

Kam kráčíš? – statistická analýza evakuačního experimentu

Adam Dřínek – Gymnázium Nad Alejí, Praha 6

Soňa Kernerová – Gymnázium Václava Hlavatého, Louny

Petr Mičulek – Gymnázium Olgy Havlové, Ostrava – Poruba

Zdeněk Plešek – Masarykovo gymnázium Příbor

Abstrakt:

Často se stane, že se větší masa lidí snaží uniknout z nebezpečné situace, jíž byla vystavena. Proto je důležité vědět, jak se v takovýchto situacích chováme a jak se dají nejlépe zvládnout. V miniprojektu „Kam kráčíš?“ jsme provedli analýzu dat extrahovaných z videí z evakuačního experimentu. Vybrali jsme veličiny popisující chování lidí při odchodu z místnosti a popsali jejich závislosti. Pracovali jsme hlavně v prostředí MATLABu. Výsledkem jsou grafy závislosti rychlosti na hustotě a závislosti toku na hustotě. Dále také prezentujeme důkaz a vysvětlení, proč se v takovýchto situacích hodí dav obcházet a ne chodit skrz.

1 Úvod

Minimalizace rizik je v dnešní době stále důležitější. Například pro stavební účely je užitečné vědět, jak se lidé chovají v únikových situacích. V naší práci jsme se zabývali analýzou videozáznamu z evakuačního experimentu. Nejprve jsme si našli správné veličiny pro popsání jevů pozorovaných na videu, jako je hustota (počet lidí na plochu), tok (počet průchodů za čas) či jejich rychlost. Díky způsobu zaznamenání videa bylo možno jednotlivé chodce nahradit body, u nichž známe polohu, směr a rychlost v kterémkoli okamžiku. V MATLABu jsme našli způsob jak z těchto dat zjistit:

1. graf závislosti rychlosti na hustotě
2. graf závislosti průtoku na hustotě
3. graf průměrných rychlostí na ploše místnosti
4. efektivita různých strategií

2 Metody

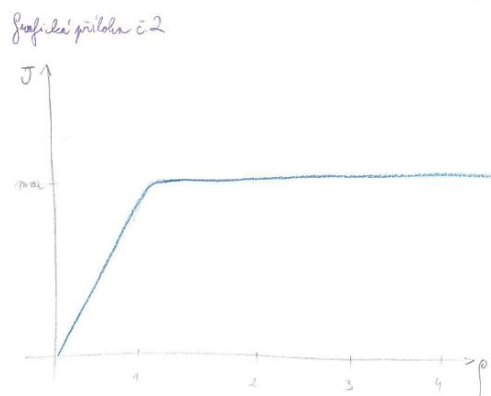
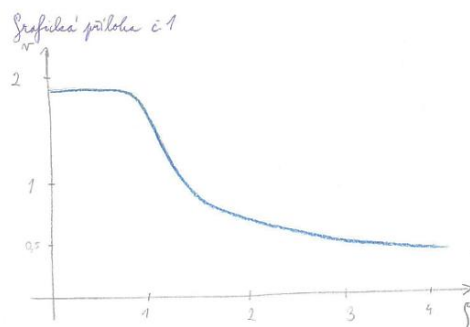
K dispozici máme video zachycující východ ze simulované místnosti, prostor před ním a koridor za ním. Na videu byli lidé vpouštěni do místnosti se stále se zvětšující frekvencí. Ze začátku volně procházeli, ale poté se začal jejich počet před východem zvětšovat, až došlo ke kongesci. Na hlavách měli účastníci papír s dvěma tečkami a binárním kódem, díky kterému lze převést video na data obsahující polohu bodů, jejich rychlost a směr.

Budeme sledovat oblast ve tvaru čtverce asi metr před východem, nechceme totiž, aby geometrie místnosti ovlivňovala měření.

Naším cílem je získat dva grafy, závislost rychlosti na hustotě a závislost průtoku na hustotě. Tyto grafy jsme si načrtli, abychom věděli, co můžeme očekávat.



Obrázek 1: Ptačí pohled na experiment



Graf závislosti rychlosti na hustotě

Očekávaný trend grafu (viz grafická příloha č.1) by měl být do určité hustoty konstantní. Chodci se do dosažení této hustoty pohybují svou maximální rychlostí, poté začnou brát ohledy na lidi kolem sebe a jejich chování se změní. Předpokládáme, že rychlost chodců nikdy neklesne pod určitou mez, díky pohybu na místě, jako je třeba kývání hlavou, rozhlížení se a přešlapování.

Graf závislosti průtoku na hustotě

Očekávaný trend grafu (viz grafická příloha č.2) je po určitou mez přímo úměrný hustotě, poté je již konstantní. Konstanta se objeví, protože hyperbolické chování předchozího grafu lze vyjádřit jako $v = \frac{k}{\rho}$ a proto v tomto intervalu lze celý vzorec zjednodušit na $J = k \cdot b$, a protože b je konstantní, bude rovnice rovna $J = k$, tudíž bude trend až do maximální hustoty konstantní.

Profil rychlosti v místnosti

Vytvořili jsme si 3D graf průměrných rychlostí v jednotlivých čtvercích v místnosti. Grafů bude celkem 12, jelikož máme 12 kol se zvětšující se frekvencí vpouštění chodců. Poté vytvoříme graf, který zprůměruje všechny tato kola.

Efektivita různých strategií průchodu

Jako jeden z výstupů jsme měli souhrnnou mapu trajektorií všech účastníků. Cestovní časy jednotlivých lidí jsme zprůměrovali a vyřadili jsme data těch, kteří šli ještě před kongescí. Trajektorie těch, jejichž časy průchodu byly kratší než průměrné (a tudíž jejich rychlost byla větší), jsme obarvili na červeně. Ostatní jsme obarvili na modro.

Dále jsme si pomocí algoritmu rozdělili lidi na ty, kteří šli středem a ty, kteří shluk obcházeli. Poté jsme vytvořili graf závislosti celkové doby průchodu na obsazenosti. V něm jsme barevně rozdělili lidi na ty, kteří šli středem a ty, co šli kolem.

3 Výsledky

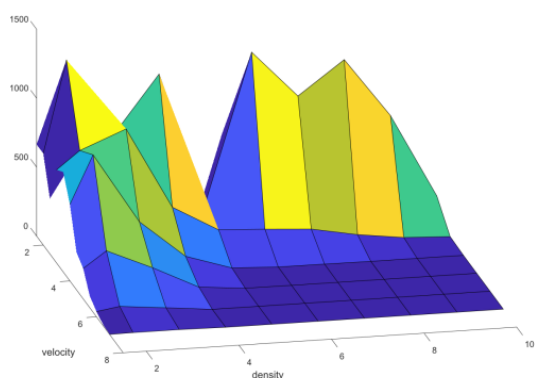
Graf závislosti rychlosti na hustotě

Vytvořili jsme graf závislosti rychlosti chodců na hustotě ve čtverci (obr. 2). Na něm je vidět, že rychlost je nejprve konstantní a po dosažení určité hustoty klesá. Nikdy ale nespadne pod určitou hladinu.

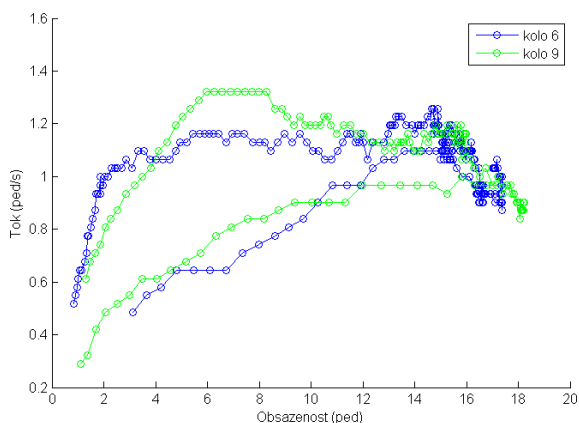
Graf závislosti průtoku na hustotě

Podářilo se nám vytvořit graf závislosti průtoku na obsazenosti místnosti, což je celkový počet lidí v místnosti (obr.3). Pro přehlednost jsou dvě kola, se kterými jsme pracovali barevně rozlišená, nebylo možné zprůměrovat všechna kola, jejich údaje byly příliš jiné.

V grafu je patrný počáteční lineární nárůst toku a jeho následná vyrovnanost. Druhá, spodní čára, se vytvořila díky konci experimentu, kdy poslední lidé opouštěli místnost, proto se snižoval tok i hustota.



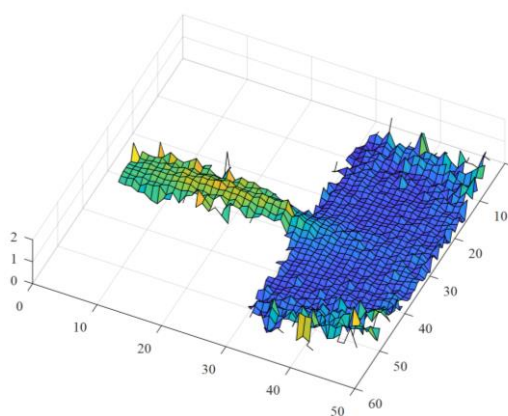
Obrázek 2: Závislost rychlosti na hustotě



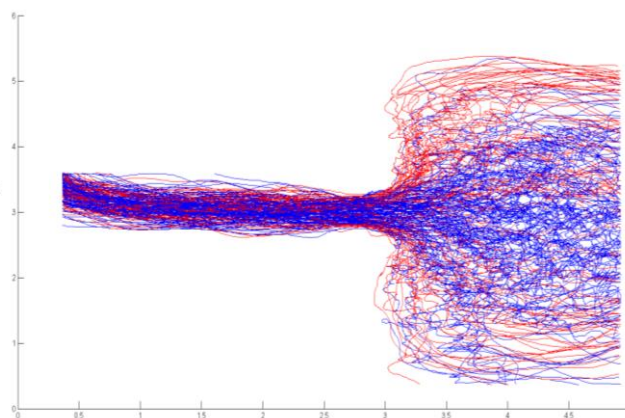
Obrázek 3: Závislost průtoku na obsazenosti

Profil rychlosti v místnosti

Tento profil nám ukazuje pohled na konec místnosti a koridor. Vidíme průměrnou rychlost na jednotlivých čtvercích. Je patrné, že rychlost se před východem mírně zrychluje a v koridoru se ještě více zvětšuje. Ve shluku před východem je rychlost konstantní, jen po okrajích lze pozorovat mírné zrychlení, které tvoří obcházející.



Obrázek 4: profil rychlosti v místnosti

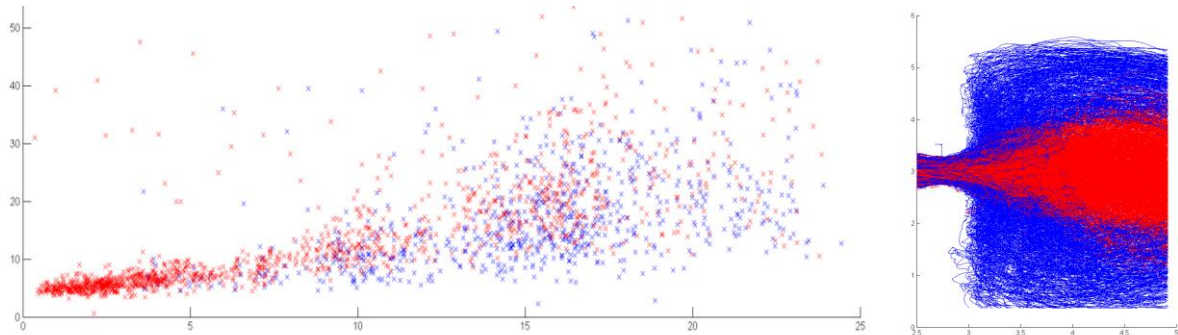


Obrázek 5: Zbarvené trajektorie rychlejších a pomalejších chodců

Efektivita různých strategií průchodu

Na obrázku 5, který jsme zvolenou metodou získali, je vidět, že nejrychlejší lidé (červené trajektorie) se při výběru své cesty vyhýbali hlavnímu shluku, který obcházel.

Na grafu závislosti celkové doby průchodu na obsazenosti (obr. 6) lze pozorovat, že ti, co zvolili cestu kolem (modří), měli dobu průchodu kratší než ti, co šli středem (červení). Na obrázku vedle je ukázáno rozdělení na dvě skupiny (kolem a středem)



Obrázek 6: Závislost celkové doby průchodu na obsazenosti

4 Diskuse

Naměřené veličiny odpovídají předpokládaným trendům.

Strategie obcházení fungovala proto, že když lidi šli kolem zdi, nemuseli bojovat s lidmi na obou stranách svého těla, jen na jedné. V tu chvíli pro ně bylo jednodušší se do koridoru dostat dřív.

5 Závěr

V miniprojektu jsme zpracovali výsledky experimentu pomocí námi navržených a konzultovaných postupů. Zjistili jsme, jak vypadají grafy závislostí různých veličin, jak se chová rychlost v závislosti na hustotě a tok v závislosti na obsazenosti. Také jsme vytvořili profil rychlosti v místnosti a dokázali, že obcházení davu je ta výhodná strategie.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat všem, kteří Týden vědy na FJFI organizují, zejména Ing. Marku Bukáčkovi, který nás celým miniprojektem provedl.

Reference

- [1] M. Bukáček, P. Hrabák and M. Krbálek, Experimental Study of Phase Transition in Pedestrian Flow, In: PED 2014 Proceedings, Transportation Research Procedia 2, 105 – 113, 2014
- [2] A. Schadschneider, D. Chowdhury and K. Nishinari, Stochastic Transport in Complex Systems, Elsevier, 2010
- [3] A. Seyfried, B. Steffen et al., Empirical Data for Pedestrian Flow Through Bottlenecks, In: Traffic and Granular Flow 07, 189–199, Springer, 2009