Escola de verão Climate Change AI 2026

IA para as cidades e o planejamento urbano

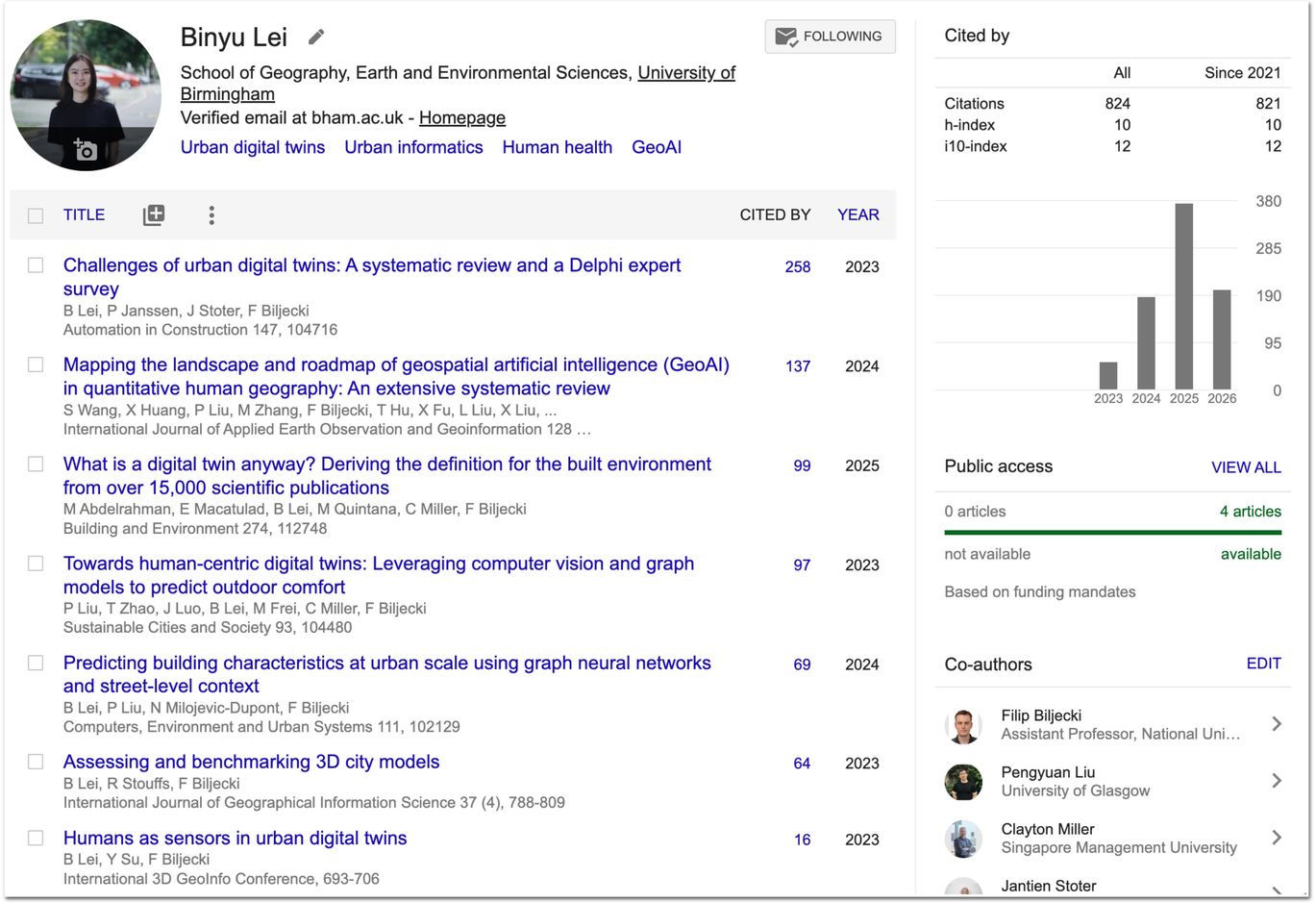
Dos dados urbanos à tomada de decisão

Dra. Binyu Lei
Professora assistente de Planejamento Urbano e Análise de Dados
Universidade de Birmingham



Muito prazer! 👋

- Professora assistente de Planejamento Urbano e Análise de Dados, Universidade de Birmingham
- Mestrado em Planejamento Urbano pela Universidade de Melbourne e doutorado em Análise Urbana pela Universidade Nacional de Singapura
- Pesquisa: informática urbana centrada no ser humano e GeoAI
- Ensino: mestrado em Análise Urbana e IA
- Atuação: membro do Open Geospatial Consortium, revisora de periódicos internacionais



Binyu Lei

FOLLOWING

School of Geography, Earth and Environmental Sciences, University of Birmingham
Verified email at bham.ac.uk - Homepage
Urban digital twins Urban informatics Human health GeoAI

TITLE	CITED BY	YEAR
Challenges of urban digital twins: A systematic review and a Delphi expert survey B Lei, P Janssen, J Stoter, F Biljecki Automation in Construction 147, 104716	258	2023
Mapping the landscape and roadmap of geospatial artificial intelligence (GeoAI) in quantitative human geography: An extensive systematic review S Wang, X Huang, P Liu, M Zhang, F Biljecki, T Hu, X Fu, L Liu, X Liu, ... International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 128 …	137	2024
What is a digital twin anyway? Deriving the definition for the built environment from over 15,000 scientific publications M Abdelrahman, E Macatulad, B Lei, M Quintana, C Miller, F Biljecki Building and Environment 274, 112748	99	2025
Towards human-centric digital twins: Leveraging computer vision and graph models to predict outdoor comfort P Liu, T Zhao, J Luo, B Lei, M Frei, C Miller, F Biljecki Sustainable Cities and Society 93, 104480	97	2023
Predicting building characteristics at urban scale using graph neural networks and street-level context B Lei, P Liu, N Milojevic-Dupont, F Biljecki Computers, Environment and Urban Systems 111, 102129	69	2024
Assessing and benchmarking 3D city models B Lei, R Stouffs, F Biljecki International Journal of Geographical Information Science 37 (4), 788-809	64	2023
Humans as sensors in urban digital twins B Lei, Y Su, F Biljecki International 3D GeoInfo Conference, 693-706	16	2023

Cited by

	All	Since 2021
Citations	824	821
h-index	10	10
i10-index	12	12

Public access VIEW ALL

0 articles 4 articles
not available available

Based on funding mandates

Co-authors EDIT

Filip Biljecki
Assistant Professor, National Uni…

Pengyuan Liu
University of Glasgow

Clayton Miller
Singapore Management University

Jantien Stoter

Minha pesquisa



Plano para hoje

- IA nos estudos urbanos
- Dados urbanos multifonte
- Métodos e modelos
- Subsídios para políticas públicas

PARTE 1

O papel da IA nas cidades

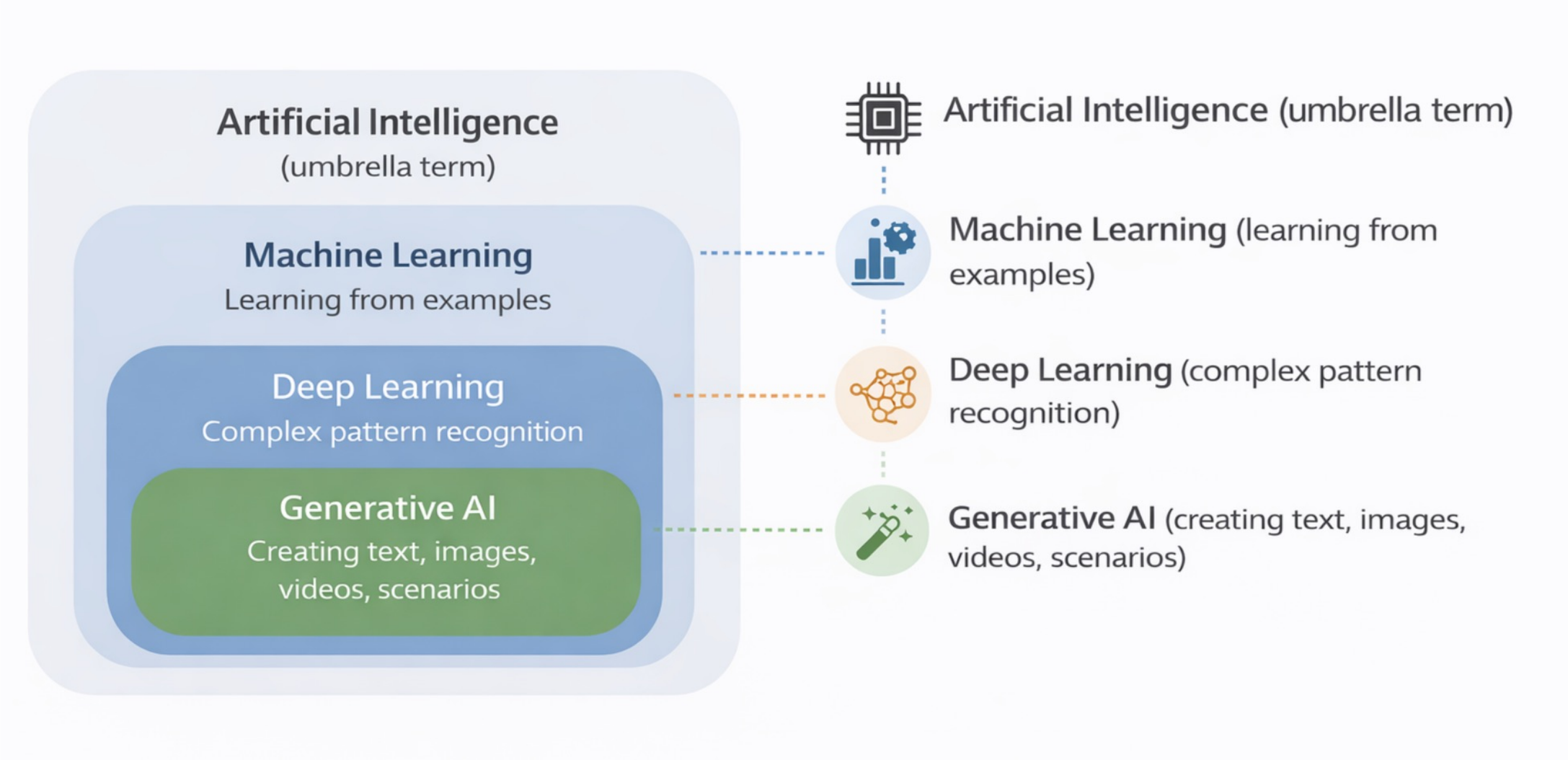


Binyu Lei

IA nos estudos urbanos

- O que é IA?
- Qual é o potencial da IA nos estudos urbanos?
- Como a IA pode facilitar o planejamento e o desenho urbano?

O que é IA?


Artificial Intelligence
(umbrella term)
Machine Learning
Learning from examples
Deep Learning
Complex pattern recognition
Generative AI
Creating text, images, videos, scenarios
Artificial Intelligence (umbrella term)
Machine Learning (learning from examples)
Deep Learning (complex pattern recognition)
Generative AI (creating text, images, videos, scenarios)

Por que precisamos de IA nos estudos urbanos?

Por que a IA importa?

- As cidades são sistemas complexos, dinâmicos e centrados nas pessoas
- O planejamento depende cada vez mais de evidências baseadas em dados
- A IA oferece novas formas de observar, analisar e apoiar decisões
- A IA oferece apoio, não automação

Por que as cidades precisam de IA?

- Milhões de pessoas, edifícios e interações diárias
- Dados demais para análise manual
- As decisões precisam ser tomadas sob incerteza

O que é IA em contextos urbanos?

- IA ≠ substituir planejadores/projetistas
- IA = reconhecimento de padrões em informações/dados urbanos
- A IA amplia o julgamento humano (p. ex., como uma alternativa de validação cruzada)
- Os valores do planejamento vêm sempre em primeiro lugar

Papéis da IA no planejamento urbano

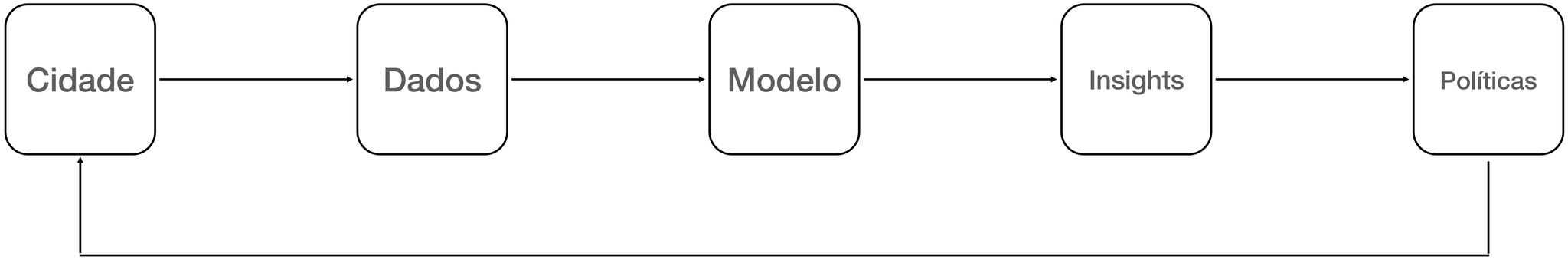
- Previsão
  - Estimar estados urbanos ausentes ou futuros, como atributos de edifícios, exposição térmica ou condições de mobilidade
- Simulação
  - Explorar as consequências de cenários de projeto, de políticas, ambientais ou comportamentais antes da implementação
- Interpretação
  - Explicar por que os lugares se comportam de forma diferente e como os fatores do modelo se ligam a conceitos de planejamento
- Intervenção
  - Apoiar decisões, ações adaptativas, priorização e ciclos de retroalimentação na prática

A cidade é um sistema que acomoda pessoas, bens e serviços

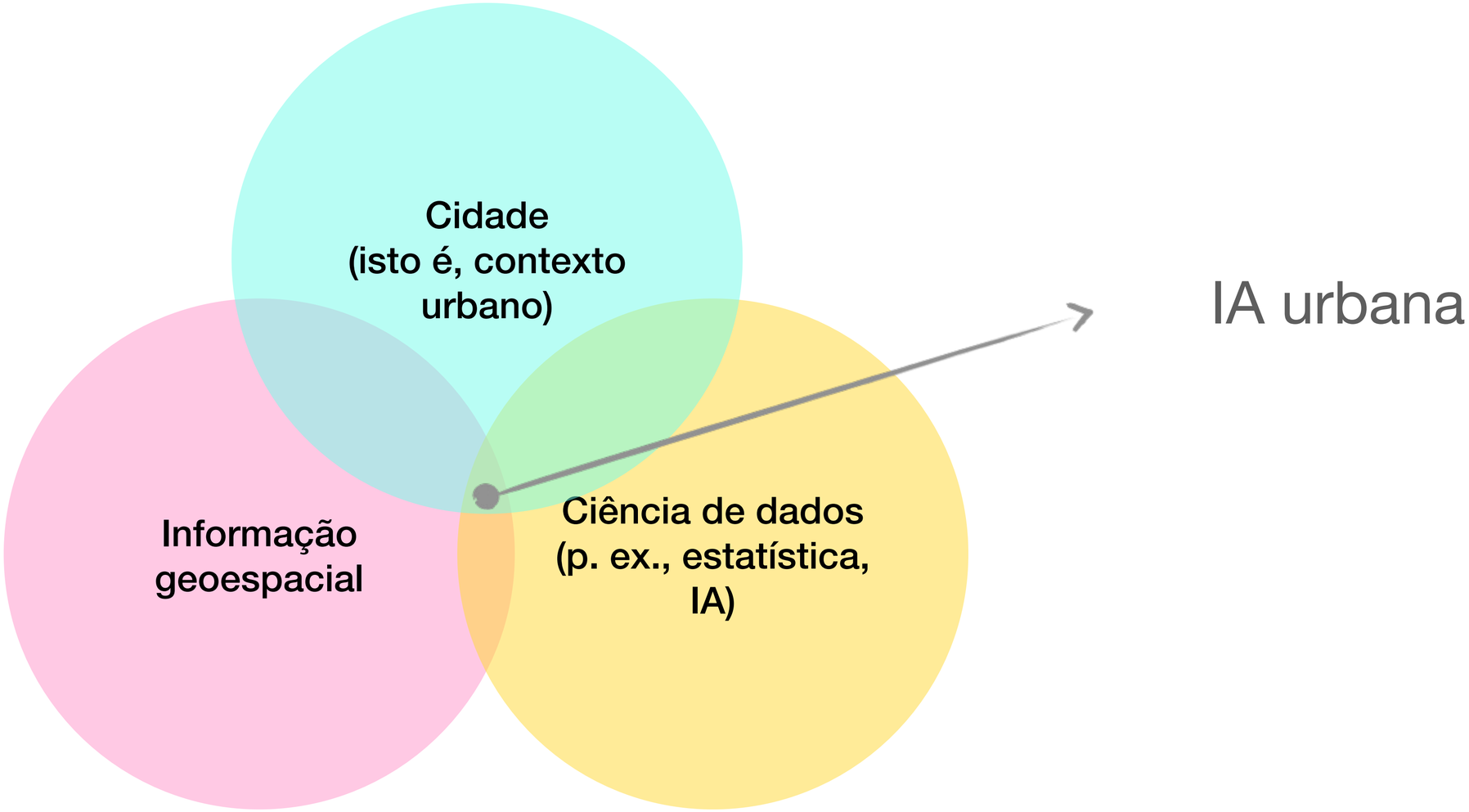
- Como a IA entende a cidade?
  - As pessoas se deslocam, sentem e interagem
  - Sensores e dados captam rastros
  - Os modelos aprendem padrões
  - Os insights orientam as decisões



A cidade é um sistema

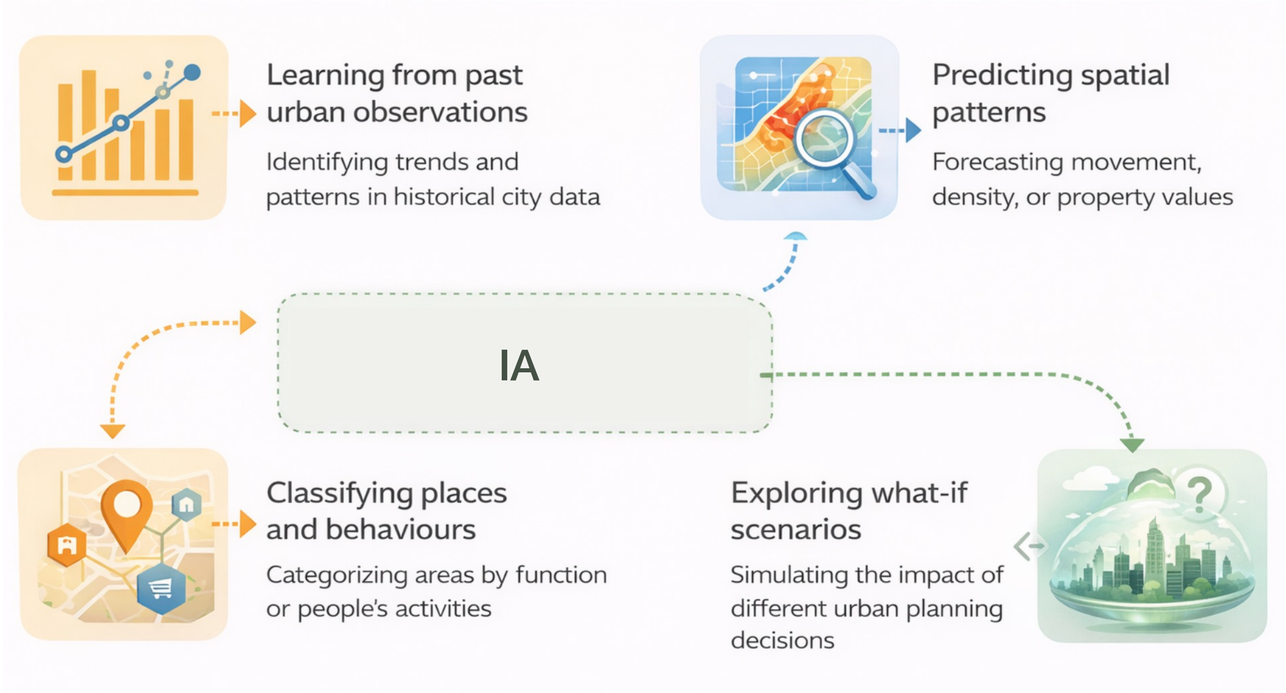


Onde a IA é usada nos estudos urbanos?



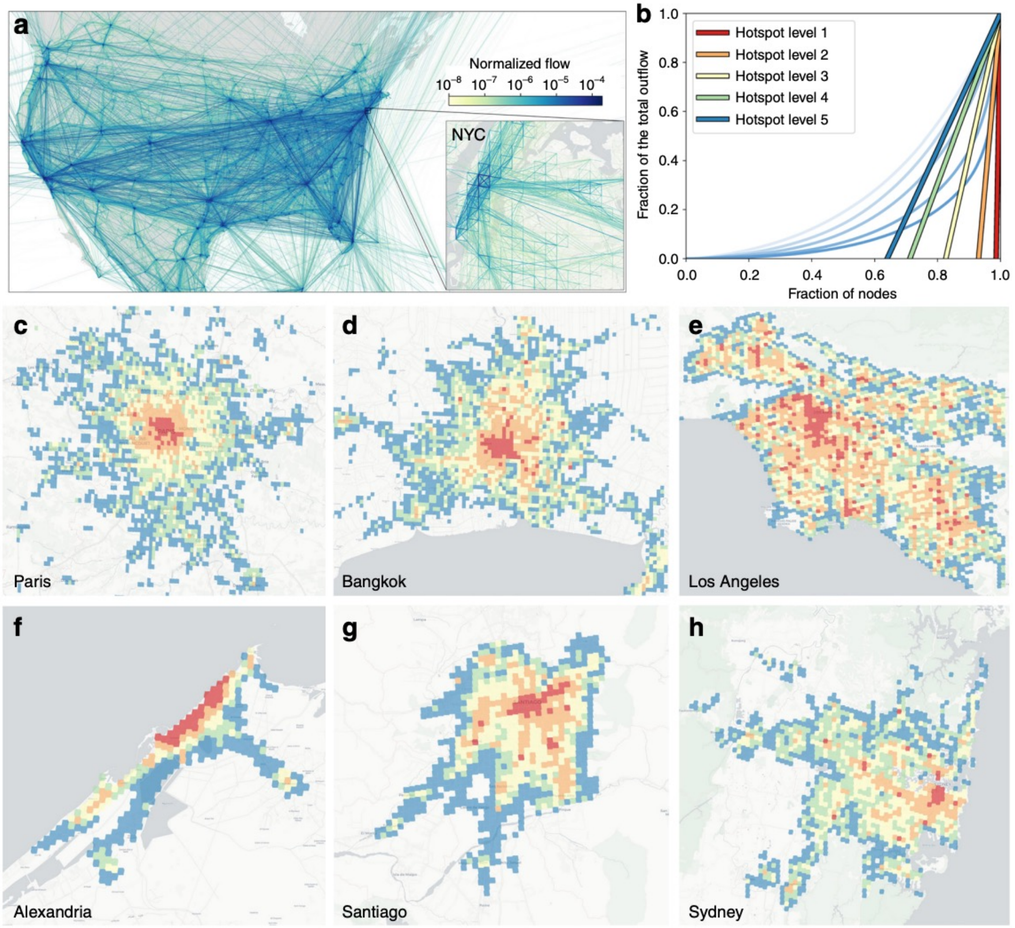
Traduzindo a IA para termos urbanos

- Aprender com observações urbanas passadas
- Prever padrões espaciais
- Classificar lugares e comportamentos
- Explorar cenários hipotéticos



Exemplo: mobilidade

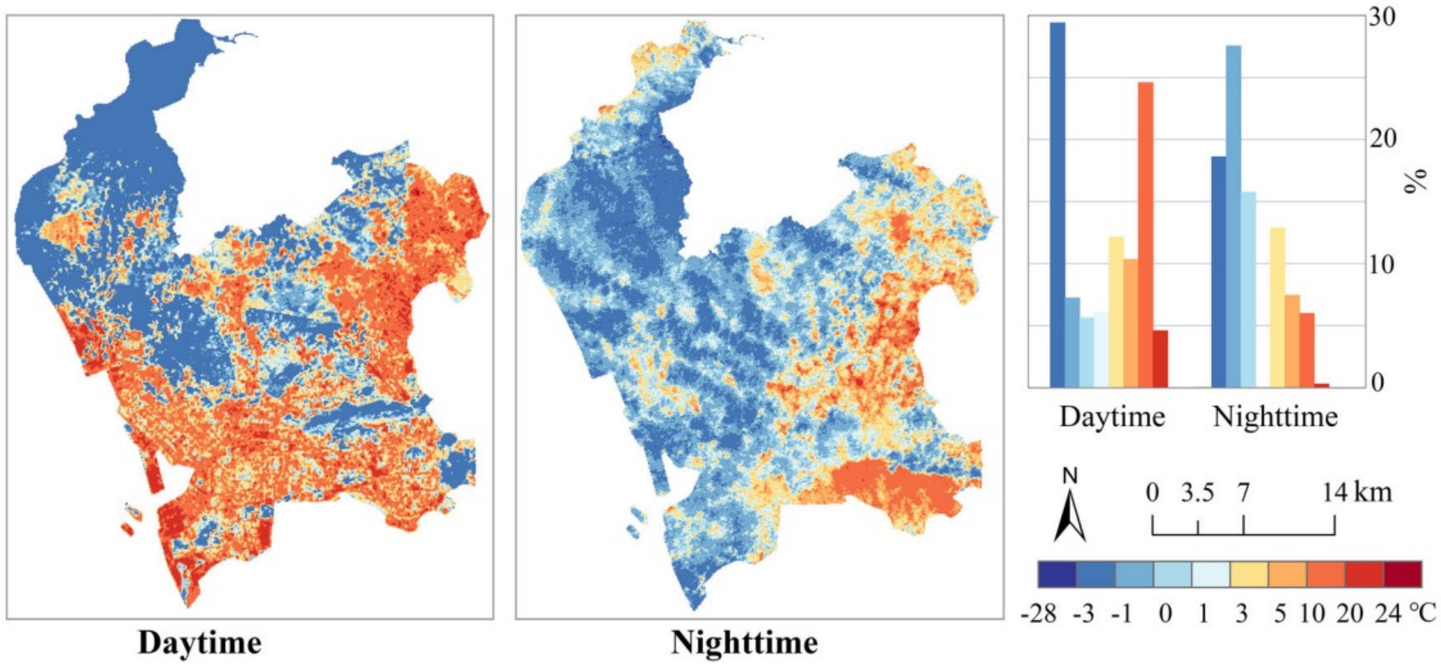
- Prever a demanda de viagens
- Analisar a acessibilidade
- Desigualdades de mobilidade
- Deslocamentos casa-trabalho
- Comportamento de viagem



Mobilidade humana e estrutura hierárquica das cidades.
https://doi.org/10.1038/s41467-019-12809-y

Exemplo: clima urbano

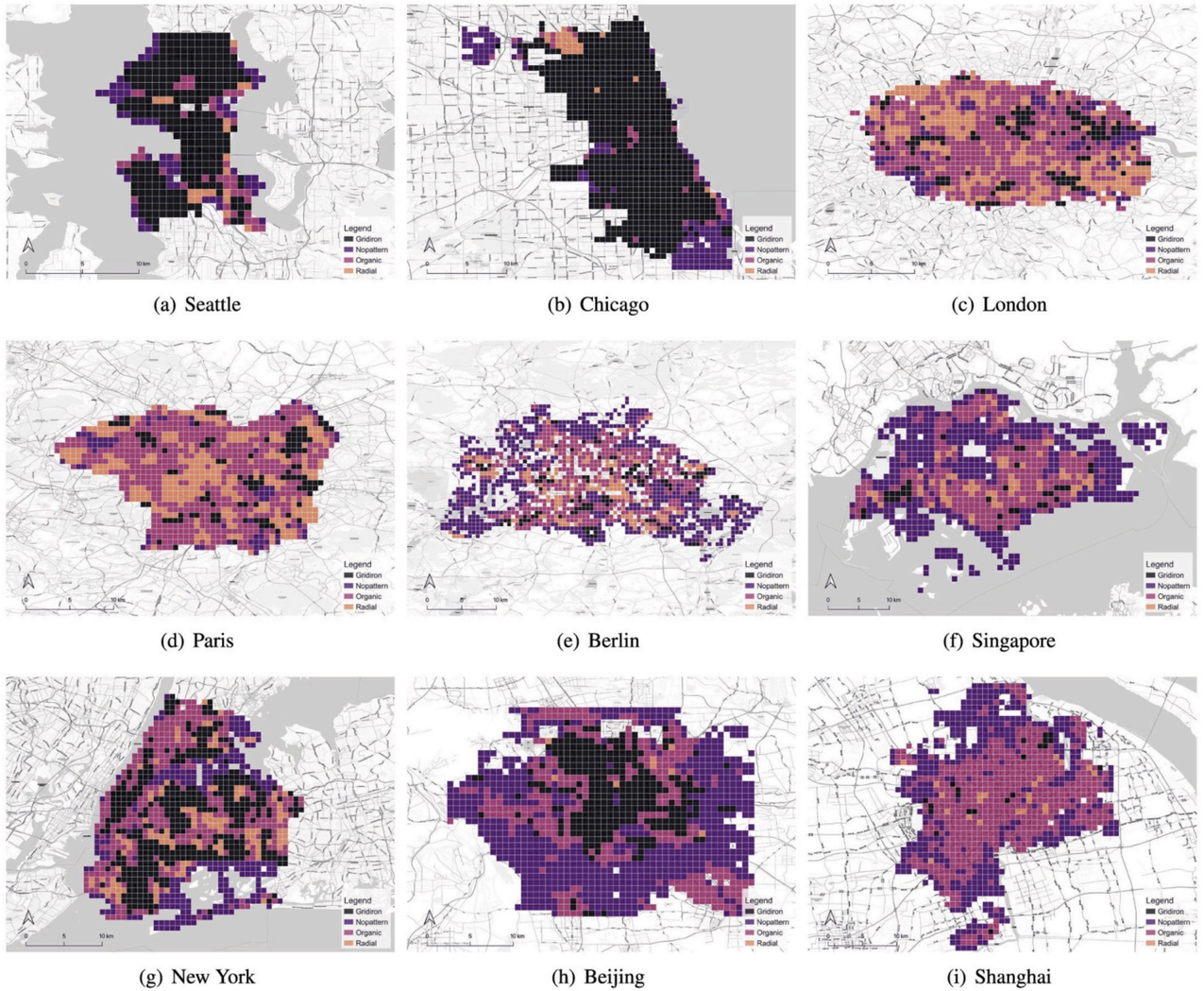
- Calor urbano
- Qualidade do ar
- Distribuição do ruído
- Conforto ao ar livre



Mapa da distribuição espacial das ilhas de calor diurnas e noturnas e porcentagem de UHII diurna e noturna em cada categoria
https://doi.org/10.1038/s42949-022-00055-z

Exemplo: forma urbana

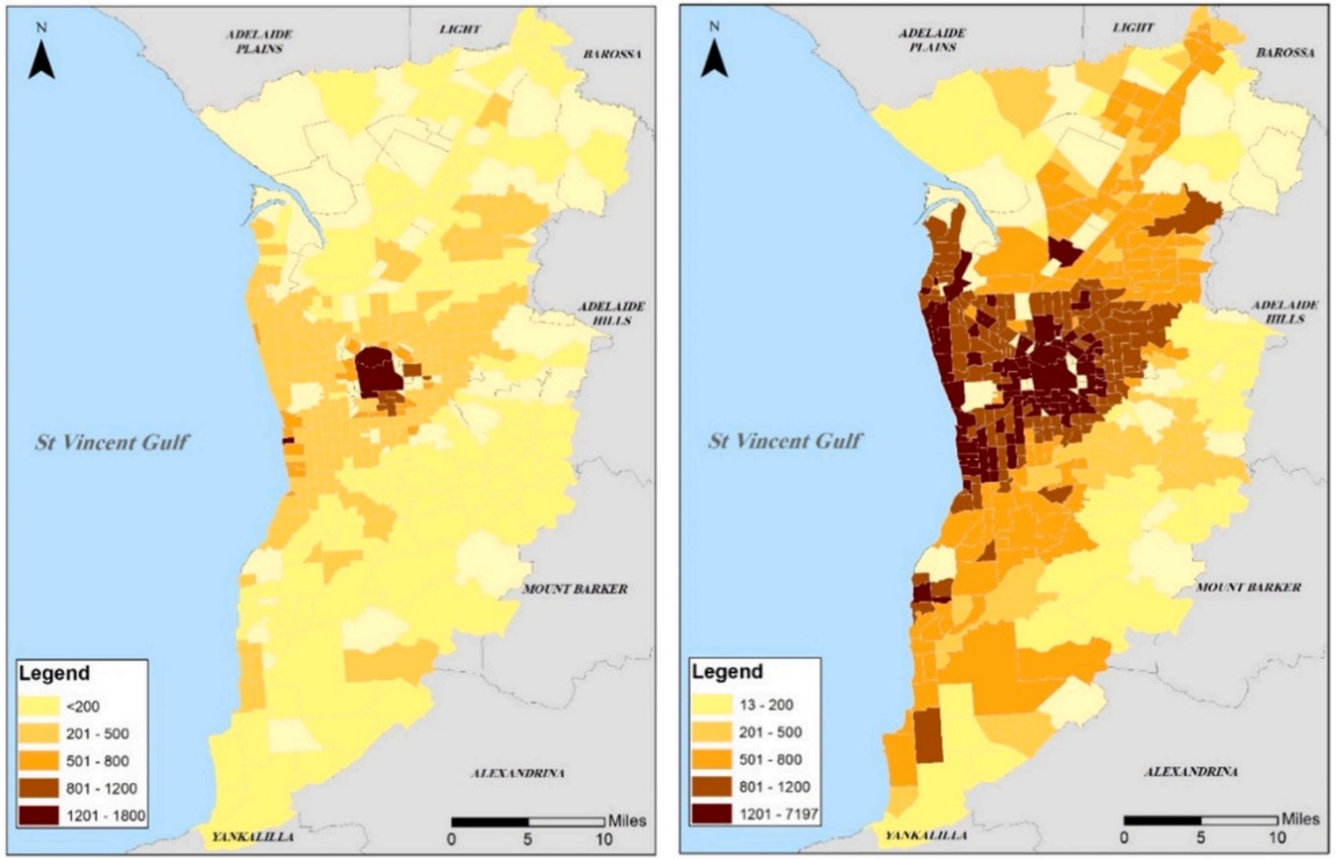
- Densidade e compacidade
- Forma urbana 2D versus 3D
- Relações edifício–rua
- Agrupamento morfológico



Classificação da morfologia urbana
https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2021.101706

Exemplo: habitação

- Previsão de preços
- Desigualdade espacial
- Mudança/satisfação no bairro
- Gentrificação



Variações espaço-temporais do preço dos imóveis em Adelaide, Austrália
https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103941

Pontos fortes da IA nos estudos urbanos

- Lidar com grandes conjuntos de dados
- Detectar padrões ocultos
- Comparar cenários (p. ex., avaliação)
- Ampliar a análise para a cidade inteira

A IA é uma ferramenta, não uma solução, e quem decide são as pessoas

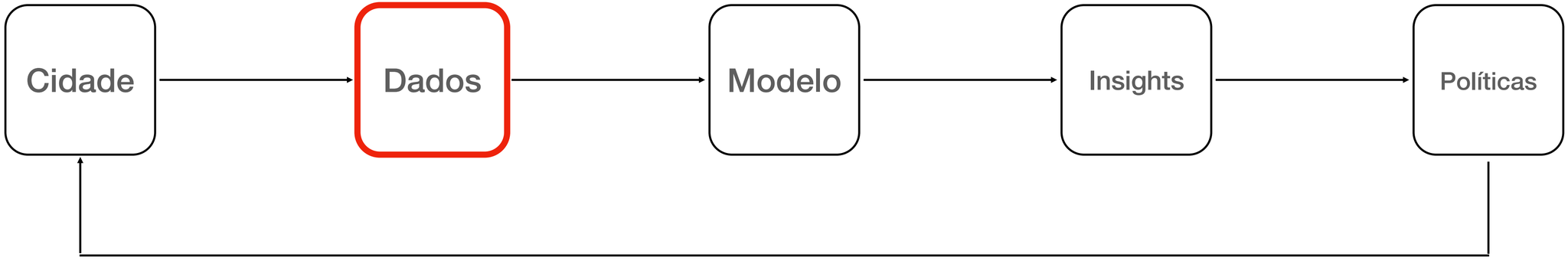
PARTE 2

Fundamentos dos dados urbanos



Binyu Lei

A cidade é um sistema



Dados

- Que dados usamos?
- Como os analisamos?
- Como isso se conecta com a experiência vivida?
- Como você vai aplicar isso?

Dados urbanos

- Entender a cidade por meio dos dados
- Os dados urbanos são a base da análise
- A IA e os modelos dependem de dados
- As perguntas urbanas determinam que dados coletamos
- As escolhas de dados moldam os resultados do planejamento

Cidades como polos de dados

- As experiências vividas são observadas (p. ex., como as pessoas se deslocam, como se sentem)
- As observações são registradas como dados
- Os dados simplificam realidades complexas



Tipos de dados urbanos

- Sociais (população, comportamento, criminalidade)
- Econômicos (preços, renda)
- Ambientais (calor, ar, ruído)
- Espaciais (onde as coisas estão, isto é, geolocalização)
- ***A informação espacial conecta tudo***

Por que a informação espacial é importante?

- Toda observação tem uma localização
- As relações espaciais importam
  - p. ex., edifícios <-> ruas, ruas <-> ruas
- Coisas próximas se influenciam
- Padrões surgem no espaço

O que os dados espaciais nos permitem perguntar

- Onde algo acontece?
- Como os lugares se conectam?
- Como os padrões variam no espaço?
- Por que aqui e não em outro lugar?

Conceitos-chave dos dados espaciais

- Localização (coordenadas)
- Distância (proximidade, acessibilidade)
- Escala (local ou a cidade toda)
- Contexto (o entorno importa)

Como o espaço é representado nos dados

- Pontos (locais, eventos): (x, y)
- Linhas (ruas, caminhos): sequência de nós
- Polígonos (áreas, edifícios): contornos



https://data.cityofnewyork.us/City-Government/Building-Footprints-Map-/jh45-qr5r

Dados espaciais vetoriais

- Objetos discretos
  - Pontos (p. ex., uma estação de metrô)
  - Linhas (p. ex., vias)
  - Polígonos (p. ex., o contorno de um edifício)
- Em geral, dados descritivos são armazenados para cada um: os atributos
  - Exemplos: nome da estação de metrô, tipo de via e sua velocidade, endereço do edifício
- Comuns em bases de dados de planejamento
  - Que exemplos você consegue citar?

Dados espaciais matriciais (raster)

- Um conjunto de células regularmente espaçadas, com valores associados
- Superfícies contínuas
- Representação por pixels
- A resolução importa
- Muitas vezes derivados de sensores
- Exemplos: elevação, temperatura

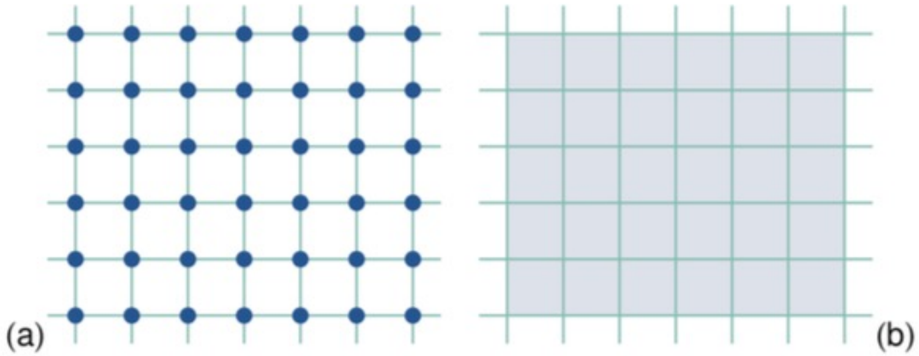
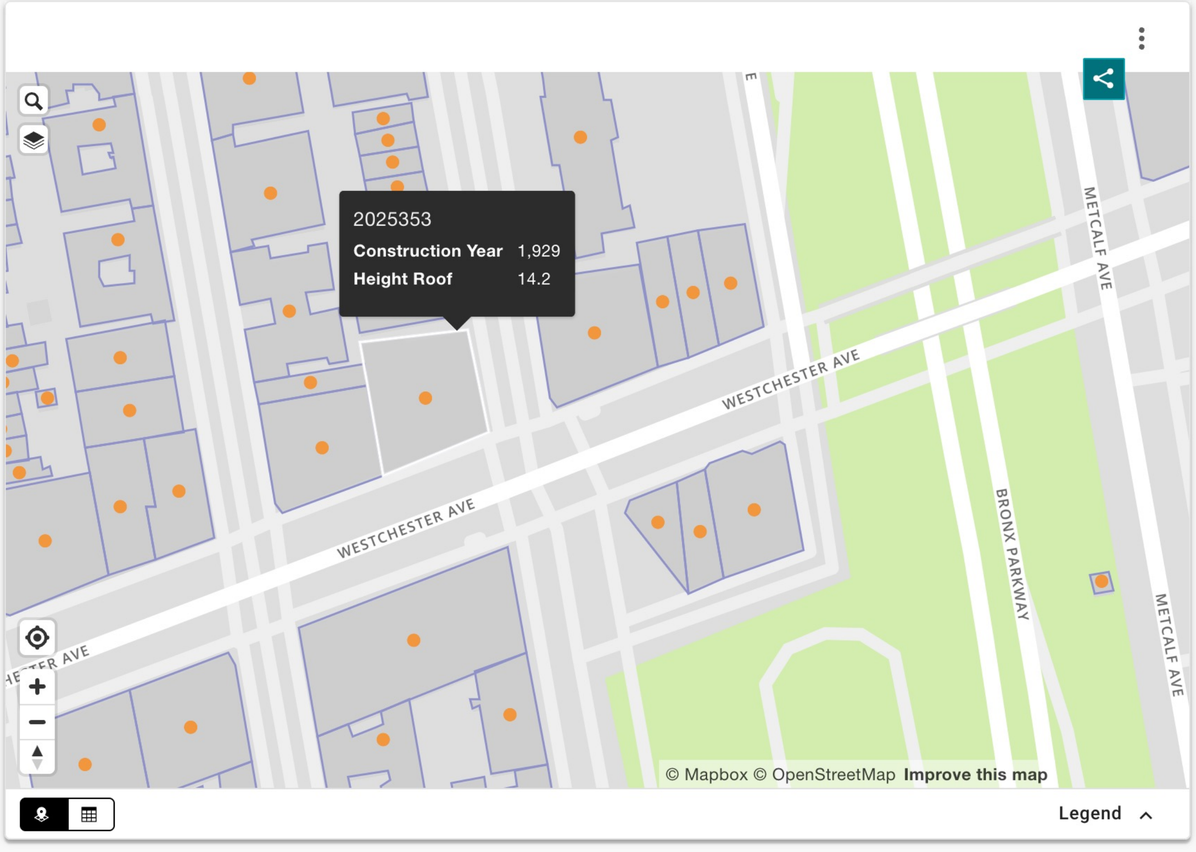


Figure 2.6: A grid (a) is a collection of regularly spaced (field) values, while a raster (b) is composed of cells. The associated values with each grid point or raster cell are not illustrated.

Atributos e geometria

- Geometria: forma e localização
- Atributos: informação descritiva
- Ambos são necessários para a análise
- Às vezes, só a geometria não basta



https://data.cityofnewyork.us/City-Government/Building-Footprints-Map-/jh45-qr5r

Escala e resolução

- Resolução fina ≠ melhor compreensão
- A escala deve corresponder à pergunta
- Os padrões mudam com a escala
- As decisões de planejamento operam em várias escalas

Relações espaciais

- Distância e proximidade: a que distância as coisas estão umas das outras
- Adjacência e inclusão: o que toca o quê e o que está dentro do quê
- Conectividade e redes: como os objetos se ligam para deslocamento ou interação
- Efeitos de vizinhança: coisas próximas se influenciam

Qualidade dos dados espaciais

- Exatidão (está correto?)
- Completude (o que está faltando?)
- Atualidade (está atualizado?)
- Consistência (entre fontes)

Viés dos dados

- Alguns lugares podem ser medidos em excesso
- Alguns grupos são sub-representados
- Os dados refletem abertura e acesso

Fontes de dados urbanos

- Governo/autoridades locais
- Sensores e IoT
- Sensoriamento remoto (p. ex., imagens de satélite)
- Plataformas colaborativas (p. ex., Waze, avaliações do Google Maps, OpenStreetMap)
- Pesquisas e trabalho de campo

Acesso a dados multifonte

- Dados abertos favorecem a transparência
- Dados comerciais podem ser mais ricos
- Compromissos entre acesso e controle
- Restrições éticas e legais importam

Ligando os dados à observação

- Os dados abstraem a realidade
- A observação de campo acrescenta contexto
- A percepção humana complementa a digital
- Ambas são necessárias

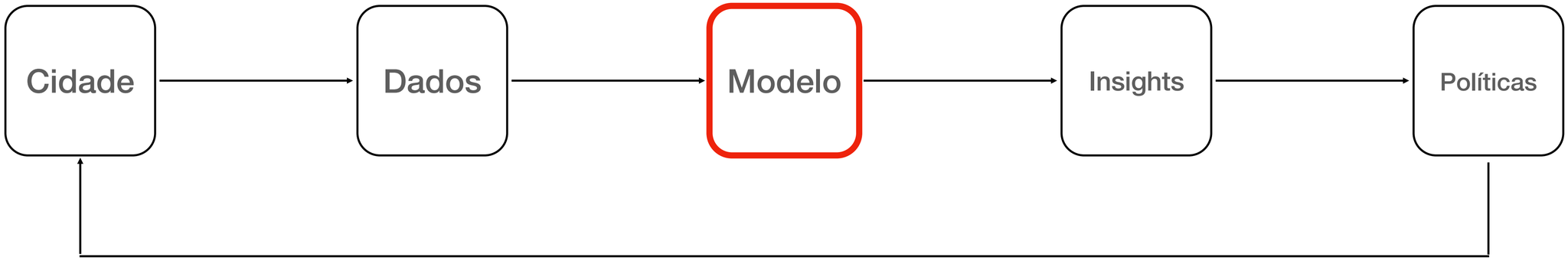
PARTE 3

Modelos de IA urbana



Binyu Lei

A cidade é um sistema



Dos dados aos insights

- Os dados sozinhos não respondem perguntas
- Os métodos estruturam como perguntamos o porquê
- Métodos diferentes revelam histórias urbanas diferentes

O que são métodos em análise urbana?

- Métodos ≠ algoritmos
- Formas de fazer perguntas aos dados espaciais
- Não apenas fórmulas ou código
- Pressupostos embutidos sobre as cidades
- Ligados às decisões de planejamento

Mapas são ferramentas analíticas

- O mapeamento é um dos métodos
  - Revelam padrões espaciais
  - Destacam desigualdades e agrupamentos
  - Facilitam a comparação entre lugares
  - Moldam a interpretação

Análise espacial descritiva

- Descrever a distribuição espacial
- Contagens por área
- Densidades
- Proporções
- Resumos simples
- P. ex., POIs por bairro, densidade populacional

Agregação e zoneamento

- Agregação: dados agrupados por zonas
- Os resultados dependem dos limites (p. ex., bairro, distrito)
- As unidades de planejamento moldam os resultados

Acessibilidade

- Oportunidades alcançáveis dentro de restrições
- Tempo, custo e esforço importam
- Não distribuída de forma igual
- Central para a equidade urbana

Pensar em rede

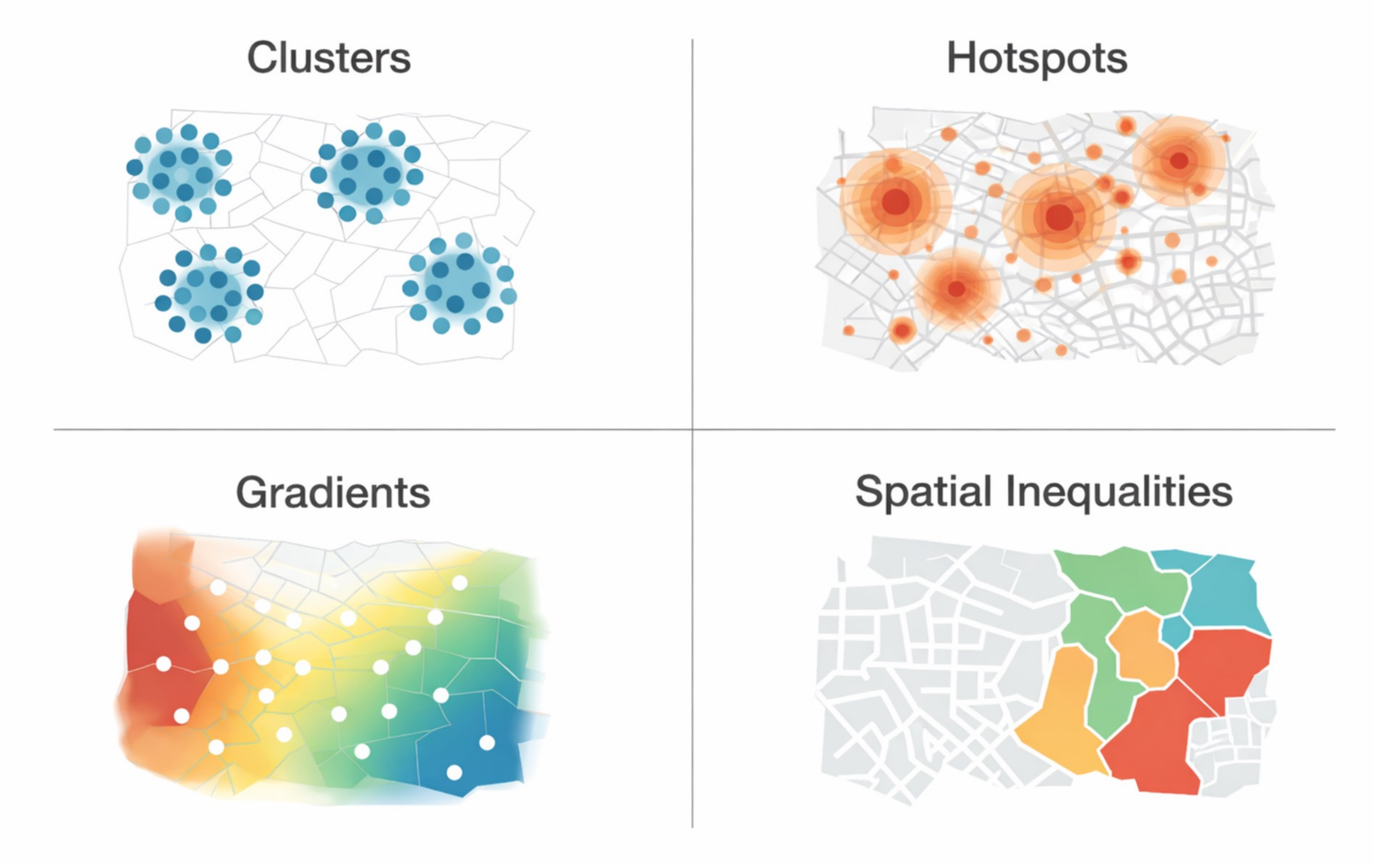
- As ruas conectam lugares
- O deslocamento segue as redes
- A conectividade molda o comportamento
- A estrutura da rede é importante

Pensar no tempo

- Acrescentar o tempo ao espaço (p. ex., análise espaço-temporal)
  - As cidades mudam com o tempo
  - Padrões diurnos e noturnos
  - Mudança de curto e de longo prazo
  - Retratos de dados versus processos

Padrões espaciais

- Agrupamentos
- Pontos quentes
- Gradientes
- Desigualdades espaciais



A IA como uma família de métodos

- Aprende padrões com os dados
- Amplia a escala da análise
- Apoia a previsão
- Exige interpretação

Visão computacional: lendo a cidade visível

Ponto forte

Extrair características da paisagem urbana, qualidades visuais, vegetação urbana, sinais das fachadas e condições do espaço público.

Bom uso

Usar a visão como uma fonte de evidência entre outras, combinada com dados espaciais, validação e interpretação humana.



```
Provide concise labels for each category using the following JSON format. Select appropriate values from the provided options for each category...

  ```json
  {
    "building_type": "public",
    "building_age": "1900",
    "surface_material": "stone",
    "floors": 3,
    "construction_material": "brick"
  }
  ```
```

https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2025.10.014

Aprendizado em grafos: lendo relações espaciais

Nós

Edifícios, lotes, trechos de rua, bairros, sensores ou pessoas, conforme a pergunta de planejamento.

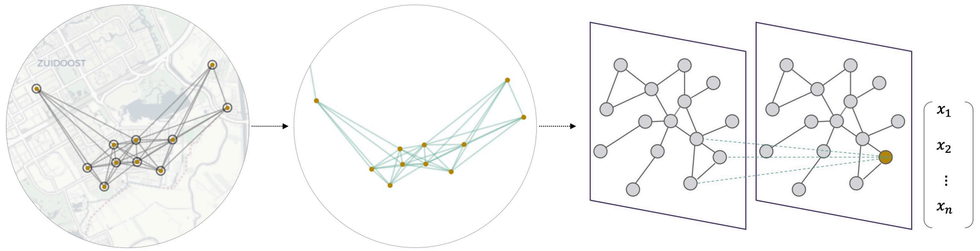
Arestas

Adjacência, conectividade, visibilidade, similaridade, fluxo ou relação funcional.

Valor urbano

Capta a topologia e os efeitos de transbordamento que tabelas e pixels independentes não conseguem representar.

A graph-based model



https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.106121

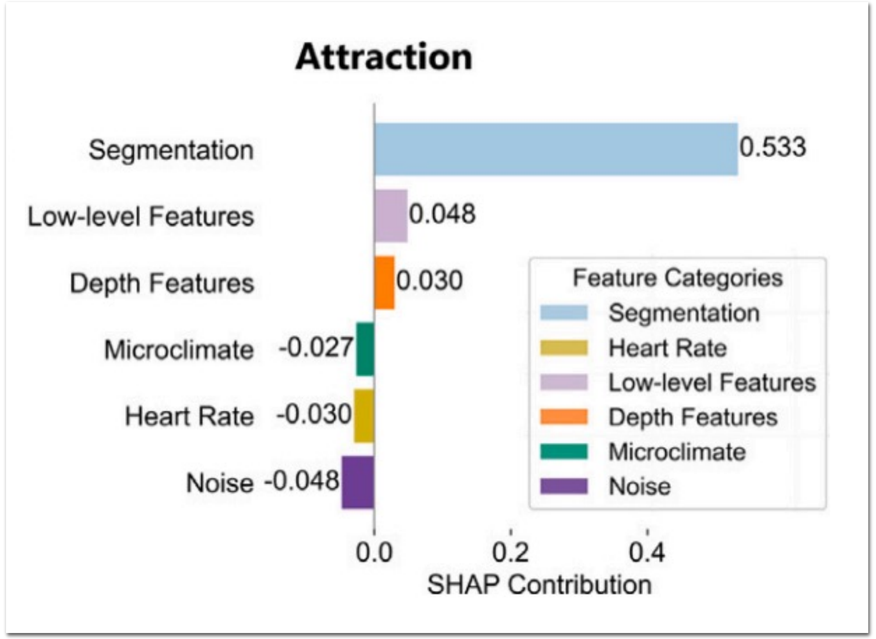
IA explicável: da pontuação ao motivo

Explicação local

Por que o modelo classificou esta rua, este edifício ou este bairro dessa forma?

Explicação global

Que fatores geralmente determinam as previsões na cidade ou entre grupos?



https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.113748

Escolher um método conforme a pergunta

- Qual é a questão de planejamento?
- Que dados estão disponíveis?
- Que escala importa?
- Quem é afetado?

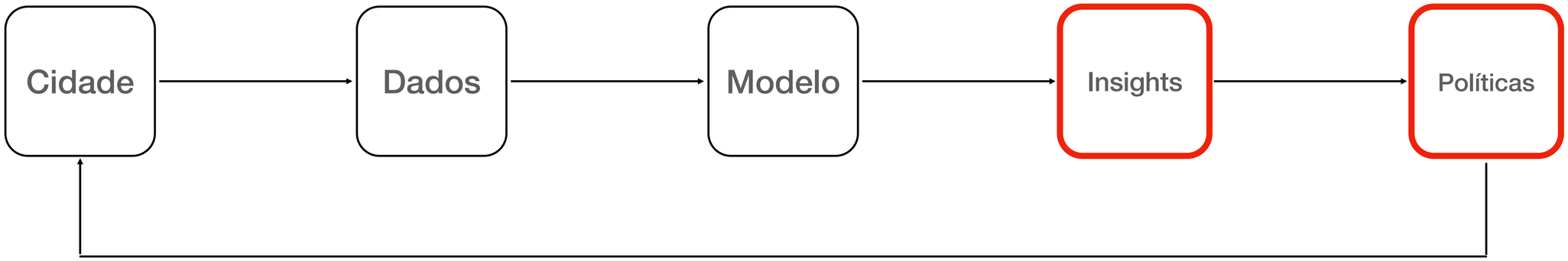
PARTE 4

Subsidiar o planejamento



Binyu Lei

A cidade é um sistema



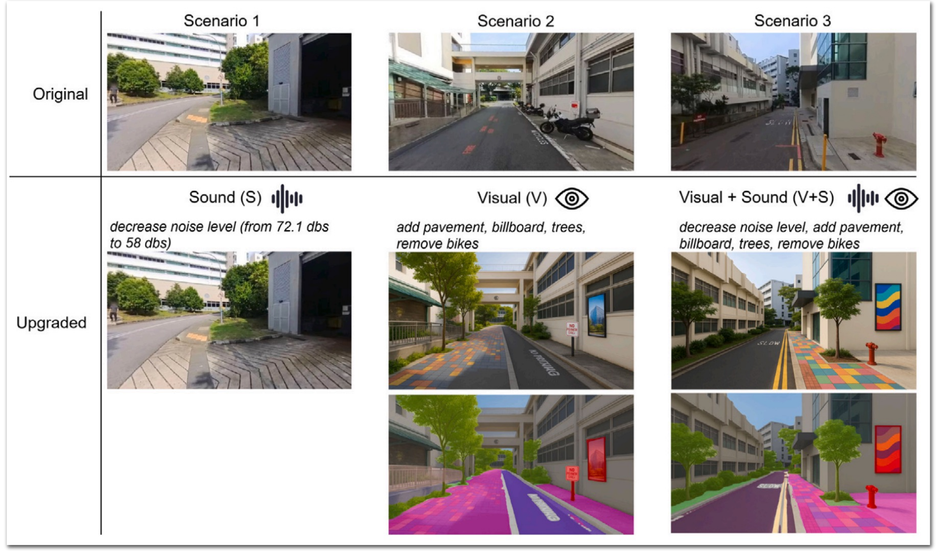
A simulação transforma modelos em cenários

Teste de cenários

Comparar alternativas de projeto, plantio de árvores, sombreamento, densidade ou mudanças nas ruas.

Apoio à decisão

Traduzir os resultados dos modelos em trade-offs que os planejadores possam examinar e debater.



https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.113748

Hora do quiz

Quiz 1

- Qual é o **principal valor** da IA nos estudos urbanos?

A. Substituir planejadores e projetistas urbanos

B. Descobrir padrões e gerar insights a partir de dados urbanos complexos para apoiar a tomada de decisão

C. Eliminar a necessidade de coletar dados urbanos

D. Produzir uma única solução ótima para cada cidade

Quiz 1

- Qual é o **principal valor** da IA nos estudos urbanos?

A. Substituir planejadores e projetistas urbanos

B. Descobrir padrões e gerar insights a partir de dados urbanos complexos para apoiar a tomada de decisão

C. Eliminar a necessidade de coletar dados urbanos

D. Produzir uma única solução ótima para cada cidade

Quiz 2

- Você quer estimar com IA o quanto as ruas de uma cidade são caminháveis. Qual conjunto de dados provavelmente forneceria **as informações mais úteis**?

A. Endereços dos edifícios

B. Imagens do Street View

C. Dados do censo

D. Polígonos de limites administrativos

Quiz 2

- Você quer estimar com IA o quanto as ruas de uma cidade são caminháveis. Qual conjunto de dados provavelmente forneceria **as informações mais úteis**?

A. Endereços dos edifícios

B. Imagens do Street View

C. Dados do censo

D. Polígonos de limites administrativos

Quiz 3

- Um modelo de IA prevê que um bairro tem alto risco de acidentes de trânsito. O que os planejadores devem fazer?

A. Implementar automaticamente todas as recomendações da IA

B. Ignorar a IA porque os modelos nunca são perfeitos

C. Combinar as previsões da IA com conhecimento local, expertise e participação

D. Substituir a consulta pública pela IA

Quiz 3

- Um modelo de IA prevê que um bairro tem alto risco de acidentes de trânsito. O que os planejadores devem fazer?

A. Implementar automaticamente todas as recomendações da IA

B. Ignorar a IA porque os modelos nunca são perfeitos

C. Combinar as previsões da IA com conhecimento local, expertise e participação

D. Substituir a consulta pública pela IA

Escola de verão Climate Change AI 2026

A IA para as cidades deve ajudar os planejadores a fazer perguntas melhores, enxergar relações ocultas e agir com mais cuidado

Mais informações
<b.lei@bham.ac.uk>

