

MATHEMATICAL MODEL OF FOREST FIRE AND ITS RELATIONSHIP WITH SIMULATIONS AND SERIOUS GAMES (SSG)

Nikolay Ikonov

Institute of Mathematics and Informatics, Bulgarian Academy of Sciences, Bulgaria

nikonov@math.bas.bg

МАТЕМАТИЧЕСКИ МОДЕЛ НА ГОРСКИ ПОЖАР И ВРЪЗКАТА МУ СЪС СИМУЛАЦИИ И СЕРИОЗНИ ИГРИ (SIMULATIONS AND SERIOUS GAMES - SSG)

Abstract: *Forest fires are readily available, but data is not. We present our abstract mathematical model of a forest fire in Bulgaria, without any real-world data. Our main thesis is that it looks realistic. Our calibration techniques are limited to integer values, with a hint of real numbers. Our visualization technique is fixed function pipeline OpenGL implementation, but it does the job. Our programmer staff is limited to two people, both experts in their fields, that managed to make two distinct software products, that have as a base the same solid mathematical algorithm.*

Keywords: *Forest Fire; Simulation; SSG*

Въведение

Горските пожари винаги са актуални за изследване. Разглеждаме два софтуерни продукта MkBGFire [4] и MyGL [3], които използват един и същи алгоритъм [2]. Теоретичната обосновка е основно разписана в [1]. Софтуерът [4] симулира само низов пожар – равнинен терен без възвишения, софтуерът [3] прави същото, но е разширен с възможност за симулация и визуализация и на върхов пожар – дървета и храсти могат да бъдат визуализирани чрез кубчета – засега това е само на теория, за в бъдеще планираме да направим истинска 3D симулация на горски пожар.

Изложение

Математическият алгоритъм в основата на софтуерните продукти използва двумерна матрица за въвеждане на горския терен. Всяка клетка от матрицата с координати i/j отговаря на неопределен размер горска растителност – понеже модела не е калибриран, то можем да твърдим, че нашата симулация е абстрактна – засега неприложима в реалността.

Симулацията е въведена като тримерна матрица, с размерности $i/j/t$, като третата размерност са времевите стъпки. Всички процеси в симулацията са дискретни – запаметяват се като цели числа. Алгоритъмът извършва вътрешно част от изчисленията с реални числа, които се запаметяват като цели числа. Алгоритъмът е написан на езика за програмиране C, който позволява изключителна скорост и точност на изчисленията, само да не бяхме с цели числа. Матрицата използва клетки с пет параметъра, които са запаметени на ниско ниво като C struct – няма ограничение в броя параметри, които можем да добавим за в бъдеще.

Всяка клетка има два основни параметъра:

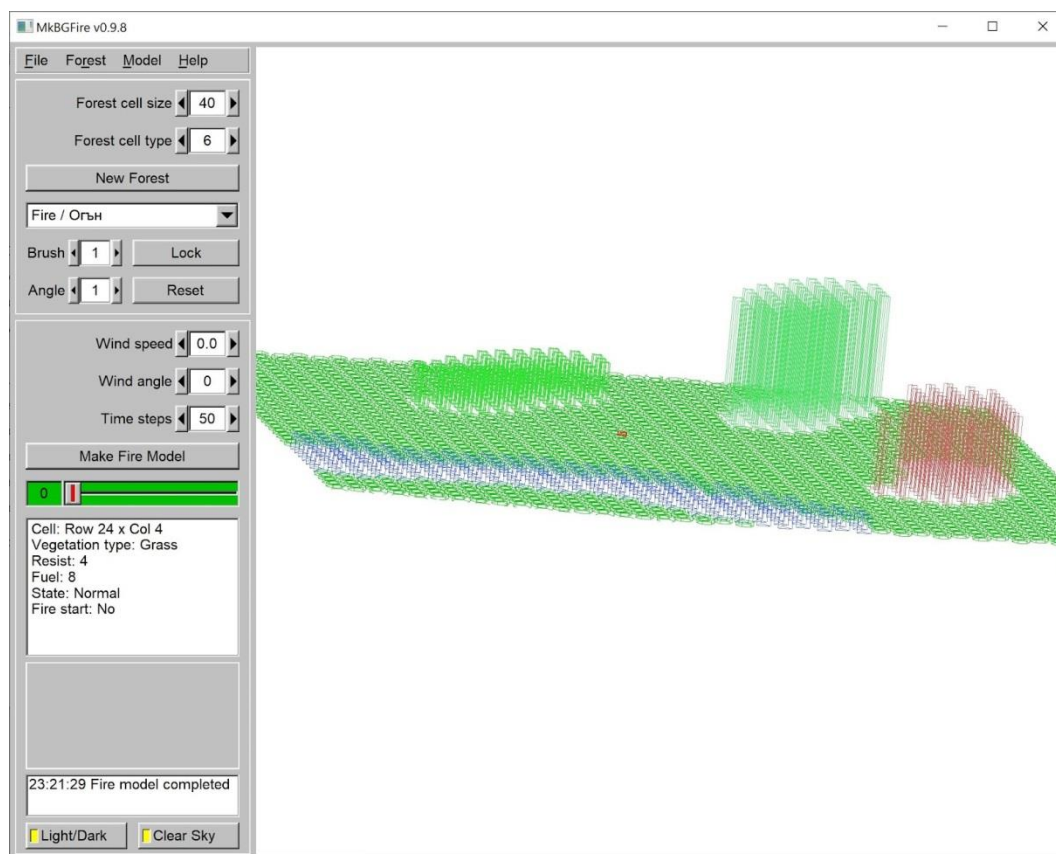
- Ignition time – времевите стъпки, необходими за запалването на растителността, т.е. това е резистентността на горивния материал.
- Fuel – времевите стъпки, в които растителността активно гори, т.е. това е самия горивен материал.

Останалите параметри:

- State – състоянието на клетката във всяка времева стъпка – 0 за незапалена клетка, 1 за процес на горене, 2 за напълно изгоряла клетка.
- Flag – маркер 0/1 за да преминем от състояние (state) 0 в състояние 1, т.е. вече са преминали достатъчно времеви стъпки и параметъра ignition time е изчерпан, клетката започва да гори и да намаля стойността на параметъра fuel.
- Type – вид на растителността за тази клетка.
- Fire start – дали тази клетка е начало на пожара.

Алгоритъмът работи докато се изчерпят времевите стъпки, които са зададени от потребителя. Всяка времева стъпка е независима от останалите: нулевата времева стъпка е въведения от потребителя горски терен. Алгоритъмът копира нулевата времева стъпка $t=0$ в първа времева стъпка $t=1$ и преминава веднъж през всяка клетка от сега двумерната матрица i/j – променя параметрите по необходимост и тази времева стъпка приключва. След това копира $t=1$ във втора времева стъпка $t=2$ и отново преминава веднъж през всяка клетка. Това се повтаря до достигане на максималния брой времеви стъпки. Потребителя вижда всяка времева стъпка отделно в потребителския интерфейс – горския терен i/j може да сменя чрез плъзгач (slider), който е с размерност от нула до максималната времева стъпка.

По този начин се визуализира тримерната матрица $i/j/t$ от софтуерния продукт [4]. Визуализацията в 3D прилича на модерните компютърни игри – софтуерното приложение [3] заема целия екран и клавиатурата помага за навигацията в горския терен, подобно на игрите от първо лице. Софтуерният продукт [3] няма плъзгач, а два бутона на клавиатурата сменят времевите стъпки t . Матрицата от [3] вече е четиримерна – $i/j/k/t$ – върху i/j се извършват изчисленията – това е едно-към-едно с [4], размерността k е за тримерен модел „нагоре“ за изчертаване на дървета/храсти/др. с кубчета. Симулацията по $i/j/k/t$ е прекалено базова и служи само за демонстрационни цели. За практически цели – и двата софтуера работят в три размерности $i/j/t$, а в четвъртата k може да бъде използвана при проектиране на бъдещи симулации.



Фиг. 1. Потребителският интерфейс на [4]. Симулиран е горски масив.

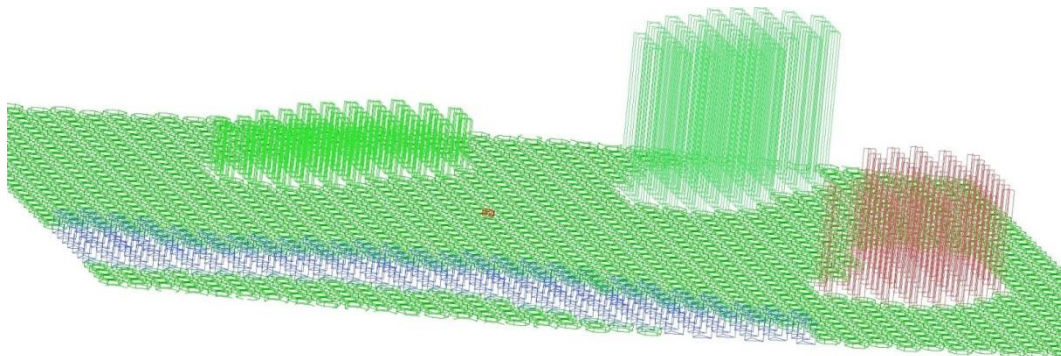
Стойностите на параметрите са зададени в софтуерните продукти, с цел симулацията на горски пожар да изглежда по-реалистично.

Използвани параметри [4]:

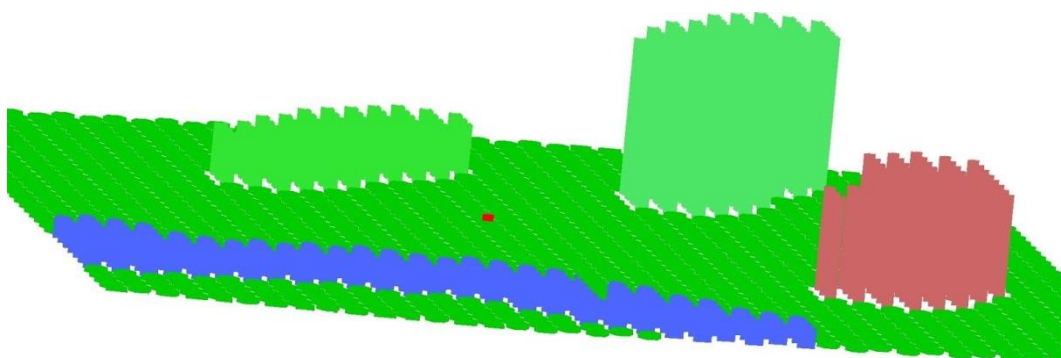
- Трева – ignition time = 4, fuel = 8;
- Храст – ignition time = 7, fuel = 12;
- Бор – ignition time = 15, fuel = 21;
- Дъб – ignition time = 20, fuel = 40;
- Вода – ignition time = -1, fuel = -1.

Параметри [3]:

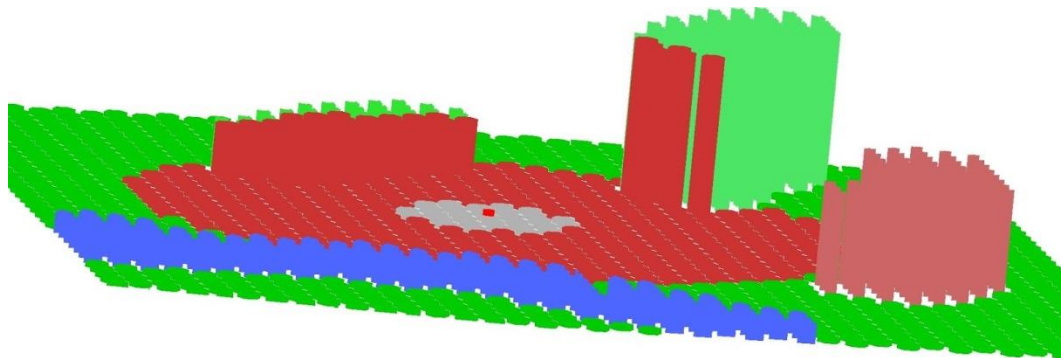
- Трева – ignition time = 2, fuel = 4;
- Храст – ignition time = 5, fuel = 10;
- Листа на дърво – ignition time = 1, fuel = 2;
- Стъбло на дърво – ignition time = 10, fuel = 20;
- Вода/Въздух/Камък – ignition time = -1, fuel = -1.



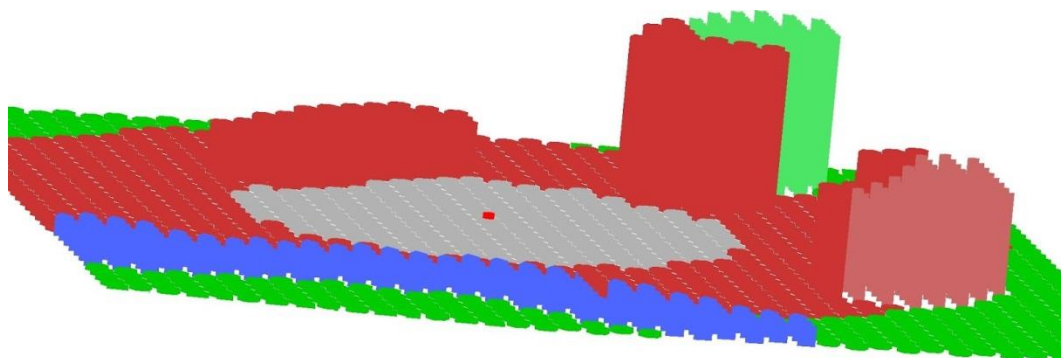
Фиг. 2. Горският масив изнесен отделно. Най-високата растителност в зелено е бор, по-ниската растителност в червено-кафяво е дъб, най-ниската растителност в зелено е драка, синьото е вода. Червената точка в средата е маркер за начало на пожара.



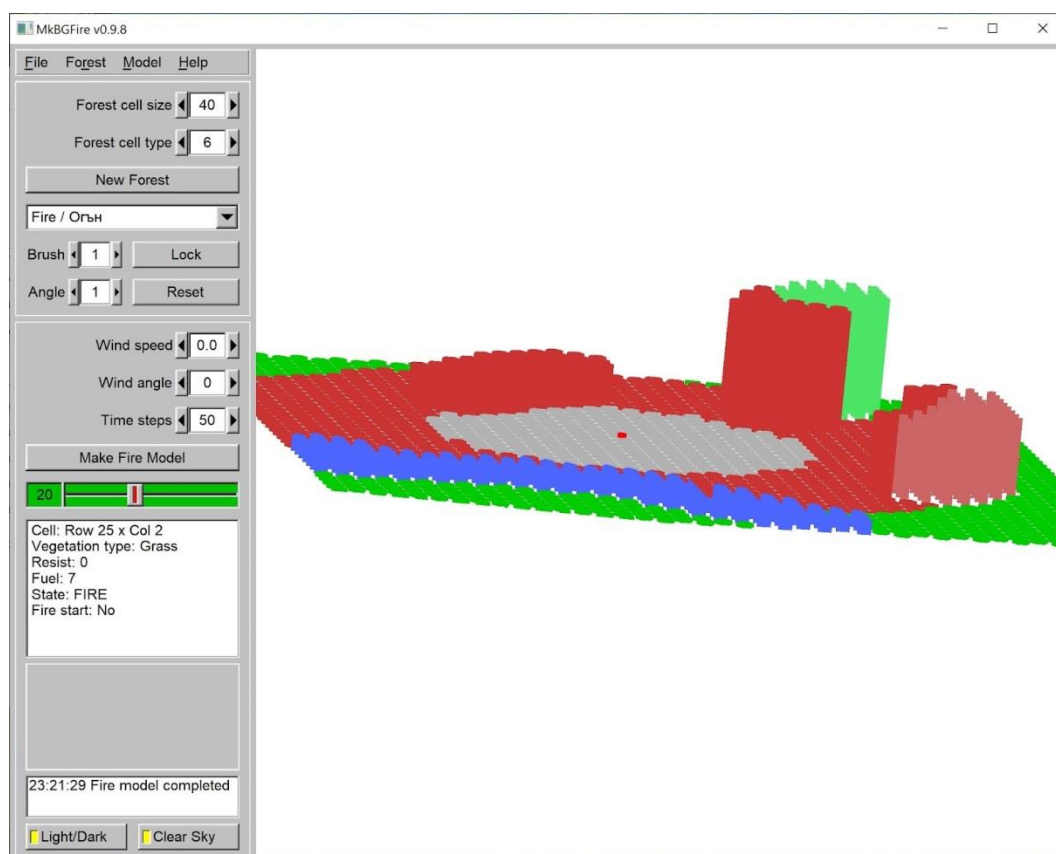
Фиг. 3. Същият горски масив като от фиг. 2, визуализиран чрез запълване на мрежата на всеки обект. Най-високата растителност в зелено е бор, по-ниската растителност в червено-кафяво е дъб, най-ниската растителност в зелено е драка, синьото е вода. Червената точка в средата е маркер за начало на пожара.



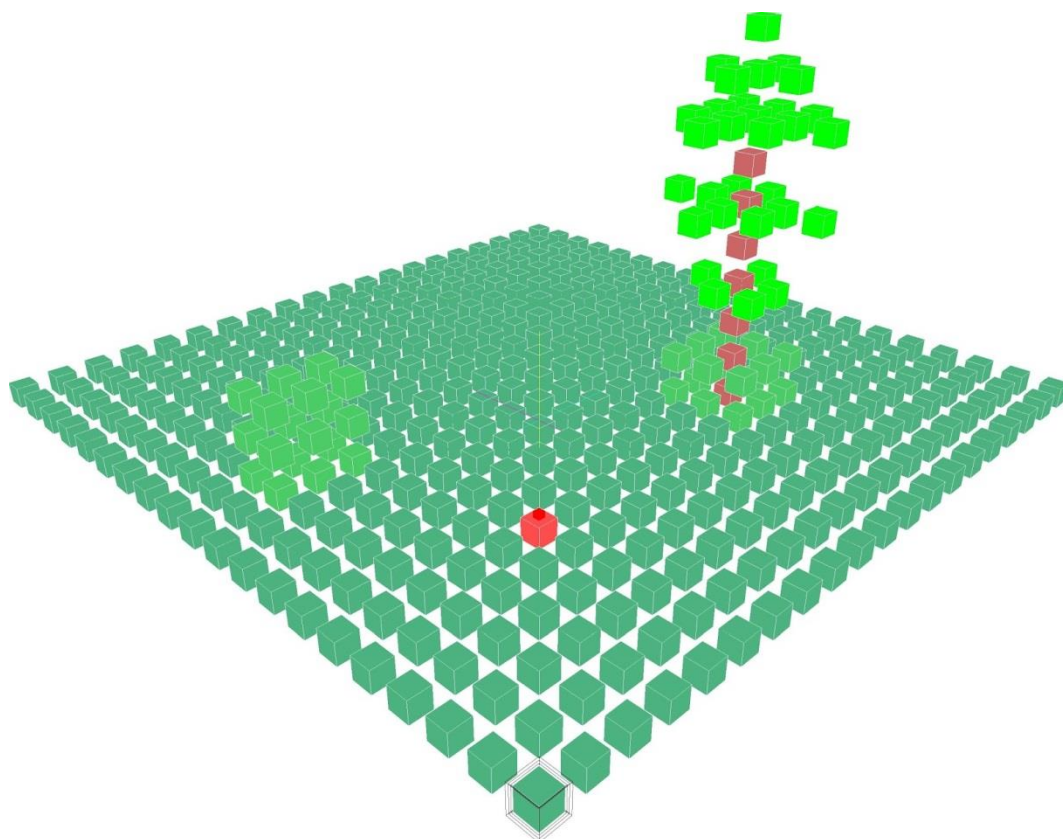
Фиг. 4. Времева стъпка №15 от началото на пожара.



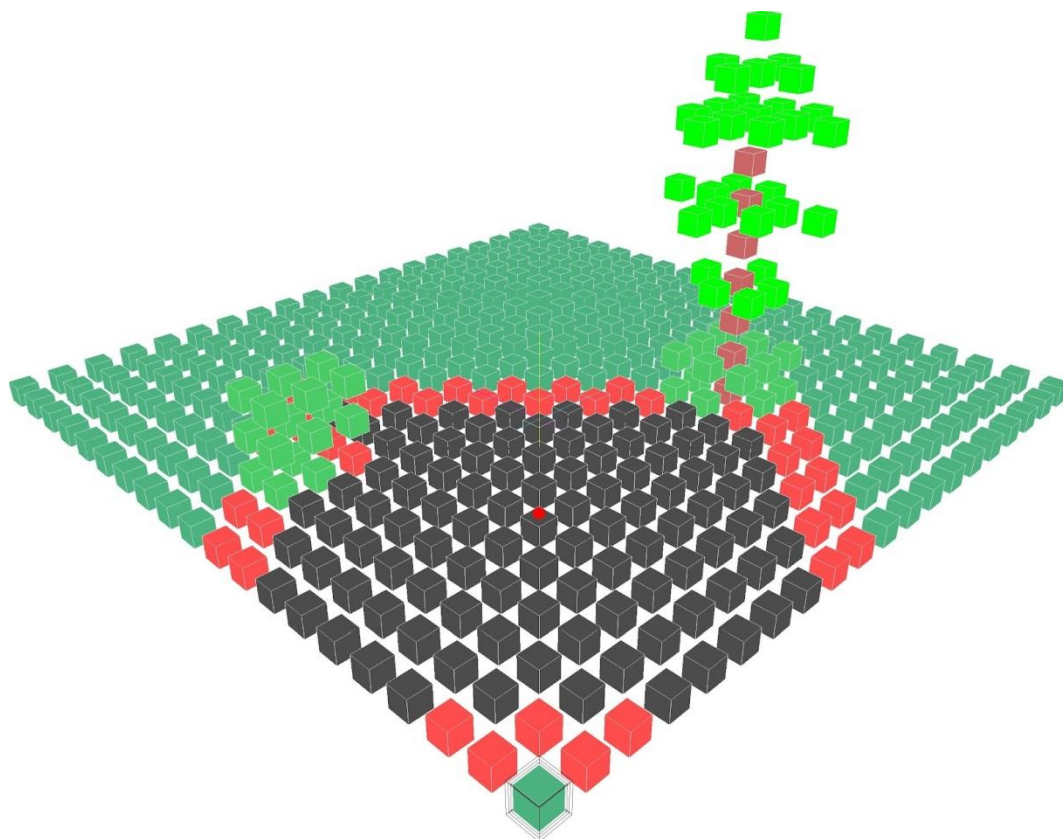
Фиг. 5. Времева стъпка №20 от началото на пожара.



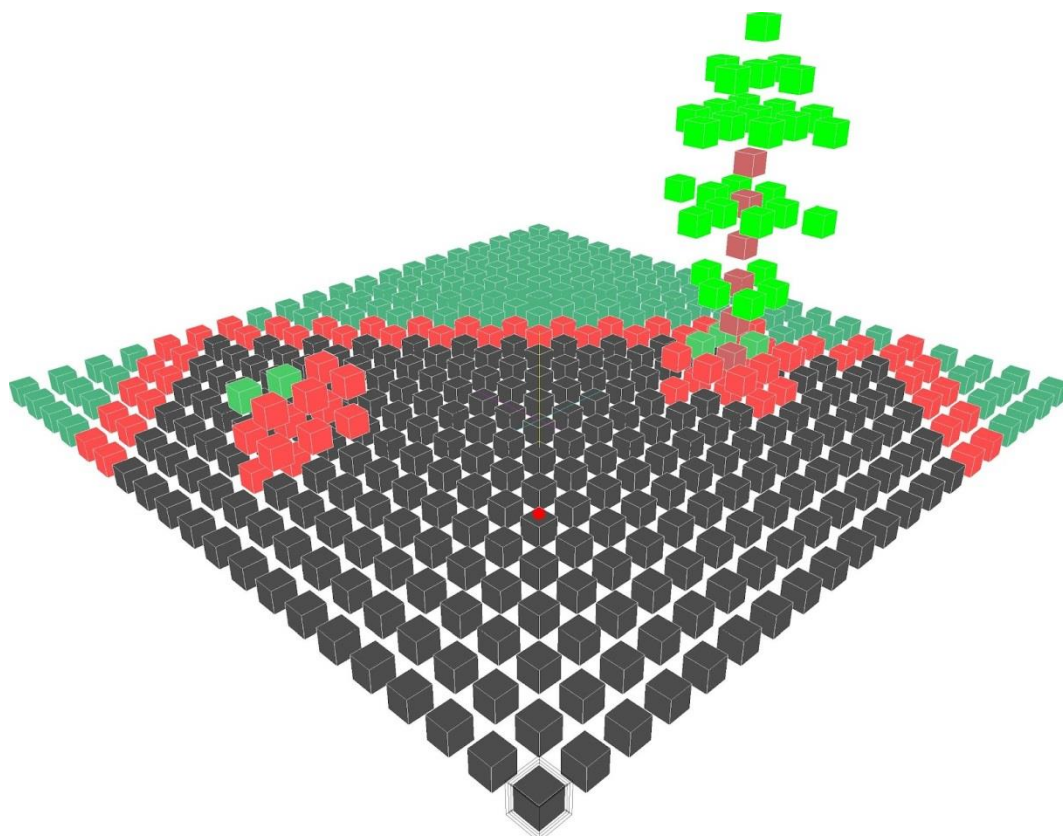
Фиг. 6. Потребителският интерфейс на [4], като визуализира Фиг. 5.



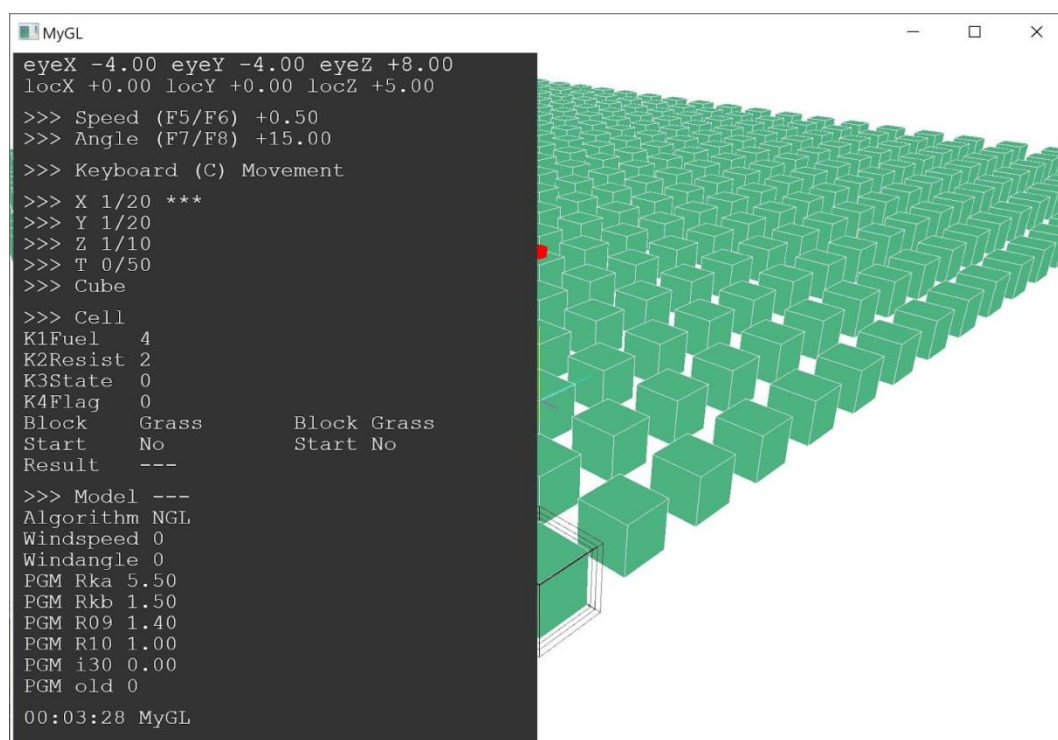
Фиг. 7. Потребителският интерфейс на [3]. Симулирана е поляна, с храст вляво и дърво вдясно, както и храст в основата на дървото.



Фиг. 8. Времева стъпка №18. Пожарът вече е запален, храстите вече горят.



Фиг. 9. Времева стъпка №30. Храстите все още активно горят.



Фиг. 10. Потребителският интерфейс на [3]. Показан е контролния панел вляво.

Заклучение

Двата софтуерни продукта могат да бъдат разглеждани като Simulations от частта на Simulations and Serious Games (SSG). Математическият алгоритъм заложен в основата на продуктите е основание да твърдим, че можем да извършваме базови симулации на базови горски терени. Възможно е да се продължи работа в посока калибриране на математически модел спрямо вече известни работещи симулатори на горски пожари. Работата в тази посока е много, и планираме за в бъдеще да увеличим екипа от програмисти, за да направим полезен софтуерен продукт, който симулира горски пожари специфично за България, и едновременно с това да е конкурентен на известните в научната литература и практика симулатори.

References // Литература

- [1] Atanassov, K.; Marinov, P.; Ikonov, N.; Mavrov, D.; Bureva, V.; Vassilev, P.; Roeva, O.; Atanassova, V.; Tsakov, H.; Alexandrov, A. (2022). "Game Method for Modelling of Forest Fires", Prof. Marin Drinov Publishing House of BAS, 2022, 154 pp.
- [2] Fidanova, S.; Marinov, P. (2016). "The impact of slope on fire spread simulation", Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ) 15(3), pp. 505-510, 2016.
- [3] Ikonov, N.; Marinov, P.; Vassilev, P.; Roeva, O.; Zoteva, D.; Atanassova, V.; Atanassov, K. (2022). "3D Software Implementation of the Game Method for Modelling Forest Fires in MyGL Software Tool", In: Uncertainty and Imprecision in Decision Making and Decision Support: New Advances, Challenges, and Perspectives. IWIFSGN BOS/SOR 2020 2020. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 338, pp. 327–337, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-95929-6_25
- [4] Roeva, O.; Vassilev, P.; Ikonov, N.; Marinov, P.; Zoteva, D.; Atanassova, V.; Tsakov, H. (2021). "MkBGFire Software – An Example of Game Modelling of Forest Fires in Bulgaria", In: Advances in Intelligent Systems and Computing book series (AISC, volume 1081), Springer, Cham., pp. 387–397, 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-47024-1_36

Received: 30-03-2023

Accepted: 24-07-2023

Published: 31-07-2023

Cite as:

Ikonov, N. (2023). "Mathematical Model of Forest Fire and Its Relationship with Simulations and Serious Games (SSG)", Science Series "Innovative STEM Education", volume 05, ISSN: 2683-1333, pp. 218-225, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55630/STEM.2023.0525>