



Modelowanie systemów dyskretnych

Symulator ognia i dymu

Jan Chyczyński
Zuzanna Furtak
Adam Kulczycki

Temat:

Fire & smoke stworzenie symulatora ognia i dymu opartego na automatach komórkowych. Należy stworzyć możliwie prosty symulator uwzględniający trzy podstawowe mechanizmy: konwekcję, przewodnictwo i radiację. Jako referencję należy przyjąć otwarty model FDS wydany przez NIST.

Przydatna literatura:

<https://www.nist.gov/services-resources/software/fds-and-smokeview?fbclid=IwAR0WxuUWu1w5Rzt5s4YImpwE-7gkglKEQSFkzkNgYFqkWNnxn1Yb3m-3pog>

<https://pages.nist.gov/fds-smv/?fbclid=IwAR1G8u6xdVtG5puj1PWogynpiJi2dE-4lISsWxlujwBvm7wZwyAHrYJwnp4>

[2D z góry, rozprzestrzenianie w budynkach:](#)

https://www.researchgate.net/publication/263847343_Cellular_Automata_Based_Simulation_for_Smoke_and_Fire_Spreading_in_Large_Buildings

“This was an application made for our master thesis. It was based on cellular automata and compared to FDS model with same building structure and dimensions”





<https://www.youtube.com/watch?v=1xVsv8o6LZg>

Dane do walidacji:

FDS

<https://youtu.be/u1b74Gh4SxU?t=840>

Harmonogram

1	28.04	Harmonogram i znalezienie potrzebnej literatury
2	05.05	Trójwymiarowa wizualizacja pokoju
3	12.05	Wprowadzanie obiektów, określenie parametrów ich materiałów
4	26.05	Tryb kamery termowizyjnej, przewodnictwo
5	02.06	Łamanie  Konwekcji  Genewskiej, dym
6	09.06	 Radiacja 
7	23.06	Poprawki, walidacja z FDS

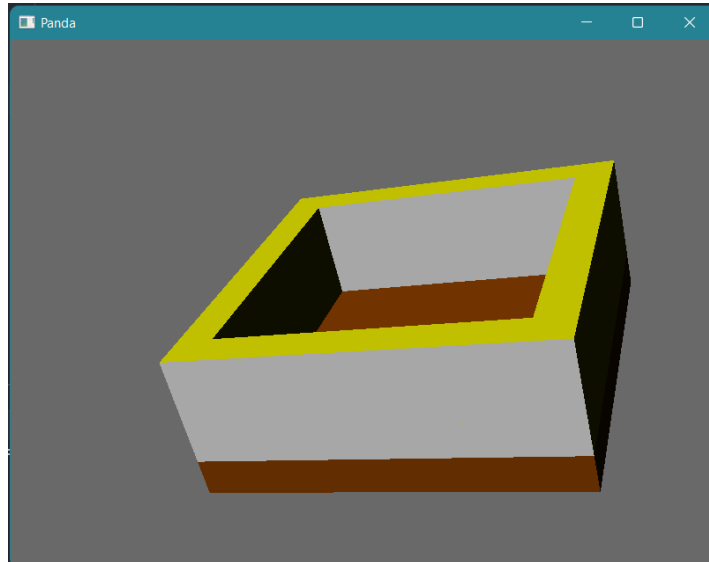
05.05

Wykonaliśmy wizualizację pokoju 3D.

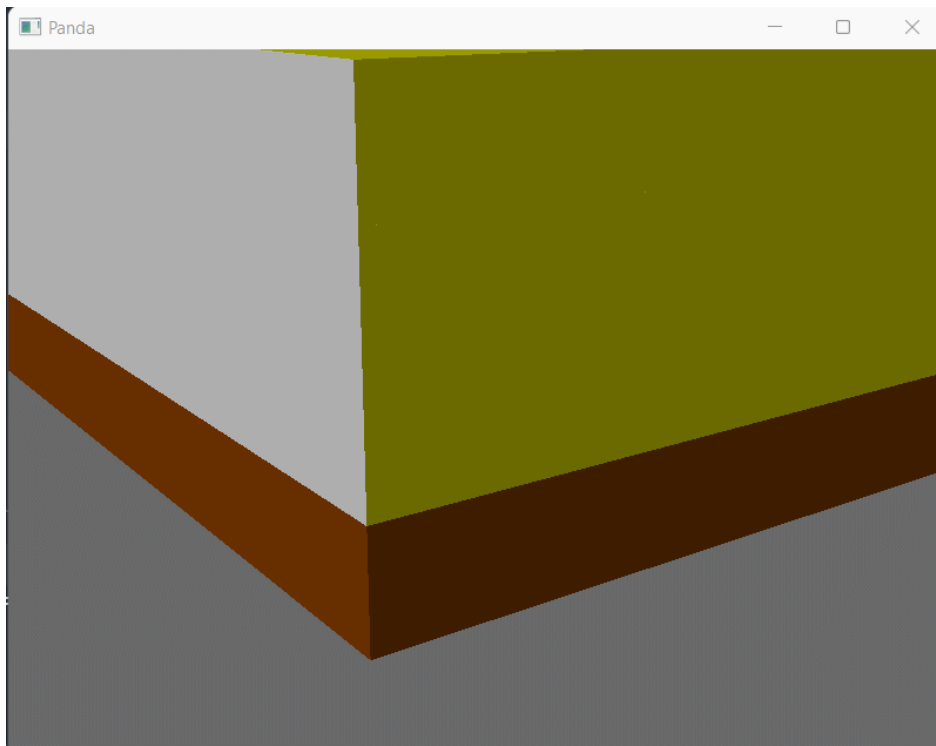
Składa on się z sześciennych klocków.

Do wykonania wizualizacji użyliśmy biblioteki Panda3D stworzonej do języka Python.

Generujemy w odpowiednich miejscach przestrzeni klocki, tworząc tym samym spójny kształt pokoju (ściany i podłogę)



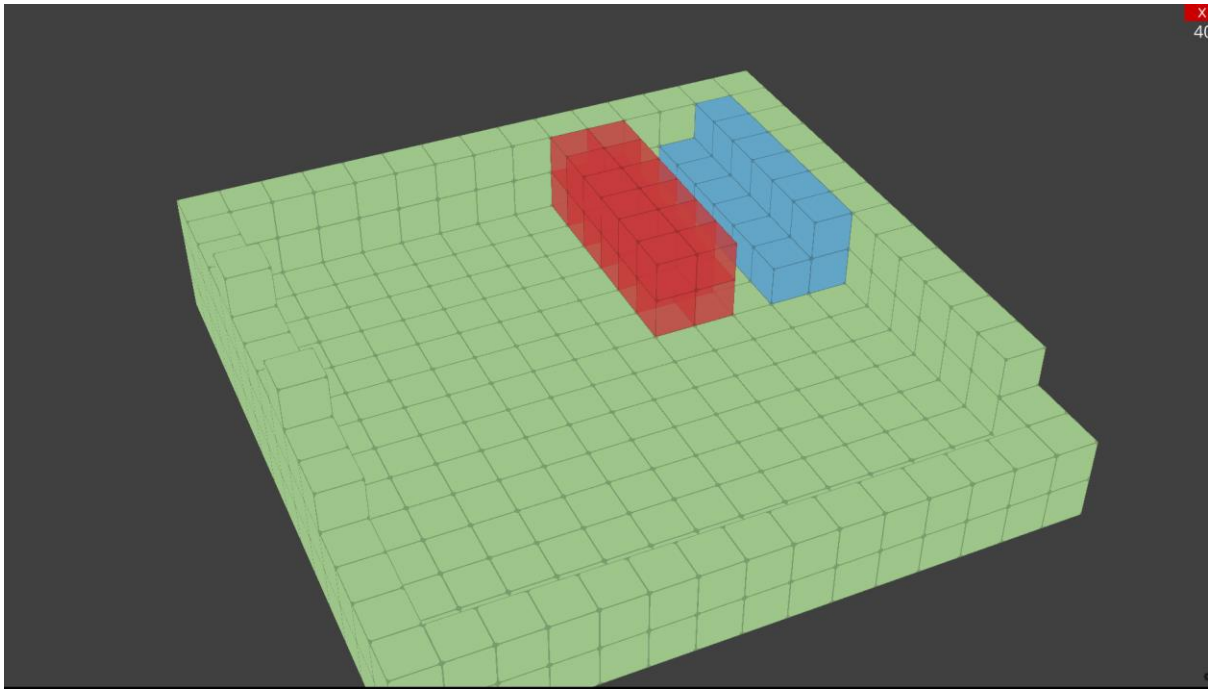
Pokój można przesuwać i obracać.



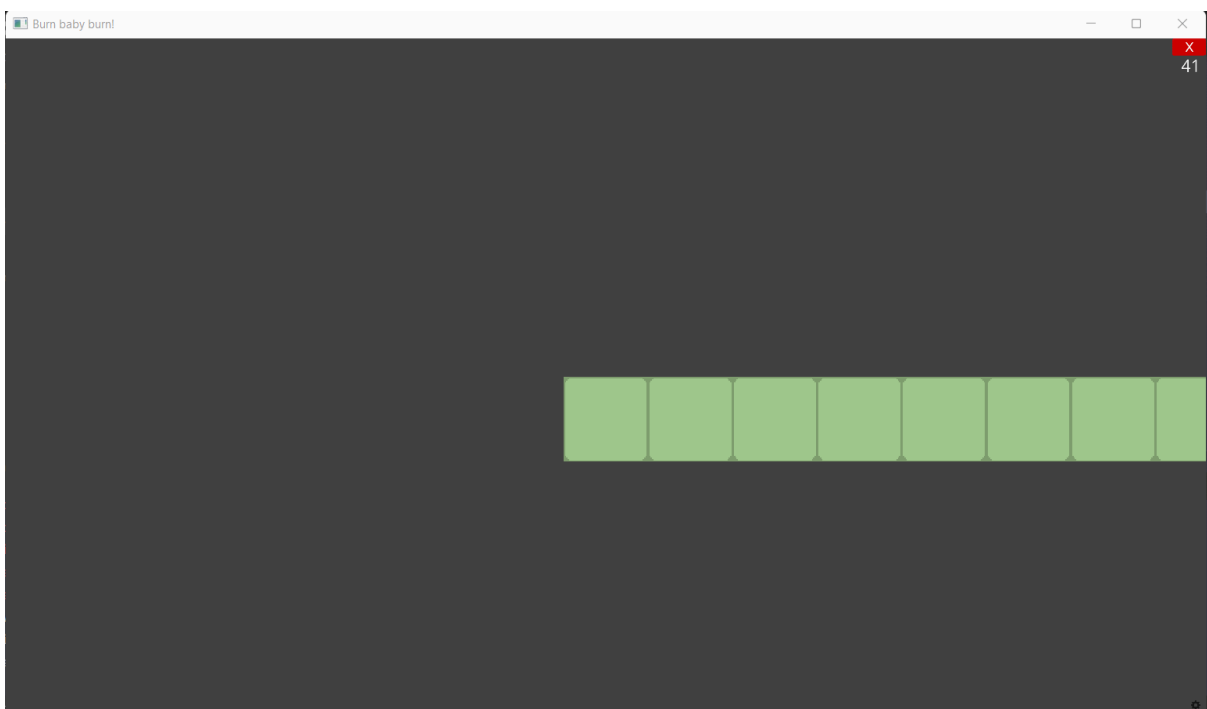
12.05

Zmieniliśmy silnik wizualizacji na silnik Ursina, wprowadzanie klocków okazało się tam o wiele łatwiejsze.

Stworzyliśmy również klocki o różnych właściwościach. Klocki można dodawać i usuwać na bieżąco w wizualizacji.



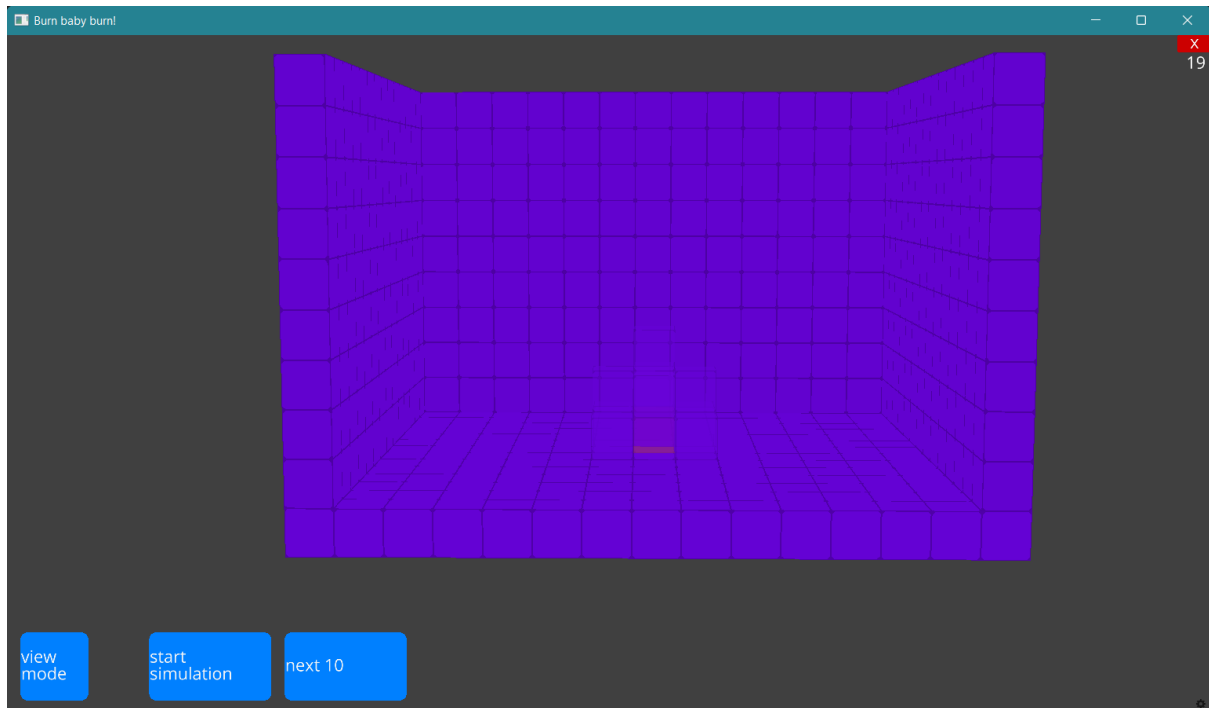
Stworzony obiekt możemy oglądać z dowolnej strony. Widać, na który klocek wskazujemy.
Demo działania:



26.05

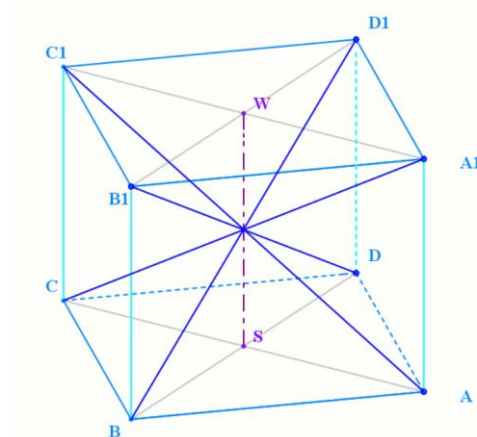
Tryb kamery termowizyjnej

Udało się zaimplementować funkcję przeliczającą temperaturę na kolory w wybranej skali, co później pozwoliło na implementację trybu kamery termowizyjnej. Oprócz standardowego działania wprowadziliśmy również funkcjonalność, dzięki której powietrze przestaje być niewidzialne, gdy jego temperatura jest oddalona o stałą od temperatury pokojowej. Wtedy staje się lekko przezroczyste, aby wciąż odróżniało się od obiektów w pokoju.



Przewodnictwo

Początkowo mieliśmy trudności z implementacją mechanizmu przewodnictwa, ponieważ blok oddawał więcej ciepła niż posiadał oraz jeden sześcian mógł stykać się z więcej niż jedną powierzchnią innego typu. Jako rozwiązanie tego problemu przyjęliśmy, że pojedynczy sześcian podzielony jest na sześć ostrosłupów, w taki sposób, że każdy ostrosłup styka się podstawą z jednym ostrosłupem należącym do innego sześcianu, przez co znika problem styku sześcianu z wieloma ośrodkami.



Obliczając ciepło oddane przez ciało korzystaliśmy ze wzoru:

$$Q = \frac{1}{R_1 + R_2} * S * \Delta T$$

Gdzie $R_1 = \frac{d_1}{\gamma_1}$, a $R_2 = \frac{d_2}{\gamma_2}$

R_1, R_2 – opory przyjmowania ciepła dla kolejnych ośrodków

d_1, d_2 – grubości ścianki przewodnika dla kolejnych ośrodków

γ_1, γ_2 – współczynniki przewodzenia ciepła dla kolejnych ośrodków

S – powierzchnia wymiany ciepła

ΔT – różnica temperatur między ośrodkami

Q – natężenie przepływu ciepła (ilość ciepła wymieniona w jednostce czasu)

Testując mechanizm przewodzenia ciepła, zauważyliśmy niedokładności związane ze zmianą temperatur ciał w trakcie obliczania kolejnych etapów, jednak zminimalizowaliśmy ten efekt, przyjmując możliwie krótki czas przepływu ciepła.

02.06

Konwekcja

By stworzyć akuratny mechanizm konwekcji użyliśmy stałych kontrolnych dla kolejno przepływu powietrza do góry i na boki, ponieważ odbywa się to w różnym stopniu, przyjęliśmy dwie różne stałe dla tych kierunków. Ciepło przekazane w konwekcji obliczaliśmy ze wzoru:

$$Q = \delta * S * \Delta T$$

S – powierzchnia wymiany ciepła

ΔT – różnica temperatur między ośrodkami

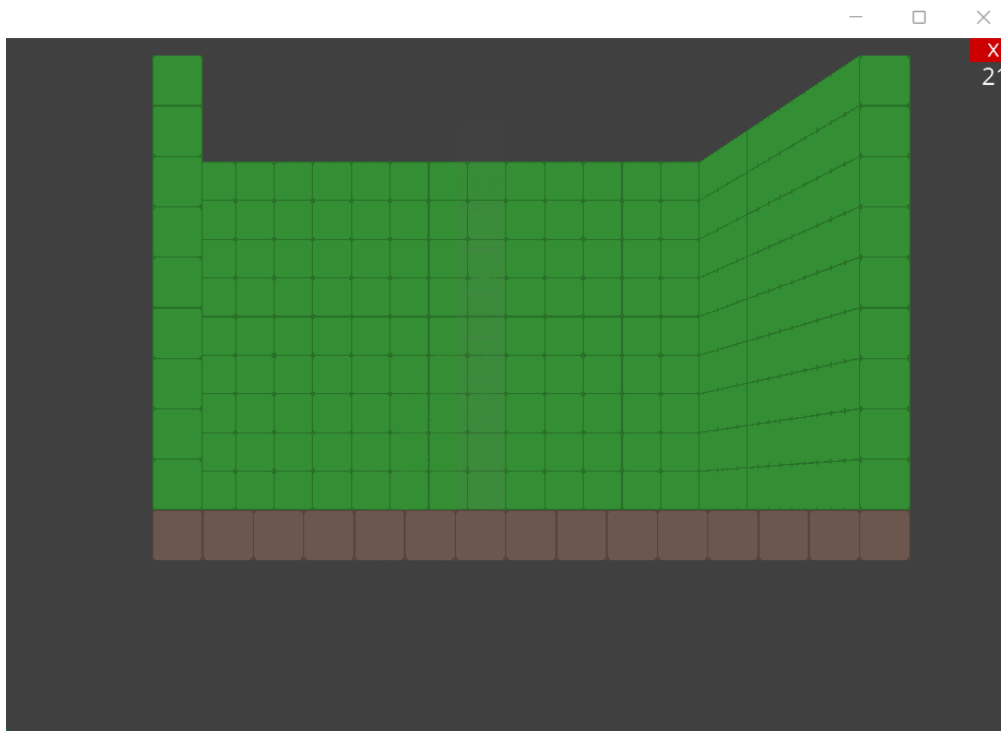
δ – współczynnik nasilenia konwekcji (różny dla pionu i poziomu)

Q – natężenie przepływu ciepła (ilość ciepła wymieniona w jednostce czasu)

Dym

Stworzony przez nas mechanizm dymu działa następująco:

- Dym jest generowany w ilości zależnej od współczynnika generowania dymu, różnego dla różnych materiałów
- Dym jest propagowany w górę oraz w o wiele mniejszym stopniu również na boki
- Gdy spotyka nad sobą przeszkodę, zaczyna propagować się tylko na boki, więc omija ją lub w przypadku sufitu zaczyna wypełniać cały pokój od góry
- Na symulacji widać jak mocno zadymiona jest komórka, po tym jak wyraźny jest szary kolor, który ją wypełnia



09.06

Radiacja

Implementując mechanizm radiacji użyliśmy początkowo ray castingu, by otrzymać dla każdego bloku bloki, na które „patrzy”, czyli w stosunku, do których będzie promieniować. Jednak rozwiązanie to okazało się o wiele za wolne, by użyć go w naszej symulacji. (pokój 5x5x5 liczył się 15 min, gdzie docelowe rozmiary naszego pokoju to 20x20x10). By nie tracić przewagi, jaką dają nam automaty komórkowe w stosunku do modelu FDS (prędkość) użyliśmy uproszczenia w mechanizmie. Każdy blok, który ma co najmniej jedną ścianę w sąsiedztwie z powietrzem bierze udział w ogólnej radiacji, z nasileniem obliczonym wg wzoru:

$$Q = \sigma * \varepsilon * S * T$$

Q – ilość promieniowania emitowanego przez ciało w jednostce czasu

S – powierzchnia emisji

T – temperatura promieniującego ciała

σ – stała promieniowania $5.67 * 10^{-8} \left[\frac{W}{m^2 * K^4} \right]$

ε – emisyjność powierzchni w zakresie od 0 do 1, gdzie wartość 1 posiadają ciała doskonale czarne

Później suma ciepła wydzielonego przez wszystkich uczestników radiacji jest przydzielana dla każdego bloku w zależności od tego, ile ścian wydzielają promieniowanie (by tyle samo mogło przyjąć).

15.06

Poprawki i walidacja z modelem FDS

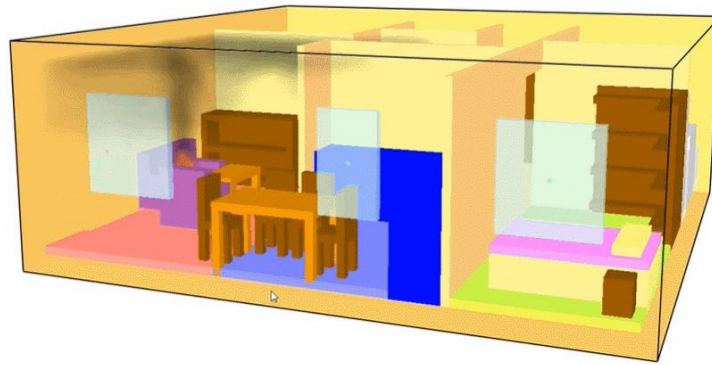
Ostatnim etapem były poprawki, więc dopracowywaliśmy, by wszystkie mechanizmy modelu działały spójnie i aby ich zachowanie w jakimś stopniu zgadzało się z rzeczywistością.

Dodaliśmy także wizualizację płomieni, które tworzą się gdy dym osiągnie określoną temperaturę.

Na każdym etapie tworzenia modelu wyniki konfrontowaliśmy z modelem FDS, więc finalnie tylko porównywaliśmy działanie obu modeli, ewentualnie dostosowując współczynniki, w razie znaczących niezgodności.

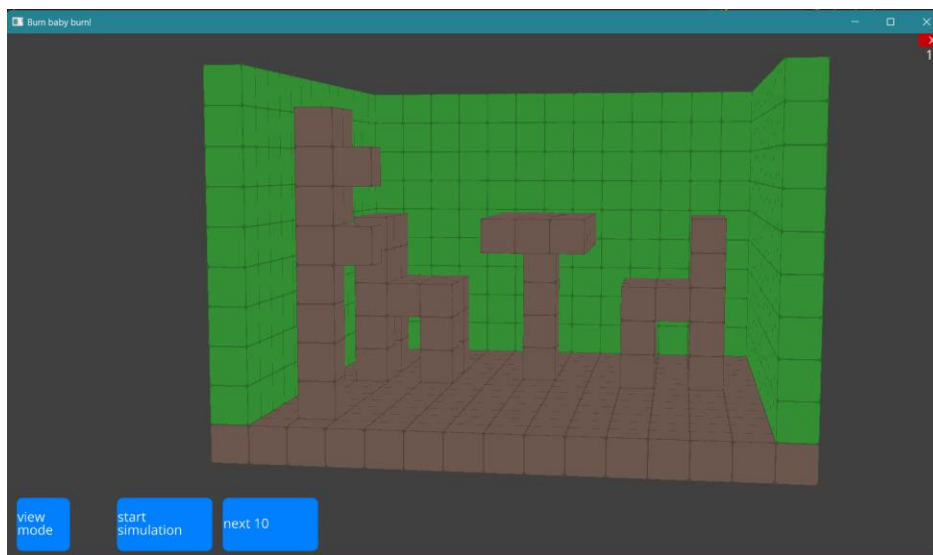
Model FDS:

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Nasz finalny model:

Pokój, w którym uruchamiana jest symulacja.



Widok w trakcie symulacji:

<https://youtu.be/8KgwnJz9Fi4>

Widok kamery termowizyjnej w trakcie symulacji:

<https://youtu.be/CQ2zeZ7077E>

Bibliografia:

- Symulacja rozprzestrzeniania się dymu i ognia w oparciu o niehomogeniczne automaty komórkowe- Dorota Wojtałów, Jacek Złydach
- Model pożaru budynku – Artur Karp, Szymon Łukasik