



Možnosti matematického modelování pohybu a evakuace osob

Hana Najmanová

Katedra konstrukcí pozemních staveb
Fakulta stavební, ČVUT v Praze

3.11.2016

International Event Safety Lab



Náplň

- 1. Motivace**
- 2. Jaké existují evakuační modely a jak se liší**
- 3. Využití evakuačních modelů při simulacích pohybu davu**
- 4. Shrnutí**
- 5. Ukázka simulace evakuace stadionu**

Motivace

Posouzení požární bezpečnosti?

ASET ⇌ RSET

ASET

„Available Safe Egress Time“

= Čas dostupný pro evakuaci osob

- Překročení bezpečných podmínek pro pohyb osob
 - Tepelné efekty (vysoké teploty, sálavé teplo)
 - Zplodiny hoření
 - Viditelnost

RSET

„Required Safe Egress Time“

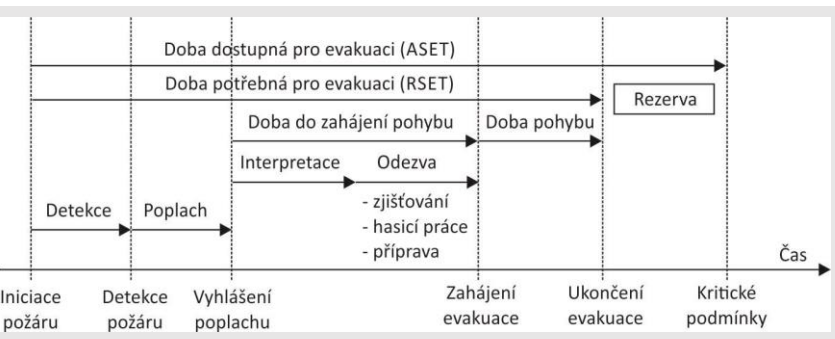
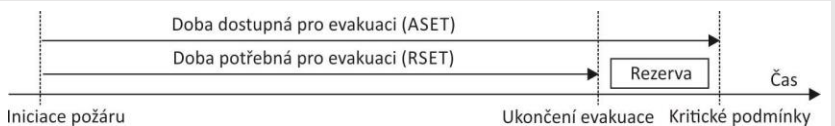
= Čas potřebný pro evakuaci osob

- Souhrn dílčích časových intervalů
 - Do zahájení pohybu osob (detekce, vyhodnocení situace)
 - Pohyb osob směrem k východu

3 | 24

Motivace

Posouzení požární bezpečnosti?



4 | 24

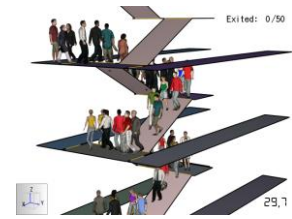
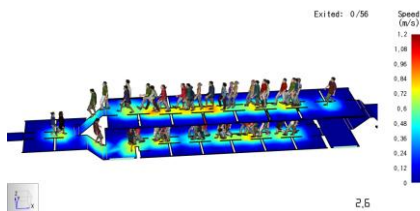
Evakuační modely

Proč?

Proč jsou evakuační modely využívány v požárním inženýrství?

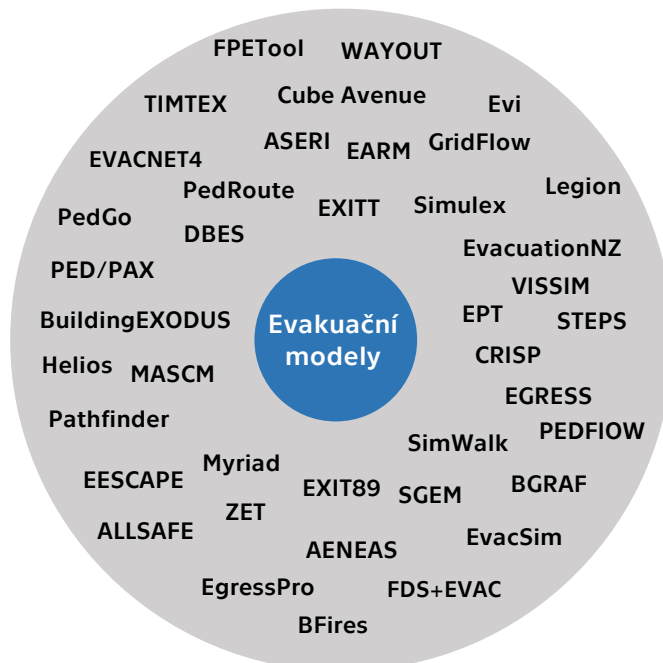
- Výpočet doby evakuace pro účely inženýrského posouzení (RSET)
- Identifikace problematických částí/oblastí
- Optimalizace návrhu
- Prognóza lidského chování

Je něco takového možné?



5 | 24

Evakuační modely



6 | 24



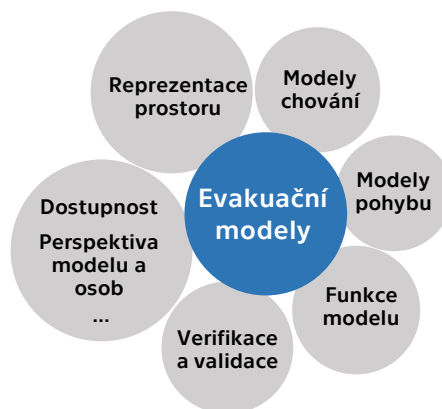
Evakuační modely



7 | 24



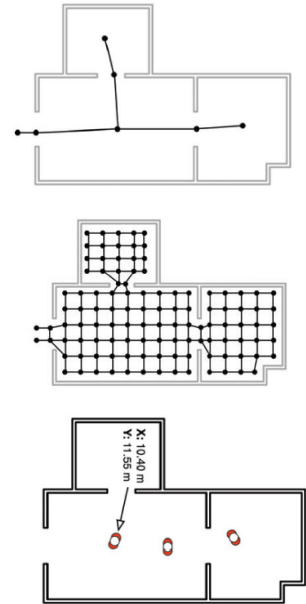
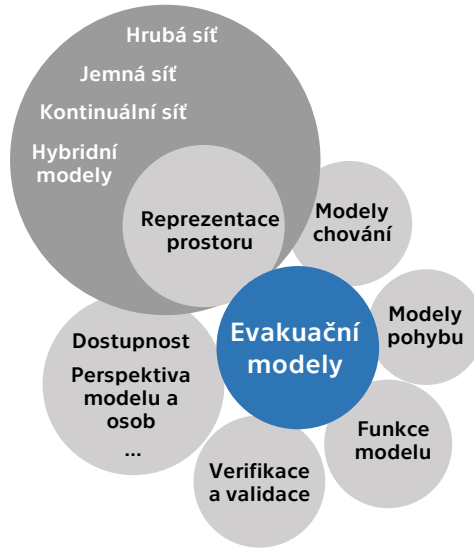
Evakuační modely



8 | 24



Evakuační modely

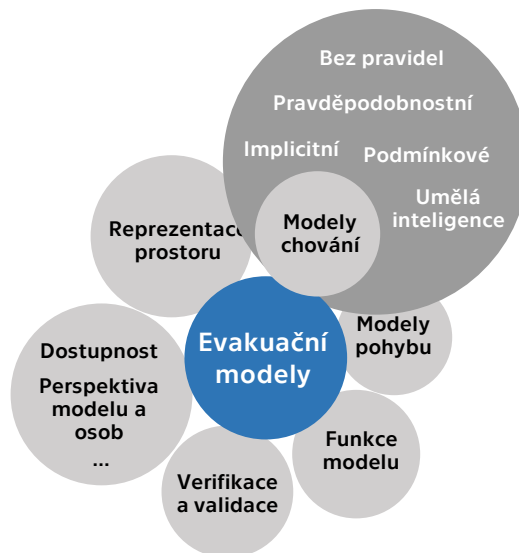


Enrico Ronchi

9 | 24



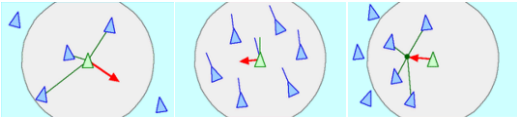
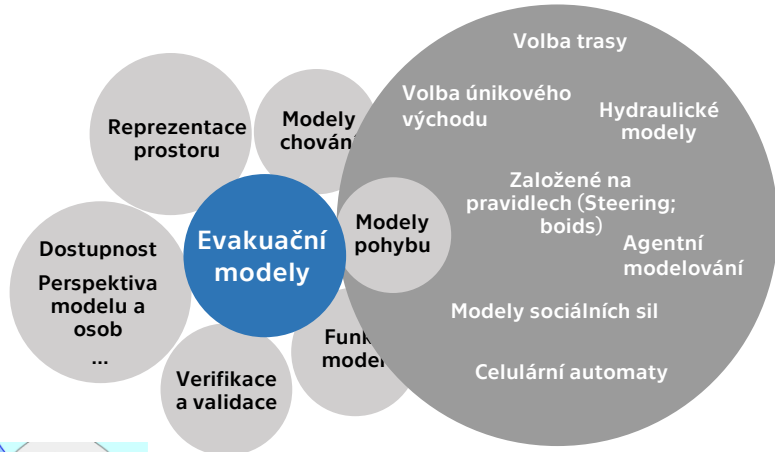
Evakuační modely



10 | 24



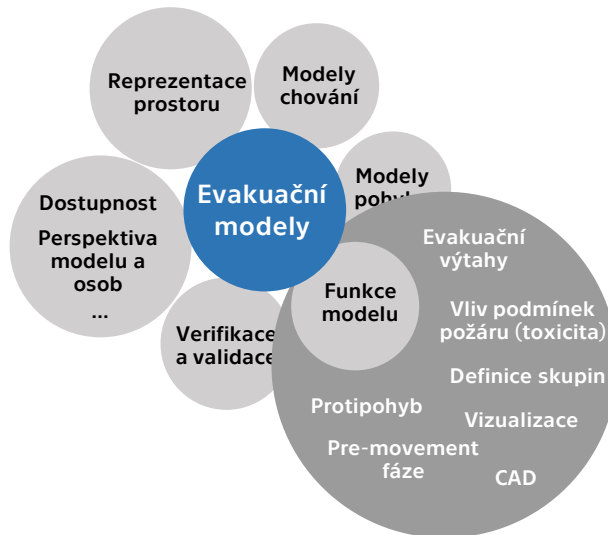
Evakuační modely



Separace Uspořádání Soudržnost Craig Reynolds

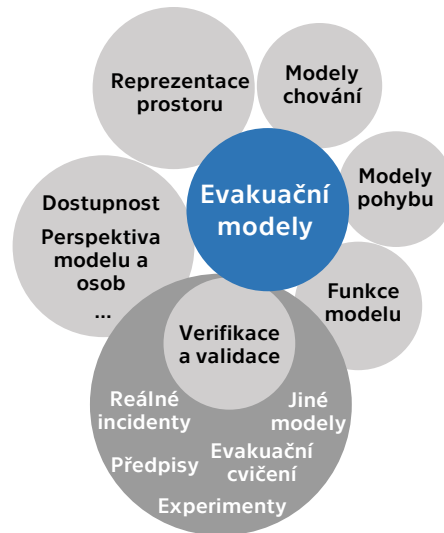


Evakuační modely





Evakuační modely



13 | 24



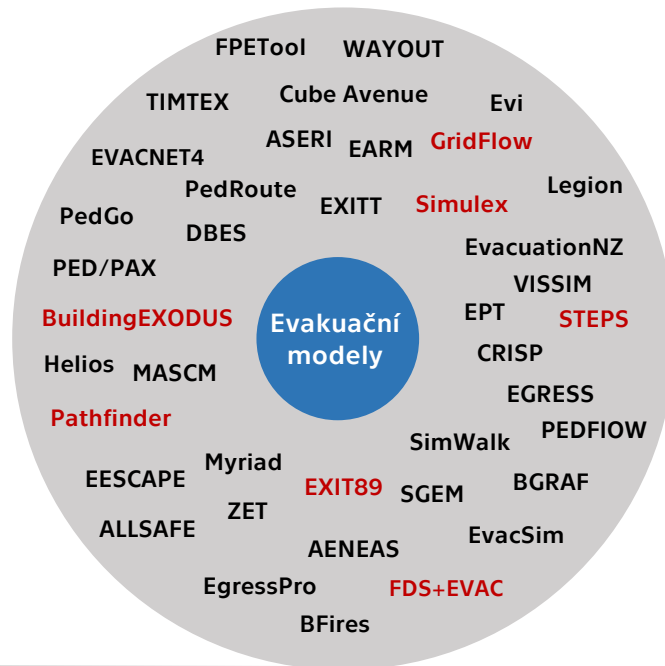
Evakuační modely



14 | 24



Evakuační modely



15 | 24



Modelování pohybu a evakuace davu

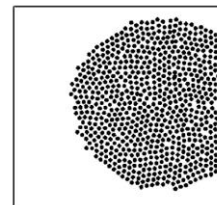
Specifika

Pohyb v davu

- Princip nejmenší námahy
- Preference nejrychlejší cesty (vizuálně nejkratší, nejlepší výhled, nejpřímější)
- Udržování odstupů od ostatní lidí, překážek (spěch, atraktivní místa)
- Následování osoby před sebou v případě kongesce
- Vytváření obloukovitého tvaru davu v místě zúženého průchodu
- Vytváření proudů při pohybu v opačném směru



Still, 2000



Yu et al., 2015



Helbing et al., 2001

16 | 24

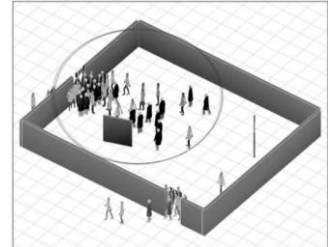
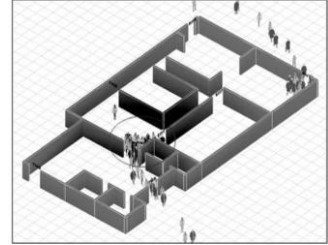
Modelování pohybu a evakuace davu

Specifika

Chování davu

Normální vs. mimořádné situace

- Mýtus fenoménu paniky
- Motivace následovat známé osoby a místa (rodiny, skupiny přátel, známé cesty)
- Preference následovat ostatní ve volbě únikového východu
- Nutnost komunikace a poskytnutí informací (efektivnější chování při dostatku informací)
- Konkurenční chování v místě zúžených průchodů (faster is slower effect)
- Následování ostatní i při neefektivním využití východů (státní efekt)



Pan et al., 2007

17 | 24

Modelování pohybu a evakuace davu

Jaké vlastnosti má mít vhodný model?

- **Agentní modely (agentově orientované modelování a simulace)**
 - Identifikovatelný (vlastnosti, pravidla chování, schopnost rozhodovat)
 - Soběstačný
 - Interaguje s ostatními agenty, prostředím
 - Je cílově zaměřenou jednotkou
 - Autonomní (nezávisle na svém prostředí)
 - Flexibilní (schopnost učit se a adaptovat)

18 | 24



Modelování pohybu a evakuace davu

Jaké vlastnosti má mít vhodný model?

- Všechny fáze – interpretace, příprava, akce
- Nerovnoměrné rozložení hustoty osob (shlukování u atraktivních míst)
- Pohyb s hlavním proudem davu
- Kontakt a komunikace mezi jednotlivými členy davu
- Chování skupiny (přátelé, rodina...)
- Antisociální chování (zvýšená úroveň agresivity v převážně mužském prostředí, vliv intoxikace...)

19 | 24



Modelování pohybu a evakuace davu

Jaké vlastnosti má mít vhodný model?

- **Další fenomény pozorované na nestandardních podmínkách**
 - Motivace osob v davu následovat známé osoby a místa
 - Preference zvolit známou cestu
 - Tendence pohybovat se ve stejném směru jako ostatní
- **Sociální aspekty**
 - Rodiče upřednostňují bezpečnost dětí
 - Pohyb rodiny jako ucelené jednotky
 - Ženám se dostává více pomoci než mužům, muži častěji nabízejí pomoc než ženy
 - Konkurenční chování (v případě limitovaných prostředků)
 - Stádní efekt

20 | 24



Modelování pohybu a evakuace davu

Limitace dostupných modelů

- Absence psychologických aspektů (paměť, emoce, stres...)
- Vzájemná interakce mezi osobami v davu (tlačení, strkání...)
- Absence komunikace mezi osobami v davu a důsledky na chování davu
- Kompletní informace o situace (přednastavená pravidla chování), absence objevování
- Absence interakce mezi osobami v davu a dalšími skupinami (policie, organizátoři, stevardi...)
- Sociální aspekty (chování skupin, rodin...)
- Možnosti modelování davu jako celku
- Absence víceúčelového chování
- Časová náročnost

21 | 24



Shrnutí

- **Jsou evakuační modely schopné předpovídat lidské chování?**
 - Různá úroveň sofistikovanosti (jaká data lze ovlivňovat a jak?)
- **Zodpovědný přístup, znalost modelu, schopnost interpretace = inženýrský přístup**
 - Výběr vhodného evakuačního modelu
 - Znalost submodelů, možnosti vstupních dat
- **Limitace modelů**
- **Simulace nerovná se realita**

124MDPE Modelování dynamiky požáru a evakuace staveb

22 | 24



Děkuji za pozornost!

Hana Najmanová
hana.najmanova@cvut.cz

23 | 24



Zdroje

Boids Background and Update by Craig Reynolds

www.red3d.com/cwr/boids/

<http://www.thunderheadeng.com/pathfinder/>

Challenger, R., Clegg, Ch. W. a Robinson, M. A., 2009. *Understanding Crowd Behaviors: Guidance and Lessons Identified*. Emergency Planning College, University of Leeds.

Kuligowski, E. D. a Peacock, R. D., 2005. *A Review of Building Evacuation Models*. Building and Fire Research Laboratory, National Institut of Standards and Technology. Technical Note 1471.

24 | 24