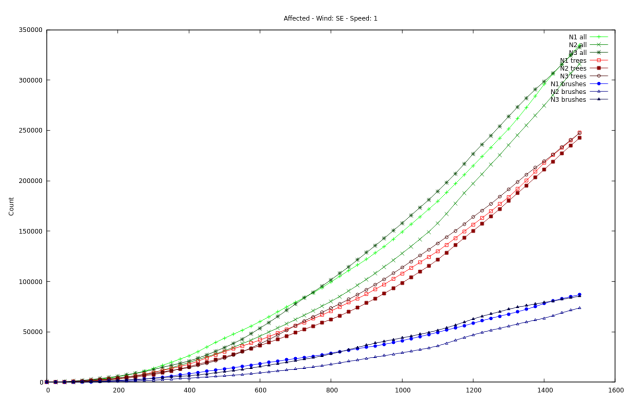


(c) Silný vietor

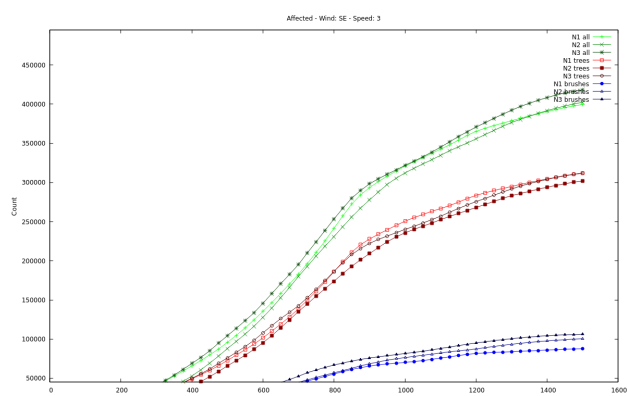
Obr. 6: Grafy pre zhorené bunky pri rôznych poveternostných podmienkach



(a) Bezvetrie



(b) Slabý vietor



(c) Silný vietor

Obr. 7: Grafy pre postihnuté bunky pri rôznych poveternostných podmienkach

## 6 Bibliografia

### Literatúra

- [1] Andrews, P. L.: The Rothermel Surface Fire Spread Model and Associated Developments: A Comprehensive Explanation. [online], [vid. 2020-12-06].  
URL [https://www.fs.fed.us/rm/pubs\\_series/rmrs/gtr/rmrs\\_gtr371.pdf](https://www.fs.fed.us/rm/pubs_series/rmrs/gtr/rmrs_gtr371.pdf)
- [2] Bafas, A. A. D. V. C. S. G.: A cellular automata model for forest fire spread prediction: The case of the wildfire that swept through Spetses Island in 1990. [online], [Applied Mathematics and Computation 204 (2008) 191–201], [vid. 2020-12-06].  
URL <https://doi.org/10.1016/j.amc.2008.06.046>
- [3] Javidx9: What Is Perlin Noise? [online], [vid. 2020-12-05].  
URL [https://github.com/OneLoneCoder/videos/blob/master/OneLoneCoder\\_PerlinNoise.cpp](https://github.com/OneLoneCoder/videos/blob/master/OneLoneCoder_PerlinNoise.cpp)
- [4] PERINGER, P.: Modelování a simulace. [online], [vid. 2020-12-05].  
URL <http://www.fit.vutbr.cz/study/courses/IMS/public/prednasky/IMS.pdf>
- [5] S. Di Gregorio, E. B.: Simulations of Forest Fires by the Cellular Automata Model. [online], [vid. 2020-12-06].  
URL [https://www.researchgate.net/publication/253486190\\_Simulations\\_of\\_Forest\\_Fires\\_by\\_the\\_Cellular\\_Automata\\_Model](https://www.researchgate.net/publication/253486190_Simulations_of_Forest_Fires_by_the_Cellular_Automata_Model)