

Stanovisko školitele k dizertační práci
„Role datových reprezentací při modelování pohybu chodců,“
autora ing. Marka Bukáčka

Hlavním objektem zájmu předložené dizertační práce je vysoce aktuální problematika modelování pohybu davu chodců. Tato relativně mladá, avšak prudce se rozvíjející podoblast analytické teorie socio-dynamických systémů nabízí celé spektrum dosud nevyřešených otázek, problémů kolem neustálených definic základních veličin či metod pro jejich extrakci z dostupných empirických dat. Ve srovnání s příbuznou disciplínou, kterou je fyzika dopravního proudění, je navíc v případě pěšího proudu přístup ke kvalitním empirickým datům výrazně omezený. Autor této dizertační práce společně se s vlastním týmem spolupracovníků proto zrealizoval a následně vyhodnotil celou řadu původních (a originálně navržených) experimentů, které byly příslušnou vědeckou komunitou shledány za vysoce přínosné. O tom svědčí i vědecká evaluace extrahovaná z databáze Web of Science. Autor v ní má ke dni přípravy tohoto posudku **16 publikací**. Jeho **H index je 6** a **počet citací 67** s autocitacemi, resp. **40** po vyjmutí autocitací. Takový výsledek je pro obhajujícího aspiranta ojedinělý a svědčí o faktu, že jeho výsledky dosahují v mnoha případech světové úrovně. Za zmínku stojí také fakt, že některé původní výsledky autora jsou citovány samotnými špičkami v oboru, jakými jsou např. Andreas Schadschneider, Winnie Daamen či Jaroslaw Waş. Za všechny autorovy publikace zde uvádím nejvíce citované, případně nejvíce hodnotné. Jsou to:

- P. Hrabák, M. Bukáček, and M. Krbálek, *Cellular Model of Room Evacuation Based on Occupancy and Movement Prediction: Comparison with Experimental Study*, Journal of Cellular Automata 8, (2013) 383–393
- P. Hrabák, M. Bukáček, *Influence of agents heterogeneity in cellular model of evacuation*, Journal of Computational Science 21, 486–493
- M. Bukáček, P. Hrabák, and M. Krbálek, *Individual Microscopic Results Of Bottleneck Experiments*, Traffic and Granular Flow '15 (2016) 105–112
- M. Bukáček, P. Hrabák, M. Krbálek, *Microscopic Travel Time Analysis of Bottleneck Experiment*, Transportmetrica A: Transport Science 14/5-6 (2018) 375–391
- M. Krbálek, P. Hrabák, M. Bukáček, *Pedestrian headways — Reflection of territorial social forces*, Physica A 490 (2018) 38–49

Struktura práce: Práce sestává z úvodu, pěti základních kapitol, závěru a soupisu použitých zdrojů. Zabírá 172 stran vlastního textu (po vyloučení stran s nutnými formálními náležitostmi) a je sepsána v anglickém jazyce. V úvodu jsou přehledovým způsobem vypsány

podoblasti fyziky davu, jichž se předložená dizertační práce dotýká. Autor v úvodu také seznamuje čtenáře s jednotlivými modely a se sadou původních chodeckých experimentů, na nichž je založen příslušný výzkum popsany v dalších oddílech textu. V první kapitole autor zavádí základní makroskopické veličiny, jež se běžně užívají při popisu dynamicky se pohybujícího davu chodců. Jde o zejména o zavedení hustoty a intenzity, ale také o jednotlivé reprezentace distribucí chodců založených na metodě jader, případně na metodě voronoiské teselace. Poté jsou přehledně vyobrazeny závislosti základních veličin pro vybranou sadu experimentů. Popisu a analýze chování chodců je věnována kapitola třetí. Diskutován je fázový přechod mezi volným a kondenzovaným prouděním a příčiny jeho vzniku. Probrána je také přítomnost tzv. metastabilních stavů, jejichž analogii lze nalézt rovněž v systémech dopravních. Na stranách 54–58 jsou rozebrány základní vlastnosti tzv. fundamentálního diagramu, tj. závislosti intenzity na hustotě. Část třetí kapitoly se zabývá heterogenitou chodců. Důležitou partií fyziky davu je statistika prostorových či časových rozestupů mezi jednotlivými chodci. Té se věnuje velká část třetí kapitoly také. Prezентují se v ní velice hodnotné výsledky demonstrující paralelu mezi distribucí světlostí chodců a distribucí světlostí detekovanou mezi za sebou jedoucími vozidly v dálničním proudu. Kromě toho se autor také věnuje pokročilé statistické analýze chodeckých mikrodat, konkrétně analýze tzv. statistické rigidity. Pomocí ní ukazuje zásadní rozdíly mezi dynamikou davu a dynamikou dopravních vzorků (viz obrázek 4.35). Konec kapitoly je věnován synchronizačnímu efektu. Čtvrtá kapitola představuje detailněji jednotlivé frekventovaně využívané chodecké modely a diskutuje vliv jejich parametrů na tvar výstupních charakteristik. Vlastní modifikace modelů, konstruované pro vysvětlení některých původních chodeckých experimentů autora, jsou představeny v kapitole páté. Autor specifikuje jednotlivé atributy jejich nastavení a také relevantní hodnoty jejich vstupních parametrů. V šesté kapitole je pozornost autora soustředěna na mikroskopické aspekty pohybu chodců ve výše diskutovaných celulárních modelech. Jednotlivé oddíly šesté kapitoly probírají vliv některých vybraných atributů modelu na výsledné výstupy modelu a jejich přínos pro realističtější predikce pohybu davu. V poslední části šesté kapitoly jsou rozebrány originální experimenty, v nichž se skupiny chodců mísí a postupují vpřed k východu z místnosti. Navržen a validován je vlastní model, který celý proces úspěšně modeluje. Textová část dizertace je završena obecnějším pojednáním o záměrech a výsledcích, ke kterým sedmileté doktorské studium ing. Bukáčka dospělo.

Shrnutí a hodnocení: Dizertační práce ing. Marka Bukáčka je podrobně komentovaným sumářem jednotlivých dílčích témat, jimiž se aspirant během svého studia zabýval a o nichž poté reportoval v příslušných vědeckých publikacích. Práce je sepsána přehlednou a poměrně kompaktní formou. Osobně ji pokládám za velice kvalitní a shledávám ji významným přínosem

k analytické socio-dynamice, a to i v mezinárodním měřítku. Rád bych na tomto místě také vyzvedl výraznou aktivitu aspiranta jak při získávání důležitých vědeckých kontaktů, tak i při vedení studentských prací pregraduálních studentů a při různorodých pedagogických aktivitách. Aspirant během svého více než sedmiletého doktorského studia prokázal, že je schopen samostatného vědeckého výzkumu v dané oblasti, což je jedním z hlavních obecných cílů doktorského studia.

S ohledem na výše uvedené proto doporučuji předloženou dizertační práci k obhajobě a v případě její úspěšné obhajoby doporučuji udělení titulu Ph.D.

doc. Mgr. Milan Krbálek, Ph.D.

Katedra matematiky

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

České vysoké učení technické v Praze

Trojanova 13

120 00 Praha 2

V Pardubicích dne 26. března 2021.