

3Di起源

- 台夫特科技大學教授Guus Stelling (2009)：『開放資料前，我們有模式，但是沒資料；開放資料後，我們有很多資料，但是沒有模式可以處理這麼多資料.....』
- 2009年起，與荷蘭商青蛙科技、水務局及Deltares共同研發3Di，為因應
 - 巨量資料 (高解析度地形[LiDAR DEM])
 - IoT資料
 - 加強民眾溝通
- Guus Stelling 曾開發的軟體：
 - Sobek模式
 - Delft3D三維水理模式
 - Rebisim水文模式



Prof Guus Stelling, TU Delft



3Di Consortium 2009年成立

3Di 特色

- › 快速
 - › 20x-1000x 加速
 - › 數秒鐘可完成一小時模擬
- › 準確
 - › 1% 模式誤差 (STOWA 2017)
 - › 1m高解析度
- › 視覺互動
 - › 任何時間、地點、裝置皆可操作
 - › 變更條件不中斷模擬：地形、下水道、抽水機、沙包、入滲、粗糙度等

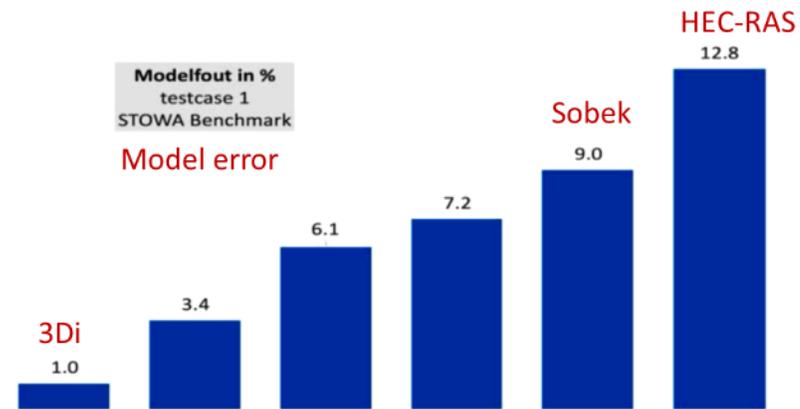


Figure 1: Accuracy of various model codes relative to the exact analytical solution from the STOWA Benchmark study, Source (STOWA, 2017) 2

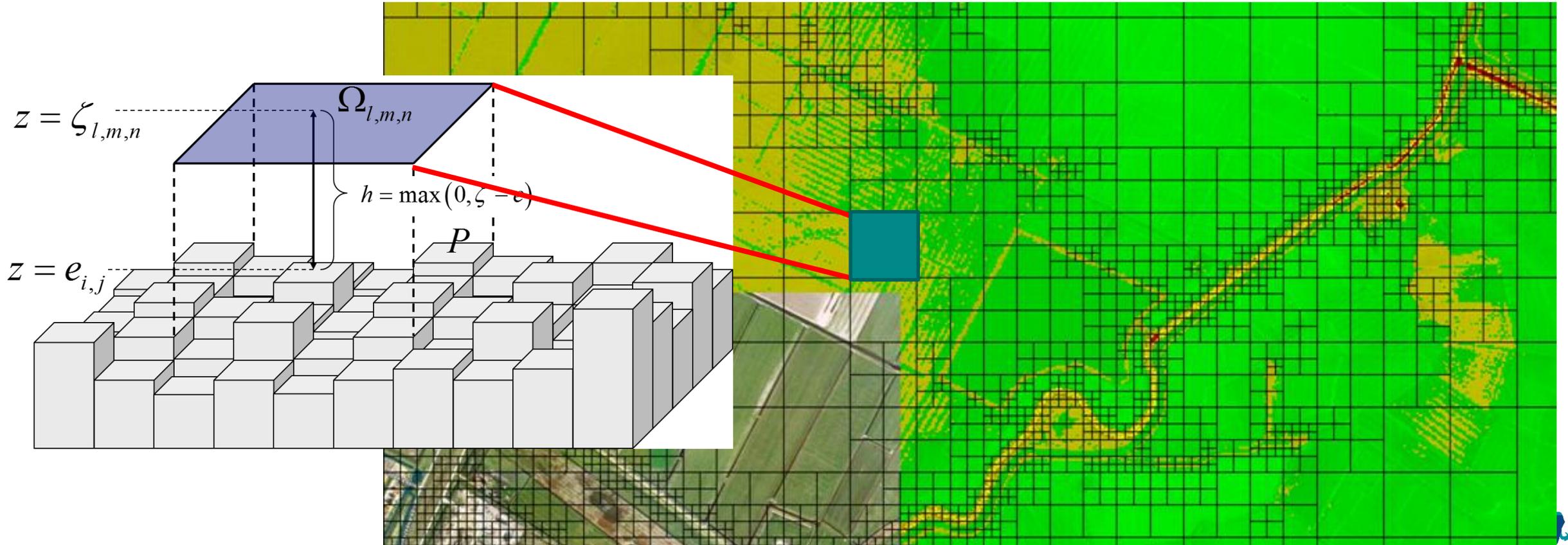




3Di – 理論

四分數法與子網格法

•Paper: *Quadtree flood simulations with sub-grid digital elevation models* 2012; ICE Publishing; Guus S. Stelling





二維網格計算

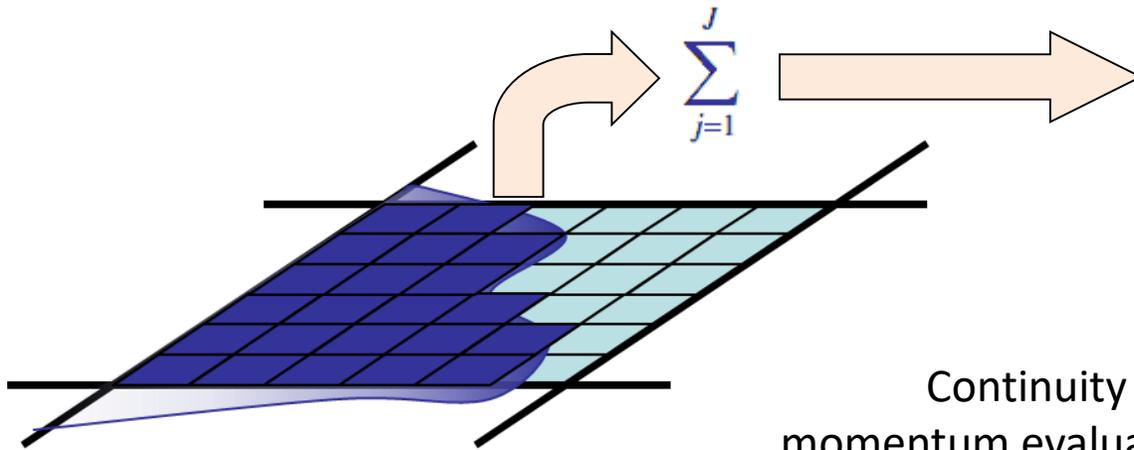
動量方程式:

$$\frac{DU}{Dt} + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + cf \frac{U \|U\|}{h} = 0$$

$$\frac{DU}{Dt} + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + g \frac{U \|U\|}{\Omega^2} = 0, \Omega = \sqrt{\frac{gh}{cf}}$$

利用子網格修正底床減應力

Define friction in terms of conveyance velocity Ω



$$\|U\| = \frac{\sum_{j=1}^J h_j \|u_j\|}{\sum_{j=1}^J h_j},$$

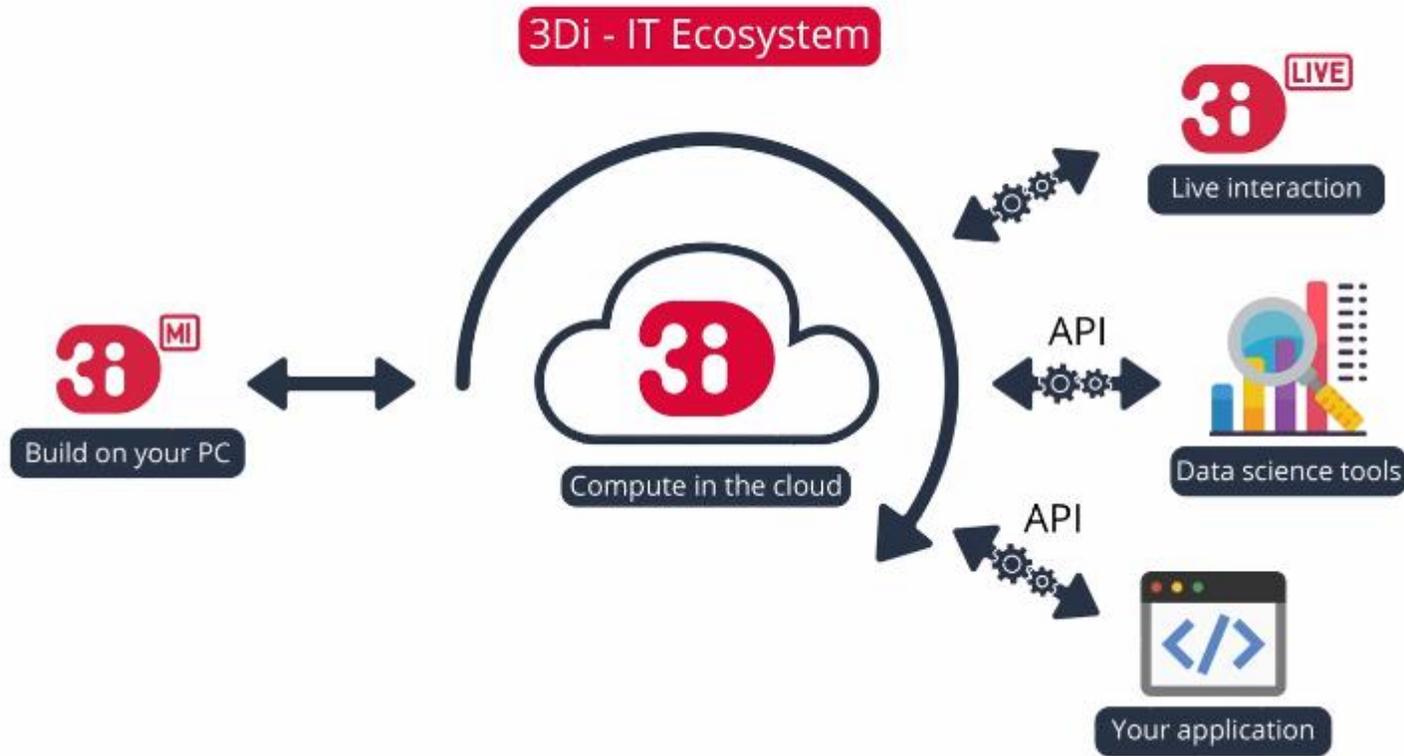
Continuity and momentum evaluated on quadtree cells:

$$\Omega = \frac{\sum_{j=1}^J h_j \Omega_j}{\sum_{j=1}^J h_j}$$

不同水位，對應不同粗糙度，趨近於現實情況



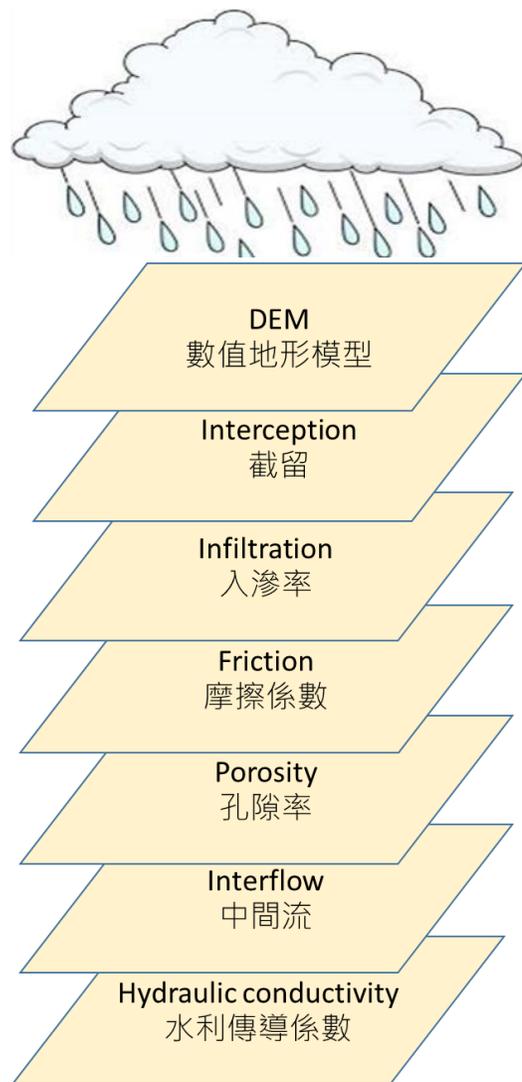
API輸入與輸出



- 介接自己的觀測資料
 - 水位、水深
 - QPE (雷達定量降雨觀測)
 - QPF (雷達定量降雨預測)
 - 其他
- 介接自己的模式
 - 地滑模式
 - 河道退縮模式、堤防安全模式
 - 橋墩沖刷
 - 其他
- 介接自己的網站與平台



3Di模式在集水區的應用設定



地表水模組



動力波模式，精確模擬漫地流

考慮

- 各網格不同的粗糙度
- 各網格的降雨量
- 各網格的損失量(入滲、截留)

地下水模組



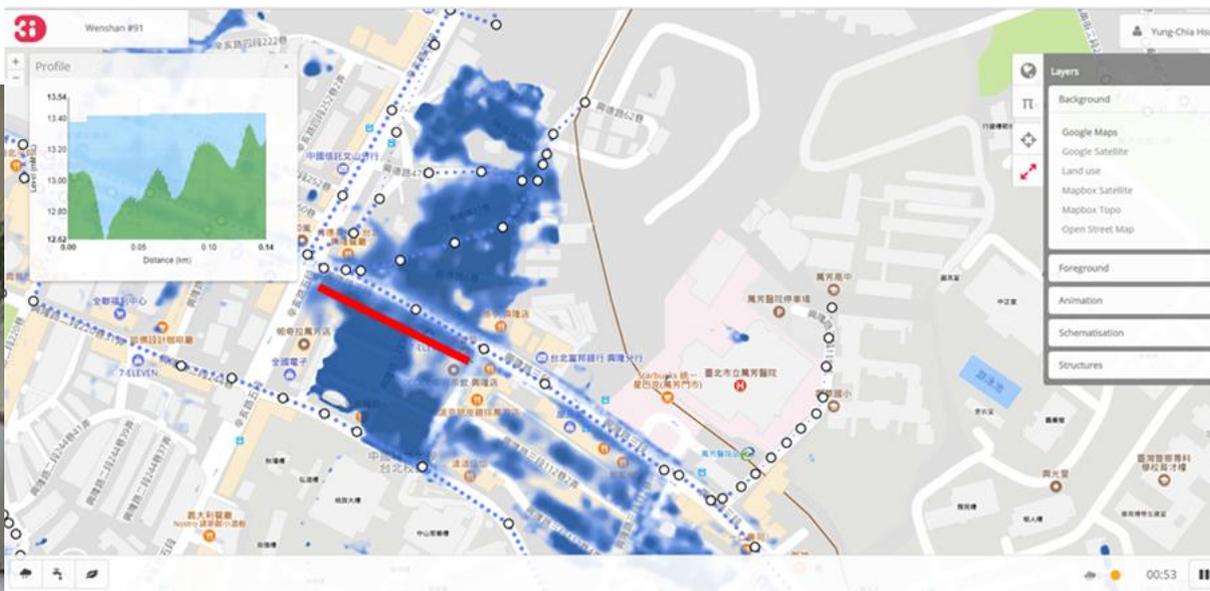
地下水模式，精確模擬降雨事件後的伏流水





討論會現在可以這麼做

官方、民眾、專家



- 各種情境只要幾分鐘。
- 地形、粗糙度、管線、水工結構物皆可即時修改並模擬





3Di-1D2D動力淹水模組

Tainan_2 - tainan_2st_1d2d_rn - #78

Amsterdam East Sewerage - amsterdam_eost

Discharge

object type	v2_pipe
display name	211_M72150-211_M72390
invert level start point	-5.72 (m MSL)
invert level end point	-5.72 (m MSL)
friction	unknown type=4 value=0.011000
cross section	circle dia=0.376m
sewerage type	combined
calculation type	stand-alone
connection node start	75527
connection node end	75711
line index	53437

0.12
0.10
0.05
0.00
-0.05
-0.06

0.06 0.07 0.15 0.23

Time (hours)

- 明渠
- 下水道
 - 雨水下水道 (藍色點)
 - 污水下水道 (紅色點)
 - 合流式下水道 (黃色點)
- 水工結構
 - 堰
 - 抽水機
 - 孔口
 - 閘門
 - 涵洞

○ 人孔
● 下水道管流
■ 地表逕流

Simulation running 00:42



Discharge

object type	v2_pipe
display name	211_M72150-211_M72390
invert level start point	-5.72 [m MSL]
invert level end point	-5.72 [m MSL]
friction	unknown type=4 value=0.011000
cross section	circle dia=0.376m
sewerage type	combined
calculation type	stand-alone
connection node start	75527
connection node end	75711
line index	53437

0.12
0.10
0.05
0.00
-0.06

0:00 0:07 0:15 0:23

Time (hours)

二維渠道與地表漫地流

視覺化呈現流動方向與流量大小

- 下水道種類
 - 藍點：雨水下水道
 - 紅點：污水下水道
 - 黃點：雨汙混流
- 成功應用於荷蘭各大城市，例如**阿姆斯特丹**、**鹿特丹**



即時操作移動式抽水機，評估需求數量