

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM.
STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE



Social force model for pedestrian dynamics

Marcin Jakubowski

Minh Nhat Trinh

Instruktor

Dr hab. inż. *Jarosław Wąs*

27 listopada 2017

Spis treści

1	Wprowadzenie i celem projektu	2
2	Koncepcja 'Social force'	3
3	Formulacja modelu 'Social force'	4
3.1	Zbudowanie ogólne równanie	4
3.2	Zbudowanie komponentów	5
3.2.1	Zachowanie pojedynczego pieszego	5
3.2.2	Wpływ ścian na tym pieszym	5
3.2.3	Interakcje międzyludzkie	5
4	Symulacje na komputerze	7
5	Podsumowanie	8

Rozdział 1

Wprowadzenie i celem projektu

W ciągu ostatnich dwóch dekad, modele traktowań pieszych znalazły znaczące zainteresowanie z kilku powodów. Po pierwsze, takie modele istnieją pewne analogie z gazami i płynami. Po drugie, wszystkie wielkości modelowe, takie jak współrzędne \vec{r} i prędkość \vec{v} pieszych, są możliwe mieralne, a zatem testowalne z danymi eksperymentami. Po trzecie, modele dla pieszych pewno mają ogromną wartość do projektowania i planowania stref dla pieszych, metra lub stacje kolejowe, duże budynki, centra handlowe, itd.

W przeszłości wiele osób implementuje takie projekty badawcze np. *Cozzin & Krause 2003; Ball 2004; Sumpter 2006; Helbing & Molnar 1995; itd.* W następującym, przedstawimy model 'Social Force' dla ruchu pieszego a to oznacza implementujemy projekt poprzez pomiar i modelowanie interakcji między pieszymi.. Więc w jaki sposób pieszy modyfikuje zachowanie w odpowiedzi na interakcje z innymi pieszymi? Odpowiedź na to pytanie pozwala zrozumieć mechanizmy prowadzące do samoorganizacji w 'crowd' i pomaga budować niezawodne modele 'crowd'.

Rozdział 2

Koncepcja 'Social force'

Wiele osób ma poczucie, że ludzkie zachowania są *chaotyczne* lub przynajmniej bardzo nieregularne i nieprzewidywalne i najprawdopodobniej w przypadku zachowań występują w złożonych sytuacjach. W realistycznym, szczególnie w ogromnej populacji jednostek, ludzkie zachowanie można opisać jako model i można go przewidzieć. Ten punkt widzenia jest podstawową ideą stworzenia koncepcji 'Social force' ruchu pieszych.

Sugeruje się, że ruch pieszych można opisać tak, jak gdyby podlegałyby 'Social Force'. Te siły nie są bezpośrednio wywierane przez środowisko pieszych, ale te siły są pomiary wewnętrznego motywacji do wykonywania określonych czynności. W prezentowanym modelu zachowań pieszych zasadnicze znaczenie ma kilka wymuszeń siłowych: Po pierwsze, koncepcja opisująca przyspieszenie w kierunku pożądaney prędkości ruchu. Po drugie, koncepcja odzwierciedlająca, że pieszy utrzymuje pewną odległość od innych pieszych i granicach. Komputerowe symulacje 'crowd' oddziałujących na siebie pieszych pokazują, że model 'Social force' jest bardzo realistycznie.

Rozdział 3

Formulacja modelu 'Social force'

3.1 Zbudowanie ogólne równanie

Zgodnie z koncepcją 'Social force' przez *Helbing & Molnar 1995* my możemy uznać, że ruch pieszego można opisać za pomocą trzech różnych składników tak, że

$$f_i^o$$

wewnętrzne przyspieszenie zachowanie, odzwierciedlając motywację pieszego do poruszania się w określonym kierunku z określoną prędkością.

$$f_i^{wall}$$

wpływ ścian korytarza na tego pieszego

$$f_{ij}$$

efekty interakcji odzwierciedlające reakcję pieszych j do innego pieszego i .

W tym momencie, poznamy zmianą prędkości v_i pieszego i i teraz możemy wypisać takie równanie w formularze

$$\frac{dv_i}{dt} = f_i^o + f_i^{wall} + f_{ij}$$

3.2 Zbudowanie komponentów

Łatwo widzimy, że wykorzystujemy dane eksperymentalne do sprawdzenia poprawności powyższego równania i określenia najważniejszej funkcji interakcji f_{ij} . Przejdźmy przez wszystkie komponenty.

3.2.1 Zachowanie pojedynczego pieszego

Zgodnie z koncepcją 'Social force' przez *Helbing & Molnar 1995* my mamy równanie dla wewnętrznego przyspieszenia zachowania \vec{f}_i^o :

$$\vec{f}_i^o = \frac{v_i^o e_i^o - v_i(t)}{\tau}$$

Gdy,

$v_i^o = 1.29 \pm 0.19(ms^{-1})$: pożądane prędkości

$v_i(t)(ms^{-1})$: aktualna prędkość

$\tau = 0.54 \pm 0.05(s)$: czas relaksacji

e_i^o : pożądany kierunek ruchu

3.2.2 Wpływ ścian na tym pieszym

Zgodnie z wcześniejszymi ustaleniami przez *Johansson et al. 2007* takie efekty ścian korytarzy na tym pieszym można opisać za pomocą równania:

$$f_i^{wall}(d_w) = ae^{-\frac{d_w}{b}}$$

Gdy,

$d_w(m)$: odległość prostopadła z pieszego do ściany

$a = 3$ i $b = 0.1$: parametry odpowiadające do siły odpychania tego samego rzędu

3.2.3 Interakcje międzyludzkie

Również zgodnie z poprzedniego badania poprzez *Johansson et al. 2007*, my też wiedzieliśmy, że interakcje międzyludzkie f_{ij} mogą być definiować interakcje międzyludzkie jako funkcja odległości i kąta podejścia okazują się jasne i uzasadnione $f_{ij}(d, \theta)$ i mamy równanie dla tej funkcji

$$f_{ij}(d, \theta) = -Ae^{\frac{-d}{B}}(e^{-(n'B\theta)^2}t + e^{-(nB\theta)^2}n)$$

Gdy,

n_{ij} : zmiany kierunkowe jako wektor jednostkowy w lewym stronie \vec{t}_{ij}

$d(m)$: odległość między dwoma pieszymi i 'em i j 'em

$\theta(rad)$: kąt między kierunkiem interakcji a wektorem skierowanym od pieszego i do j

$$A = 4.5 \pm 0.3$$

$$n' = 2.0 \pm 0.1$$

$$n = 3.0 \pm 0.7$$

$$t_{ij} = \frac{\vec{D}_{ij}}{\|\vec{D}_{ij}\|} : \text{kierunek interakcji}$$

Przyjrzyjmy się bliżej parametrowi B: jest zwiększany w kierunku interakcji przez duże prędkości względne i jest zmniejszone gdy odpychanie w kierunku boków. Więc it depends on:

$$B = \gamma \|D\|$$

Gdy,

$$\gamma = 0.35 \pm 0.01 : \text{parameter równania}$$

I mamy

$$\vec{D}_{ij} = \lambda(\vec{v}_i - \vec{v}_j) + \vec{e}_{ij}$$

$$\lambda = 2.0 \pm 0.2 : \text{względne znaczenie dwóch kierunków}$$

$$\vec{e}_{ij} = \frac{\vec{x}_j - \vec{x}_i}{\|\vec{x}_j - \vec{x}_i\|} : \text{kierunek, w którym znajduje się pieszy } j$$

Rozdział 4

Symulacje na komputerze

Rozdział 5

Podsumowanie

Podziękowanie i referencja