

Počítačové simulace fyzikálních problému – TASEP

Jakub Doležal¹, Jakub Kantner², Tomáš Zahradník³

¹Gymnázium Špitálská Praha, ²Gymnázium Českolipská Praha, ³Gymnázium Oty Pavla Praha

¹janjansen@centrum.cz, ²jkant@seznam.cz, ³tom.zahrada@seznam.cz³

Abstrakt

Totálně asymetrický jednoduchý exkluzivní proces je mnohočasticový systém, jehož pravidlo pro vývoj stavu systému není dán deterministicky, ale stochasticky. Každá částice si může náhodně vybrat pohyb ze dvou na sebe kolmých směrů a následně, zda provede krok v daném směru s pravděpodobností p , přičemž pohyb dvou částic do stejného bodu mřížky, je zakázán stejně jako pohyb částice do obsazené pozice. Z počátečního hustého shluku se částice vyvinou do kometového tvaru s hustým jádrem a dlouhým řídkým chvostem. Ze simulací bylo zjištěno, že nejpomalejší částice byly umístěny uvnitř shluku v počátečním stavu. Srovnáním náhodného a paralelního pohybu jsme zjistili, že pole rozložení rychlostí částic je kvalitativně shodné avšak kvantitativně se liší.

1 Úvod

Totálně asymetrický jednoduchý exkluzivní proces je model zjednodušeného chování davu, kdy částice symbolizují členy davu. Pohyb členů davu není předem deterministicky určen, ale jednotliví členové se rozhodují podle náhodně v každém kroku vývoje. Prostor, ve kterém se částice pohybují je tvořen 2D mřížkou, kdy částice se pohybují mezi body mřížky a každý bod mřížky může být obsazen maximálně jednou částicí. V počátečním stavu systému jsou částice rozmístěny tak, že tvoří čtverec nebo kruh. Dynamika je ovlivňována jediným parametrem p , který určuje pravděpodobnost, že se částice pokusí vykonat pohyb dopředu ve směru, který si před tím náhodně zvolila s jedním ze dvou navzájem kolmých směrů. Tento model byl naprogramován v jazyce C++, využívá knihovny *Zarja* a *Asep simulation library*, které jsou volně přístupné na stránkách sourceforge.net.

2 Teorie

2.1 Náhodné vývojové pravidlo

Při náhodném vývojovém pravidle se vždy náhodně vybere jedna částice (A) v mřížce, která si náhodně vybere jedno ze dvou možností směru svého pohybu a následně si náhodně s pravděpodobností p vybere, jestli pohyb uskuteční. Pak nastanou dvě možnosti. Jestliže se ve vybraném směru nachází jiná částice (B), částice (A) zůstane na svém místě. Pokud se však v daném směru nenachází jiná částice (B), částice (A) se přesune. Program v dalším kroku náhodně vybere další částici.

2.2 Paralelní vývojové pravidlo

Paralelní vývojové pravidlo se od náhodného vývojového pravidla liší tím, že všechny částice se v jeden okamžik pokouší vykonat krok, přičemž každá částice provádí stejné náhodné rozhodování jako částice při náhodném vývojovém pravidle. A tím může dojít k případu, kdy dvě částice směřují do jednoho bodu mřížky, a pohyb obou částic v tomto případě je zakázán.

2.3 Sekvenční vývojové pravidlo

Sekvenční vývojové pravidlo má stejný princip jako paralelní vývojové pravidlo a všechny částice se v jednom čase pokouší provést krok. Odlišnost spočívá v tom, že když částice směřuje do bodu mřížky, tak pohyb této částice je povolen v případě, kdy bod mřížky je buď volný a pokud je obsazen, tak zde umístěná částice ho v daném kroku opustí.

2.5 Procedura rozhodování

Procedura všech výše zmíněných vývojových pravidel může být formalizována do jednoduchého schématu postupných kroků, které lze zapsat:

$$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E,$$

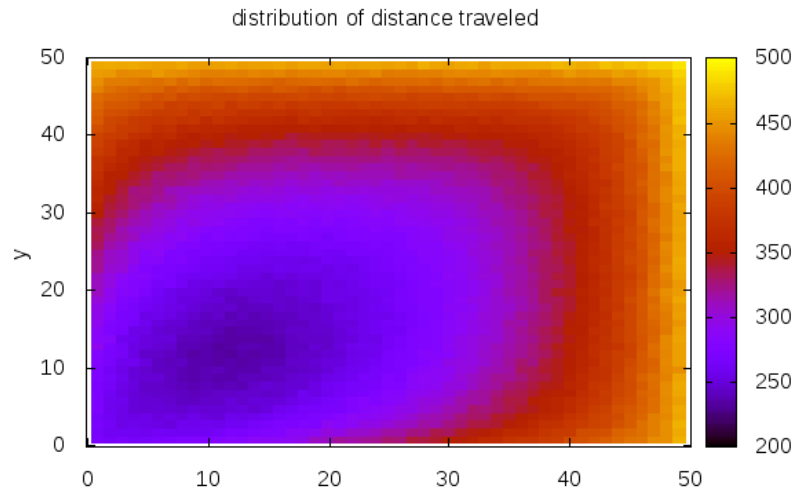
kde A je výběr částice, B je výběr směru v 2D mřížce, kterým se částice zamýšlí pohybovat, C je označení pro krok, ve kterém se částice rozhoduje, zda se pokusí pohnout zvoleným směrem, v kroku D částice kontroluje, zda v daném směru není jiná částice a pokud je, tak svůj pohyb odmítne. Během E částice kontroluje, zda si jiná částice nevybrala stejnou pozici k přemístění. V případě, že tomu tak není, částice se konečně pohne vybraným směrem, v případě že dvě částice, chtějí jít na stejné místo, nepůjde ani jedna z nich.

3 Simulace

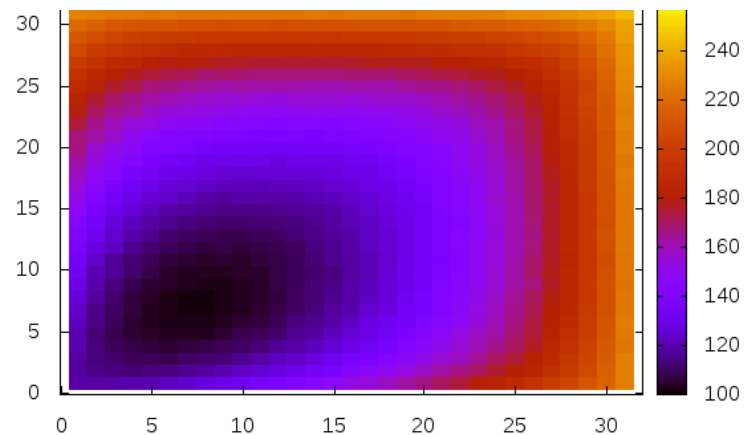
Pro naši simulaci jsme si zvolili 2D model s paralelním vývojovým pravidlem a počtem částic 1024. Čtvercová mřížka měla velikost 300x300 jednotek vzdáleností. Při vývoji systému se původní hustý útvar tvořený částicemi rozepne do prostoru a tím se sníží pravděpodobnost nalezení jakékoli částice v daném bodě mřížky (viz obr. 3). Důvodem toho poklesu pravděpodobnosti je zvětšení dostupného prostoru, do kterého se částice mohou dostat. Obrázky 1 a 2 nám ukazují, jakou průměrnou vzdálenost jednotlivé částice za celou simulaci urazí pro případ náhodného a paralelního vývojového pravidla. Kvalitativní rozložení vzdáleností uražených částicemi pro čtvercové shluky jsou pro paralelní a náhodné výběrové pravidlo kvalitativně podobné s minimem pro částice, které byli na počátku simulace uvnitř shluku.

Pomocí vizuálního nástroje napsaného v jazyce C++, který je také volně dostupný na stránce sourceforge.net, jménem QTASEP jsme sledovali celý průběh simulace a porovnávali

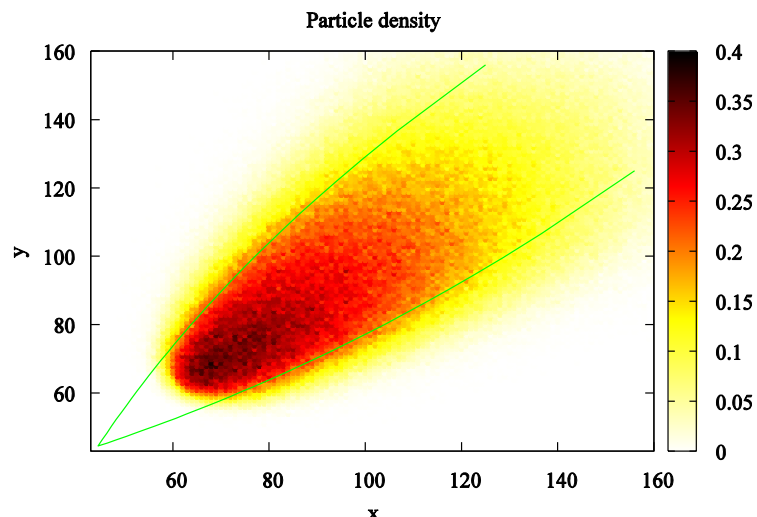
tvár shluku částic v závislosti na počátečním tvaru shluku - čtverec (obr. 4) a kruh (obr. 5). V obou případech měl shluk částic podobný kometovitý tvar, který byl pro oba případy podobný. Obrázek 6 ukazuje relativní odchylku uražené vzdálenosti částic, kdy pozorujeme maxima pro částice, které jsou na bližší straně počátečního čtverce z pohledu směru vývoje shluku. Pozorujeme dvě minima, kdy jedno je pro částice, které jsou v předu ve směru pohybu a druhé je pro částice, jenž jsou v blízkosti částic s nejmenší uraženou vzdáleností. (viz. obrázek 1 a 2).



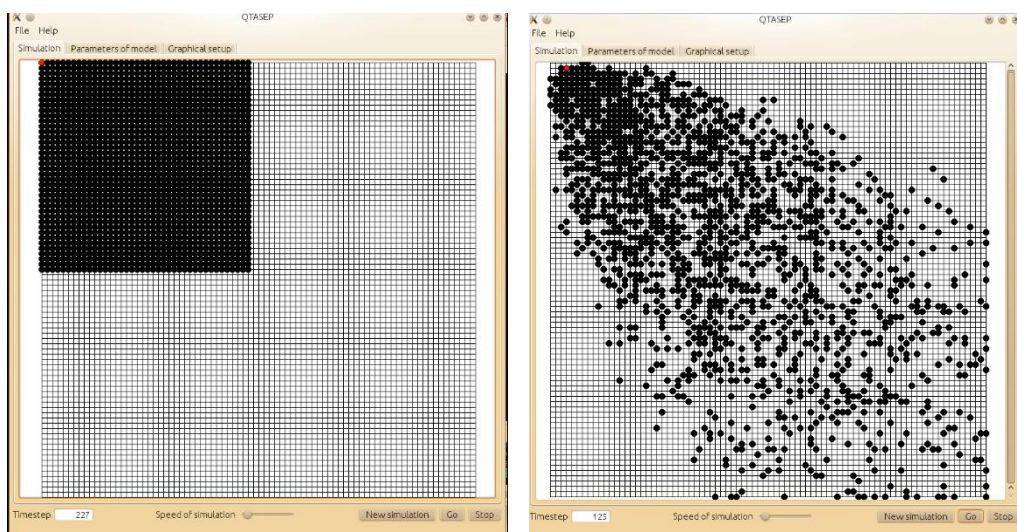
Obrázek 1: Vzdálenost částic náhodného pohybu



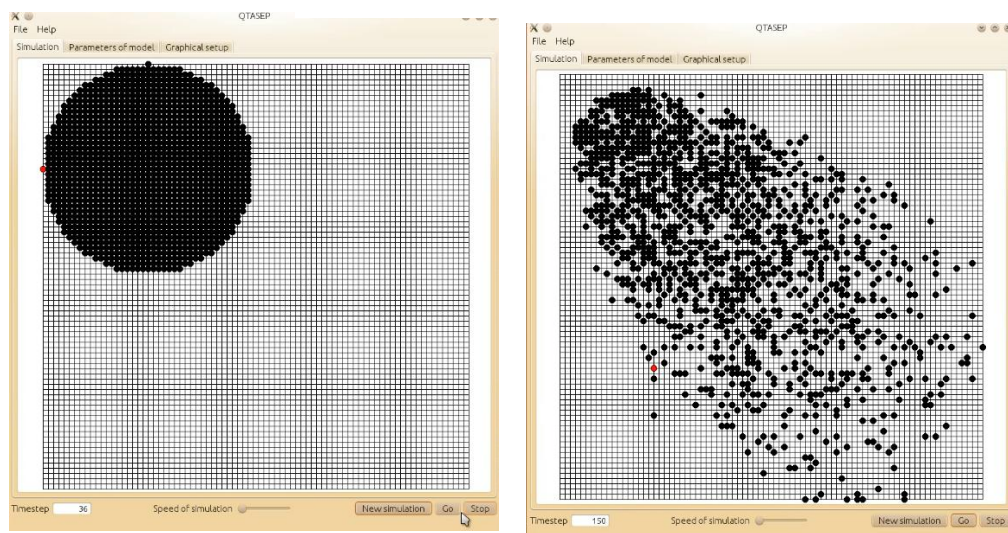
Obrázek 2 Vzdálenost částic paralelního pohybu



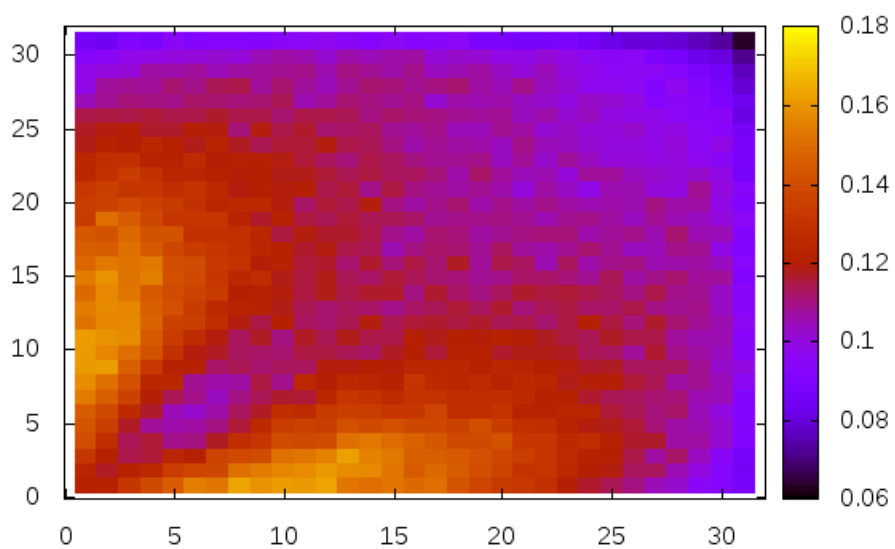
Obrázek 3: pravděpodobnost polohy částic



Obrázek 4: 2D paralelní pohyb z krychlového shluku



Obrázek 5: 2D paralelní pohyb z kulového shluku



Závěr

Provedli jsme simulace totálně asymetrického exkluzivního procesu a zjistili jsme, že maximum uražené vzdálenosti i minimum uražené vzdálenosti jsou nezávislé na vývojovém pravidle. Maximum je na špičce čtverce ve směru pohybu a minimum je v počátečním shluku. Po začátku pohybu se pomalu začne tvořit kometovitý tvar a jeho vznik není příliš závislý na počátečním rozložení a také nezávisí na vývojovém pravidle.

Poděkování

Děkujeme našemu supervizorovi Ing. Hynkovi Lavičkovi za uvedení do problematiky simulací fyzikálních problémů. Neméně děkujeme panu Ing. Vojtovi Svobodovi za realizaci Týdne vědy na Jaderce a Fakultě jaderného a fyzikálního inženýrství za poskytnutí zázemí pro tuto akci.

Reference

- [1] TASEP on 2D lattice: Formation of spatial crowd structures, Hynek Lavička a spol., 18. 3. 2012