

POSUDEK OPONENTA DISERTAČNÍ PRÁCE

Student: Ing. Jana Vacková

Název práce: Modification and Calibration of Pedestrian Models Using Microscopic Analysis of Crowd Dynamics

Cílem disertační práce Ing. Jany Vackové je představit a následně důkladně rozvinout metodu statistické kalibrace modelů pohybu osob takovým způsobem, aby byla tato metoda reprodukovatelná a adaptabilní pro jakýkoliv další model. Dlouhodobým přínosem dosažení tohoto cíle jsou přesnější předpovědi chování chodců během nouzových i běžných situací. V případě nouzových situací jde zejména o evakuaci velkého počtu osob z ohrožených objektů nebo prostranství, v případě běžných situací jde zejména o scénáře s vysokou hustotou osob, jakými jsou například sportovní utkání, demonstrace, hromadné kulturní akce apod.

Autorka svoji práci staví na oprávněném předpokladu, že každý model dynamiky pohybu osob vyžaduje pečlivou kalibraci, aby co nejvíce odpovídal skutečnému chování pozorovaných systémů. Za tímto účelem vyvíjí model založený na rozhodování, který integruje základní mechanické principy pohybu částic a známé aspekty dynamiky pohybu osob, aby byl model realističtější z mikroskopického pohledu. Významnou částí práce je aplikace nových kalibračních veličin, které umožňují lepší nastavení modelu a zvýšení jeho přesnosti. Pro dosažení tohoto cíle autorka zkoumá jádrové odhady chodecké hustoty, které představují sofistikovanější přístup k definici hustoty než tradiční metody.

Inovativním aspektem práce je použití mikroskopických kalibračních veličin, které přispívají k dalšímu vylepšení kalibračního procesu. Tyto veličiny pomáhají zpřesnit model tak, aby lépe reflektoval variabilitu v chování chodců. Autorka současně prokazuje účinnost aplikace statistické metod pro kalibraci a vyhodnocení výsledků těchto modelů. Díky tomu je možné dosáhnout vyšší míry přesnosti výsledků, což je pro praktické aplikace zásadní. Práce také zdůrazňuje důležitost reprodukovatelnosti výsledků, což umožňuje dalším výzkumníkům ověřit a dále rozvíjet předložené modely.

Práce má celkem 200 stran včetně příloh. V první části s názvem *Pedestrian Kernel Density Estimate: Definition and State of the Art* se autorka podrobně věnuje aktuálnímu stavu známých technik odhadu hustoty chodců, které jsou klíčové pro kalibraci a validaci modelů jejich dynamiky. V úvodu kapitoly autorka objasňuje, proč je tento odhad hustoty důležitý. Podrobně se zmiňuje o limitech tradičních metod, které často používají diskrétní hodnoty hustoty a nemohou dobře zachytit mikroskopické detaily dynamiky davu jako celku. Proto se následně zaměřuje na jádrové odhady hustoty, které poskytují lepší popis plynulých proměn hustoty v prostoru a čase.

Autorka představuje různé typy jádrových funkcí a diskutuje jejich výhody a nevýhody v kontextu chodecké dynamiky. Dále objasňuje, jak mohou být tato jádra použita k modelování interakcí mezi chodci a jejich okolím, což je pro každý realistický model klíčové. Autorka dále zkoumá, jak různé

jádrové funkce ovlivňují výpočet hustoty a jak mohou být parametrizovány, a podrobně rozebírá, jak se jednotlivé typy jader liší v zachycení lokálních a globálních charakteristik chodeckého davu.

Další část této kapitoly se věnuje porovnání jádrových odhadů s tradičními metodami, jako jsou Voroniový diagramy a metody založené na minimální vzdálenosti. Autorka analyzuje, jak mohou být tyto spíše tradiční přístupy s jádrovými odhady kombinovány.

Ve druhé části s názvem *Pedestrian Kernel Density Estimate: Detector Approach* se autorka zaměřuje na aplikaci a analýzu jádrových odhadů hustoty chodců v rámci specifického detekčního přístupu, který se ukazuje pro efektivní kalibraci modelů klíčovým. Autorka vysvětluje význam použití statického detektoru pro zkoumání chování chodců v určené oblasti. Klade důraz na změnu hustoty chodců v závislosti na změnách parametrů jader a ukazuje jejich specifické využití pro potřeby simulace. Analyzuje vliv různých hodnot parametrů na schopnost modelu přesně odhadnout hustotu chodců v dané oblasti a navrhuje optimální hodnoty pro různé scénáře. Dále zkoumá vliv experimentálního nastavení na výsledky jádrových odhadů. Ukazuje, jak se mění dynamika hustoty v reakci na různé podmínky a jak to může být využito v praxi pro zlepšení plánování evakuace nebo návrhu veřejných prostranství.

V závěru kapitoly prezentuje dosažené výsledky a navrhuje další možné směry výzkumu, které by mohly uvedenou problematiku dále posunout. Autorka správně uvádí, že aktuální podoba práce se zaměřuje převážně na specifické prostředí s homogenním rozložením chodců a navrhuje další výzkum v rámci komplexního urbanistického prostředí, velkých veřejných akcí nebo prostředí s množstvím přirozených překážek. Ve všech těchto případech lze očekávat, že se dynamika davu bude výrazně lišit. Za zmínku stojí také vývoj adaptivních kalibračních postupů, které by umožňovaly modelům flexibilně reagovat na měnící se podmínky v reálném čase. Toho bude zřejmě možné dosáhnout s využitím metod umělé inteligence za účelem průběžné úpravy parametrů modelu.

Práce a její zaměření je vysoce aktuální. V současné době se do popředí dostávají dříve nepoužívané zdroje dat pro kalibraci modelů pohybu osob a evakuace a dříve výhradně využívaná profilová měření jsou dnes nahrazována pokročilejšími vstupy. Předložená práce proto představuje významný přínos v této oblasti a bude nepochybně východiskem pro další navazující výzkum autorky a jejích spolupracovníků.

V rámci diskuze při obhajobě doporučuji autorce zaměřit svoji pozornost na využití metod umělé inteligence v širším měřítku – nikoliv pouze pro adaptivní kalibraci modelu, ale obecně pro nahrazení simulace jako takové odhadem výsledku pomocí strojového učení. Tyto rychle se rozvíjející metody mají potenciál ohraničit využitelnost konzervativního přístupu pouze pro specifické aplikace. Práce jako celek nemá formální nebo metodologické nedostatky. Po dokončení obhajoby doporučuji autorce udělení titulu Ph.D.

V Brně dne 5. 5. 2024

.....
doc. Mgr. Tomáš Apeltauer, Ph.D.