



Modelování a simulace (IMS)

Projekt

11. Model pomocí celulárního automatu Sypání písku

Aram Denk (xdenka00)

5. prosince 2022

Obsah

1	Úvod	2
2	Návrh modelu	2
2.1	Použitá literatura a zdroje	2
2.2	Obecný popis modelu	2
2.3	Problém s Moorovým okolím	3
2.4	Přidání náhodnosti	3
2.4.1	Výběr strany sesypání	4
2.4.2	Slepení zrněk	4
3	Ověření validity	5
4	Výsledky simulace	6
5	Použitá literatura	8

1 Úvod

Tato práce se zabývá problematikou simulování chování písku. Simulace byla prováděna pomocí celulárního automatu (buněčného automatu) rozšířeného o náhodnost, jedná se tedy o **stochastický celulární automat**.

2 Návrh modelu

2.1 Použitá literatura a zdroje

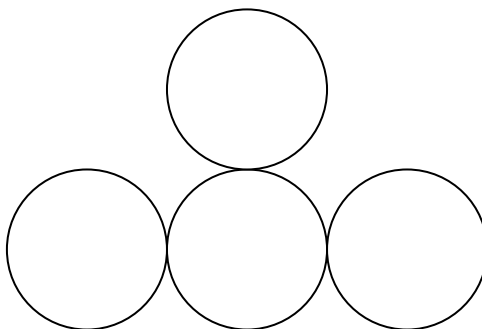
Chování písku je obecně známé, proto nebylo nutné o jeho chování získávat data z literatury, nebo jiných zdrojů. Základ problematiky simulace tohoto chování pomocí celulárního automatu jsem nastudoval v knize *Cellular automata: modeling of physical systems*. [1]

2.2 Obecný popis modelu

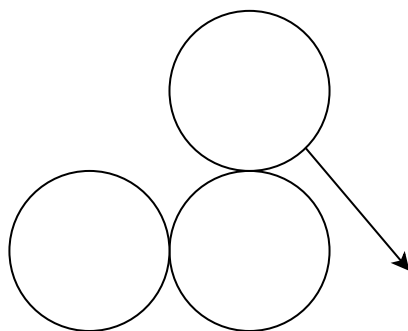
Každá jednotlivá buňka v automatu může být v jednom z těchto 3 stavů:

- Prázdná
- Zrnko písku
- Zeď

Prázdná buňka nijak neinteraguje se zbytkem systému a může přejít do jakéhokoliv jiného stavu. Buňka ve stavu zeď je nepohyblivá a znemožňuje zrnku písku aby zabralo danou buňku. Zrnko písku se snaží posouvat níže, pokud může. Je modelována i určitá stabilita na sobě naskládaných zrněk a to následovně. Pokud není zrnko podporováno 3 dalšími zrny, sesype se v diagonálním směru. Pomocí tohoto je dosaženo vytváření přirozeně vypadajících kupiček písku.



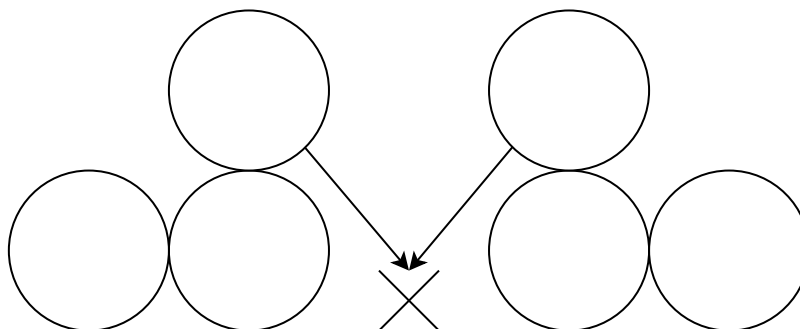
Obrázek 1: Stabilní kupička písku



Obrázek 2: Nestabilní kupička s vyznačeným směrem sesypání zrnka

2.3 Problém s Moorovým okolím

Přidáním nestability kupičky a jejího sesypávání, vzniká problém s použitím běžného Moorova okolí. Může totiž nastat případ kdy vedle sebe jsou dvě nestabilní kupičky. Dvě jejich nestabilní zrnka by o sobě navzájem nevěděli a sesypali se do jedné společné buňky, tím by se jedno zrnko ztratilo.



Obrázek 3: Vznik konfliktu při použití Moorova okolí

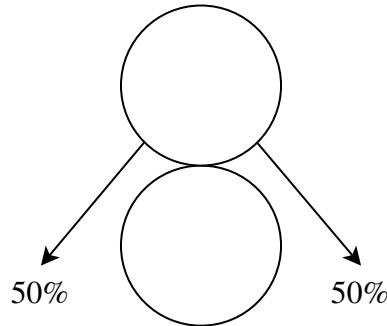
Z tohoto důvodu je nutné použít rošířené okolí, o Čebyševově vzdálenosti 2. Před sesypáním diagonálně, se nejdříve zkontroluje, že nemůže vzniknout konflikt. Pokud by konflikt nastat mohl, dostane jedno zrnko přednost a druhé zůstane na svém místě.

2.4 Přidání náhodnosti

Přidáním náhodnosti do systému je dosaženo mnohem realističtějších výsledků. Náhodnost se projevuje ve dvou případech a to při volbě strany sesypání nestabilního zrnka písku a možnosti "slepení" zrnků písku.

2.4.1 Výběr strany sesypání

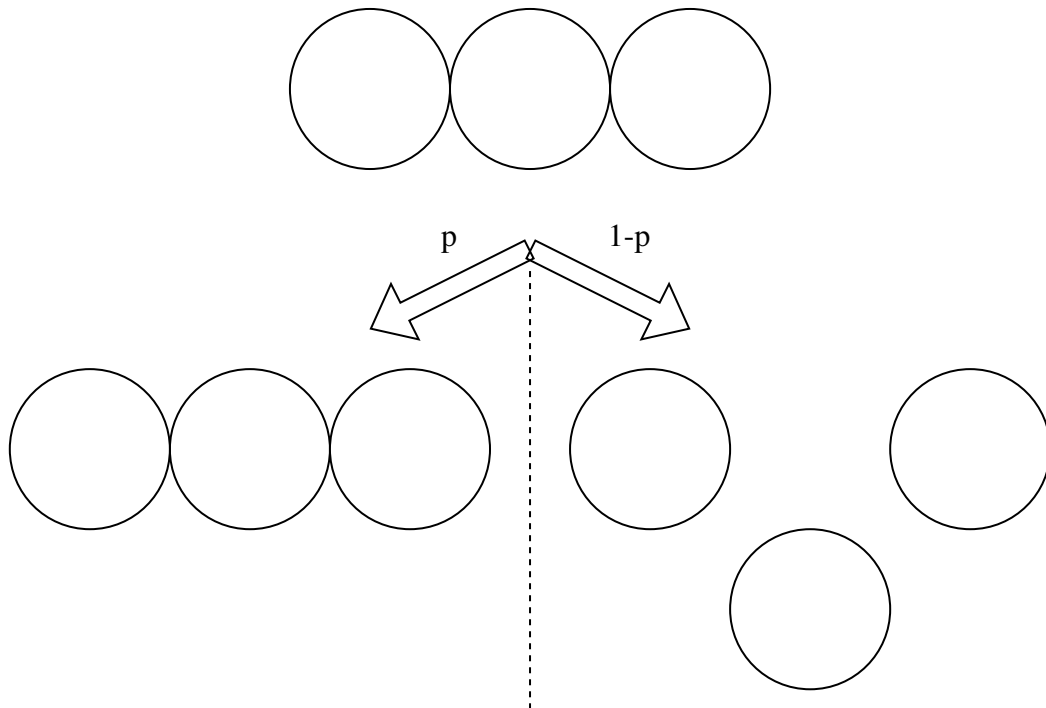
Pokud je zrnko písku nestabilní a mohlo by se sesypat doprava i doleva bez vzniku konfliktu. Je náhodně zvolena jedna ze stran. Díky tomu nejsou kupičky písku vždy stejné a uniformí.



Obrázek 4: Náhodnost při sesypávání nestabilního zrnka

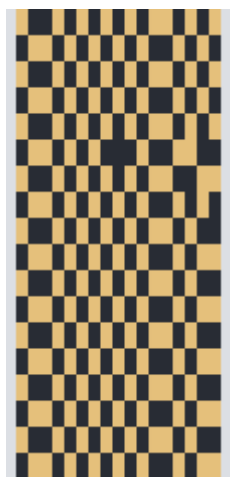
2.4.2 Slepení zrněk

Pokud je zrnko písku na obou stranách obklopeno jinými zrny písku (nebo zdmi), je pravděpodobnost, že zrnko nespadne. Toto umožní vytváření převisů nad prázdným prostorem. Hodnotu pravděpodob-

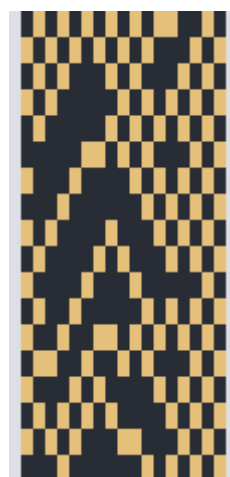


Obrázek 5: Slepení zrněk

nosti slepení (v kódu nazvanou *FRICTION*) je možné měnit při spuštění pomocí spouštěcího argumentu *f* a číselné hodnoty (v procentech). Pokud je pravděpodobnost slepení vysoká vytvoří se v proudu padajícího písku větší mezery. Na základě experimentů jsem jako výchozí hodnotu zvolil 40%. Vyšší hodnota odpovídá vlhčímu písku nižší pak písku více suchému.

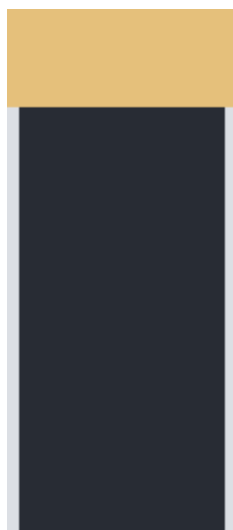


(a) 5%



(b) 80%

Obrázek 6: Porovnání nízké a vysoké hodnoty pravděpodobnosti slepení

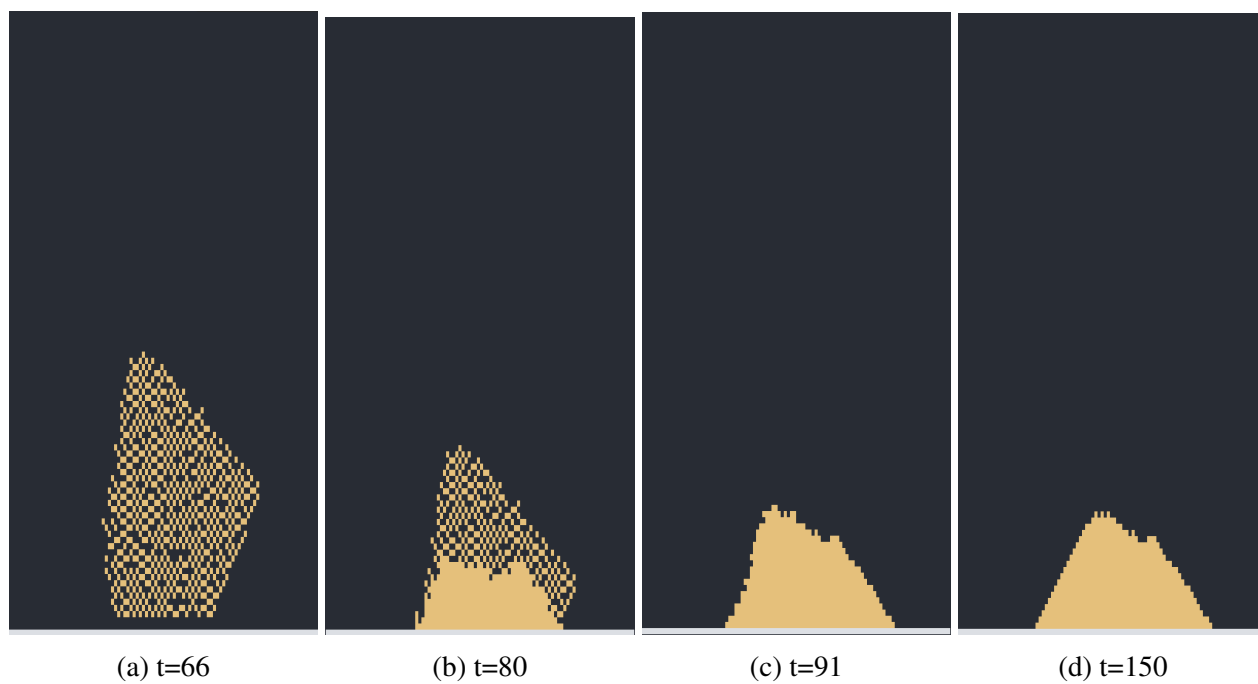


Obrázek 7: Pravděpodobnost slepení 100%.

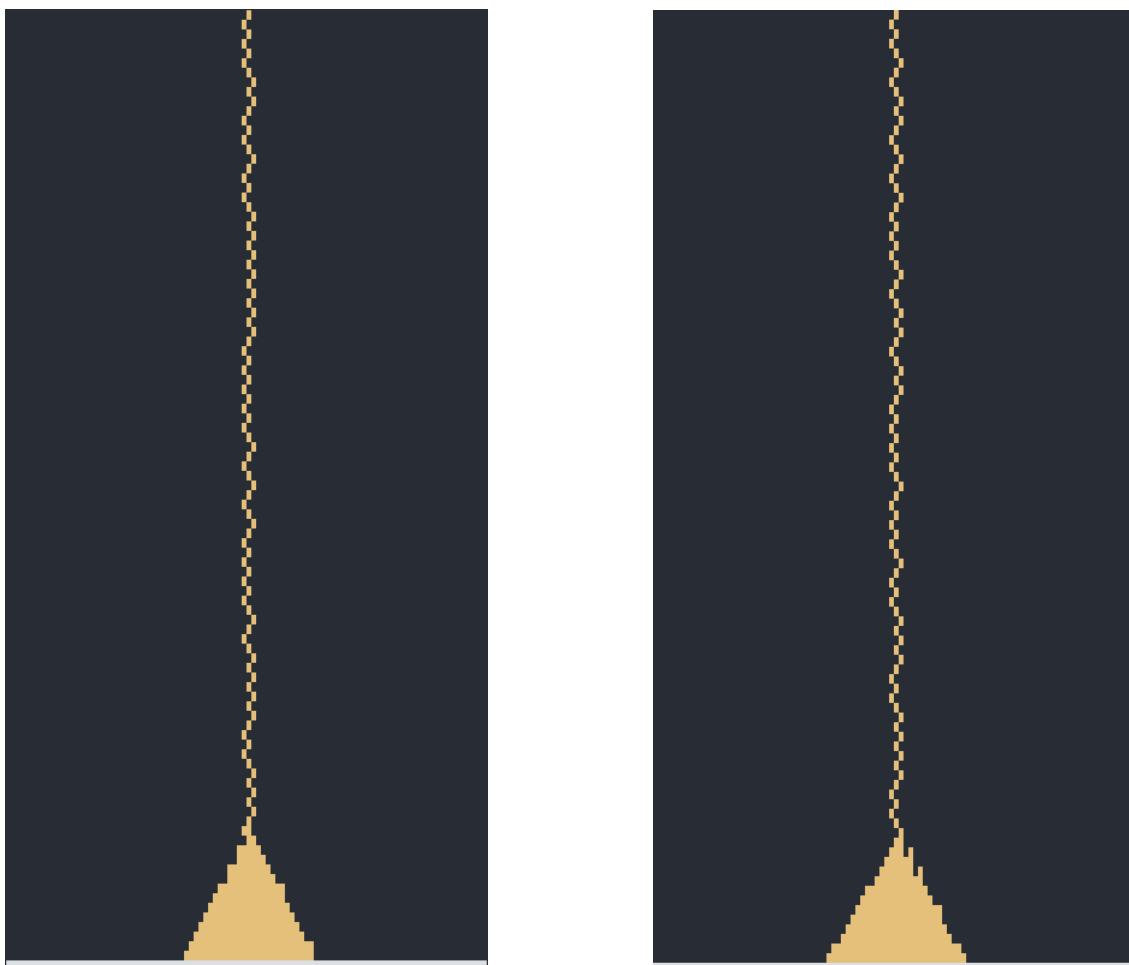
3 Ověření validity

Validita modelu byla overěna experimentováním a následným porovnáváním s realitou.

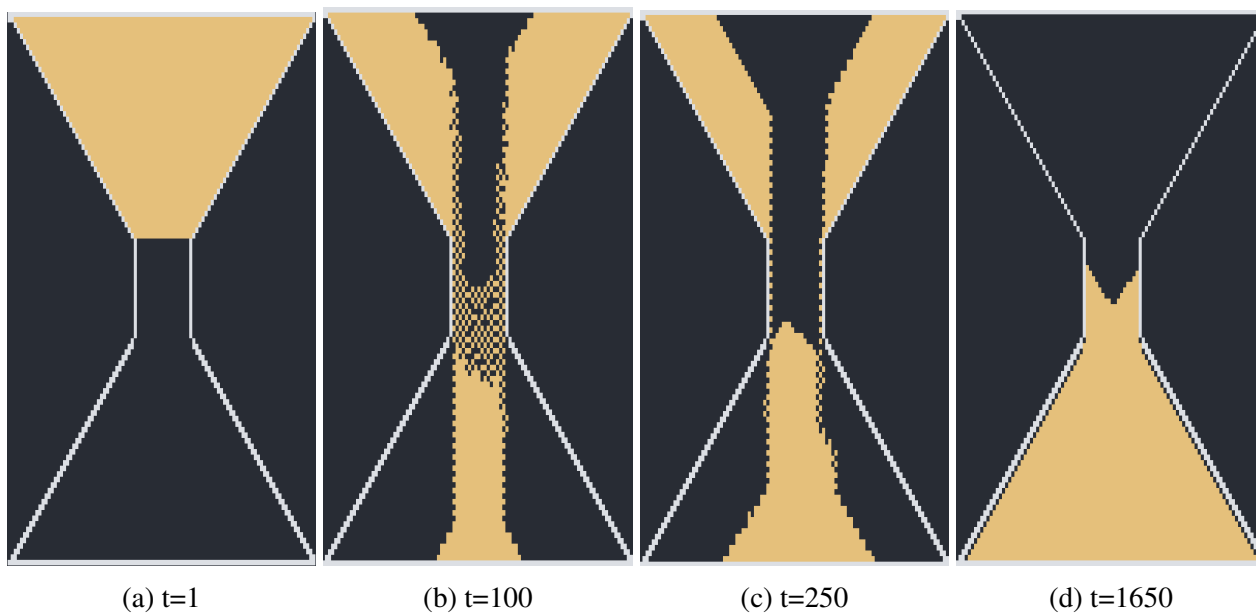
4 Výsledky simulace



Obrázek 8: Pád skupiny písku a vytvoření stabilní kupičky.



Obrázek 9: Ukázka náhodnosti modelu. Dva běhy simulace se stejnými prvotními podmínkami, zachycené ve stejném čase.



Obrázek 10: Simulace přesýpacích hodin.

5 Použitá literatura

Odkazy

- [1] CHOPARD, Bastien a Michel DROZ. *Cellular automata: modeling of physical systems*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. ISBN 0-521-46168-5.