



清华大学 行健书院  
Xingjian College, Tsinghua University

# 基于深度学习的 城市洪涝动态风险快速识别

行健书院 倪金

指导老师：倪广恒教授

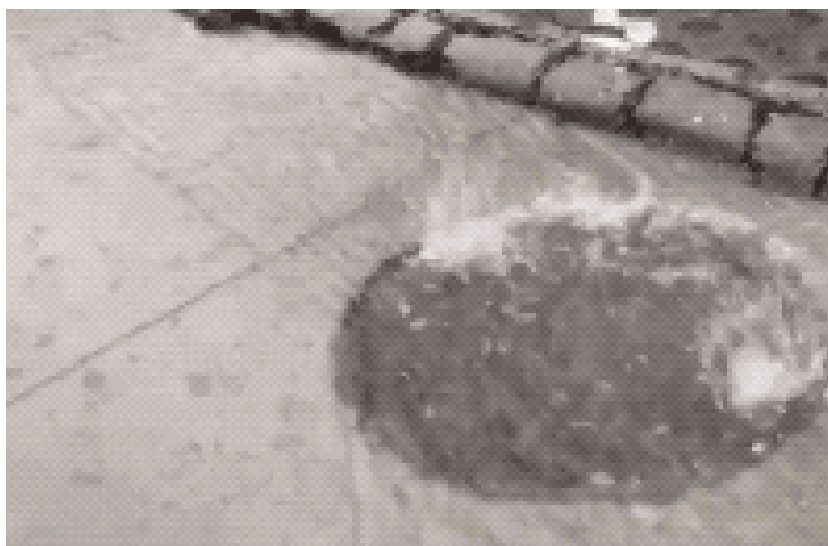
2024.1

- ◆ **城市淹没过程模拟**
- ◆ **深度学习与洪涝快速耦合模拟**
- ◆ **研究计划**

- ◆ 洪涝灾害现状：  
城市内洪涝灾害严重  
(北京731特大暴雨)

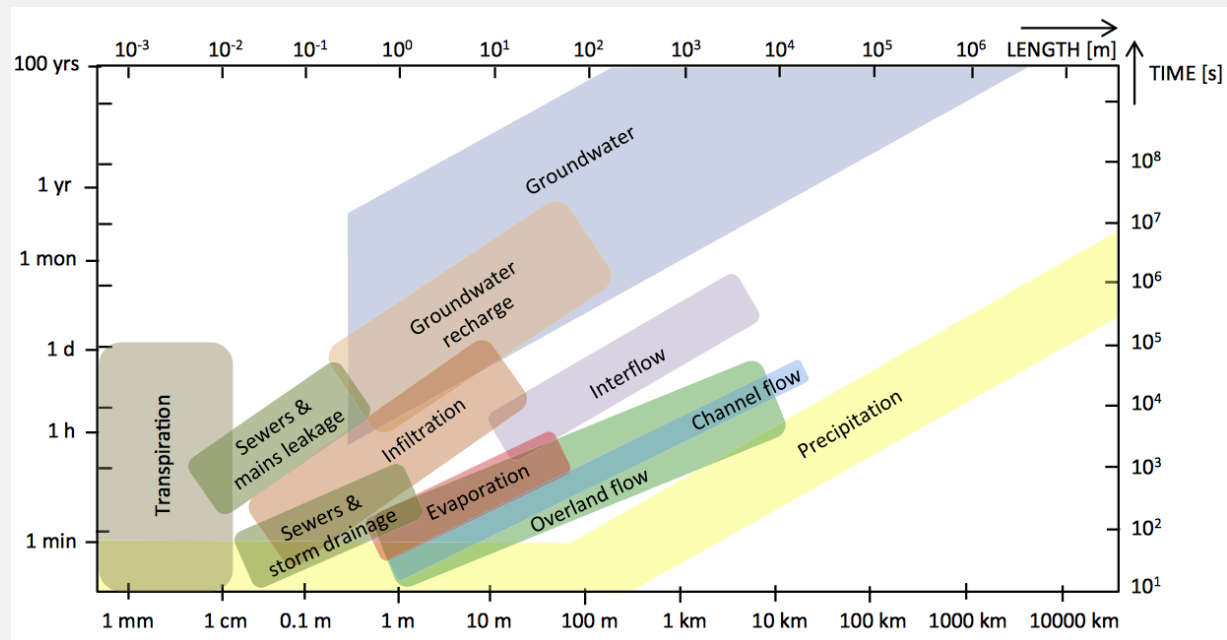


如何准确防控，快速反应？



(图片来源网络)

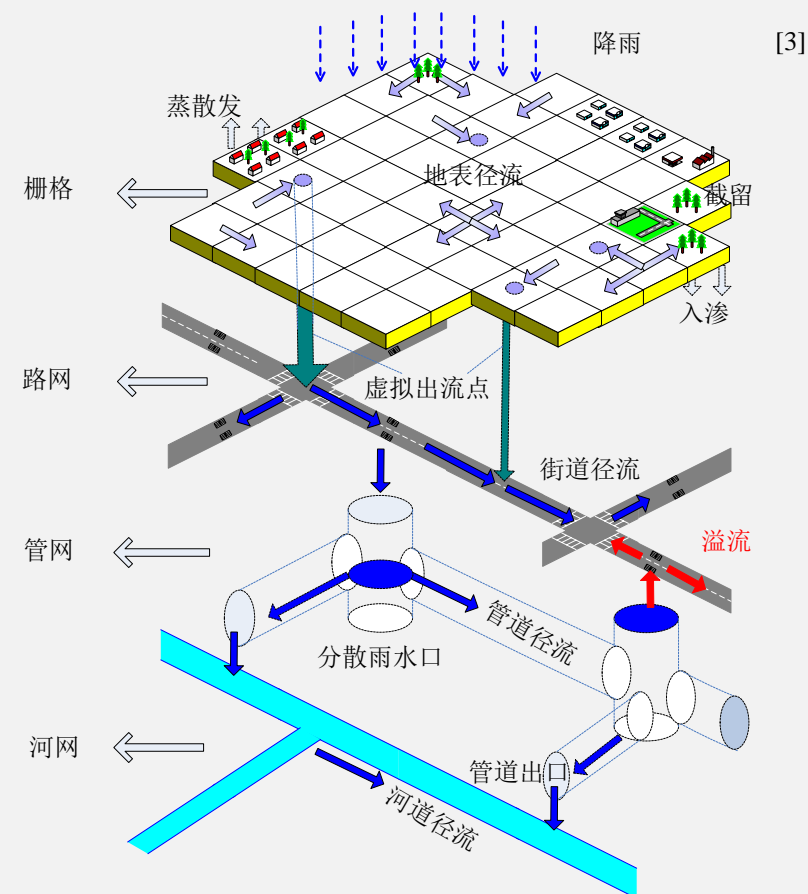
## 淹没模型概述



精度太高，计算量大

目标：未来3小时内研究区100米网格分辨率的洪涝风险等级

[2]

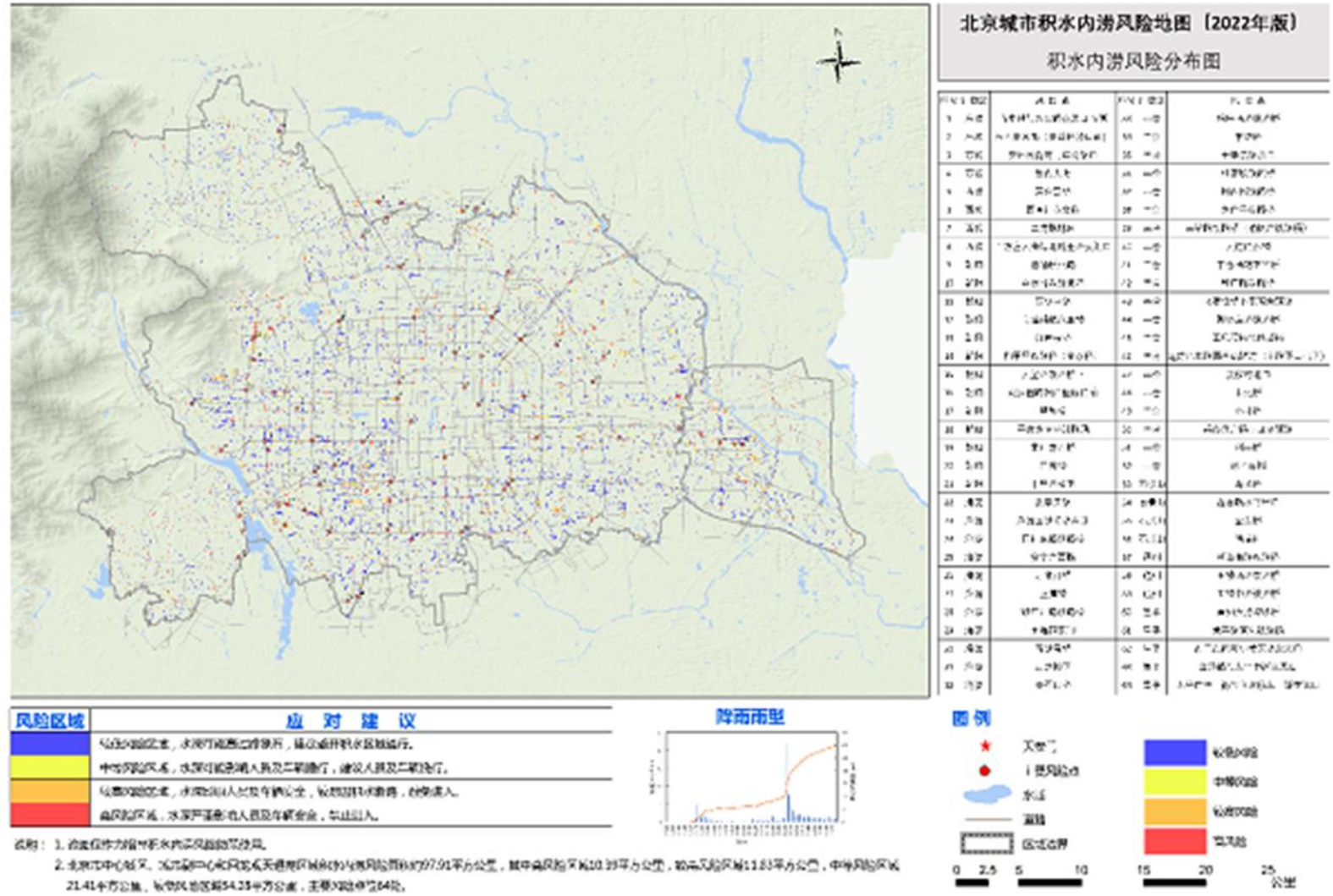




# 1 城市淹没过程模拟

## ◆ 风险图及其判定依据

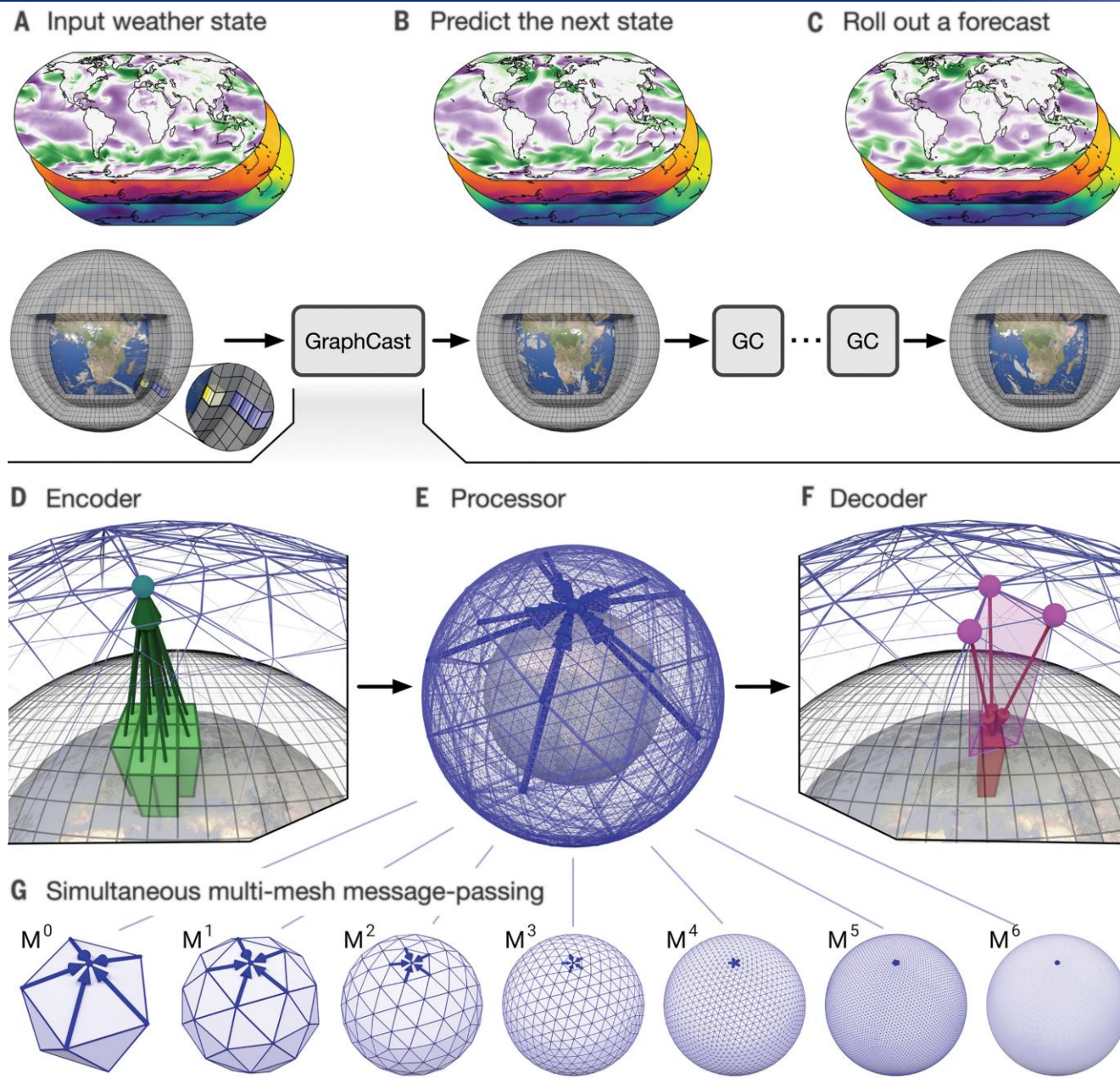
- 蓝色代表较低风险  
(积水深小于27厘米) ;
- 黄色代表中等风险  
(积水深大于等于27厘米小于40厘米) ;
- 橙色代表较高风险  
(积水深大于等于40厘米小于60厘米) ;
- 红色代表高风险  
(积水深大于等于60厘米) 。



◆ 研究现状:  
GraphCast  
神经网络架构

天气系统上的模拟  
(解决定位问题)

城市水利系统



[1]



### ◆ 研究意义

- **产流过程机制 + 数值稳定性**：高空间分辨率模拟<sup>[4]</sup>

高空间分辨率使得基于同质性的水文模拟成为可能

小空间步长往往可以采用小时间步长

- **地表流动与地下流动间的相互作用**：单元神经网络拟合

神经网络帮助模拟模糊物理过程

- **利用深度神经网络作为数值模型的代理模型**<sup>[5]</sup>

保持容许准确度的情况下，控制模型计算成本

模型计算、参数优化等  
计算成本高

引入神经网络

充分利用现有发展的计算力

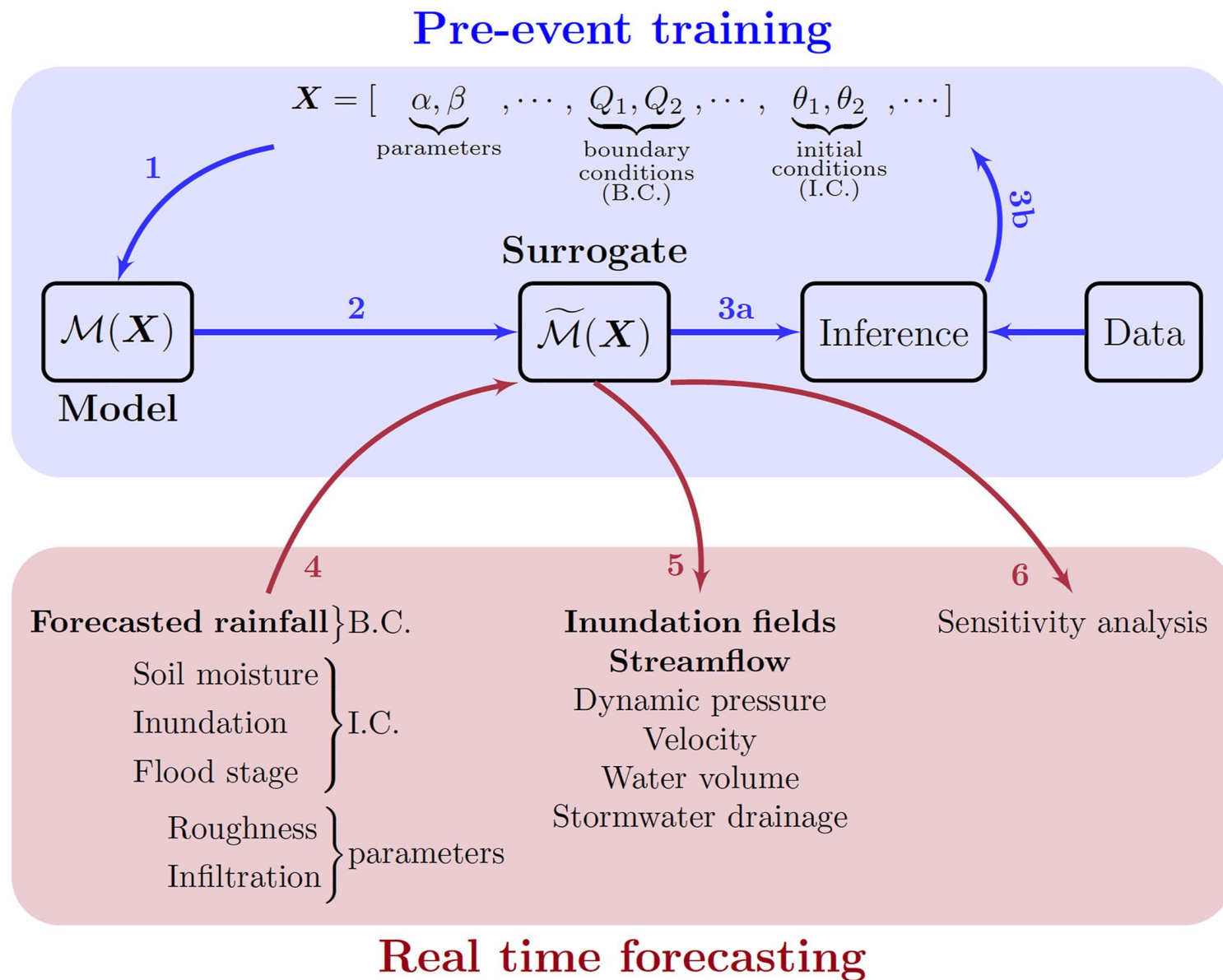
## ◆ 实时洪水预报框架

### • 输入:

拟径流生成和地表流流体动力学;  
创建简单代理模型。

### • 输出:

对基础物理学进行渐进式学习;  
实现洪水变量的概率时空评估;  
实现对于风险的预测。

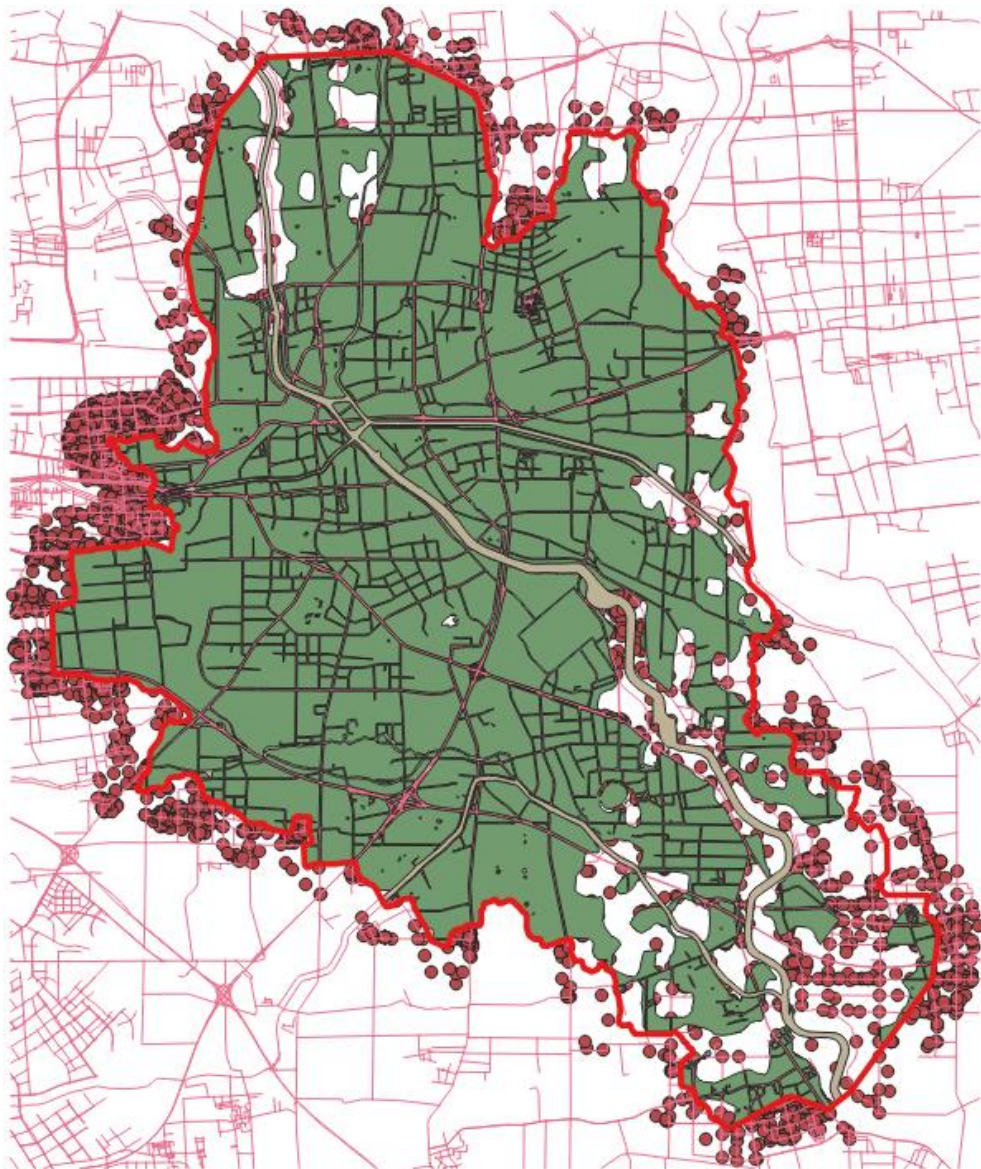


[6]



◆ 研究对象：  
北京城市副中心

面积：155平方千米  
人口：约200万人





## 深度学习架构

### 全连接层传播规则：

$$x_e = f_e(x_{e-1}, \theta_e) = \sigma(W_e x_{e-1}),$$

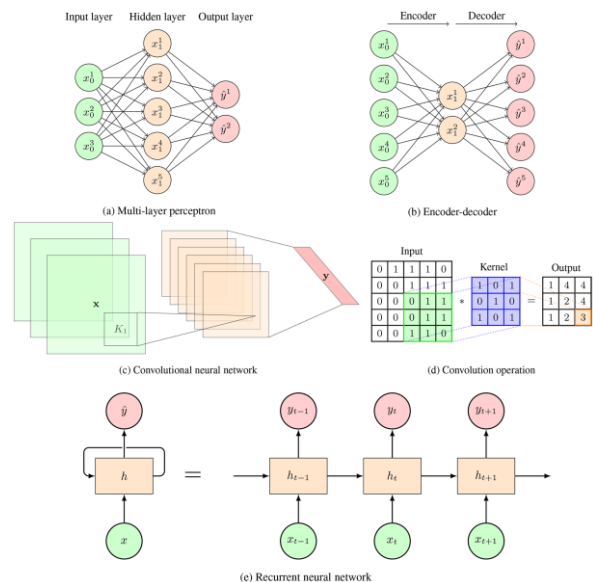
### 卷积层I层的传播规则：

$$x_{e+1} = \sigma(K_e * x_e),$$

### 循环神经网络

$$h_t = \sigma(W h_{t-1} + U x_t),$$

$$y_t = \sigma(V h_t),$$



[7]

### 矢量数据(.gpkg文件)

城市兴趣点

道路

建设用地分类

研究区边界

主要河流

### 栅格数据 (.tif文件)

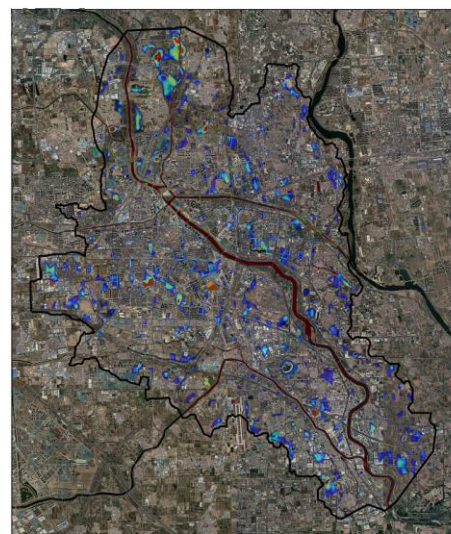
土地利用类型

数字高程模型

建筑物面积密度

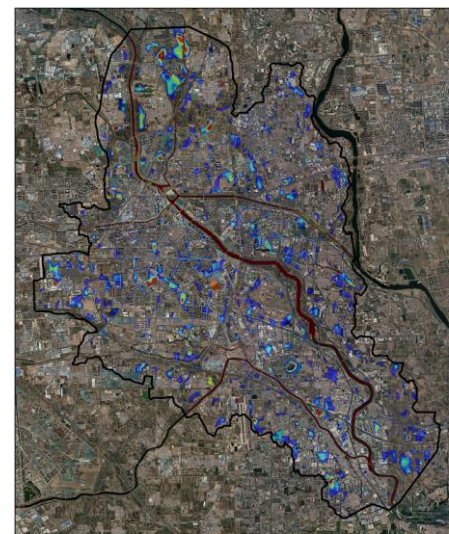
土壤类型

.....



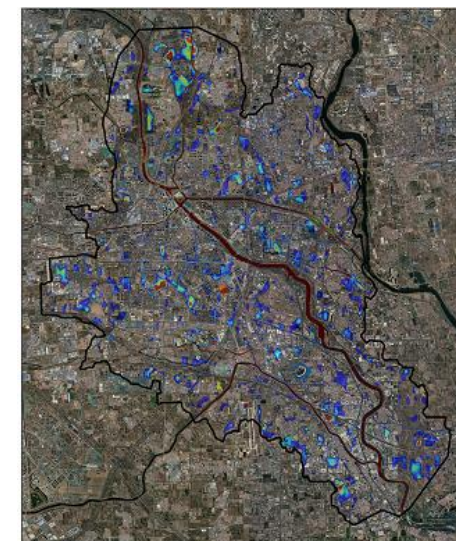
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

7-29 12:00:00



10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

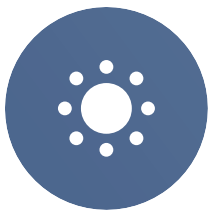
7-29 13:00:00



10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

7-29 14:00:00

[1]



## 1. 1月1日-1月15日

完成深度学习相关文献初步调研，制定基本研究方案；

## 2. 1月16日-2月20日

基于 Pytorch，利用 h5py 等程序包进行计算的加速，形成完整的结果，对于对应网格分辨率下的区域进行风险评级判定；

## 3. 2月21日-3月20日

在初步结果的基础上，研究相关参数变化对建模分析的影响，提出优化改进方案；

整理相关数据，进行收尾工作以及成果产出。

## 4. 3月21日-

撰写最终论文，准备最终答辩。





- [1] Minjong Cheon, Changbae Mun, The Climate of Innovation: AI's Growing Influence in Weather Prediction Patents and Its Future Prospects, Sustainability, 15, 24, (16681), (2023).
- [2] Salvadore E , Bronders J , Batelaan O . Hydrological modelling of urbanized catchments: A review and future directions[J]. Journal of Hydrology, 2015, 529:62-81.
- [3] 潘安君, 侯爱中, 田富强, et al. 基于分布式洪水模型的北京城区道路积水数值模拟: 以万泉河桥为例[J]. 水力发电学报, 2012, 31(5).
- [4] Krebs G , Kokkonen T , Valtanen M , et al. A high resolution application of a stormwater management model (SWMM) using genetic parameter optimization[J]. Urban Water Journal, 2013, 10(6):394-410.
- [5] Gong W , Duan Q , Li J , et al. Multiobjective adaptive surrogate modeling-based optimization for parameter estimation of large, complex geophysical models[J]. Water Resources Research, 2016, 52(3):1984-2008.
- [6] Ivanov, V. Y., Xu, D., Dwelle, M. C., Sargsyan, K., Wright, D. B., Katopodes, N., et al. (2021). Breaking down the computational barriers to real-time urban flood forecasting. Geophysical Research Letters, 48, e2021GL093585. <https://doi.org/10.1029/2021GL093585>
- [7] Roberto Bentivoglio, Elvin Isufi, Sebastian Nicolaas Jonkman, and Riccardo Taormina.(2022). Deep learning methods for flood mapping: a review of existing applications and future research directions



# 谢谢观看

—— 行健不息，须自强 ——