

DISS. ETH NO. 23946

**SIMULATING WORK-LEISURE CYCLES IN LARGE
SCALE SCENARIOS: MODELS AND
IMPLEMENTATION**

A thesis submitted to attain the degree of
DOCTOR OF SCIENCES of ETH ZURICH
(Dr. sc. ETH Zurich)

presented by

SERGIO ARTURO ORDÓÑEZ MEDINA

Master of Science, Universidad De Los Andes, Bogotá, Colombia

born on 08.01.1986

citizen of
Colombia

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Kay W. Axhausen, examiner
Prof. Dr. Marcela Munizaga, co-examiner
Dr. Alex Erath, co-examiner

2016

Abstract

Multi-agent transport simulation models are tools to support decision making. Evaluations and comparisons of several future scenarios can be performed using this approach. With the development of information technologies and computational power, it is now possible to simulate the transport system of an urban population in order of magnitude of 10^7 agents. MATSim is a large-scale multi-agent transport simulation model based on human activities. It can simulate in parallel the mobility of millions of agents with reasonable computational effort. However, as the period of MATSim simulations is only one day, multi-day mobility patterns can not be studied. This restricts the analysis of various transportation planning issues. For instance, recent studies show that the behavioral variety of travelers cannot be analyzed with results of one-day simulations. Development of advanced time consumption models requires observations of at least a week because daily and weekly work-leisure cycles should be included.

To expand the standard MATSim time horizon, only few changes in the current implementation have to be made. However, there are further reasons why the standard MATSim is not ideal for multi-day scenarios. First, when executing the evolutionary algorithm of MATSim, the number of possible activity sequences per agent increases exponentially with the simulation time horizon. Consequently, the process for a multi-day scenario takes too long to reach *User equilibrium*. Second, assigning multi-day activity sequences to every agent of a synthetic population in the beginning of the evolutionary process is a challenge due to the large number of possibilities.

In this thesis, a new approach for multi-day simulations is presented. To address the above MATSim drawbacks, a differentiation between fixed and flexible activities is proposed. An extension of MATSim to initialize agents with incomplete sequences of fixed activities and schedule on-the-fly flexible activities is implemented and tested. For flexible activity scheduling, a new multi-activity scheduler is designed. It is based on the discretization of scheduling dimensions. It solves for the number of activities, the types,

the start times and durations, the locations and the mode of transportation of trips between consecutive activities.

To evaluate the approach with real data, weekly patterns of fixed activities from frequent public transport users in Singapore are identified from smart card data and a household travel survey. With these results, *weekly fixed activity skeletons* are assigned to agents of the Singapore synthetic population. Furthermore, flexible activity type and place type models are estimated using the house interview travel survey. These results are employed to assign an *activity agenda* and a *set of evoked places* to each agent in the synthetic population.

Finally, a weekly simulation of a 10% sample of the synthetic population is executed. After only 20 iterations, 371,996 agents managed to perform all the planned activities, demonstrating the efficiency of the new approach. Results also show accurate time distributions of fixed and flexible activities. Scheduled flexible activity locations are close to reality for the majority of activity types. Travel times from/to evoked places reproduce observed distributions. Moreover, reaching *User equilibrium* is computationally tractable since 100 iterations of the weekly simulation took 2 days and 3 hours using 60 GB of RAM.

Sommario

I modelli di trasporto multiagente sono metodi di supporto per la pianificazione. Per mezzo di questi approcci, futuri scenari possono essere valutati e confrontati. Con lo sviluppo di nuove tecnologie informative e della potenza computazionale, è ora possibile simulare il trasporto di 10^7 agenti. MATSim è un modello di simulazione di trasporti multiagente su ampia scala basato su attività quotidiane. Con MATSim si può simulare in parallelo la mobilità di milioni di agenti con un ragionevole sforzo computazionale. Ad ogni modo poiché le simulazioni di MATSim sono di un solo giorno, patterns di mobilità estesi a più giorni non possono essere studiati. Questo limita le analisi su vari casi studio nell'ambito della pianificazione dei trasporti urbani. Per esempio, recenti studi mostrano che la varietà comportamentale dei viaggiatori non può essere analizzata con risultati derivanti da simulazioni di un unico giorno. Lo sviluppo di modelli avanzati di gestione del tempo richiede osservazioni di almeno una settimana, poiché i cicli di lavoro e del tempo libero in tempi settimanali e giornalieri dovrebbero essere inclusi nelle simulazioni.

Per estendere l'orizzonte temporale standard di MATSim, sono necessari appena pochi cambiamenti nella attuale implementazione. Tuttavia, ci sono ulteriori ragioni perché l'implementazione standard di MATSim non è ideale per scenario di più giorni. In primo luogo, quando si esegue l'algoritmo evolutivo di MATSim, il numero di possibili sequenze di attività per agente aumenta esponenzialmente con il tempo di simulazione. Di conseguenza il processo simulazione di uno scenario di più giorni impiega troppo tempo per raggiungere *l'equilibrio di Nash*. In secondo luogo, assegnare sequenze di attività di più giorni a ogni agente di una popolazione sintetica all'inizio di un processo evolutivo è una sfida per il grande numero di possibilità.

In questa tesi, un nuovo approccio per simulazioni di più giorni è presentato. Per risolvere i precedentemente citati svantaggi, si propone una differenziazione tra attività fisse e flessibili. Un'estensione di MATSim è

implementata e testata per inizializzare gli agenti con sequenze incompleti di attività fisse e programmare all'istante attività flessibili. Per la programmazione di attività flessibili, un nuovo pianificatore di più attività è ideato, il quale è basato su discretizzazione delle dimensioni di pianificazione e trova soluzioni per il numero di attività, le tipologie, il tempo di inizio, la durata, la locazione e il modo di trasporto tra attività consecutive. Per valutare l'approccio con dati reali, pattern settimanali di attività fisse sono stati identificati dagli utenti abituali dei trasporti pubblici a Singapore per mezzo delle tessere dei trasporti e di sondaggi sui viaggi domiciliari.

Con questi risultati, l'*ossatura di attività fisse settimanali* sono assegnate agli utenti della popolazione sintetica di Singapore. Inoltre, modelli di attività flessibili e modelli del tipo di locazione sono stimati usando i sondaggi sui viaggi domiciliari. Questi risultati sono impiegati per assegnare un'*agenda delle attività* e un *set di luoghi prestabiliti* per ogni agente della popolazione sintetica.

Infine, una simulazione settimanale è valutata su un campione del 10% della popolazione sintetica. Solo dopo 20 iterazioni, 371,996 agenti sono riusciti a compiere tutte le attività pianificate, dimostrando così l'efficienza del nuovo approccio. I risultati mostrano inoltre accurate distribuzioni temporali delle attività fisse e flessibili. Locazioni pianificate delle attività flessibili sono vicine alla realtà per la maggior parte dei tipi di attività. I tempi di viaggio da/a luoghi prestabiliti riproducono le distribuzioni osservate. Inoltre, la valutazione dell'*equilibrio di Nash* è trattabile poiché il tempo di computazione di 100 iterazioni delle simulazioni settimanali è di 2 giorni e 3 ore usando 60 GB di RAM.