

# Agent-based models in urban transportation: review, challenges, and opportunities

<https://etr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-023-00590-5>

## 0. Introduction

- 도시 교통 분야에서 에이전트 기반 모델(Agent-Based Model, ABM)의 중요성 제시
- 전통적 교통 모델(예: 매크로 기반 시뮬레이션)의 한계
- 복잡한 교통 시스템 내 개별 행위자(운전자, 보행자 등) 모델링의 필요성
- 연구의 주요 목적 : ABM이 도시 교통 분석 및 예측에서 제공하는 새로운 가능성 탐색
- 논문의 기여 : 기존 연구를 종합적으로 검토하고, 현재의 한계 및 향후 연구 방향 제시

## 1. Overview

- ABM의 기본 개념 설명
  - 개별 행위자 단위 시뮬레이션
  - 상호작용 기반의 거시적 패턴 형성
- 도시 교통 연구에서의 ABM 응용 초기 역사
- 전통적 모델 (예: Four-Step Model, Dynamic Traffic Assignment) 대비 차별점
- 주요 시뮬레이션 플랫폼 소개 (예: MATSim, SUMO, AnyLogic 등)
- ABM이 제공하는 데이터 통합, 정책 평가, 시나리오 테스트의 장점
- 본 논문은 bibliometric + content analysis 기반

## 2. Challenges

- Model Calibration and Validation

- 다양한 데이터 소스 간 불일치로 인해 보정(calibration) 표준화가 어렵고, 모델 검증(validation) 방식이 통합되지 않음.
- Computational Efficiency and Scalability
  - 대규모 도시 규모에서 실행 시 계산 비용이 급격히 증가, 시뮬레이션 효율성 문제 지속.
- Integration of Multiple Modules
  - 교통, 환경, 에너지 등 이종 모듈을 ABM에 삽입(embedding)하거나 연계(coupling)하는 과정에서 기술적 복잡성 발생.
- Complex System Interactions
  - 행위자 간 상호작용 및 다층적 네트워크(도로, 사회, 경제)가 복잡하게 얽혀 모델 관리가 어려움.
- Reproducibility Issues
  - 오픈소스 코드, 데이터, 파라미터 공유 부족으로 연구 재현성 확보가 어려움.
- Geographic Bias
  - 연구가 선진국 중심으로 이루어져 있으며, 개발도상국 및 글로벌 사우스 지역에 대한 적용 연구가 부족함.

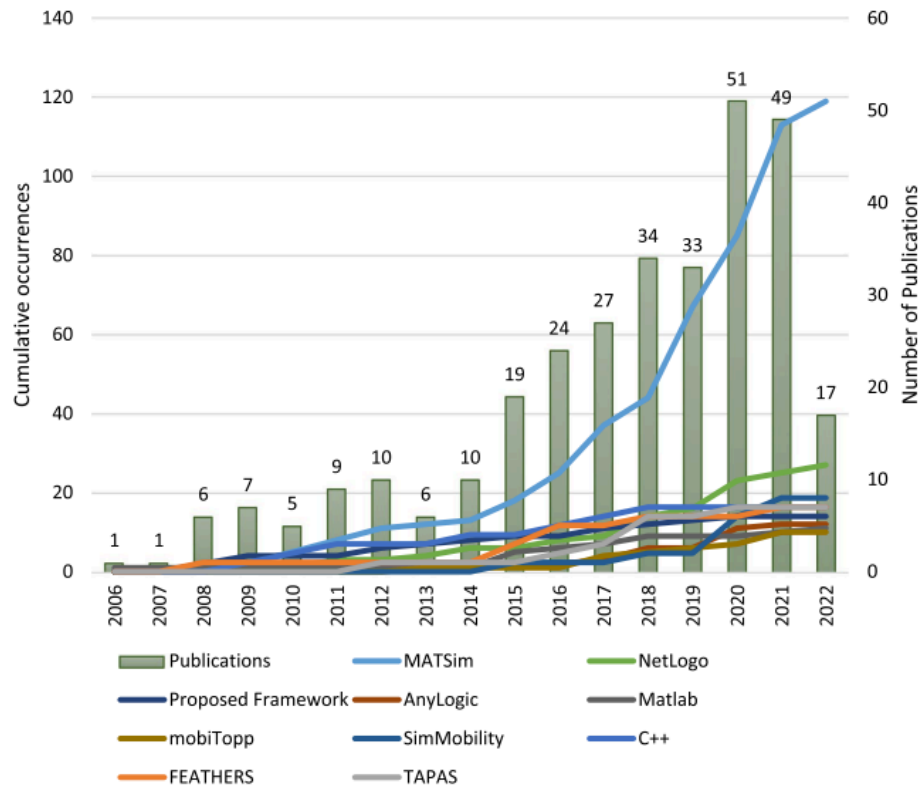
### 3. Taxonomy of Methods

- 교통 모드별 분류
  - 개인 차량 기반 모델
  - 대중교통 네트워크 모델
  - 자전거 및 보행자 중심 모델
- 연구 목적별 분류
  - 정책 평가 (congestion pricing, transit redesign)
  - 인프라 계획 (도로, 교통 신호 시스템)
  - 환경 영향 분석 (배출량, 에너지 소비)
- 도구 및 플랫폼
  - MATSim, SUMO, NetLogo, AnyLogic, SimMobility 등

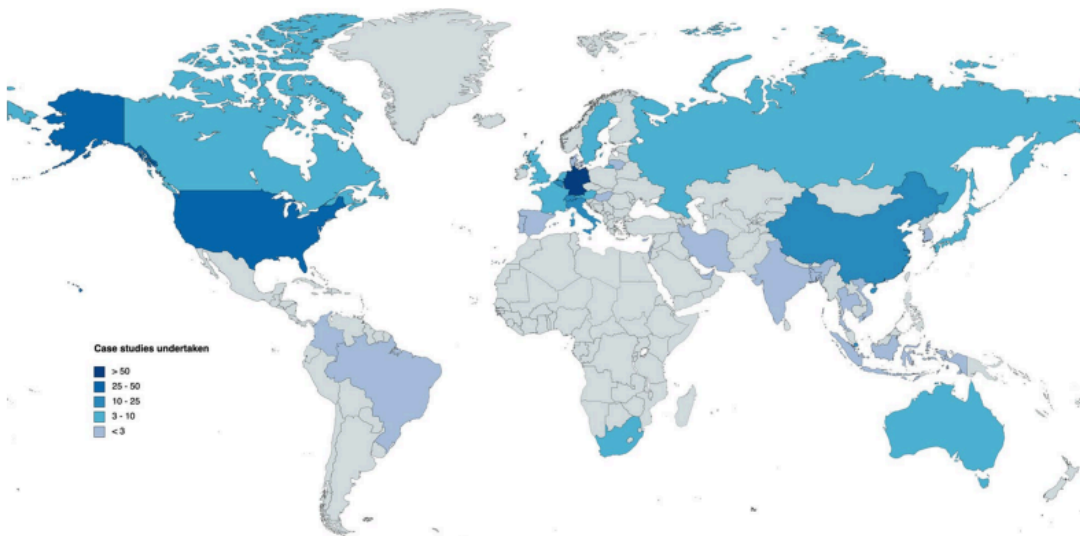
## 4. Applications / Use Cases

- 정책 평가
  - 혼잡세(Congestion Pricing), 도로 차단 시나리오, 교통 신호 최적화
- 자율주행 및 스마트 모빌리티
  - 자율주행차의 교통 흐름 영향 분석
  - MaaS(Mobility as a Service) 시뮬레이션
- 대중교통 운영
  - 버스/지하철 스케줄 변경 효과 시뮬레이션
- 환경적 영향 평가
  - 차량 배출량, 에너지 소비, 도시 열섬 효과 분석
- 도시별 사례
  - Zurich, Singapore, Seoul 등 주요 도시에서의 ABM 활용 사례

## 5. Results & Comparisons



**Fig. 1** Dynamic of the top 10 agent-based modelling tools used and yearly output of articles within the period of study



**Fig. 2** Case studies of agent-based models in urban transport by country



- Bibliometric 분석 결과
  - 2010년 이후 ABM 관련 도시 교통 논문 수가 꾸준히 증가
  - 연구의 대부분은 유럽과 북미 중심
  - 주요 키워드 : "mobility", "simulation", "policy", "urban planning"
- Content Analysis 결과
  - ABM은 도시 교통 정책 평가와 시나리오 분석에 가장 자주 활용됨
  - 전통적 교통 수요 모델보다 미시적 행위자 분석에 강점

## 6. Insight / Future Directions

- 데이터 품질 향상 및 통합 표준화 필요
- 재현 가능한(open-source) ABM 플랫폼 구축
- 복합 모빌리티 시스템(자율주행, MaaS 등)과의 연계 강화
- 개발도상국 기반 연구 확대 및 지역 다양성 확보
- 고성능 컴퓨팅(HPC, GPU 시뮬레이션) 기반 확장성 개선