Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta aplikovaných věd
Katedra informatiky a výpočetní techniky

Bakalářská práce

Simulace pohybu davu

Plzeň 2015 Patrik Kořínek

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů.

V Plzni dne 23. června 2015

Patrik Kořínek

Abstract

This work, Simulation of movement of a crowd, aims to create an aplication that would enable simulating reactions of an agent or agents in a specific enviroment that could be used for evacuation simulations.

Abstrakt

Práce Simulace pohybu davu si klade za cíl vytvoření aplikace, která by umožňovala simulaci reakce agenta nebo více agentů ve specifickém prostředí tak, aby bylo možné ji s využít pro plánování evakuací.

Obsah

1 Úvod **1**

2 Základní pojmy **3**

3 Existující metody **5**
3.1 Buněčné automaty 5
3.2 Model sociálních sítí 7
3.2.1 Rozšíření modelu sociálních sítí 7
3.3 Fluidní dynamika 8
3.4 PLEdestrians 8
3.5 HiDAC 9
3.6 PMFServ 10
3.7 Mapy validity a stimulů 11

4 Jevy ovlivňující průběh evakuace **13**
4.1 Panika 13
4.2 Vytváření skupin 14
4.3 Funkce vůdců 14
4.4 Komunikace s davem 15
4.5 Vliv prostředí 15

5 Navržené řešení **17**
5.1 Struktura programu 18
5.2 Struktura grafu 19
5.3 Vlastnosti agentů 19
5.4 Hrozba 20
5.5 Skupiny 22
5.6 Proces 22
5.7 Evaluace skupin 24

6 Implementace **25**

7 Experimenty **34**
7.1 Požár 34
7.2 Více hrozeb 35
7.3 Hasič a strašpytel 36
7.4 Protipožární ochrana 39
7.5 Schody a rampy 39
7.6 Důvěryhodný jedinec 41
7.7 Shlukování davů 42
7.8 Neznámé zákulisí 43
7.9 Pohyb skupiny 44
7.10 Spolupráce 46
7.11 Shrnutí experimentů 46

8 Závěr **49**

9 Bibliografie **50**

10 Přílohy **52**
10.1 Formát souborů XML 52
10.2 Uživatelská dokumentace 57

1 Úvod

Tato bakalářská práce nazvaná Simulace pohybu davu si klade za cíl vytvoření jednoduché a nenáročné aplikace, která by umožňovala simulaci reakce agenta nebo více agentů ve specifickém prostředí. Cílem je navržení programu, který dokáže různými způsoby napodobit reakci jedince na evakuované prostředí pomocí evaluace scény. Součástí prostředí jsou jak jedinci s unikátními vlastnostmi a vztahem ke scéně, tak hrozby negativně ovlivňující schopnost agentů se k nim přiblížit.

Modelování chování osob při specifických životních situacích je nedílnou součástí řízení společnosti. Nácviky vojenských strategií, požárních poplachů nebo evakuací ohrožených prostor jsou velmi staré. Teprve informační technologie však umožnily modelovat podobné situace bez nasazení živých osob a bez riskování újmy na životech, zdraví a majetku. Díky těmto technologiím můžeme simulovat velké živelné katastrofy, aniž bychom je museli skutečně prožívat. Tento postup umožňuje lidem, aby byli na případné krizové situace připraveni, využívají jej autority pro tvorbu evakuačních plánů, které jsou součástí širších plánů traumatologických.

Jako výzkumná metoda byla zvolena rešerše relevantních výzkumných studií, které se věnují analýzám zkoumaného chování. Následně byly vyhodnoceny jejich silné a slabé stránky a navržena aplikace využívající získané poznatky. Hlavním cílem této práce je zjištění množiny akcí často pozorovaných u účastníků evakuací a jejich skloubení do modelovatelného celku. Program byl navržen tak, aby vyhovoval prozkoumaným metodám a byl schopen modelovat vybraná chování. Jeho výstupem je scéna, ohodnocená specificky pro každého účastníka evakuace. V této fázi bylo nutné ověřovat datovou kompatibilitu s jiným systémem, což proběhlo ve spolupráci s Bc. Jakubem Szkanderou.

Na základě domluvy s vedoucí práce byla část projektu týkající se porovnávání výstupu aplikace s reálnými daty nahrazena spoluprací s Bc. Jakubem Szkanderou.

Protože se jedná o práci, která vychází z informačních technologií a zároveň z psychologie člověka, byly využity zdroje z obou vědních disciplín. Zdroje potřebných informací jsou dobře dostupné v elektronické podobě, většinou se jedná o příspěvky vědeckých pracovišť v odborné literatuře vycházející česky nebo anglicky.

Vysledná aplikace umožní budoucí zkoumání a ověřování dalších algoritmů pro modelování evakuačních situací.

Obsah jednotlivých kapitol je následující:

- Kapitola Základní pojmy obsahuje stručný výčet pojmů užívaných v oblasti modelování pohybu davu.
- Kapitola Existující metody obsahuje výčet některých metod zabývajících se problematikou pohybu davu.
- V kapitole Jevy ovlivňující průběh evakuace jsou vypsány nejdůležitější typy chování, pozorované při evakuacích.
- Kapitola Nároky na výslednou aplikaci shrnuje, co výsledný program musí umět a jaké podmínky musí splňovat.
- V kapitole Implementace jsou programové detaily výsledného programu.
- Kapitola Experimenty prezentuje výsledné schopnosti programu.
- V závěru jsou popsány výsledky této práce.

2 Základní pojmy

Základní pojmy z oblasti modelování pohybu davu, jak je rozděluje [BRA14], jsou následující:

Řízení jednotlivce se skládá ze dvou částí:

- Lokální navigace - navigace zajišťující vyhýbání se překážkám a ostatním agentům.
- Globální navigace - hledání cesty z aktuální pozice do cíle. Součástí globální navigace je volba cíle a místností (popř. oblastí), kterými je potřeba projít.

Existují dva základní typy překážek:

- Statické překážky - představují je objekty, které se nepohybují. Obecně se jedná o zdi, nábytek nebo jiné překážky, které je potřeba obejít.
- Dynamické překážky - pohyblivé překážky. Nejčastěji se jedná o jiné agenty, ale do této kategorie mohou spadat zvířata, automobily nebo třeba padající trosky.

Metody řízení simulace pohybu davu lze rozdělit do dvou skupin:

- Kontinuální systémy - přistupují k simulaci pohybu davu jako k pohybu tekutiny. Výhodou tohoto přístupu je obvykle nižší výpočetní náročnost, protože lze použít jeden výpočet pro více agentů. Nevýhodou je zanedbání jednotlivce. Jednotliví agenti mají velice nízký vliv na pohyb davu a nulovou vlastní vůli. Tento přístup je tudíž nevhodný pro simulaci evakuace.
- Agentové systémy - každý člověk je řízen individuálně.

Primární výhodou agentových systémů je parametrizace jednotlivců. Stejně jako lidé, ani agenti nejsou homogenní. Jejich odlišnost umožňuje rozmanitost

rozhodnutí jednotlivců napříč simulacemi. Tato schopnost však zapřičiňuje vyšší výpočetní náročnost.

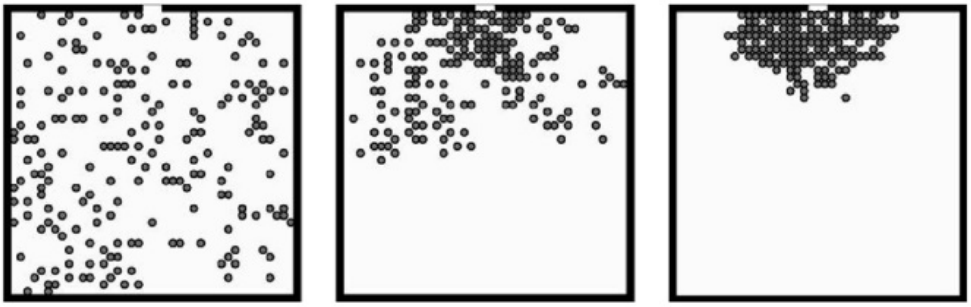
Jedním způsobem minimalizace této nevýhody je simulace seskupování jednotlivců. Jak je ve skutečných evakuacích pozorováno, lidé preferují pohyb ve skupinách. Simulovat je tak zapotřebí jen globální pohyb skupiny, ne jejích jednotlivých členů.

3 Existující metody

Tato kapitola je zaměřena na různé metody simulace davu a jednotlivce. Primárně je zaměřena na agentové metody, neboť poskytují vyšší variabilitu a modifikovatelnost, důvody tohoto výběru jsou popsány v dalších kapitolách.

3.1 Buněčné automaty

Jak popisuje [Siv14], pomocí buněčných automatů se podařilo úspěšně modelovat děje odehrávající se při skutečných evakuacích (viz obr. 3.1.1). Patří mezi ně například ucpávání průchodů (tzv. bottle-necking), tvorba front, zpomalování kvůli překážkám a vliv většího počtu dveří na plynulost evakuace.



Obrázek 3.1.1: Příklad buněčného automatu na simulaci evakuace. Obrázek převzat ze [Siv14].

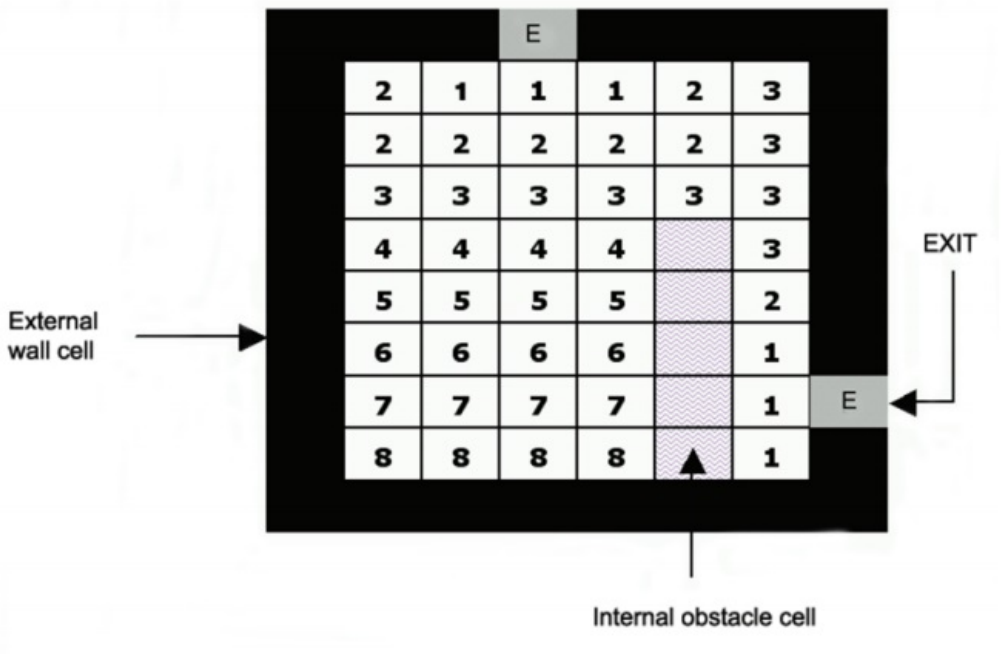
Princip spočívá v rozdělení prostředí do pravidelné čtvercové mříže. Každá buňka může obsahovat pouze jednoho agenta v jeden moment. V pravidelných časových intervalech pak probíhá pohyb agentů podle přednastavených pravidel.

Existuje mnoho metod pro definici pravidel. Jednou z možností je definice matice o rozměrech 3x3 určující, kterou buňku agent ze svého okolí preferuje jako svůj další krok. Hodnoty mohou být určovány například v závislosti na vzdálenosti buňky od cíle cesty nebo hodnotách spojených s okolím buňky.

Často je do pravidel zanesen prvek náhodnosti, který zabraňuje bezvýchodným situacím (tzv. deadlocku). Taková situace nastane například tehdy,

když se dva chodci jdoucí proti sobě vzájemně zastaví. Bez náhodného prvku pak v této pozici setrvávají, neboť zároveň uhýbají na stejnou stranu nebo čekají na druhého agenta, aby uhnul z cesty.

Další metoda, jak ohodnotit jednotlivé buňky, je založená na vzdálenosti od cíle (viz obr. 3.1.2). Lze brát v potaz počet kroků, vzdušnou vzdálenost nebo délku nejkratší cesty. Výhodou této metody je možnost simulovat překážky a spočítat si všechny hodnoty předem.



Obrázek 3.1.2: Ukázka hodnocení buněk mřížky v závislosti na vzdálenosti od východu. Obrázek převzat ze [Siv14].

Mezi hlavní výhody buněčných automatů patří skutečnost, že jsou výpočetně a implementačně nenáročné. Umožňují tak provádět i simulace rozsáhlé škály různých jevů. Nevýhodou je, že nedokáží modelovat komplexní chování jedinců a interakci mezi nimi, v tomto jsou naopak značně omezené. Pohyb agentů je pouze osmisměrný, což také ubírá na uvěřitelnosti simulace.

3.2 Model sociálních sítí

Metoda je popsaná v [HFW00]. Jedná se o přístup založený na pravidlech pozorovaných při evakuacích. Dav projevuje následující vlastnosti (převzato ze [Siv14]):

1. Lidé se pohybují (nebo se snaží pohybovat) rychleji než v normálních situacích.
2. Jedinci se začnou mezi sebou tlačit. Interakce mezi lidmi začnou být na fyzické úrovni.
3. Pohyb zúženou cestou začne být nekoordinovaný. Pravidlo zipu známé ze silničního provozu přestane fungovat v momentě, kdy lidem jde o život. Místo toho se začnou tlačit, čímž dále omezují průtok v úzkém hrdle. V anglické literatuře [HFW00] tento efekt nazývají faster-is-slower.
4. Dochází k ucpávání východů a vytváření oblouků z chodců.
5. Tlačenice a fronty průběhem evakuace narůstají.
6. Fyzikální interakce mezi chodci narůstají až do takového tlaku, kdy dav může strhnout železnou bariéru nebo zeď z cihel.
7. Lidé, kteří upadli při evakuaci, dále zpomalují únik ostatních.
8. Lidé mají tendenci dělat to, co dělají ostatní kolem nich (tzv. kolektivní chování).
9. Boční východy jsou často přehlíženy nebo nedostatečně využívány.

Podle těchto pravidel byl navržen částicový model simulující chování lidí při evakuacích. Tento model však trpí stejnými nedostatky jako buněčné automaty. Umožňuje pouze omezené rozhodovací procesy a nebere v úvahu psychologický stav jedince a jeho sociální cítění.

3.2.1 Rozšíření modelu sociálních sítí

Výhodou modelu sociálních sítí je jeho rozšiřitelnost o další síly působící na jedince. [BBM03] jej zavedl jako interakční sílu působící mezi jednotlivci ve skupině. Jednotlivci tak získali následující parametry (převzato z [Siv14]):

- identifikátor skupiny
- identifikátor částice
- úroveň závislosti na ostatních v rozmezí [0,1]
- míra altruismu - ochoty pomáhat ostatním (taktéž v rozmezí [0,1])

Velikost přidané síly pak závisí na míře altruismu a závislosti na agentech v blízkém okolí. Tento model je tak schopen simulovat následující povahy jednotlivců:

1. Jednotlivci potřebují pomoc, ale jsou ochotni pomáhat ostatním.
2. Jen malá část jednotlivců je ochotna pomáhat, ale mnoho jich pomoc potřebuje.
3. Mnoho jednotlivců je ochotno pomáhat, ale málokdo pomoc potřebuje.

Podle [Siv14] bylo empiricky zjištěno, že povahy 1 a 2 snižují efektivitu evakuace, zatímco 3. povaha jí napomáhá i v porovnání s buněčnými automaty.

3.3 Fluidní dynamika

Tato metoda vnímá dav jako kapalinu a naprosto zanedbává jedince. Jedná se o metodu vhodnou pouze pro simulaci pohybu velkých mas. Obvykle se využívá k výzkumu zatížení ulic, průchodů a oblastí, kde dochází k hromadění lidí. Lze využívat k dlouhodobým simulacím pro zjištění tredů davu.

3.4 PLEdestrians

Model PLEdestrians [GCC*10] prezentuje matematickou formulaci pro generování směrů pohybu agenta, je založen na principu využívání cesty nejmenší námahy. Tento model obstarává převážně globální navigaci a dokáže agenta

dostat do cílové pozice s využitím nejmenšího množství energie, což je jev, pozorovaný u evakuujících davů.

PLEdestrians obstarává lokální navigaci pomocí modelu ORCA (Optimální vzájemné předcházení kolizím)[GLM11], který získá množinu vektorů, které nezpůsobí kolizi. Z této množiny vektorů pak PLEdestrians vybere ten, který vyžaduje nejmenší námahu na zdolání.

Nevýhodou tohoto modelu je jeho neschopnost simulace běhu. Je omezen na chůzi, proto není vhodný pro simulaci evakuací.

3.5 HiDAC

Systém HiDAC (High-Density Autonomous Crowds) [PAB07] je systém obstarávající lokání i globální navigaci. Jedná se o dvouvrstvý model primárně zaměřený na počítačovou grafiku a realistickou simulaci. Ačkoli je nevhodný pro simulaci evakuace, jeho komplexnost dokáže modelovat širokou škálu chování.

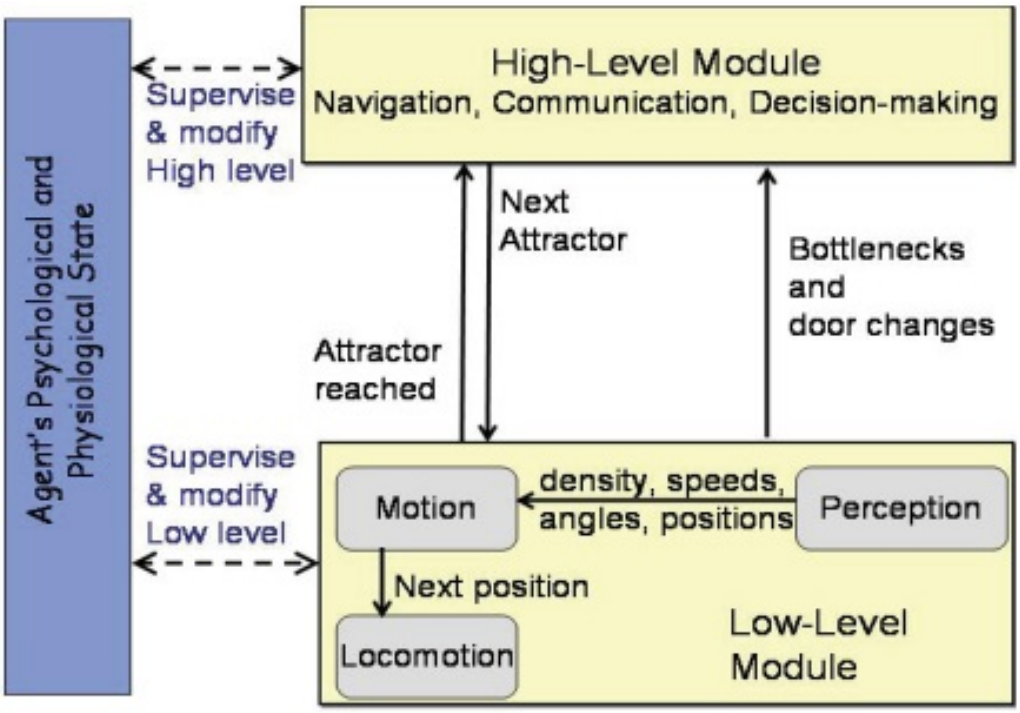
Jak je vidět v obrázku 3.5.1, dvouvrstvá architektura se skládá z vysokoúrovňového modulu (High-Level Module) a nízkoúrovňového modulu (Low-Level Module). Oba modululy spolu komunikují a berou při svých rozhodnutích v potaz psychický a fyzický stav agenta (Agent's Psychological and Physiological State).

Vysokoúrovňový modul obstarává navigaci, učení, komunikaci mezi agenty a rozhodování. Jedním z jeho základních úkolů je volba bodu, do kterého se agent má za úkol dostat (volí další atraktor).

Nízkoúrovňový modul obstarává vnímání a množinu reakcí zabraňujících kolizím, detekci a reakce za účelem pohybu uvnitř vyhraněného prostoru. Jelikož tento modul obstarává vnímání okolí a pohyb, mezi jeho úkoly patří informování vysokoúrovňového modulu o ucpávání průchodů, otvírání a zavírání dveří a o vzdálenosti od cílového bodu (o dosažení atraktoru).

HiDEC dokáže následující:

- Zabraňování vibrování agentů.
- Vytváření přirozených obousměrných proudů.



Obrázek 3.5.1: Architektura systému HiDAC.Zdroj: [PAB08]

- Vytváření front a dalších organizovaných chování.
- Strkání a prodírání se davem.
- Pády agentů a jejich změnu v překážky.
- Simulace panikaření.
- Projevy netrpělivosti.
- Reakce na změny v prostředí v reálném čase.

3.6 PMFServ

Jedná se o systém snažící se zlepšit uvěřitelnost simulace pomocí stresu, rozhodovací motivace, emocí a vlastních hodnot. [POS*05]

Jeho primární vlastností je schopnost volit akce agentů na základě jejich psychického a fyzického stavu. PMFServ je schopen jednat jako systém pro

simulaci lidského rozhodování nebo jako prostředník pro agenty, poskytující jim emocionální úroveň.

Tento systém není zaměřen na specifický problém, což mu poskytuje velikou flexibilitu. Může být tedy modifikován na velkou množinu různých problémů, týkajících se simulace lidí. Jedná se však o černou skříňku (procesy mezi vstupem a výstupem jsou skryté).

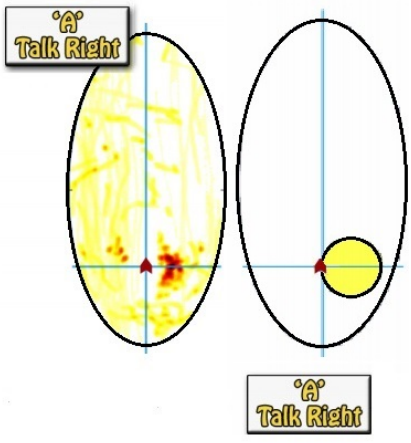
PMFServ využívá dvou pamětí, dlouhodobé a krátkodobé. Obě obsahují několik vrstev, přičemž každá vrstva se soustředí na určitý typ problému. Agent prochází tyto paměti, dokud nenalezne problém, který si žádá největší pozornost. Následně je nalezen mechanizmus, který se s problémem nejlépe vypořádá. Tento mechanizmus je určen v závislosti nejen na typu problému, ale také na psychickém a fyzickém stavu agenta.

3.7 Mapy validity a stimulů

Mapy validity a mapy stimulů jsou struktury využité ve [LFC*09].

Mapa stimulů je struktura zachycující viditelné okolí agenta a zvýrazňující v něm významné objekty (viz obr. 3.7.1). Tyto objekty by se obecně daly definovat jako předmět nebo jiný agent, se kterým lze interagovat.

Mapa validity je struktura související se specifickou akcí. Každá akce proveditelná agentem má vlastní mapu validity. Tato stugtura signalizuje, ve které oblasti mapy stimulů se musí vyskytovat dostatečný počet stimulů, aby byla akce validní a proveditelná.



Obrázek 3.7.1: Mapa stimulů a korespondující mapa validity. Zdroj: [LFC*09]

Při každém kroku simulace se obě mapy porovnají. Agent tak získá množinu proveditelných akcí, o jejichž provedení se rozhodne podle přednastavených priorit nebo aktuálního psychic-

kého a fyzického stavu.

V levé části obrázku 3.7.1 je vidět mapa stimulů agenta, na jehož pravé straně se odehrává něco, co budí jeho pozornost. V pravé části obrázku je vidět mapa validity, která ukazuje, kde se musí nacházet stimuly, které by korespondovaly s akcí "mluv doprava".

4 Jevy ovlivňující průběh evakuace

Jak je v [Sim95] řečeno, mnoho simulací evakuací ignoruje fakt, že evakuované osoby nejsou stroje. Lidé během evakuací projevují nestandardní chování, které ne vždy lze z etických důvodů replikovat. V této kapitole jsou sepsány některé jevy, které nastávají během evakuací a které je potřeba brát v potaz při simulaci.

[POS*05] prezentuje seznam pozorování, která je potřeba při simulaci evakuace replikovat:

- Jednotlivci si nemusí být vědomi vnitřní organizace budovy a mohou tak zvolit neoptimální cestu.
- Narůstající stres snižuje funkčnost smyslů. Nastává tak snížení povědomí o okolí a snížená orientace v prostoru.
- Agenti, kteří nebyli spávně vyškoleni, mohou kvůli stresu a tlaku přijímat nesprávná rozhodnutí. Naopak vycvičení jedinci, například hasiči, jsou schopni přijímat správná rozhodnutí a pomáhat ostatním agentům.

4.1 Panika

Navzdory obecnému přesvědčení panika při evakuaci vzniká vzácně. Jak popisuje [DC07] a [Sim95], evakuace bývají organizované a poklidné. Lidé v této situaci jsou spojeni společným osudem a spolupracují. Během těchto událostí vznikají sociální struktury a je možné pozorovat společné vzory a cíle napříč více evakuacemi.

Panikařící a na sebe soustředění jedinci se objevují, ale ve velkém množství případů jsou uvedeni pod kontrolu skupinou nebo vůdcem (viz dále).

Panice lze přičíst jen nízké procento úmrtí, jak zhodnocuje [Sim95].

4.2 Vytváření skupin

Během evakuací, kdy je mnoho lidí ve stejné situaci, přirozeně vznikají organizované skupiny, množiny lidí následující stejný cíl a pomáhající si navzájem. Jak popisuje [YMM*08] a [Sim95], skupiny obvykle vznikají nejen z členů jedné rodiny nebo přátel, ale i z cizinců. Takovéto uskupení napomáhá zvýšení plynulosti evakuace a záchraně životů, neboť jedinci ve skupině jsou náchylnější pomoci ostatním ([DC07] str.31). Vytváření skupin však také v některých situacích snižuje plynulost evakuace, obzvlášť v případě, kdy je potřeba kvůli pomoci jednotlivci dělat časté zastávky.

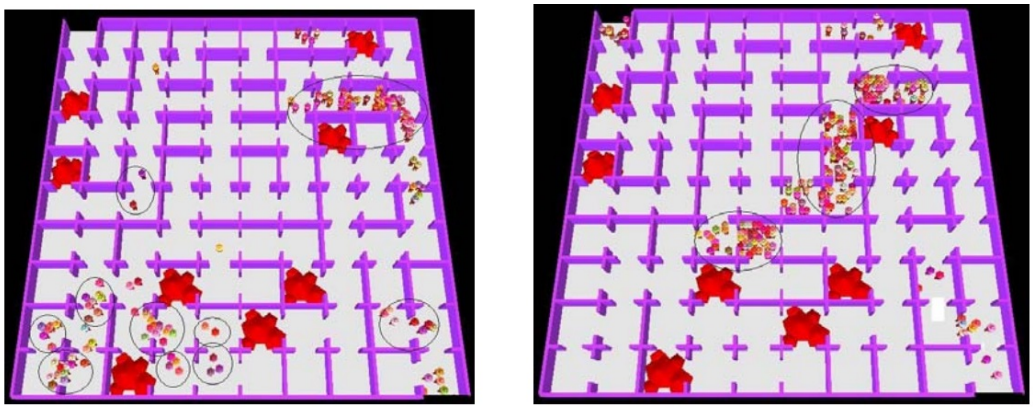
Velký vliv na tvorbu skupin má autorita (viz kapitola 4.4) komunikující s davem. Ohlašování stavu evakuace a nebezpečí prostřednictvím veřejného poplašného systému má velký vliv na psychický stav jedinců a je potřeba zvolit správný typ zprávy, viz kapitola 5.4.

4.3 Funkce vůdců

Během evakuací obvykle nastává potřeba vedení. Ať se jedná o organizovanou skupinu nebo dav jednotlivců, lidé vzhlížejí k autoritám a hledají vedení. Ve stresových situacích je obtížné dělat správná, informovaná rozhodnutí. Je tudíž přirozené následovat lidi, kteří jsou pro danou situaci vycvičení nebo kteří se snaží pomoci. Jak popisuje [DC07] a [Sim95], pokud vůdce působí důvěryhodně a informovaně, lidé ho budou následovat. V některých situacích způsobila neinformovanost hasičů, zaviněná autoritou, zpoždění při evakuaci a tím úmrtí lidí. Chyba přitom nebyla na straně hasičů, ale autority, která neposkytla dostatek informací o povaze situace ani hasičům, ani davu. Došlo tak ke zpoždění evakuace ([Sim95] str.8).

Pokud v davu není dostupný školený vůdce a autorita neposkytuje dostatek informací k organizování evakuace, dav si obvykle vůdce zvolí. Tito necvičení vůdci však mohou dav svést z cesty a způsobit více škody než užitku.

Obrázek 4.3.1 zobrazuje dva různě scénáře. Scéna vlevo zobrazuje simulaci s vysokým počtem necvičených vůdců. Vzniklo mnoho skupin, které prozkoumávaly prostředí a sdílely mezi sebou informace. Evakuace proběhla rychleji než v druhé scéně, kde vznikly velké skupiny kolem několika málo vůdců.



Obrázek 4.3.1: Obrázky prezentující vliv počtu vůdců na plynulost evakuace. Zdroj: [POS*05]

4.4 Komunikace s davem

Zásadní vliv na efektivitu a plynulost evakuace má autorita mimo evakuovanou oblast. Komunikace s davem pomocí veřejného výstražného systému a pomocí cvičených profesionálů má kritický vliv. Jak do hloubky rozebírá [DC07], neposkytnutí dostatku informací davu snižuje rychlost reakce a oddaluje efektivní začátek evakuace. Davu by měly být poskytnuty dostatečné informace o povaze události a o její pozici. Správné a včasné informovanosti se autority často v minulosti vyhýbaly v obavě před vypuknutím paniky, což se, jak je popsáno výše, nestává ani zdaleka tak často, jak se lidé domnívají.

Sdílení správných informací správnou formou napomáhá včasnému započetí evakuace a tvorbě skupin, jejichž existence značně zvyšuje efektivitu evakuace. Způsob předání zprávy má také vliv na psychologii jednotlivce v davu. Volba slov je kritická ([DC07] str. 33).

4.5 Vliv prostředí

Některé simulace opomíjejí vliv prostředí na psychiku a jednání agenta. Pohled na oheň nebo dýchání kouře působí na člověka v takovéto situaci jako silný stresor. Tyto jevy způsobují snížení schopnosti správně se rozhodovat, vnímat své okolí a komunikovat v davu. [DC07] popisuje několik situací, kdy neschopnost správně komunikovat v davu zapříčinila úmrtí. Například v New

Yorku roku 1992, kde se dav dostal do úzkého tunelu, aniž by lidé věděli, že je tunel slepý. Ačkoli si lidé v přední části davu uvědomili svou chybu, kvůli vysokému stresu nebyli schopni včas předat informaci zadní části davu, která stále tlačila vpřed. Tlak na lidi v čele davu tak narůstal, dokud se neudusili. Kvůli hlučnému prostředí také nebylo možné se srozumitelně dorozumívat.

Dalším příkladem prostředí ovlivňujícího pohyb davu je kouř, který sníží viditelnost a může rozdělit skupinu agentů, svést je z cesty nebo omámit.

Konstrukce prostředí, ze kterého se uniká, taktéž ovlivňuje průběh evakuace. Mezi často pozorované a simulované jevy patří ucpávání průchodů (bottlenecking) (viz obr. 4.5.1) a shlukování (herding).

Ucpávání průchodů nastává, když se přes úzký průchod (dveře, úzká chodba) pokouší dostat příliš mnoho lidí. Navzájem si překážejí a strkají se, čímž na jedné straně průchodu dochází k nahromadění skupiny lidí a snížení celkového počtu lidí, kteří se za jednotku času průchodem dostanou na druhou stranu.

Obrázek 4.5.1: Příklad ucpávání průchodu. Zdroj: [GCC*10]

Shlukování je jev, který nastává, když se velká skupina lidí rozhodne jít stejnou cestou. Tato skupina zabírá mnoho prostoru a zpomaluje plynulost pohybu v celé oblasti. Navíc způsobuje ucpávání průchodů, když narazí na dveře nebo úzkou chodbu.

5 Navržené řešení

V této kapitole jsou shrnuty nejvýznamnější vlastnosti, které musí výsledný program mít.

Většina ze systémů zabývajících se modelováním pohybu davu popsaných v kapitole 3 se primárně soustředí na globální a lokální navigaci chodce. Až systémy jako HiDAC a PMFServ berou v potaz realistické chování agentů. Tento fakt má také za následek velký rozsah těchto systémů. Problematika modelování pohybu davu při evakuaci se po prozkoumání dá rozdělit na dvě části. První částí je navigace chodce prostředím tak, aby realisticky obcházel překážky a dostal se do cílového bodu. Druhou částí je sociální a psychický stav jedince ovlivňující jeho cestu, preference a interakce s prostředím. První částí problematiky se zajímá například model PLEdestrian. Systém HiDAC řeší problematiku jako celek pomocí své dvouvrstvé architektury. Cílem této kapitoly je navržení programu, který by se zabýval druhou částí problematiky (psychickým stavem jedince a jeho pohledem na scénu).

Jedním z cílů práce je návaznost na systém Bc. Jakuba Szkandery. Toto je jedním z důvodů, proč byl jako reprezentace scény zvolen graf. Dalším důvodem je snadná práce s grafem a obecné rozšíření grafů v oblasti simulace pohybu davu. Práce Bc. Szkandery využije ohodnocený graf vygenerovaný tímto programem a spočítá optimální cestu mezi dvěma body pro každého z agentů ve scéně.

Agentový přístup k reprezentaci jedince byl zvolen na základě výhod rozepsaných v kapitole 2. Na rozdíl od buněčného nebo kontinuálního přístupu se předpokládá, že mohou být všichni unikátní, s vlastním vztahem ke scéně, stejně jako lidé.

Aby byla možnost navrhnout jakýkoli vztah agenta ke scéně (případně i prvku ve scéně ke scéně), byly navrženy dvě struktury: vztah a reakce.

Vztah je struktura zabývající se vzájemným ovlivňováním prvků na základě jejich typu. Příkladem ze života může být požár rychleji se šířící místností plnou dřeva nebo agent se strachem ze zúžených prostor, preferující nebezpečnější cestu navzdory možnosti bezpečného úniku úzkou ventilační šachtou.

Reakce se zabývá jen pohledem agenta na scénu. Na základě vlastností

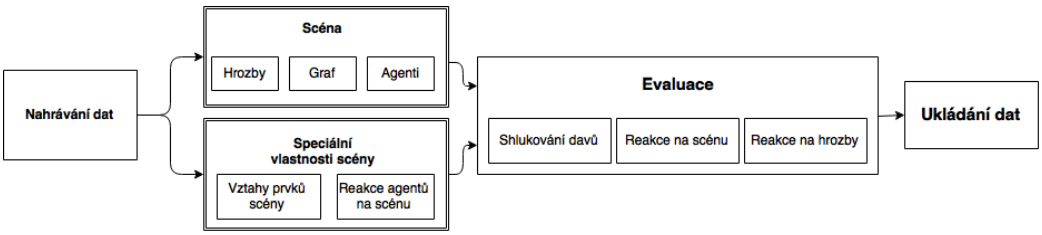
agenta mění hodnoty hran. Je tak možné modelovat oblasti, kterými projdou jenom agenti s vyšší mobilitou, nebo místa, která budou preferovat agenti, kteří jsou s danou oblastí lépe obeznámeni. Jedná se o strukturu, která může zvyšovat touhu agenta vydat se po schodech úměrně jeho zdraví nebo ho naopak donutit ignorovat nebezpečí, pokud má vysokou hodnotu paniky.

Hrozba je prvek scény definovaný svou pozicí, nebezpečím, rozsahem a křivkou slábnutí. Reprezentuje kruhovou oblast kolem svého středu, které se agenti chtějí vyhnout. Čím blíže k jejímu středu, tím větší nebezpečí na hranu grafu působí, a tím více se jí agenti chtějí vyhnout.

Vstupem programu bude scéna ve formátu XML, popsaném v příloze. Tato scéna musí obsahovat graf a agenta. Jejím dalším obsahem mohou být hrozby, skupiny, oblasti, reakce, vztahy a nastavení programu.

Výstupem programu bude soubor ve formátu XML, který bude obsahovat subjektivní hodnoty hran každého z agentů a každé skupiny. Subjektivní hodnoty budou spočítány z hodnot hrozeb, vztahů, reakcí, pozic agentů a nastavení programu.

Na obrázku 5.0.1 je vidět navrhovaná architektura aplikace.



Obrázek 5.0.1: Architektura programu.

5.1 Struktura programu

Z důvodu absence univerzální teorie popisující lidské chování a podněty motivující člověka k jeho špatně předvídatelnému chování je potřeba, aby program mohl simulovat širokou škálu chování a ověřit mnoho různých metod. Aby se daly ověřit různé možnosti podněcující činy jednotlivce, je potřeba, aby bylo možné zkoušet různé přístupy a porovnávat je se skutečnými událostmi.

Za tímto účelem je nutné, aby byl co největší počet vnitřních proměn-

ných modifikovatelný uživatelem. Zároveň je optimální implementovat co nejrozsáhlejší vzorek použitelných metod. Jednoduchá rozšiřitelnost programu umožní uživateli přidat vlastní metody.

Jelikož má program fungovat jako modul v rozsáhlejším systému, musí být uživatelsky přívětivý. Nízká komplikovanost a intuitivita jsou preferované.

5.2 Struktura grafu

Graf je datová struktura reprezentující scénu evakuace. Představuje ohodnocení scény stejné pro všechny lidi v ní. Skládá se z vrcholů a hran. Vrcholy reprezentují bod v prostoru a potencionální atraktor agenta (místo, ke kterému se pokouší dostat). Hrany spojují vrcholy a reprezentují možnost pohybu mezi svými vrcholy.

Ačkoli jsou grafy dobrým médiem pro scénu, jejich použití s sebou přináší jeden velký nedostatek. Kvůli jejich nespojitosti jsou agenti přiřazeni k nejbližšímu vrcholu. Je to ten vrchol, ze kterého vnímají podněty z okolí a na který působí svou vlastní sociální silou. Zde nastává problém, který způsobuje, že i v dostatečně hustém grafu na sebe mohou působit agenti, kteří by v kontinuálním prostředí na sebe nemohli ani vidět. Jelikož graf nepočítá s překážkami, pokud naprosto neznemožňují pohyb mezi vrcholy, toto "zaokrouhlování pozice agenta" může mít na agenty znatelný vliv. Čím méně koncentrovaný graf je, tím více je tento jev rušivý.

Podobným problémem v tomto prostředí trpí i hrozby, jejichž rozsah je definován jejich poloměrem. Dvě rozdílné hrozby se stejným bodem počátku, ale rozdílnými poloměry se mohou 1:1 překrývat, pokud poloměr větší hrozby není dostatečně velký na to, aby obsáhl více vrcholů než hrozba menší. Tento jev je opět mnohem znatelnější u grafů nízké hustoty.

5.3 Vlastnosti agentů

Lidská mysl je příliš složitá, člověk proto nemůže být redukován na množinu čísel a předdefinovaných chování. Jedinou hodnotou potřebnou pro agenta v jakékoli simulaci je jeho poloha daná kartézskými souřadnicemi v trojrozměrném prostoru. Žádné další hodnoty nebo chování nejsou předem nastaveny.

Uživatel si dle svého vlastního úsudku a situace, kterou se pokouší simulovat, nastaví hodnoty jednotlivých uživatelů a chování s nimi spojené.

Chování člověka je ovlivněno prostředím, ve kterém se vyskytuje. V pojmech grafu se jedná o vrcholy, hrany, hrozby v okolí, jiné agenty a typ prostředí. Během evakuací lidé následují jiné lidi, pospíchají k nouzovým východům a vyhýbají se místům, která neznají.

Schopnost ovlivňovat své okolí a lidi v něm je jednou ze základních lidských schopností. Program bere tuto skutečnost v potaz tím, že umožňuje agentům zvyšovat preferabilitu jim blízkých uzlů nebo naopak snižuje vnímané nebezpečí blízkých hrozeb. Tento jev je úzce spojen s rolí vůdců v davu. Důvěryhodné chraktery mohou pomoci lidem přes plameny nebo je provést oblastmi, se kterými nejsou seznámeni.

Jak je popsáno v [DC07], lidé se během evakuací drží při sobě. Více než často se v neobvyklých situacích tvoří davy lidí, kteří spoléhají na sílu a vědomosti většiny. Pokud se však davy vytvoří až příliš velké nebo příliš koncentrované, lidé se začnou cítit stísněni a pokusí se z davu dostat pryč. Přesné hodnoty, při kterých toto chování nastává, nejsou konstantní, takže je nutné, aby byly nastavitelné uživatelem.

5.4 Hrozba

Hrozba je během evakuace jedním z nejdůležitějších zdrojů změn v prostředí. Lidé se jí chtějí vyhnout s intenzitou v závislosti na jejím rozsahu a na svém subjektivním pocitu ohrožení (nebezpečí).

Hrozby mohou mít různé způsoby šíření. Nejjednodušší možností je lineární šíření, kdy se nebezpečí spočítá pomocí vzdálenosti bodu od středu hrozby, rychlost slábnutí nebezpečí za jednotku vzdálenosti a nebezpečí ve středu hrozby.

Jelikož nebezpečí ovlivňuje hrany grafu, ale je počítáno ve vrcholech, naskýtají se další možnosti, jak nebezpečí v hraně získat. Jsou proto navrženy čtyři základní možnosti:

- Použít větší ze dvou nebezpečí.
- Použít menší ze dvou nebezpečí.

- Použít aritmetický průměr dvou nebezpečí.
- Použít nebezpečí blíže k agentovi.

Další možností, jak spočítat nebezpečí způsobené hrozbou v bodě, je rovnice 5.1:

$$T = T_l * \frac{1}{x+1} \tag{5.1}$$

$$x = D_t/(R_e/R_t) \tag{5.2}$$

kde T_l představuje lineární nebezpečí ve zkoumaném bodě, D_t představuje vzdálenost od středu hrozby, R_e velikost intervalu, na kterém se rovnice počítá, a R_t rozsah, na kterém hrozba působí. Rozsah a nebezpečí hrozby jsou určeny každou hrozbou, zatímco interval rovnice je určen uživatelem na základě rovnice, kterou se rozhodl nebezpečí počítat. Pro tuto konkrétní rovnici byl jako vhodný interval zvolen 1,5.

Tento způsob šíření zajišťuje vyšší úroveň nebezpečí ve středu hrozby a nižší na okrajích. Umožňuje tak větší uvěřitelnost evakuace, kdy jsou si lidé vědomi hrozby v okolí, ale nebojí se kolem ní projít, neboť skutečné nebezpečí jim hrozí až v bezprostřední blízkosti, např. plamenů.

Typy hrozby mohou být velice rozmanité. Vnímaní hrozby závisí na těchto faktorech:

- Vlastnosti agenta. Někteří agenti mohou mít problémy s pohybem nebo mohou panikařit. Různá zranění mohou také ovlivnit, jak je hrozba vnímána.
- Typ agenta. Nezkušený agent se snaží vyhýbat všem hrozbám, ale školený agent dokáže hrozbu lépe posoudit nebo ji dokonce (v případě hasiče a požáru) ignorovat.
- Bezprostřední okolí hrozby. Požár má mnohem větší dopad v místě s velkým množstvím hořlavých materiálů. Do bezprostředního okolí se počítají vrcholy a hrany.

- Obecné okolí hrozby. Jedná se o stejný princip jako u bezprostředního okolí, ale s množinou vrcholů. Hrozba je nebezpečnější v určitých lokacích, např. dřevěná budova.

Mezi jevy důležité pro uvěřitelnost simulace patří prolínání hrozeb. Prolínání hrozeb funguje tak, že na průsečíku dvou hrozeb vznikne buď oblast s vyšším nebezpečím než v místech blíže ke středu hrozby, nebo vznikne oblast s nebezpečím nižším, formující bezpečnější cestu mezi hrozbami. Obě možnosti jsou zásadní pro modelování evakuace.

5.5 Skupiny

Jak bylo výše popsáno, skupiny jsou při evakuacích často pozorovanou skutečností. Ačkoliv většina akcí agentů ve skupině, pomáhání si, čekání na sebe a uklidňování panikařících lidí, je záležitostí převážně lokální navigace, skupiny mají také schopnost spolupracovat a překonávat překážky pro jednotlivce nepřekonatelné.

Navržené řešení dokáže pro uživatelem zadanou skupinu navrhnout hodnoty hran ovlivněné všemi agenty ve skupině. Nejdůležitější vlastností této funkce je schopnost vůdců zpřístupnit oblasti a ignorovat hrozby, přes které by se agenti mohli normálně dostat. Příkladem tohoto jevu při skutečné evakuaci by mohl být například hasič provádějící obyvatele hořícího domu kouřem, nebo herec v divadle vyvádějící diváky jim neznámými prostory do bezpečí.

5.6 Proces

Po nahrání všech dat se spustí evaluační proces. Při defaultním nastavení se jako první provede evaluace shlukování davů, po které následuje počítání nebezpečí a nakonec evaluace hran na základě vztahu agenta k prostředí. Pořadí evaluací lze v nastavení změnit.

Pokud je funkce shlukování davů zapnuta, program zkontroluje všechny body grafu a počet agentů, kteří se nalézají v jejich okolí. Na základě nastavených hodnot se všechny hrany vedoucí k uzlu přehodnotí. Pokud je počet

agentů nižší než nastavená hranice (optimální počet agentů v okolí uzlu), hrany sníží svou váhu, čímž budou pro agenta atraktivnější. Pokud je agentů naopak více, váha hran naroste. Čím větší je rozdíl počtu agentů a hranice, tím větší změna váhy nastane. Hranice i velikost změny váhy jsou nastavitelné proměnné.

Součástí evaluace shlukování davů je i evaluace atraktivnosti agenta. Jedná se o jednoduchou funkci, která umožňuje upravit hodnotu hran v bezprostředím okolí agenta.

Proces evaluace nebezpečí probíhá pro každého agenta zvlášť. Následuje iterování přes všechny hrozby. Pokud hrozba ovlivňuje agenta, spočítají se nové hodnoty pro všechny hrany spadající do oblasti ovlivňované hrozbou. Tyto nové hodnoty berou v potaz následující: oblast, ve které se hrana nalézá, vztah agenta k hrozbě, globální násobitel nebezpečí (upravitelný v nastavení) a nebezpečí způsobené hrozbou v hraně. Lze využít dva způsoby počítání nové hodnoty hrany. Hodnotu hrany lze buď postupně násobit jednotlivými modifikátory (výše zmíněné faktory ovlivňující hodnotu hrany), nebo lze spočítat průměr všech modifikátorů a až následně hodnotu hrany vynásobit tímto průměrem.

Poslední částí procesu evaluace je evaluace vztahu agenta ke scéně. Program nejdříve iteruje přes všechny agenty, uzly a hrany a zjišťuje, zda k nim má agent zvláštní vztah. Pokud agent reaguje na uzel, změní se dle parametrů agentovy reakce všechny hodnoty hran, připojených k tomuto uzlu. Pokud agent reaguje na hranu, změní se pouze hodnota konkrétní hrany.

Pokud má oblast vztah k vrcholům nebo hranám, jsou změněny hodnoty všech hran, kterých se vztah týká a které jsou uvnitř oblasti.

Následuje evaluace vztahu agenta a oblasti. Pokud má agent a oblast existující vztah, jsou upraveny hodnoty všech hran uvnitř oblasti na základě parametrů vztahu. Dále se prověří, zda existuje vztah ovlivňující schopnost agenta vstoupit nebo opustit oblast. Tato funkce ověří, zda se agent nachází uvnitř nebo vně oblasti, a případně nastaví všechny hrany na okraji oblasti jako nepřístupné.

5.7 Evaluace skupin

Tento proces probíhá až po evaluaci jednotlivců, neboť využívá unikátních hodnot každého z členů skupiny. Tato evaluace probíhá pro každou hranu zvlášť. Pokud hranou může projít alespoň jeden z vůdců skupiny, hodnota hrany se spočítá na základě zvolené metody. O hodnotě mohou rozhodovat pouze vůdci nebo pouze ostatní členové skupiny (vůdce skupiny může být i členem skupiny). Hodnota hrany může být buď největší nalezená hodnota v celé skupině, nejmenší nalezená hodnota, nebo průměr všech nalezených hodnot. Jakmile je hrana označena za průchodnou, agenti, kteří jí považují za neprůchodnou, jsou ignorováni.

6 Implementace

Řešení, navržené v předcházející kapitole, bylo realizováno jako program PPsychE (pedestrian psychological evaluation).

V této kapitole jsou rozebrány jednotlivé části programu PPsychE. V každé části je popsáno, jakým problémem se daná část zabývá a jak ho řeší.

Import a export dat

Jelikož program má být využíván jako součást celku, import a export dat by měl být prováděn mezi vrstvami celého simulátoru. Pro testovací účely byl navržen formát jazyka XML, pomocí kterého je možné import a export dat provádět. Podrobný popis formátu je součástí přílohy tohoto dokumentu.

Vizualizace

Z důvodů testování a jednoduššího uživatelského přístupu byl vytvořen jednoduchý program sloužící k zobrazování grafu a subjektivních hodnot nebezpečí agentů. Manuál k obsluze programu je součástí přílohy.

PPsyhE - hlavní třída

Hlavní ovládací prvek programu. Obsahuje všechny potřebné instance programu a spojuje je do funkčního celku. Jedná se o třídu, se kterou se uživatel musí seznámit, aby byl schopen s programem pracovat.

Tato třída obsahuje:

- Graf, který obsahuje vrcholy a hrany.
- Množinu agentů.
- Množinu hrozeb.
- Množinu oblastí.
- Množinu skupin.

Úkoly této třídy jsou:

- Inicializuje nahrání davu ze třídy LoadXML a ukládá nahraná data do připravených struktur.
- Obstarává šíření hrozeb mezi vrcholy.
- Inicializuje počátek evaluace hran.
- Obstarává komunikaci s nadřazenými moduly.

Graph

Třída obsahující vrcholy a hrany grafu. Obsahuje data reprezentující prostor scény, ve které se evakuace odehrává.

Vrchol je reprezentován následujícími hodnotami:

- X, Y a Z souřadnice v trojrozměrném prostoru.
- Množina hran, které spojují vrchol s okolními vrcholy.
- Řetězec znaků určující typy vrcholu. Podle tohoto řetězce se rozhoduje, jaký vliv má vrchol na své okolí, agenty a hrozby.
- Množina hrozeb ovlivňující vrchol.
- Množina oblastí, do kterých tento vrchol zapadá.

Hrana je reprezentována těmito hodnotami:

- Dvě ID vrcholů, které spojuje.
- Objektivní obtížnost hrany, společná všem agentům.
- Řetězec znaků určující typy hrany.

Třída Graph se primárně stará o data a orientaci v nich.

Agent

Stejně jako Graph i Agent je třída starající se od data a práci s nimi.

Agent je reprezentován těmito hodnotami:

- Pozice agenta v trojrozměrném prostoru.
- Řetězec znaků určující typy agenta.
- Hodnoty zdraví a paniky agenta v rozmezí od ’0’ do ’100’.
- Hodnoty pohyblivosti, rychlosti, znalostí a odvahy agenta v rozmezí od ’0’ do ’100’.

Hodnoty vyjma pozice nemají na výsledek aplikace žádný vliv, pokud jim ho uživatel nepřiřadí.

Na základě svého typu agent reaguje na hrozby, hrany a vrcholy. Hodnoty mají stejnou funkci jako typy s tou výhodou, že mohou upravovat vztah k okolí na základě této hodnoty. Lze například nastavit, že čím nižší pohyblivost agent má, tím větší problémy bude mít se zdoláváním hran označených jako schody. Bude se jim tedy snažit vyhýbat. Lze také nastavit naprostou neschůdnost schodů.

Threat

Třída Threat reprezentuje hrozbu v simulaci. Obsahuje nejen hodnoty nutné pro reprezentaci hrozby, ale také funkce potřebné k výpočtu nebezpečí v libovolném místě.

Obsahuje následující hodnoty:

- X, Y a Z souřadnice v trojrozměrném prostoru.
- Název hrozby. Slouží k lepší orientaci.
- Nebezpečí ve středu hrozby.
- Rozsah hrozby. Není potřeba ho zadat. Lze spočítat z nebezpečí a intenzity hrozby. Pokud je zadán, hrozba se nebude mezi vytyčenou oblast šířit.
- Intenzita značí, o kolik se nebezpečí sníží za jednotku vzdálenosti.
- Řetězec znaků určující typy hrozby. Slouží k určení jejího vztahu k ostatním elementům simulace.

- Minimální hodnota hrozby v libovolném bodě. Slouží stejně jako střední hodnota, ale není využívaná při výpočtech. Funguje jako dolní hranice nebezpečí.
- Maximální hodnota nebezpečí. Slouží jako horní hranice nebezpečí.
- Střední hodnota slouží jako redundantní dolní hranice nebezpečí. Existuje kvůli rovnicím pro výpočet nebezpečí v bodě.

Třída Threat také počítá nebezpečí v různých místech grafu pomocí metod popsaných v předchozí kapitole. Jednoduchá struktura této třídy zajišťuje snadný proces přidání nových metod výpočtu nebezpečí.

Zone

Třída Zone reprezentuje oblast. Jak je popsáno výše, oblast značí množinu bodů. Slouží pro jednodušší ovlivňování hrozeb v ní a k simulování neseznámenosti agenta v prostředí uvnitř oblasti.

Zone se skládá pouze ze dvou parametrů:

- Seznam vrcholů náležejících do oblasti.
- Řetězec symbolů značící typy oblasti.

Group

Třída Group značí množinu agentů. Jak je popsáno v předcházející kapitole, agenti získávají výhody, pokud se pohybují ve skupině s kompetentním vůdcem.

Třída Group obsahuje:

- Množinu agentů patřící do skupiny.
- Množinu vůdců ve skupině.

Reaction

Třída obsahující jednu instanci reakce. Jedná se o jednu entitu reakce uvnitř třídy zpracovávající reakce agenta na jeho okolí.

Obsahuje všechny parametry jako agent vyjma jeho pozice, podle kterých rozhoduje, jak agent na podnět reaguje. Podnětem může být vrchol, hrana, hrozba nebo oblast.

Kromě parametrů, které má každý agent, Reaction má tyto proměnné:

- Typ agenta, pro kterého platí.
- Typ podnětu, pro který platí.
- Střední hodnota. Velikost nebezpečí se upravuje porovnáním střední hodnoty s hodnotou agenta. Které hodnoty agenta se porovnávají závisí na tom, které hodnoty jsou inicializované.
- Typ Reakce. Existují tři typy reakc: 'C', kdy se nebezpečí upravuje podle nastavených parametrů reakce porovnaných s parametry agenta, 'U', kdy žádný agent s vyšším parametrem, než který je inicializovaný, nesmí vstoupit, 'D', kdy žádný agent s nižším parametrem, než který je inicializovaný, nesmí vstoupit.
- Příznak inkrementujícího se nebezpečí. Tento příznak značí, zda se s rostoucím parametrem na straně agenta nebezpečí zvyšuje nebo snižuje.
- Alternující hodnota určující, o kolik se nebezpečí mění za jednotku rozdílu mezi parametrem a střední hodnotou.
- Maximální a minimální hodnoty, kterých může změna nebezpečí dosáhnout.

ReactionAgent

ReactionAgent je třída obsahující množiny reakcí agenta na podněty typu hrozba, vrchol, hrana, oblast a pohyb mezi oblastmi.

Pokud se agent setká s některým z podnětů, tato třída rozhodne, zda na sebe budou působit porovnáním typu agenta a typu podnětu. Pokud na sebe působí, zjistí typ reakce. Následuje výpočet, o kolik se hrozba změní.

Jedná-li se o reakci typu 'C', nebezpečí bude modifikováno o hodnotu odvozenou od parametrů agenta porovnaných se střední hodnotou reakce. Parametry agenta brané v potaz jsou vybrány podle inicializovaných parametrů reakce.

Jedná-li se o reakci typu 'U', pokud je alespoň jeden z parametrů braných v potaz větší než střední hodnota, označí se podnět jako nedosažitelný.

Jedná-li se o reakci typu 'D', pokud je alespoň jeden z parametrů braných v potaz menší než střední hodnota, označí se podnět jako nedosažitelný.

Affection

Je to třída rozhodující o tom, zda a jak dalece se dvě entity ovlivňují.

Obsahuje tyto proměnné:

- Řetězec typů primárního podnětu.
- Řetězec typů sekundárního podnětu.
- Sílu vlivu. U některých podnětů se nejedná pouze o otázku ovlivňují se/neovlivňují se, ale také o sílu jejich vztahu.

Program využívá tří tříd rozhodujících o vzájemném ovlivňování podnětů:

- AffectionAgent. Rozhoduje o tom, jak agent ovlivňuje hrozby ve svém bezprostředním okolí. Příkladem je hasič stojící vedle ohně, motivující ostatní lidi, aby plameny rychle proběhli.
- AffectionThreat. Rozhoduje o tom, na jaké agenty, vrcholy, hrany a zóny hrozba působí. Zároveň rozhoduje, kterými vrcholy se hrozba může šířit.
- AffectionZone. Rozhoduje o tom, jak oblast ovlivňuje hrozby, vrcholy a hrany v ní.

SetUp

SetUp je statická třída obsahující všechna nastavení a přístupy k reakcím a vztahům k podnětům.

Mezi nastavení patří následující:

Volba typu počítání hrozby působící na hranu:

- Žádná evaluace. Nebere v potaz žádné hrozby, pouze hodnoty upravující nebezpečí.
- Lineární šíření, kdy se bere maximální možná hodnota. Výchozí nastavení.
- Lineární šíření, kdy se bere minimální možná hodnota.
- Lineární šíření, kdy se bere průměrná možná hodnota.
- Šíření využívající přednastavenou funkci založenou na rovnici (1).

Konstanty:

- Hodnota nedostupného terénu. Výchozí hodnota '-1'.
- Univerzální násobitel nebezpečí. Výchozí hodnota '1', aby bez zásahu uživatele neměla žádný vliv.
- Velikost intervalu funkce obstarávající šíření nebezpečí. Výchozí hodnota '1,5', koresponduje s logickým šířením hrozby. V případě využití jiné rovnice ovlivňující výpočet nebezpečí je potřeba tuto hodnotu přenastavit.
- Optimální velikost davu, kdy se lidé nepokoušejí z davu dostat ani se k němu přidat.
- Síla působící na lidi snažící se k davu přidat nebo ho opustit.

Příznaky rozhodující o tom, jaké funkce se spustí a v jakém pořadí:

- Aktivace funkce ovládající tendence agentů pohybovat se v davu nebo ho opustit (Evaluace soudržnosti davu).
- Funkce ovládající tendence davu proběhne před evaluací hrozeb.
- Vztah agentů k prostředí bude evaluován dříve než hrozby a vztah agentů k nim.

Evaluace hran ve skupině může být provedena těmito způsoby:

- Průměr hodnot všech agentů, kteří považují hranu za schůdnou.

- Nejvyšší hodnota hrany nalezená mezi agenty. Skupina se přizpůsobuje nejpomalejším a nejvyděšenějším.
- Nejnižší hodnota hrany nalezená mezi agenty. Skupina se přizpůsobuje nejrychlejším a nejodvážnějším.
- Hodnoty se berou od všech agentů.
- Hodnoty se berou pouze od vůdců.

Evaluator

Evaluator je třída, která bere v potaz všechny aspekty evakuace a provádí hodnocení hran - jejich evaluaci.

Třída se skládá z několika evaluačních funkcí.

Evaluator - Hrozba ohrožuje hranu

Základní funkce programu. Postupně analyzuje agenty, hrozby, vrcholy a hrany, v závislosti na jejich hodnotách počítá subjektivní nebezpečí působící na agenta ve všech hranách grafu.

Evaluace probíhá postupně pro všechny agenty. Když je agent zvolen, postupně se testují všechny hrozby, zda na něj působí. Pokud ano, testují se postupně všechny vrcholy, na které působí hrozba. Pokud má oblast, ve které se vrchol nachází, vliv na hrozbu, je nutno vzít jí v potaz.

Postupně se procházejí všechny hrany, na které hrozba působí, a pomocí některé z výše zmíněných metod se spočítá nebezpečí, které na ně působí. Pokud je hrozbou hrana označena jako neprůchodná, evaluace pokračuje s další hranou a agent je informován o neprostupnosti hrany. Pokud je hrana průchodná, nebezpečí je vynásobeno vlivem, který na něj má oblast, ve které se nachází, a univerzálním násobitelem nebezpečí.

Hodnota hrany je vynásobena nebezpečím na ni působícím a číslem reprezentujícím vztah agenta k hrozbě brané v potaz. Výsledná hodnota je předána agentovi jako jeho subjektivní vnímání hrany.

Evaluator - Evaluace soudržnosti davu

Jedná se o funkci snižující hodnoty hran kolem osamělých agentů a zvyšující je kolem hustých davů. Jejím primárním cílem je simulovat řídnutí davů

i tendenci lidí stát pohromadě.

Již při načítání dat se každý agent přiřadí svému nejbližšímu vrcholu. Podle nastavení tato funkce prohledá všechny vrcholy a v závislosti na počtu agentů přiřazených k němu zvýší nebo sníží hodnotu všech hran uzlu.

Změna by měla být minimální, ale záleží na uživateli, jak si tento jev nastaví.

Evaluator - Ohodnocení vztahu agenta k prostředí

Funkce postupně procházející agenty a vrcholy. Pokud má agent speciální vztah s vrcholem nebo hranou, tato funkce upraví jeho vnímání hrany. Jedná se o proces nezávislý na evaluaci hran hrozbami.

Tato funkce simuluje odpor pomalého agenta k chůzi po schodech nebo naopak jeho větší ochotu následovat evakuační trasy.

Evaluator - Agent má upravený vztah k oblasti

Agenti mohou mít speciální vztah k určitým oblastem. Nejen že je mohou považovat za nebezpečné, ale mohou s nimi být neseznámení, a proto odmítnout do nich vstoupit.

Tato funkce postupně prochází všechny agenty a zkouší, zda někteří z nich nemají speciální vztah k oblasti. Pokud mají, tak buď vynásobí všechny hrany v oblasti konstantou, nebo změní všechny hrany spojující oblast s okolím za neprostupné.

Evaluator - Oblast má vliv na vrcholy a hrany

Pokud má oblast speciální vliv na vrcholy a hrany v ní, jsou upraveny hodnoty všech agentů na hodnoty upravené oblastí.

7 Experimenty

V této části budou popsány experimenty k určení úrovně uvěřitelnosti aplikace. Experimenty jsou prováděny na jednoduchých příkladech, na kterých se dá určit, zda jsou výsledné hodnoty podobné skutečným reakcím, a na kterých lze identifikovat jednotlivé funkce programu.

Data ke všem experimentům jsou na DVD.

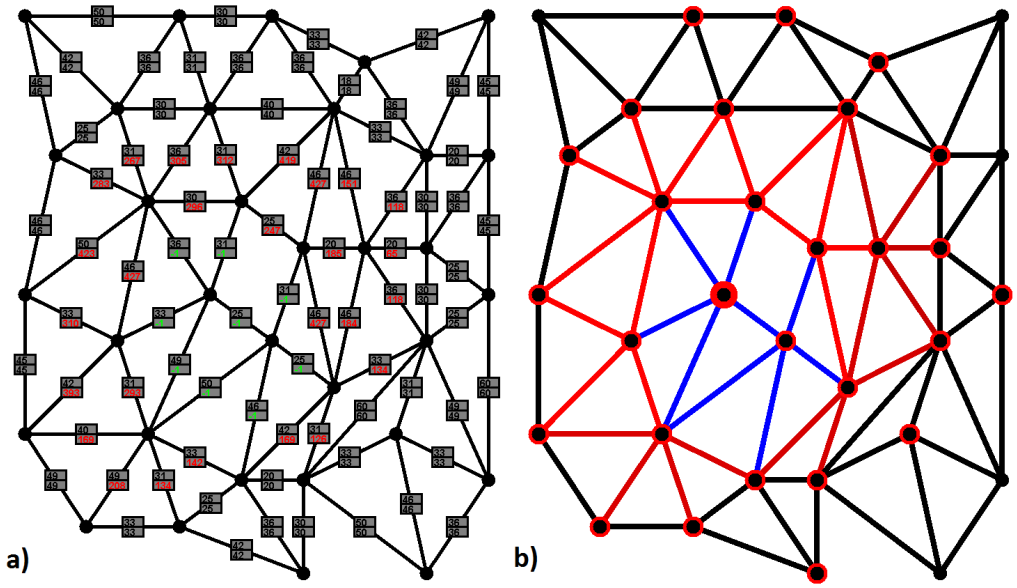
7.1 Požár

Mezi základní vlastnosti hrozeb patří jejich šíření prostředím. I hrozba zabírající minimální prostor působí na vzdáleného agenta a nutí ho udržet si od ní odstup.

Pro tento experiment bude zapotřebí scéna a hrozba. Scéna byla zvolena přibližně čtvercového tvaru a s neuniformním rozložením vrcholů, aby šíření hrozby působilo přirozeněji. Za účelem prezentace nebyla do středu scény vložena pouze jedna hrozba, ale dvě. Větší hrozba s rozsahem 100 (Jednotky vzdálenosti závisí na grafu. Pokud jsou vzdálenosti mezi vrcholy grafu v metrech, jsou v metrech i ostatní vzdálenosti.) a nebezpečím 20 pokrývá velkou část scény a reprezentuje kouř způsobený požárem. Agenti preferují se mu vyhnout, ale jsou schopni jím projít. Menší hrozba s rozsahem 25 ovlivňuje pouze malou oblast ve středu scény a dělá jí neprůchodnou. Tato menší hrozba reprezentuje plameny a agenti nejsou ochotni do nich vstoupit ani v nejvyšší nouzi.

Obrázek 7.1.1 zobrazuje výsledek tohoto experimentu.

Lze vidět, že program je schopen šířit hrozby scénou a nemá problém s jejich překrýváním. Obrázek 7.1.1.b) ukazuje, jak by se agent v tomto prostředí pohyboval. Snažil by se v tomto prostředí chodit po černých hranách, byl by schopen pohybovat se po červených, ale nebyl by schopen vstoupit do plamenů (modrých hran). Obrázek 7.1.1.a) ukazuje konkrétní hodnoty všech hran před a po spočítání jejich nových hodnot. Nad každou hranou se nalézá obdélník, v jehož horní části je originální hodnota hrany a pod ní je hodnota hrany po aplikování hrozeb.



Obrázek 7.1.1: Experiment s ohněm a kouřem. Obrázek a) ukazuje konkrétní hodnoty hran. Obrázek b) ukazuje, kudy se agent může pohybovat. Černé hrany jsou neovlivněné hrozbou, červené hrany jsou hrany se zvýšeným nebezpečím a modré hrany jsou neprůchodné.

7.2 Více hrozeb

Jednou z důležitých schopností programu je prolínání hrozeb tak, aby pro agenta vznikla cesta mezi dvěma hrozbami.

Pro tento experiment je zapotřebí scéna, dvě hrozby a agent. Scéna by měla vypadat jako úzká ulička, aby se dvě hrozby mohly prolínat, aniž by zabíraly zbytečně mnoho místa. Dvě hrozby o rozsahu 100 a nebezpečí 3 by měly být umístěné ve scéně tak, aby se prolínaly požadovaným způsobem.

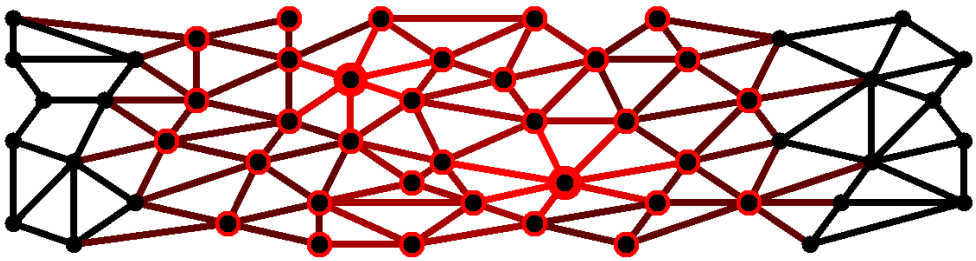
Tato část experimentu vyžadovala několik pokusů, aby se hrozby prolínaly správně. Ačkoli prolínání je důležitou součástí simulace, vznik méně nebezpečné cesty mezi nimi není častým jevem. Při pokusech obvykle vznikají oblasti téměř uniformního nebezpečí nebo cesty mezi hrozbami, jejichž nebezpečí bylo vyšší než to ve středu hrozeb.

Agent ve scéně může být naprosto obyčejný, umístěný tak, aby se nalézal mimo dosah hrozeb.

Na obrázku 7.2.1 je vzniklá cesta vidět (ukázaná tmavším odstínem červené na hranách, na které působí nižší nebezpečí).

Program dokáže modelovat dva typy prolínání hrozeb. V tomto experimentu je použita metoda využívající násobení nebezpečí v hraně. Tato metoda je optimální pro prolínání hrozeb různých typů, neboť všechny hrozby působí na hranu stejnou mírou. Při použití této metody je hrana postupně vynásobena nebezpečími všech hrozeb, které na ní působí (nebezpečí je nejdříve upraveno všemi modifikátory, které na něj mohou působit). Druhá metoda je vhodná pro prolínání hrozeb stejného typu. Počítá průměr různých nebezpečí a ten využívá jako nebezpečí celkové. Taková metoda je vhodná, pokud se ve scéně nalézá jedna dominantní hrozba reprezentována velkým počtem menších ohnisek.

Tento experiment dokazuje, že prolínání hrozeb pomocí násobení dokáže vymodelovat cestu mezi hrozbami, kterou by se agent v bezvýchodné situaci vydal.

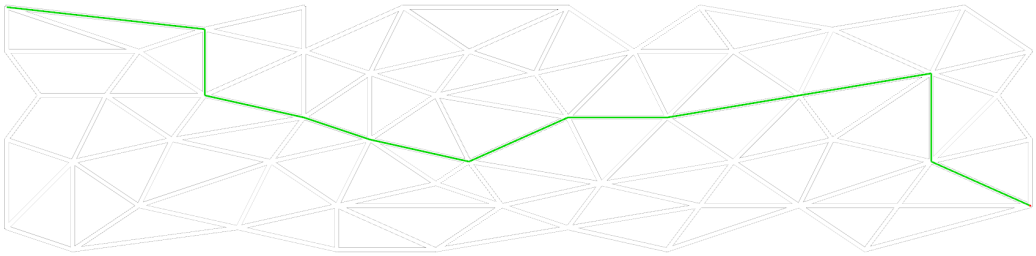


Obrázek 7.2.1: Oblast nižšího nebezpečí mezi dvěma hrozbami.

Na obrázku 7.2.2 je vidět cesta agenta scénou s dvěma požáry. Je vidět jak se pohybuje bezpečnější cestou mezi nimi. Tento obrázek je výsledkem spolupráce s Bc. Jakubem Szkanderou.

7.3 Hasič a strašpytel

Důležitým faktorem při simulaci evakuace je možnost přiřazení speciálních vlastností agentům. V tomto experimentu bude prověřena schopnost programu simulovat scénu s jedním obyčejným agentem a jedním hasičem.



Obrázek 7.2.2: Cesta jednoho agenta mezi hrozbami.

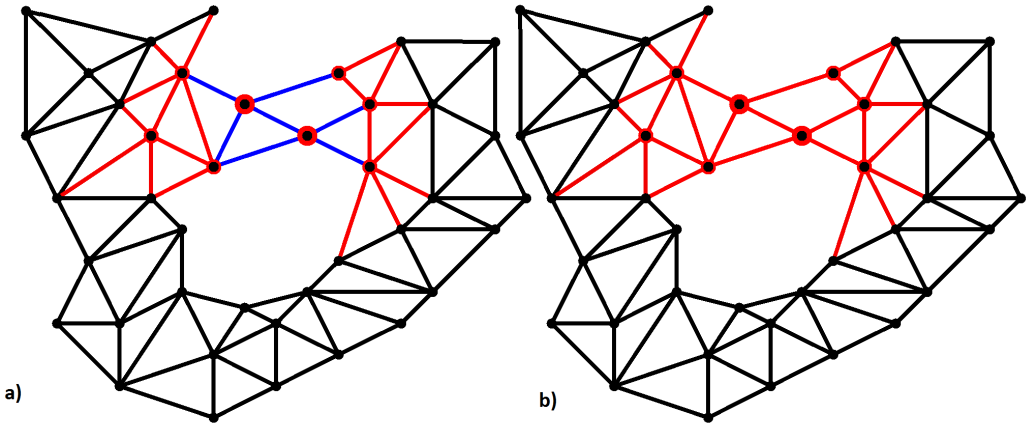
K úspěšnému provedení experimentu je potřeba scény s dvěma možnými cestami, jednou hrozbou a dvěma agenty.

Kratší ze dvou cest bude zablokována hrozbou typu 'F' (z anglického slova fire).[1] Oba agenti by měli pocházet ze stejného vrcholu a mířit do společného cíle. Ve zvolené scéně začínají oba agenti v levé horní části grafu a směřují do pravé horní části. Jeden z agentů bude typu 'R'. Po nastavení vztahu agenta a hrozby tak, aby agent typu 'R' ignoroval hrozbu typu 'F', bude moci libovolný agent daného typu projít plameny. Syntax nastavení vztahu agenta a hrozby se nalézá v příloze. Jedná se o vztah 'AgentAffector'. Celý tento experiment se i s výsledky nachází na DVD.

Výsledky experimentu jsou vidět na obrázku 7.3.1. Agent na obrázku 7.3.1.a) je obyčejný agent, neochotný projít plameny aby se dostal k východu na druhé straně. Agent na obrázku 7.3.1.b) je hasič, chráněný svým oblekem, schopný projít plameny.

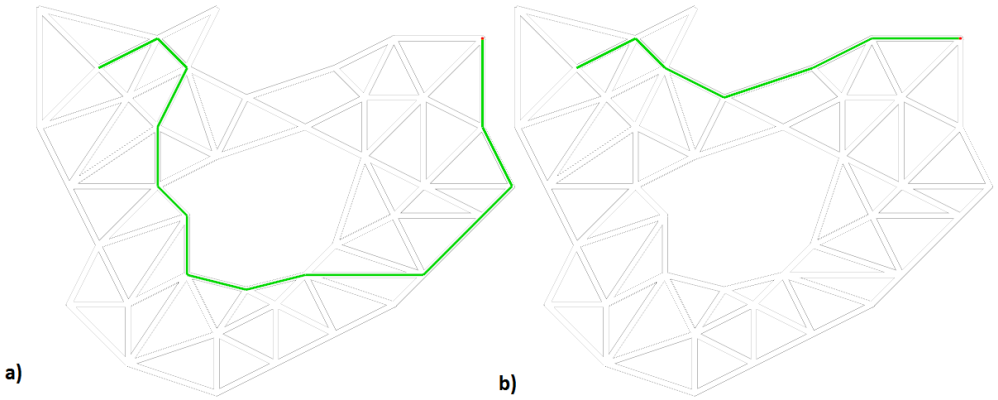
Tento experiment prokazuje, že program dokáže modelovat vztah agenta k hrozbě. Agenti mohou být ovlivňování pouze hrozbami, ke kterým mají vztah.

[1]Typy hrozeb, uzlů, agentů a hran se skládají pouze z jednoho písmena, ale může jich být použito neomezeně mnoho na libovolný prvek scény.



Obrázek 7.3.1: Stejná situace z pohledu dvou agentů. Na obrázku a) je vidět agent neochotný projít plameny. Na obrázku b) je vidět agent schopný projít plameny.

Na obrázku 7.3.2 je vidět stejná scéna jako na obrázku 7.3.1, ale s viditelnými cestami. Agent na obrázku 7.3.2.a) není schopen projít hrozbou a musí využít dlouhou cestu vedoucí dolní částí grafu, zatímco agent na obrázku 7.3.2.b) je schopen jít nejkratší cestuo do pravého horního rohu grafu.



Obrázek 7.3.2: Cesta dvou různých agentů scénou. Na obrázku a) je vidět agent obcházející hrozbu. Na obrázku b) je agent jehož hrozba neovlivňuje.

7.4 Protipožární ochrana

Při skutečných pohromách může nastat situace, kdy se budovou šíří požár. V současné době mohou být budovy na takové situace připravené například užitím protipožárních dveří. Tento experiment ukazuje, že i tuto situaci lze simulovat.

Pro tento experiment bude zapotřebí scéna se zúženým místem a hrozba. Hrozba bude umístěna do blízkosti zúženého místa, aby se za normálního stavu dostala na její obě dvě strany. Hrozba bude označena jako typ 'F'. Dalším krokem je označení bodů v zúženém místě jako typ 'W'. Po nastavení vztahu 'SpreadAffector' tak, aby se hrozba 'F' nešířila přes body 'W', je scéna vytvořena.

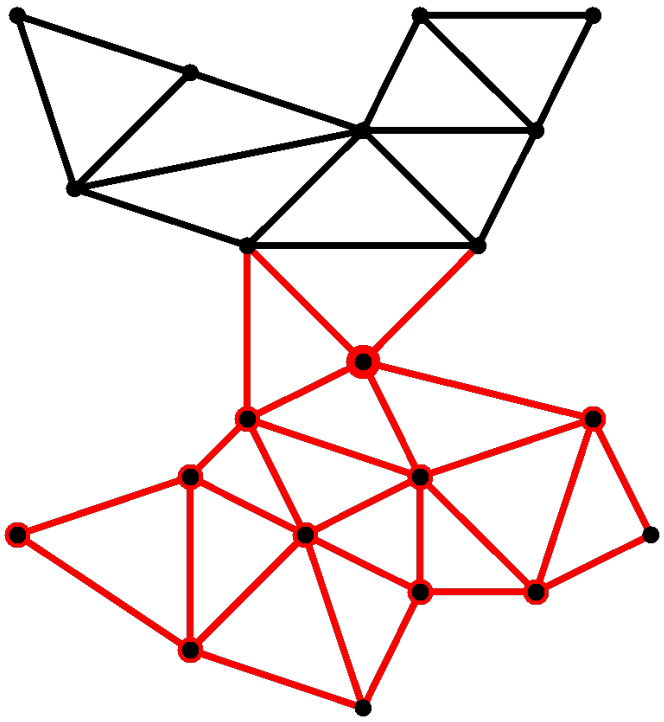
Výsledek experimentu je vidět na obrázku 7.4.1.

V tomto experimentu je ukázáno, že program dokáže limitovat šíření hrozby. Tato funkce je důležitá nejen pro části scény jako protipožární dveře nebo hasící systémy, ale také pro přesnější ovládání tvaru a vlivu hrozby. Tato funkce umožňuje vytvářet hrozby s prakticky libovolným vzorem, šířící se předem definovaným prostorem, jako je například oheň šířící se benzínem rozlitým ve škarpě.

7.5 Schody a rampy

Různí agenti mají různé vztahy ke svému prostředí. Starší lidé se pokusí vyhýbat schodištím, zatímco mladí by ve vážnějších situacích byly schopni opustit budovu oknem. Různé pohledy jedinců na scénu jsou důležitou součástí simulace evakuací.

Pro potřeby tohoto experimentu bude zapotřebí libovolná scéna a agent, na kterém se budou vztahy s prostředím projevovat. Agent bude nastaven jako typ 'I' a jako jedinec s nízkou mobilitou. Jeho mobilita bude atribut, dle kterého se budou měnit hodnoty hran. Dále budou nastaveny některé vrcholy a hrany tak, aby se jich vztahy, které brzy vzniknou, týkaly. Některé vrcholy budou označeny jako typ 'D', některé hrany jako typ 'S'. Pro hrany bude vytvořen vztah 'EdgeReaction' a pro vrcholy 'NodeReaction'. Pro oba vztahy bude nastaven typ omezení (LimitationType) na 'C', aby se hodnota hrany měnila na základě vlastností agenta. Pro oba vztahy je ještě potřeba

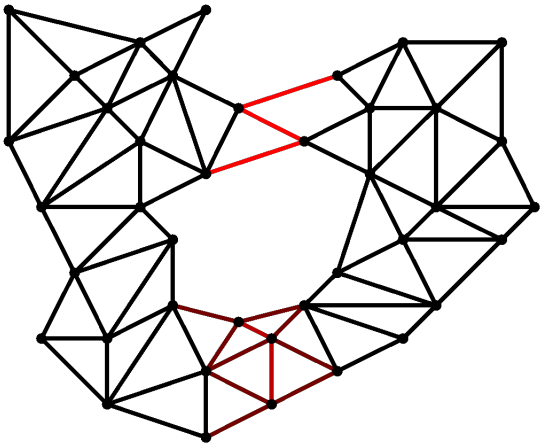


Obrázek 7.4.1: Protipožární dveře uprostřed scény zabraňují šíření hrozby.

nastavit, jak moc se má hodnota měnit (Alternation) a jaké atributy agenta mají mít vliv na změnu hodnoty hrany (tyto atributy se volí tak, že se ve vztahu do nich vloží libovolná kladná hodnota).

Na obrázku 7.5.1 je vidět výsledek experimentu. Hodnoty některých hran jsou změněny, aniž by se ve scéně nalézala jakákoli hrozba.

V tomto experimentu je vidět, že lze nastavit vztah a reakci agenta jak k hraně, tak k vrcholu. Lze tak ohodnotit všechny možné části scény tak, aby na ně různí agenti různě reagovali. Tato funkce je kritická pro modelování rozmanitých agentů, jako třeba invalidů na vozíčku, pro které mohou být schody možností pouze v bezvýchodné situaci (například pokud agent panikaří nebo neexistují jiné možnosti úniku).



Obrázek 7.5.1: Různé typy vrcholů a hran ovlivňují, do jaké míry je agent preferuje.

7.6 Důvěryhodný jedinec

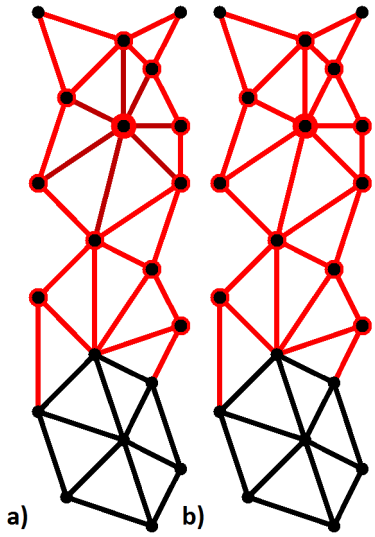
Při evakuacích je často pozorovaným jevem, že někteří lidé probouzejí paniku v agentech kolem sebe. Jiní, například hasiči, budí v lidech důvěru a uklidňují je.

Pro tento experiment je zapotřebí scéna skládající se z dvou identických chodeb, dvě hrozby a dva agenti. Hrozby budou v obou chodbách na stejném místě, aby pokrývaly nebezpečím oblast kolem agentů. Obě hrozby se označí typem 'F'. Agenti budou umístěni blízko k centru hrozby. Jeden z agentů bude označen jako typ 'F'. Bude vytvořen vztah 'AgentNodeAffector' pro hrozby 'F' a agenty 'F', zajišťující, že agenti typu 'F' ovlivňují hrozby typu 'F'. Hodnota 'AffectionLevel' určuje, do jaké míry bude agent ovlivňovat okolní hrany. Může jejich hodnotu snižovat (AffectionLevel < 1) nebo zvyšovat (AffectionLevel > 1).

Na obrázku 7.6.1 jsou vidět dvě identické chodby s dvěma identickými agenty. Agent na obrázku 7.6.1.a) ale ujišťuje agenty kolem sebe, že jim nehrozí tak velké nebezpečí, jak se domnívají. Je proto dobře vidět, že v levé chodbě je oblast kolem agenta s nižším nebezpečím.

Tento experiment potvrzuje, že program je schopen simulovat agenty vůdcovského typu, kteří dokáží inspirovat okolní agenty. Mezi tyto agenty by ve skutečných událostech spadali důvěryhodní jedinci, jako například hasiči

nebo lidi očividně seznámení s prostředím. Jak popsáno v kapitole 4, lidé mají silné tendence shlukovat se a tvořit skupiny kolem takovýchto jedinců a tento program umožňuje tento typ shlukování.



Obrázek 7.6.1: Dvě identické chodby s identickými hrozbami, ale rozdílnými agenty.

7.7 Shlukování davů

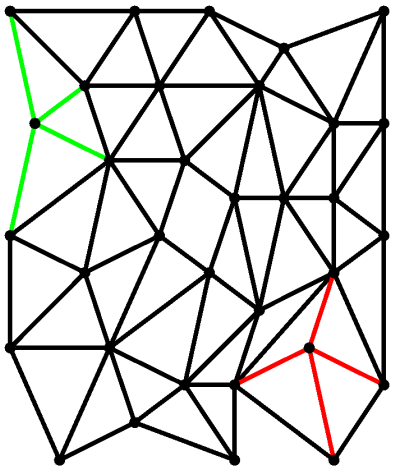
Jak je popsáno v kapitole 4, lidé mají velké tendence shlukovat se. Ačkoliv není indetifikován počet lidí, při kterém se tvoří davy a který, pokud je překročen, nutí lidi se spíše rozejít, jedná se o důležitou součást evakuace.

Pro tento experiment je zapotřebí scéna s dostatkem prostoru pro vznik davu a pět agentů. Jelikož shlukování není defaultně zapnuto, je nejdříve zapotřebí ho aktivovat a změnit optimální počet agentů v davu na tři. Je také možné zvětšit hustotu davu, aby byl dopad na scénu větší. Umístíme jednoho agenta na libovolné místo ve scéně a ostatní agenty daleko od něj, do blízkého okolí jednoho bodu.

Na obrázku 7.7.1 je vidět zesílený efekt funkce shlukování davů. Zelené hrany jsou kolem samotného agenta. Ostatní agenti by se k němu rádi přiblížili. Červené hrany jsou kolem vrcholu, ve kterém se nacházejí čtyři agenti.

Tito agenti by se v dalším kroku simulace nejraději rozešli do všech stran.

Tento experiment je velice podobný experimentu předcházejícímu, ale tentokrát se se agenti shlukují nebo rozbíhají na základě hustoty davu v oblasti.



Obrázek 7.7.1: Obrázek znázorňující oblasti, kde se agenti chtějí více rozptýlit a kde by preferovali společnost. Zelené hrany jsou hrany se sníženou hodnotou obtížnosti.

7.8 Neznámé zákulisí

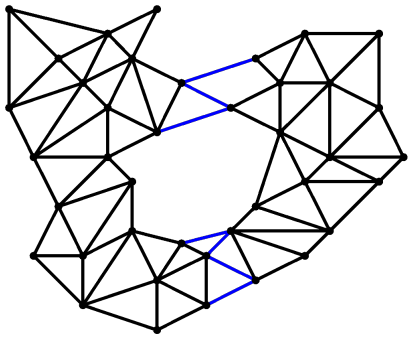
Součástí téměř všech budov a dalších evakuovatelných oblastí jsou místa, se kterými nejsou všichni evakuovaní seznámení. Například při požáru divadla si málokterý divák volí utíkat zákulisím, pokud má na vybranou.

Pro tento experiment bude zapotřebí scéna rozdělitelná na dvě části a agent. Vytvoříme oblast typu 'Q' a agenta typu 'P' umístíme mimo ni. Následně vytvoříme vztah 'EnterLimitation' pro agenty 'P' a oblast 'Q'.

Na obrázku 7.8.1 je vidět scéna rozdělená na dvě části. Vlevo se nalézají veřejné prostory a napravo zákulisí. Agent, který tuto scénu pozoruje, není seznámen s rozložením zákulisí, označil tedy body vedoucí do něj jako nedostupné.

Tento experiment demonstruje další důležitou funkci programu. Omezení přístupu na základě neznalosti terénu je důležitou součástí evakuace. Skupina

agentů se správným vůdcem, seznámeným se zákulisím, by byla schopna uniknout potencionálně lepší cestou.



Obrázek 7.8.1: Agent se nemůže dostat z jedné strany scény na druhou, protože není s daným místem seznámen.

7.9 Pohyb skupiny

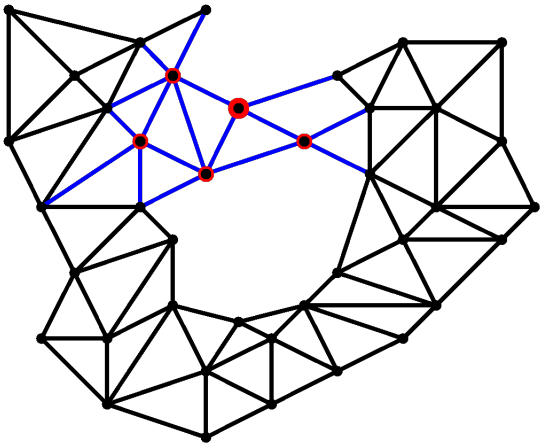
Funkce vůdců byla v této práci zmíněna již několikrát. V tomto experimentu bude vytvořena situace, kdy jeden agent vůdčího typu provede jiného agenta nebezpečím.

Pro tento experiment je potřeba scéna s dvěma cestami, dva agenti a neprůchodná hrozba. Agenty umístíme na jednu stranu scény a hrozbu mezi ně a druhou stranu scény. Jak bylo ukázáno v jednom z předešlých experimentů, jednoho z agentů imunizujeme vůči hrozbě. Poté vytvoříme skupinu, ve které bude imunní agent vůdcem.

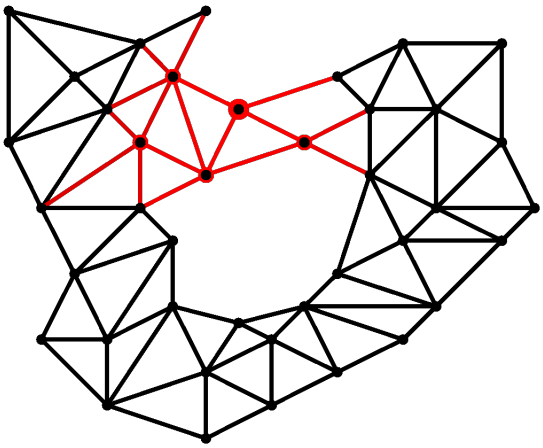
Po spuštění simulace je vidět že se agenti jako jedinci chovají přesně jako v předcházejícím experimentu. Jeden je schopen hrozbou projít a druhý nikoli. Jako skupina jsou však schopni projít hrozbou společně. Výsledky experimentu jsou vidět na obrázcích 7.9.1 a 7.9.2.

Na obrázku 7.9.3.a) je vidět cesta, kterou se se vydá agent vyhýbající se hrozbě. Členové skupiny se vydají cestou, která je vidět na obrázku 7.9.3.b).

Jak popisuje kapitola 4, skupiny přirozeně vznikají během evakuací a mají velký vliv na její plynulost. V tomto experimentu je ukázáno, jaký vliv mají skupiny na pohyb svých členů. Pokud by nebyli agenti v této scéně členy

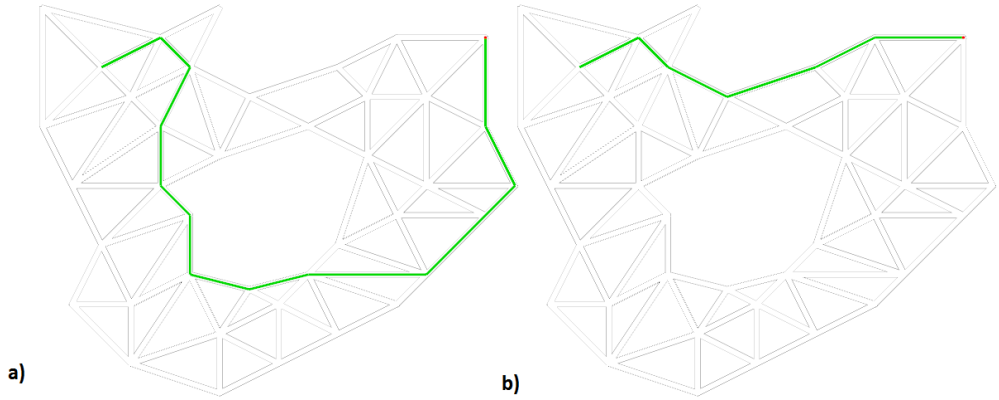


Obrázek 7.9.1: Obrázek znázorňující scénu pro agenta neschopného projít hrozbou.



Obrázek 7.9.2: Obrázek znázorňující scénu pro skupinu agentů schopnou projít hrozbou.

jedné skupiny, krátkou cestu do pravého horního rohu grafu by mohl využít pouze vůdce. Ostatní agenti by museli jít dlouhou cestou přes spodní část grafu.



Obrázek 7.9.3: Cesta agenta a skupiny. Na obrázku a) je vidět cesta jediného agenta. Na obrázku b) je zobrazena cesta skupiny.

7.10 Spolupráce

Ve spolupráci s Bc.Jakubem Szkanderou byla provedena simulace globální navigace v grafu ohodnoceného tímto programem.

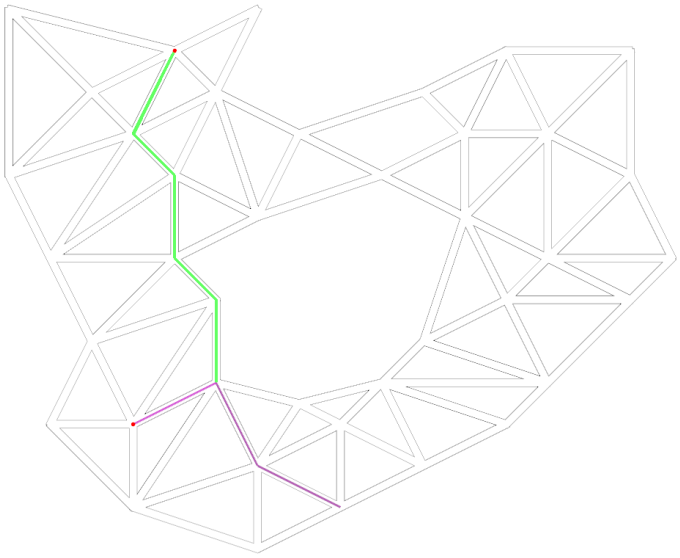
Scéna obsahuje dva agenty. Cesta prvního je zobrazena zeleně, druhého fialově. Na obrázku 7.10.1 jejich cesta vede objektivní scénou k východu v dolní části grafu.

Na obrázku 7.10.2 jsou hrany evaluovány na základě subjektivního pohledu a oba agenti preferují cestu ke vzdálenějšímu východu v pravé části scény.

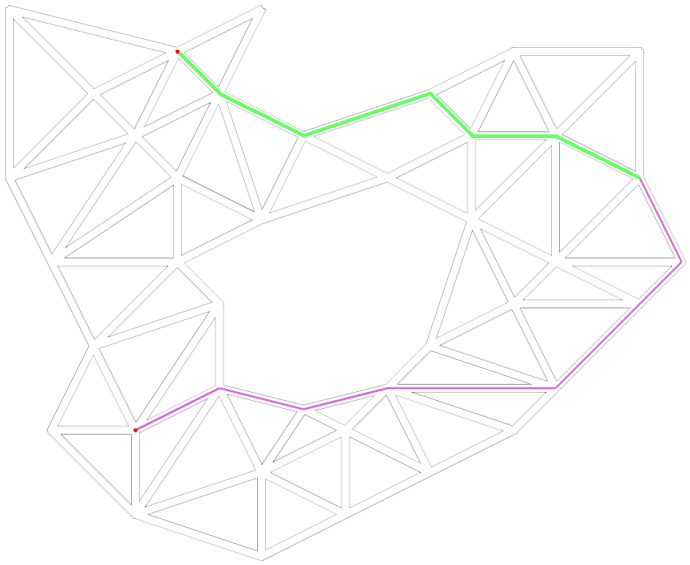
Tento program a program Bc. Szkandery nebyly spojeny do jednoho programového celku, avšak experimenty potvrdily, že takové sloučení je proveditelné.

7.11 Shrnutí experimentů

Výsledná simulace vypadá realisticky. Agenti se dle očekávání chtějí vyhýbat hrozbám a vznikají cesty mezi více hrozbami s nižším nebezpečím. Agent má vlastní vztah k prostředí a sám preferuje některé hrany a vrcholy. Pomocí



Obrázek 7.10.1: Obrázek znázorňující agenty volící východ v levé části scény.



Obrázek 7.10.2: Obrázek znázorňující agenty volící východ v pravé části scény.

reakcí a vztahů se dají nastavit různé scény pro mnoho agentů.

Jelikož se jedná o statickou změnu hodnot a agenti se během celého procesu nehnou z místa, nelze na aplikaci pozorovat jevy běžné při evakuacích, např. ucpávání průchodů, ale lze upravovat chování agenta na základě jeho

úrovně paniky nebo zdraví. Lze tak pozorovat chování, kdy agent nevidí některé kusy mapy (jsou označeny jako nedostupné) a volí tak neoptimální cestu.

Největším problémem je stále nekontinuální povaha grafu. Skokové šíření hrozeb způsobilo během experimentů několik problémů, především binární povahu vnímání hrozby ve vrcholu. Tento problém lze vyřešit zvětšením nebo zmenšením velikosti rozsahu hrozby nebo její intenzity. Není tedy třeba dělat základní změny v reprezentaci prostředí.

8 Závěr

Tato bakalářská práce si za cíl vytkla vytvořit jednoduchou a nenáročnou aplikaci, která by umožňovala simulaci reakce agenta nebo více agentů ve specifickém prostředí. Tento cíl byl splněn.

Výsledná aplikace splňuje požadavky pro modelování chování jednoho nebo více agentů v krizových oblastech. Vztah prostředí a agenta je variabilní, takže poskytuje simulaci široké škály možností – jeden nebo více agentů a jejich vlastnosti, velikost davu, typ a velikost hrozby, povaha prostředí, což ve výsledku vede k širokým možnostem využití aplikace pro potřeby simulace evakuace.

Během experimentování se vyskytly dílčí problémy, převážně v nekontinuální povaze prostředí, což vedlo ke skokovému šíření hrozeb a tím ke zkreslení hodnověrnosti simulace. Tyto problémy se podařilo potlačit zvětšením nebo zmenšením velikosti rozsahu hrozby nebo její intenzity bez nutnosti změny v aplikaci. To je důležité pro kompatibilitu aplikace s jinými systémy, které se zabývají navigací agenta v prostředí. Tento problém není analyzován více převážně proto, že se nejedná o problém aplikace, ale prostředí, se kterým pracuje.

Zvolené metody rešerše relevantních zdrojů a jejich vyhodnocování a vlastní programování se ukázaly jako adekvátní pro tuto práci. Díky velkému rozsahu dostupných zdrojů bylo získáno dostatečné množství informací a z jejich silných a slabých stránek vyplynuly nároky potřebné pro zamýšlenou aplikaci. Ověření datové kompatibility úspěšně proběhlo ve spolupráci s Bc. Jakubem Szkanderou, čímž bylo ověřeno, že tato aplikace může spolupracovat s jinými systémy zabývajícími se touto problematikou.

Výsledek bakalářské práce je možné dále využít při zapojení do funkčního systému lokální a globální navigace agenta v prostředí, ať už se jedná o simulátor nebo například hru. Výhodou aplikace je zvýšená věrohodnost interakce agenta s prostředím.

9 Bibliografie

[ARC13] Almeida J. E., Rosseti R. J. F. a Coelh A. L.: Crowd Simulation Modeling Applied to Emergency and Evacuation Simulations using Multi-Agent Systems. Laboratório de Inteligência Artificial e Ciência de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Porto, Portugalsko. (2013)

[BBM03] Braun A., Bodmann B. a Musse S.: Modeling Individual Behaviors in Crowd Simulation. In: VRST 05 (2003), Sao Leopoldo, Brazílie

[BRA14] Brandejský P.: Lokální navigace chodců ve virtuálních modelech měst. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra informatiky a výpočetní techniky (2014), Plzeň, Česká Republika

[DC07] Dr. Drury J. a Dr. Cocking C.: The mass psychology of disasters and emergency evacuations: A research report and implications for practice. Department of Psychology University of Sussex (2007), Sussex, Velká Briánie

[GCC*10] Guy S., Chhugani J., Curtis S., Dubey P., Lin M. a Manocha D.: PLEdestrians: A Least-Effort Approach to Crowd Simulation. Eurographics/ACM SIGGRAPH Symposium on Computer Animation (2010), Madrid, Španělsko

[GLM11] Guy S., Lin M. C., Manocha D. a Berg J.: Reciprocal n-body Collision Avoidance. The 14th International Symposium ISRR (2011), Severní Karolína, USA

[HFV00] Helbing D., Farkas I. a Vicsek T.: Simulating dynamical features of escape panic. Letters to nature 407 (2000), str. 487-490, Budapešť, Maďarsko a Dresden, Německo

[LFC*09] Lerner A., Fitusi E., Chrysanthou Y. a Cohen-Or D.: Fitting Behaviors to Pedestrian Simulations. Eurographics/ ACM SIGGRAPH Symposium on Computer Animation (2009) str. 199-208, University of Cyprus, Nicosia, Cyprus

[PAB07] Pelechano N., Allbeck J.M. a Badler N.I.: Controlling Individual Agents in High-Density Crowd Simulation. Eurographics/ ACM SIGGRAPH Symposium on Computer Animation (2007), San Diego, Californie, USA

[POS*05] Pelechano N., O'Brien K., Silverman B. a Badler N.: Crowd Simulation Incorporating Agent Psychological Models, Roles and Communication. Center for Human Modeling and Simulation, University of Pennsylvania (2005), Philadelphia, USA

[Sim95] Sime J.D.: Crowd psychology a engineering. Safety Science (číslo vydání: 21, 1995), str. 1-14, Godalming, Velká Británie

[Siv14] Bc. Šívr V.: Simulace davu pro bezpečnostní aplikace. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze (2014), Praha, Česká Republika

[YMT*08] Yersin B., Morini J. M. F. a Thalmann D.: Real-time crowd motion planning, Scalable Avoidance and Group Behavior. Vis Comput 24 (2008), str. 859–870, Lausanne, Švýcarsko

10 Přílohy

10.1 Formát souborů XML

V této části je podrobně popsán jazyk určený k popisu simulačních scén. Jedná se o rozsáhlý popis, nebot' program dokáže simulovat rozsáhlé množství jevů.

- <PPsychE></PPsychE> Kořenový element. Povinně obsahuje neprázdné elementy **nodes** a **edges**.
- <Nodes></Nodes>Neprázdný element. Povinně obsahuje alespoň jeden neprázdný element **node**.
- <Edges></Edges>Neprázdný element. Povinně obsahuje alespoň jeden neprázdný element **edge**.
- <Agents></Agents>Neprázdný element. Povinně obsahuje alespoň jeden neprázdný element **agent**.
- <Zones></Zones>Neprázdný element. Povinně obsahuje alespoň jeden neprázdný element **zone**.
- <Groups></Groups>Neprázdný element. Povinně obsahuje alespoň jeden neprázdný element **group**.
- <Threats></Threats>Neprázdný element. Povinně obsahuje alespoň jeden neprázdný element **threat**.
- <Reactions></Reactions>Neprázdný element. Povinně obsahuje alespoň jeden neprázdný element **ThreatReaction, NodeReaction, EdgeReaction**, nebo **ZoneReaction**.
- <Affectors></Affectors>Neprázdný element. Povinně obsahuje alespoň jeden neprázdný element **AgentAffector, NodeAffector, EdgeAffector, ZoneAffector, AgentNodeAffector, ZoneThreatAffector** nebo **SpreadAffector** .
- <ZoneLimitations></ZoneLimitations>Neprázdný element. Povinně obsahuje alespoň jeden neprázdný element **EnterLimitation**, nebo **LeaveLimitation**.

- <Node></Node> Neprázdný element představující vrchol ve scéně. Povinně obsahuje neprázdný element **data**. Může obsahovat neprázdný element **mod**.
- <Edge></Edge> Neprázdný element hranu mezi dvěma uzly. Povinně obsahuje neprázdný element **data**. Může obsahovat neprázdný element **mod**.
- <Agent></Agnent> Neprázdný element představující agenta. Povinně obsahuje neprázdný element **data**. Může obsahovat neprázdné elementy **stats, mobility, bravery, speed, knowledge** a **mod**.
- <Zone></Zone> Neprázdný element představující oblast. Povinně obsahuje neprázdný element **id** a **members**. Může obsahovat neprázdný element **mod**.
- <Group></Group> Neprázdný element představující skupinu agentů. Povinně obsahuje neprázdný element **id, members** a **leaders**. Může obsahovat neprázdný element **mod**.
- <Threat></Threat> Neprázdný element představující hrozbu. Povinně obsahuje neprázdný element **data**. Může obsahovat neprázdné elementy **Danger, Aoe, Intensity, Middle, Type** a **mod**.
- <Settings></Settings> Neprázdný element představující nastavení. Povinně obsahuje neprázdné elementy **NoDangerEvaluation, MaxDangerEvaluation, MinDangerEvaluation, AverageDangerEvaluation, LogicalDangerEvaluation, ProximityDangerEvaluation, Epsilon, UnreachableTerrain, UniversalThreatMultiplier, EquationIntervalSize, DensityBeforeDanger, DensityEvaluation, ThreatFirstEvaluation, OptimalAgentDensity, AgentDensityAlternation, MultiplyThreatDanger, AverageThreatDanger, AverageGroupPath, MaxGroupPath, MinGroupPath, GroupDecidesPath** a **LeadersDecidePath**.
- ThreatReaction, NodeReaction, EdgeReaction a ZoneReaction jsou neprázdné elementy popisující reakce agentů na prostředí. Povinně obsahuje neprázdný element **LimitationType** a **OtherType**. Může obsahovat neprázdné elementy **stats, mobility, bravery, speed, agentType** a **knowledge**.
- AgentAffector, NodeAffector, EdgeAffector, ZoneAffector, AgentNodeAffector, ZoneThreatAffector a SpreadAffector jsou neprázdné elementy

popisující vztah hrozeb a agentů, oblastí a agentů a šíření hrozeb. Povinně obsahuje neprázdný element **ThreatMod** identifikující primární objekt a **OtherMod** identifikující sekundární objekt. Může obsahovat neprázdný element **AffectionLevel**.

- EnterLimitiation a LeaveLimitation jsou neprázdné elementy ovlivňující schopnost agenta vstoupit, nebo opustit oblast.Povinně obsahuje neprázdný element **AgentMod** a **OtherMod**.
- <data/> Prázdný element obsahující data. Pokud je uvnitř <Node><Node/> nebo <Node><Node/>, obsahuje id elementu a jeho souřadnice X,Y a Z. Pokud je uvnitř <Edge></Edge>, obsahuje id, source, destination a weight (id hrany, bod ze kterého pochází, bod, do kterého směřuje, a objektivní váhu).
- <mod/> Prázdný element reprezentující typ. Obsahuje atribut string.
- <stats/> Prázdný element reprezentující stav agenta. Obsahuje atributy health a panic s rozsahem 0 - 100.
- <mobility/> Prázdný element reprezentující vlastnost agenta. Obsahuje atribut number s rozsahem 0 - 10.
- <speed/> Prázdný element reprezentující vlastnost agenta. Obsahuje atribut number s rozsahem 0 - 10.
- <bravery/> Prázdný element reprezentující vlastnost agenta. Obsahuje atribut number s rozsahem 0 - 10.
- <knowledge/> Prázdný element reprezentující vlastnost agenta. Obsahuje atribut number s rozsahem 0 - 10.
- <members/> Prázdný element reprezentující členy skupiny. Obsahuje atributy number0, number1.... numberX, kde X je počet elementů ve skupině.
- <leaders/> Prázdný element reprezentující vůdce skupiny. Obsahuje atributy number0, number1.... numberX, kde X je počet vůdců ve skupině.
- <Danger/> Prázdný element reprezentující nebezpečí hrozby. Obsahuje atribut number.
- <Aoe/> Prázdný element reprezentující rozsah hrozby. Obsahuje atribut number.

- <Intensity/> Prázdný element reprezentující slábnutí hrozby. Obsahuje atribut number.
- <Middle/> Prázdný element reprezentující střední hodnoty hrozby. Obsahuje atribut number.
- <Type/> Prázdný element reprezentující název hrozby. Obsahuje atribut string.
- <LimitationType/> Prázdný element reprezentující typ reakce. Obsahuje atribut char.
- <Alternation/> Prázdný element reprezentující sílu reakce. Obsahuje atribut number.
- <ThreatMod/> Prázdný element reprezentující typ primárního modifikátoru vztahu. Obsahuje atribut string.
- <OtherMod/> Prázdný element reprezentující typ sekundárního modifikátoru vztahu. Obsahuje atribut string.
- <ThreatType/> Prázdný element reprezentující typ primárního modifikátoru reakce. Obsahuje atribut string.
- <OtherType/> Prázdný element reprezentující typ sekundárního modifikátoru reakce. Obsahuje atribut string.
- <NoDangerEvaluation/> Prázdný element upravující evaluaci nebezpečí. Obsahuje atribut number s hodnotou 0 (pro deaktivaci) nebo 1 (pro aktivaci).
- <MaxDangerEvaluation/> Prázdný element upravující evaluaci nebezpečí. Obsahuje atribut number s hodnotou 0 (pro deaktivaci) nebo 1 (pro aktivaci).
- <MinDangerEvaluation/> Prázdný element upravující evaluaci nebezpečí. Obsahuje atribut number s hodnotou 0 (pro deaktivaci) nebo 1 (pro aktivaci).
- <AverageDangerEvaluation/> Prázdný element upravující evaluaci nebezpečí. Obsahuje atribut number s hodnotou 0 (pro deaktivaci) nebo 1 (pro aktivaci).
- <LogicalDangerEvaluation/> Prázdný element upravující evaluaci nebezpečí. Obsahuje atribut number s hodnotou 0 (pro deaktivaci) nebo 1 (pro aktivaci).

- <ProximityDangerEvaluation/> Prázdný element upravující evaluaci nebezpečí. Obsahuje atribut number s hodnotou 0 (pro deaktivaci) nebo 1 (pro aktivaci).
- <ThreatFirstEvaluation/> Prázdný element upravující pořadí evaluací. Obsahuje atribut number s hodnotou 0 (pro deaktivaci) nebo 1 (pro aktivaci).
- <DensityBeforeDanger/> Prázdný element upravující pořadí evaluací. Obsahuje atribut number s hodnotou 0 (pro deaktivaci) nebo 1 (pro aktivaci).
- <DensityEvaluation/> Prázdný element aktivující shlukování davů. Obsahuje atribut number s hodnotou 0 (pro deaktivaci) nebo 1 (pro aktivaci).
- <MultiplyThreatDanger/> Prázdný element upravující prolínání hrozeb. Obsahuje atribut number s hodnotou 0 (pro deaktivaci) nebo 1 (pro aktivaci).
- <AverageThreatDanger/> Prázdný element upravující prolínání hrozeb. Obsahuje atribut number s hodnotou 0 (pro deaktivaci) nebo 1 (pro aktivaci).
- <AverageGroupPath/> Prázdný element upravující evaluaci hran skupinou. Obsahuje atribut number s hodnotou 0 (pro deaktivaci) nebo 1 (pro aktivaci).
- <MaxGroupPath/> Prázdný element upravující evaluaci hran skupinou. Obsahuje atribut number s hodnotou 0 (pro deaktivaci) nebo 1 (pro aktivaci).
- <MinGroupPath/> Prázdný element upravující evaluaci hran skupinou. Obsahuje atribut number s hodnotou 0 (pro deaktivaci) nebo 1 (pro aktivaci).
- <GroupDecidesPath/> Prázdný element upravující evaluaci hran skupinou. Obsahuje atribut number s hodnotou 0 (pro deaktivaci) nebo 1 (pro aktivaci).
- <LeadersDecidePath/> Prázdný element upravující evaluaci hran skupinou. Obsahuje atribut number s hodnotou 0 (pro deaktivaci) nebo 1 (pro aktivaci).

- <Epsilon/> Prázdný element reprezentující v jaké rozsahu se vrcholy stále ovažují a stejné úrovni. Obsahuje atribut number.
- <UnreachableTerrain/> Prázdný element reprezentující jaká hodnota značí nedostupný terén. Obsahuje atribut number.
- <UniversalThreatMultiplier/> Prázdný element reprezentující násobitel hrozeb. Obsahuje atribut number.
- <EquationIntervalSize/> Prázdný element reprezentující rozsah funkce na kterém se počítá nebezpečí. Obsahuje atribut number.
- <OptimalAgentDensity/> Prázdný element reprezentující optimální velikost davu. Obsahuje atribut number.
- <AgentDensityAlternation/> Prázdný element reprezentující sílu shlukování davů. Obsahuje atribut number.

10.2 Uživatelská dokumentace

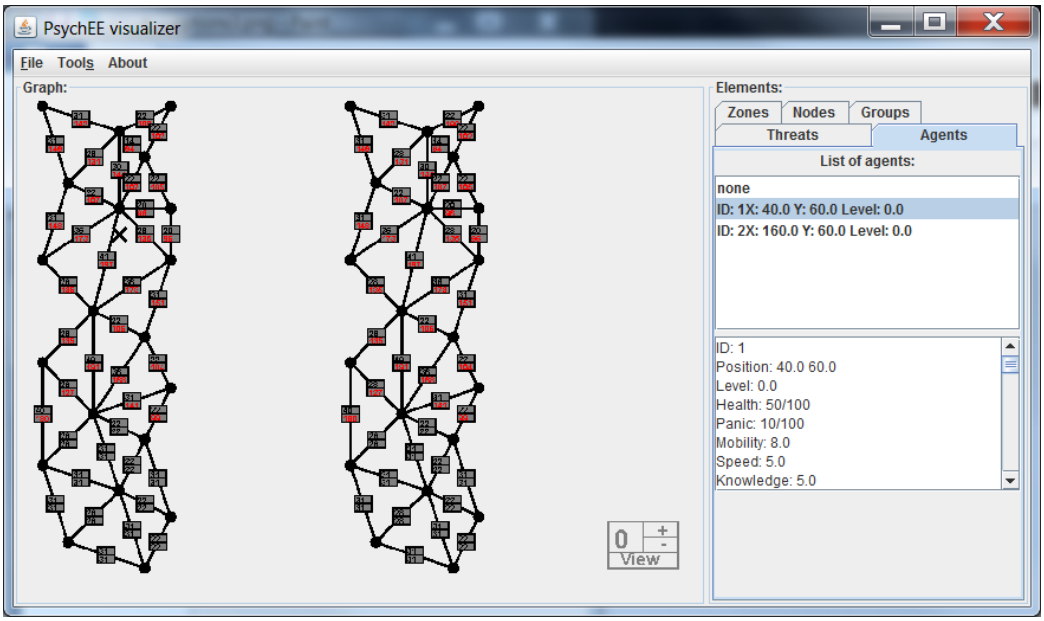
Program lze spustit buď dvojklikem na PPsychE.jar ikonu, nebo příkazem "java -jar PPsychE.jar". Metoda spuštění záleží na příslušném počítači.

Po spuštění se otevře hlavní okno. V jeho horní části se nachází menu sloužící k obsluze programu. V levé části je panel zobrazující scénu. Napravo je panel se seznamy elementů scény.

V obrázku 10.2.1 je vidět hlavní okno programu s nahranou scénou. Po stiskuntí tlačítka "View" v levé části grafu lze zobrazit graf v barevné formě (viz například obrázek 7.4.1).

První záložka menu obsahuje funkce ukládání a nahrávání scény a nastavení, ukládání spočítaných hodnot a vypínání programu (viz obrázky 10.2.2 a 10.2.3).

Stiskuntím možnosti "Load All in 3D" se zobrazí okno pro volbu souboru. Po zvolení kompatibliního souboru ve formátu XML, popsaném v příloze 1, se automaticky nahrají všechna dostupná data, zpracují se a v panelu v hlavním okně se zobrazí nahraný graf. V záložce "Agents" lze zvolit jednoto z dostupných agentů a v grafu se zobrazí originální hodnoty hran spolu s novými hodnotami, které reprezentují subjektivní pohled agenta na hranu. V záložce



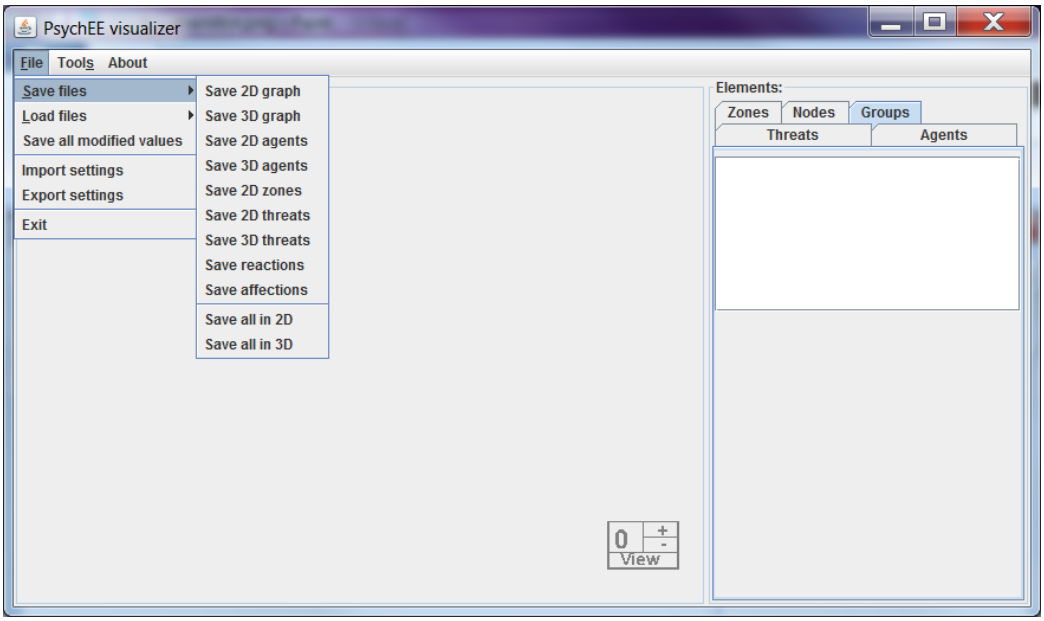
Obrázek 10.2.1: Hlavní okno programu s nahranou scénou.

"Threats" lze v grafu zvýraznit některou z dostupných hrozeb. Podrobnější informace o hrozbě se zobrazí pod seznamem všech hrozeb. Záložka "Zones" obsahuje seznam dostupných oblastí a po zvolení jedné z nich ji zvýrazní v grafu. Podobně fungují záložky "Nodes" a "Groups" , které obě zobrazují zvolené prvky v grafu a vypisují o nich podrobnosti do polí pod seznamem dostupných prvků.

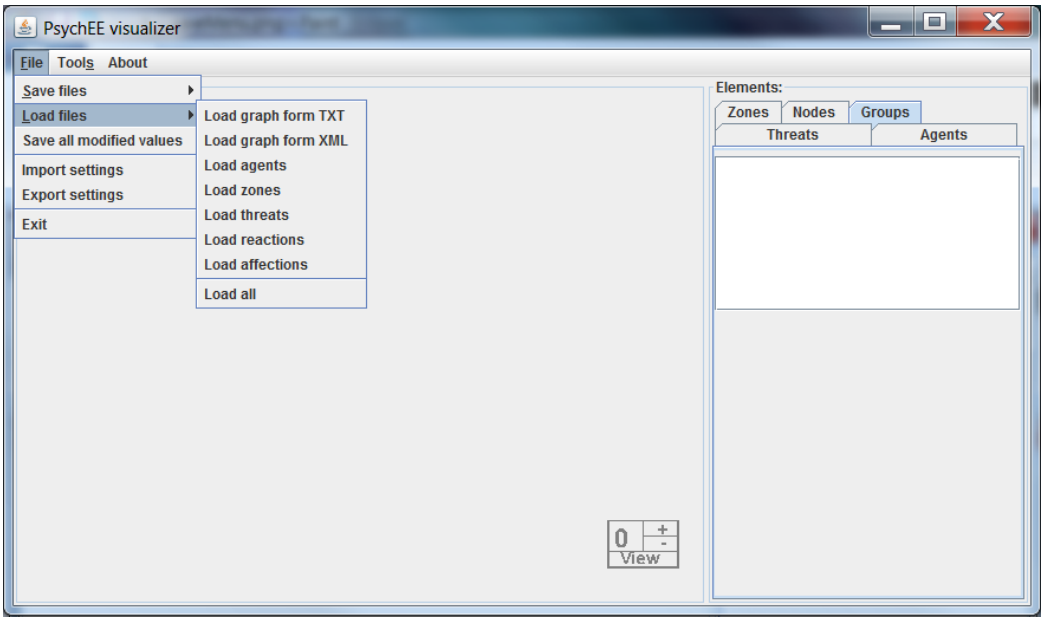
Nahrávání jednotlivých částí scény lze provést jednotlivě, ale nastává nebezpečí, že prvky z různých scén budou nekompatibilní. Pokud taková situace nastane, v lepším případě budou nekompatibilní části ignorovány. V horším případě může být scéna znehodnocena a evaluace neproběhne správně.

V záložce nástroje (Tools) (obrázek 10.2.4) lze otevřít nastavení simulace a uložit aktuální pohled na scénu (levý panel hlavního okna).

V prvním okně nastavení se ovládá evaluace nebezpečí (viz obrázek 10.2.5). Lze zde zvolit typ evaluace a konstanty ovlivňující výsledek programu. V prvním rámečku lze nastavit, jakým způsobem se má počítat nebezpečí působící na hranu a v druhém rámečku se nalézají nastavitelné konstanty programu (jakou hodnotou se značí neprostupný terén, jakým číslem se mají násobit všechna nebepečí a na jakém rozsahu se počítá logické ohodnocování).

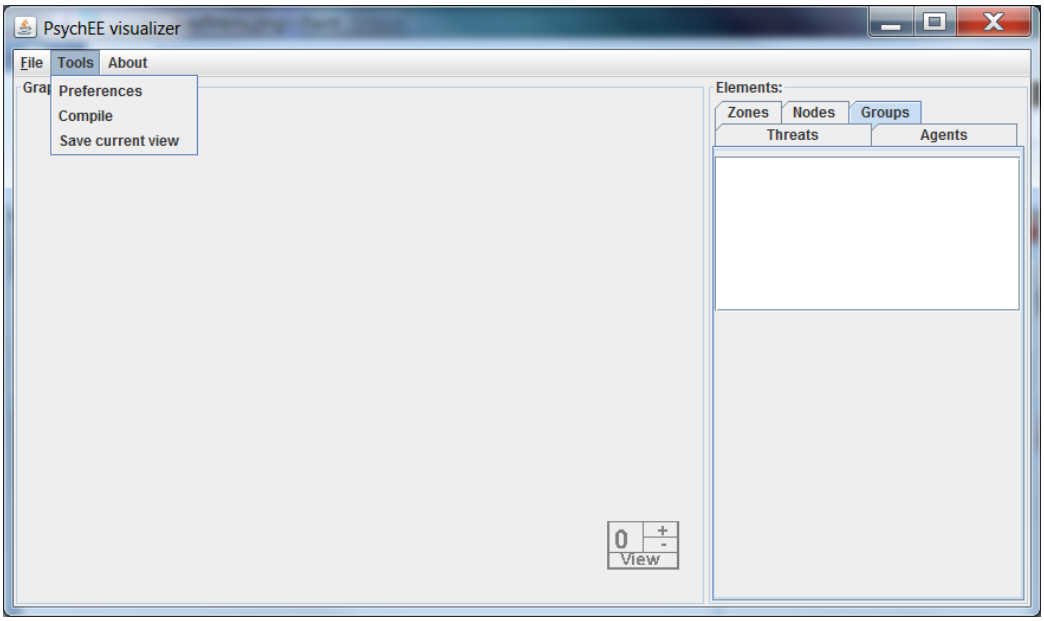


Obrázek 10.2.2: Menu pro ukládání scény.



Obrázek 10.2.3: Menu pro nahrávání scény

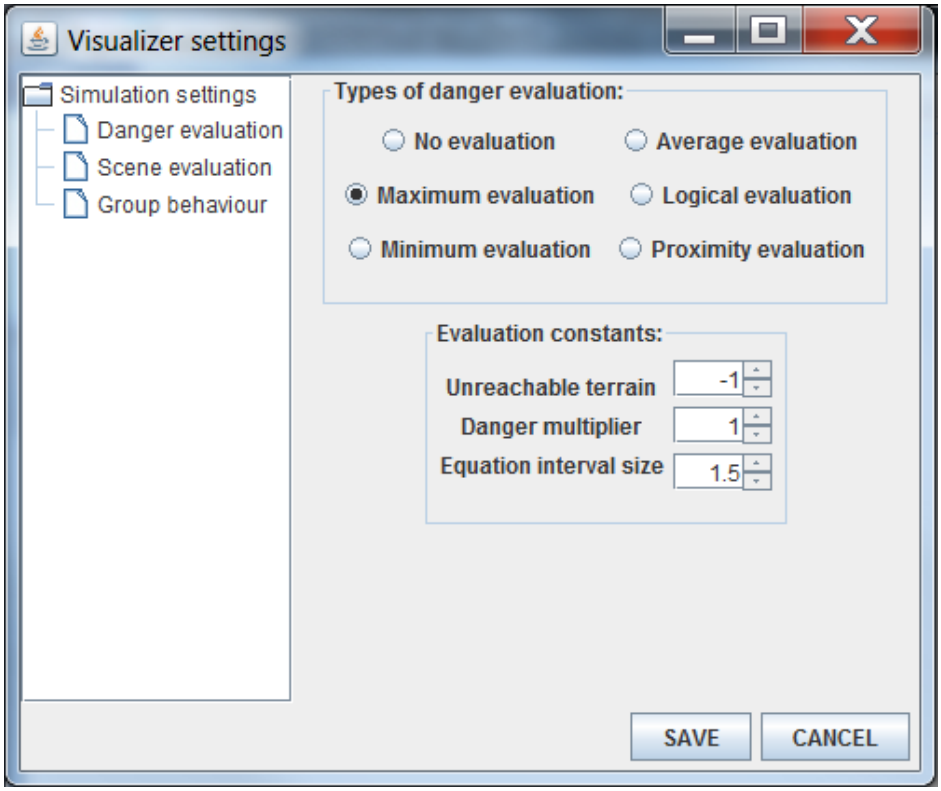
Nastavení lze uložit stisknutím tlačítka ”save” (uložit). Okno lze zavřít stiskutím tlačítka ”cancel” (zrušit).



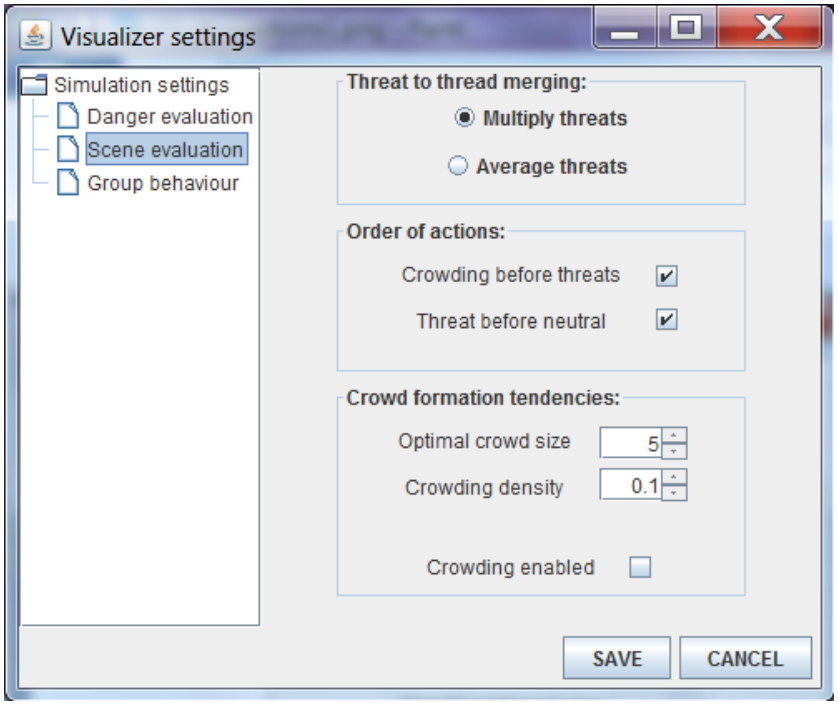
Obrázek 10.2.4: Menu s nástroji

V druhém okně lze nastavit scénu (viz obrázek 10.2.6). Mezi možnosti patří volba typu prolínání hrozeb, pořadí evaluací a tendence davu ke shlukování. V horním rámečku lze nastavit, zda se nebezpečí prolínajících hrozeb budou mezi sebou násobit nebo zda se bude využívat průměr nebezpečí. V druhém rámečku lze modifikovat pořadí evaluačních akcí. Třetí rámeček ovládá shlukování davů. Lze zde zapnout, nastavit optimální počet členů davu a zvolit, jak silné mají být shlukovací tendence.

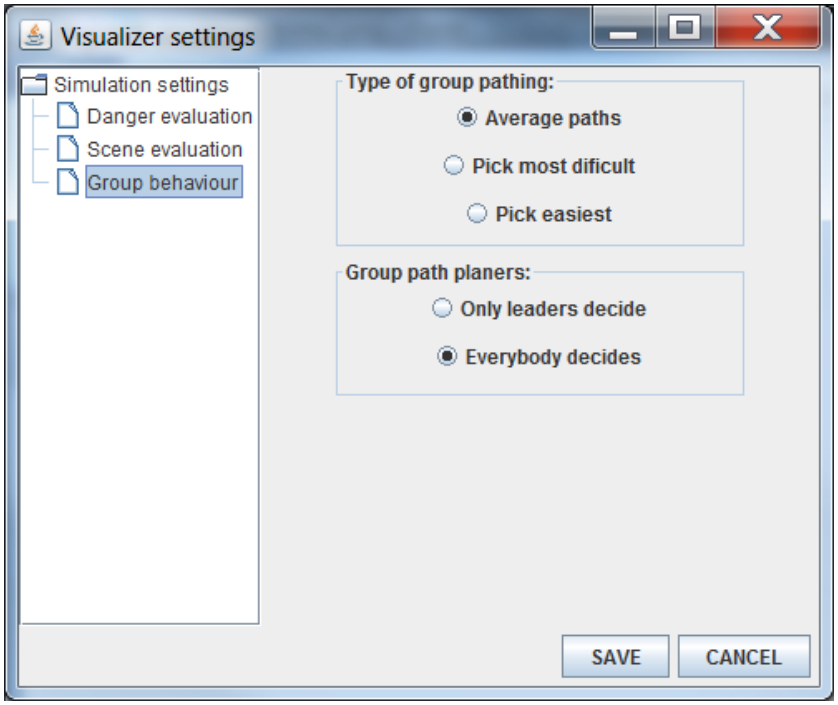
Ve třetím okně nastavení (viz obrázek 10.2.7) se nalézají nastavení chování skupiny. V horním rámečku lze zvolit, jaké hrany se budou volit pro využití skupinou (průměr hodnot od všech agentů braných v potaz, nejvyšší nalezená hodnota nebo nejmenší nalezená hodnota). V druhém rámečku lze nastavit, kteří agenti se budou brát v potaz při ohodnocování hran pro skupinu (všichni členové skupiny nebo pouze vůdci).



Obrázek 10.2.5: První okno s nastavením evaluace nebezpečí.



Obrázek 10.2.6: Druhé okno s nastavením scény.



Obrázek 10.2.7: Třetí okno s nastavením chování skupiny.