

# Abstrakt

Vehicle routing problem s časovými okny (VRPTW) je jedním z nejdůležitějších a nejvíce zkoumaných problémů v oblasti dopravy. Matematický model tohoto problému vystihuje klíčové vlastnosti společné celé řadě dalších dopravních problémů řešených v praxi. Jádrem problému je hledání množiny tras začínajících a končících v jediném depu, které obsahují zastávky u množiny zákazníků. Pro každého zákazníka je pak definováno konkrétní množství zboží, jež je třeba doručit a časové okno, ve kterém je požadováno dodání tohoto zboží.

Reálné aplikace tohoto problému jsou zpravidla výrazně bohatší, napojené na nadřazené logistické systémy. Klíčovým faktorem pro úspěšné nasazení odpovídajících algoritmů je proto jejich flexibilita vzhledem k dodatečným rozšířením základního matematického modelu spojeným s nasazením v reálném světě. Dalším podstatným faktorem je schopnost systému reagovat na nepředvídané události jako jsou dopravní zácpy, poruchy, změny preferencí zákazníků atd.

Multi-agentní systémy reprezentují architekturu a návrhový vzor vhodný pro modelování heterogenních a dynamických systémů. Entity v systému jsou v rámci multi-agentního modelu reprezentovány množinou agentů s odpovídajícími vzorci autonomního jako i společenského chování. Chování systému jako celku pak vyplývá z autonomních akcí jednotlivých agentů a jejich interakcí. Díky autonomní povaze tohoto modelu je výsledný systém velice robustní v prostředích s velkou mírou nejistoty. Zmíněná rozšíření problému i dodatečná omezení mohou být zakódována do lokálních vzorců chování agentů včetně autonomních vzorců chování pro řešení lokálně pozorovaných dynamických změn v systému. Jako takové, multi-agentní systémy představují zajímavou alternativu tradičních centralizovaných optimalizačních metod.

V této práci představujeme reformulaci VRPTW jako multi-agentního optimalizačního problému ve společnosti agentů reprezentujících jednotlivá vozidla, jež jsou součástí problému. V centru zájmu jsou pak alternativní přístupy k lokálnímu plánování agentů, stejně jako různé modely interakce mezi agenty umožňující efektivně kooperovat směrem k efektivnímu řešení problému. Na jejich základě je představeno několik inkrementálních verzí výsledného algoritmu pro VRPTW. V experimentální části této práce pak představujeme srovnání výsledného algoritmu s úspěšnými tradičními centralizovanými algoritmy, stejně jako i s předchozími agentními algoritmy. Takovéto relevantní srovnání chybí ve většině předešlých srovnatelných agentních prací. Experimentální část práce navíc obsahuje i řadu dodatečných experimentů odhalujících hlubší povahu řešícího procesu.

Srovnání s existujícími algoritmy využívá množiny testovacích problémů, které jsou dobře známé v oblasti operačního výzkumu. V 90.3% řešených případech dokázal algoritmus nalézt řešení stejné kvality jako nejlepší centralizované algoritmy s výslednou celkovou relativní odchylkou 0.3%. Tento výsledek je výrazným zlepšením oproti předchozím srovnatelným agentním studiím. Dalším pozoruhodným výsledkem je konvergence paralelní verze představeného algoritmu, která v tomto ohledu překonává i zavedené centralizované metody. Hlavním přínosem této práce je hlubší porozumění důsledkům vyplývajícím z použití multi-agentního přístupu k řešení VRPTW a komplexních transportních problémů obecně.