

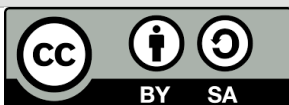
## L1.2 Modelli urbani semantici

### Note della lezione

#### **Autore(i)/Organizzazione(i):**

Ariana Kubart, Ocellus Information Systems AB

#### **Licenza**



<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

#### **Versione**

Versione 1.0

Data: Aprile 2024

#### **Sintesi**

Questa lezione si focalizza completamente sui modelli semantici come approccio allo stato dell'arte della modellazione delle città e base per applicazioni come le smart city e i gemelli digitali (digital twins). Vengono illustrati i vantaggi dei modelli con informazioni semantiche e viene spiegato come vengono creati tali modelli. Nell'ultima parte, la lezione mostra diversi esempi di modelli semantici esistenti e del loro utilizzo nella pianificazione della società.

#### **Risultati di apprendimento**

Al termine di questa lezione, lo studente dovrà essere in grado di

- Spiegare la parte semantica dei modelli di città e le differenze rispetto ai modelli 3D grafici
- Riassumere le principali fasi di creazione di un modello semantico
- Citare esempi di modelli esistenti e delle loro possibili applicazioni

### **Competenze attese per l'accesso alla lezione**

Conoscenze GIS intermedie

L1.1 Concetti di modellazione 3D

### **Carico di lavoro previsto**

17 diapositive con contenuti didattici, circa 3 ore

### **Dichiarazione di non responsabilità**

*Finanziato dall'Unione europea. Le opinioni espresse appartengono, tuttavia, al solo o ai soli autori e non riflettono necessariamente le opinioni dell'Unione europea o dell'Agenzia esecutiva europea per l'istruzione e la cultura (EACEA). Né l'Unione europea né l'EACEA possono esserne ritenute responsabili*

## Contenuti

<b>Che cos'è il modello urbano semantico? .....</b>	<b>4</b>
<b>Oggetti nei modelli semantici.....</b>	<b>5</b>
<b>Creazione di modelli urbani I.....</b>	<b>6</b>
<b>Creazione di modelli urbani II.....</b>	<b>7</b>
<b>Città in 3D da foto aeree I .....</b>	<b>8</b>
<b>Città in 3D da foto aeree II .....</b>	<b>9</b>
<b>Esempio di modello 3D di Helsinki .....</b>	<b>10</b>
<b>Città 3D da scansione laser I.....</b>	<b>11</b>
<b>Città 3D da scansione laser II.....</b>	<b>12</b>
<b>Città 3D da scansione laser III.....</b>	<b>13</b>
<b>Modello semantico 3D finale .....</b>	<b>14</b>
<b>Astrazione nei modelli di città 3D .....</b>	<b>15</b>
<b>Esempi di modelli urbani in 3D I .....</b>	<b>16</b>
<b>Esempi di modelli urbani in 3D II .....</b>	<b>17</b>
<b>Applicazioni che utilizzano modelli 3D semantici.....</b>	<b>18</b>
<b>Analisi della radiazione solare .....</b>	<b>19</b>
<b>Analisi della velocità del vento .....</b>	<b>20</b>
<b>Analisi di irraggiamento e ombreggiatura.....</b>	<b>21</b>
<b>Altre applicazioni .....</b>	<b>22</b>
<b>Riferimenti .....</b>	<b>23</b>

### Modelli urbani semantici

  Cofinanziato  
dall'Unione europea

#### Che cos'è il modello urbano semantico?

Modello con oggetti distinti che rappresentano cose del mondo reale: case, strade, alberi e altro.



In alto: da Helsinki3D\_Kalastama\_Digital\_Twins  
<https://www.hel.fi/en/decision-making/information-on-helsinki/maps-and-geospatial-data/helsinki-3d>

A sinistra: modello di città semantica di Stoccolma  
Scaricato da: [Dataportalen \(stockholm.se\)](https://dataportalen.stockholm.se)

4

## Che cos'è il modello urbano semantico?

Nell'ultima lezione abbiamo visto che i modelli urbani tridimensionali altamente dettagliati possono essere prodotti automaticamente mediante una fitta corrispondenza di immagini aeree. Tuttavia, questi modelli a maglia sono solo "immagini". Non forniscono alcuna informazione su cosa sia un edificio, una strada o un albero, né sulle loro proprietà.

Sicuramente un essere umano può guardare il modello a maglia e contare gli alberi in una determinata strada o il numero di finestre di un edificio di interesse. Ma un computer vede solo una serie di triangoli a cui è associata una texture. Per questo motivo, il computer ha bisogno di definire oggetti distinti che rappresentino le cose del mondo reale: case, strade, alberi e altro.

Questi oggetti realistici sono etichettati con il loro significato. Naturalmente possono avere degli attributi. E anche interrelazioni con altri oggetti all'interno di un'area.

Questi modelli 3D strutturati con oggetti realistici chiaramente definiti sono chiamati modelli semantici.

### Modelli urbani semantici



Oggetti artificiali e vegetazione; fonte : Biljecki et al (2015)  
Applications of 3D City Models: State of the Art Review



Digital Terrain Model (DTM)

Modello digitale del terreno, DTM; fonte: [digital-terrain-model-dtm-1024x569.jpg \(1024x569\)](https://digital-terrain-model-dtm-1024x569.jpg) ([pigeonis.in](https://pigeonis.in))

#### Oggetti nei modelli semantici

- Oggetti naturali - modello digitale del terreno, vegetazione, corpi idrici ...
- Oggetti costruiti dall'uomo: case, ponti, arredi urbani....
- Tutti gli oggetti possono avere attributi

5

## Oggetti nei modelli semantici

Solo per ricordare, i modelli semantici sono rappresentazioni digitali degli oggetti, delle loro proprietà e delle interazioni tra di essi. Gli oggetti possono essere sia naturali che creati dall'uomo.

Gli oggetti (o caratteristiche) naturali sono, ad esempio, il modello digitale del terreno (DTM), la vegetazione o i corpi idrici.

Le costruzioni artificiali sono case, ponti, strade e così via, combinate con oggetti più piccoli come panchine, cestini per la spazzatura, semafori, lampioni e altri elementi.

Gli oggetti complessi vengono in genere ulteriormente scomposti. Ad esempio, una casa può essere scomposta in parti dell'edificio e queste a loro volta in tetto, pareti o superfici del terreno.

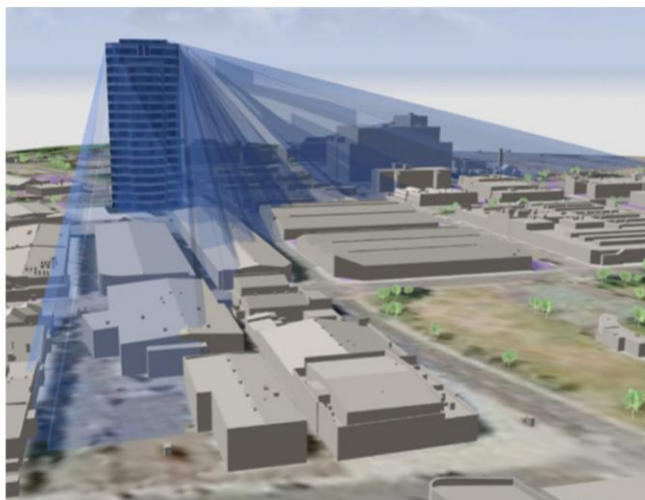
I muri possono contenere anche finestre e porte. Come si vede, questa aggregazione (scomposizione) è gerarchica (poiché un edificio è composto da parti, che sono formate da muri, che hanno finestre).

Le caratteristiche possono avere attributi a tutti i livelli di aggregazione. Questi attributi possono fornire tutte le informazioni rilevanti, ad esempio sulla posizione, sull'aspetto visivo, sugli attributi tematici, sugli aspetti funzionali, sulle loro interrelazioni, solo per citare alcuni esempi.

## Modelli urbani semantici

### Creazione di modelli urbani I

- Modelli 3D - successore delle mappe 2D
- Possibilità di aumentare la capacità di calcolo
- Il mondo è in 3D: i modelli 3D sono più realistici di quelli 2D.
- Alcune analisi non sono possibili in 2D, ad esempio la proiezione di ombre o l'inquinamento atmosferico.



L'analisi delle ombre, 3D necessaria per l'analisi, da: Applications of 3D City Models: State of the Art Review



6

### Creazione di modelli urbani I

Possiamo considerare i modelli di città tridimensionali come successori delle tradizionali mappe bidimensionali.

Il progresso dal 2D al 3D è dipeso dallo sviluppo e dalla diminuzione dei prezzi delle tecniche di scansione e della capacità di calcolo. Poiché il mondo è in 3D, i modelli 3D forniscono informazioni più realistiche sulla realtà, rispetto alle mappe 2D. Alcune analisi sono possibili solo nello spazio 3D, ad esempio l'analisi delle ombre o dell'inquinamento atmosferico.



**Modelli urbani semantici** Cofinanziato  
dall'Unione europea

### Creazione di modelli urbani II

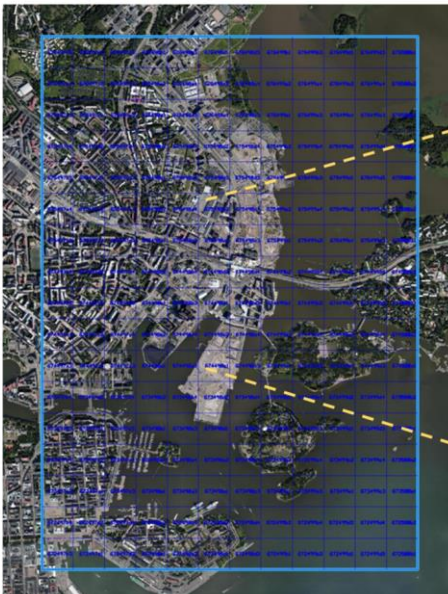
Combinazione di:

- immagini aeree (fotogrammetria)
- nuvole di punti (LiDAR)
- dati 2D (catasti)

Dati messi insieme da un software specializzato

Seguono controllo e regolazione manuale

Tiling di immagini aeree nel modello della città di Helsinki, da: The Kalasatama Digital Twins Project



## Creazione di modelli urbani II

Come vengono creati questi modelli 3D? In generale, i modelli si basano su immagini aeree, nuvole di punti e dati 2D, combinando in modo ottimale queste tecniche.

Le immagini possono essere ottenute con diverse tecniche fotogrammetriche, le nuvole di punti provengono da scansioni laser (LiDAR) e i dati spaziali 2D da registri e catasto, per esempio.

Da questi dati, software specializzati possono generare automaticamente i modelli urbani. Si tratta di un'operazione veloce ed economicamente vantaggiosa. Naturalmente, i dati di input devono essere di buona qualità e adeguatamente armonizzati.

Ovviamente, l'utente può definire le impostazioni di calcolo del modello. Inoltre, i modelli di output possono essere regolati manualmente in un secondo momento, se necessario per la loro applicazione finale.

Vediamo il processo di creazione un po' più da vicino e con degli esempi.

**Modelli urbani semantici** Cofinanziato  
dall'Unione europea

### Città in 3D da foto aeree I

- Immagini 2D da diversi punti di vista
- Parzialmente sovrapposte
- Legate automaticamente tra loro e triangolate



Fotografia aerea verticale e obliqua (in alto) e creazione della maglia 250x250 metri (a destra)

Fonte: The Kalasatama Digital Twins Project. The final report of the KIRA-digi pilot project, 2019



8

### Città in 3D da foto aeree I

Per ottenere un modello a maglia possono essere sufficienti immagini 2D da diverse prospettive.

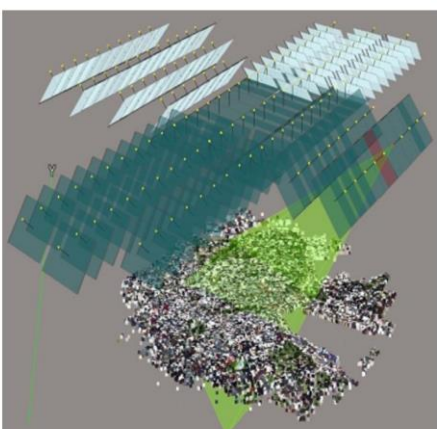
I dati di partenza sono costituiti da diverse fotografie parzialmente sovrapposte dell'oggetto da modellare.



**Modelli urbani semantici**


**Città in 3D da foto aeree II**

- Unire trovando caratteristiche comuni nelle immagini sovrapposte (in basso)



- Punti di controllo o a terra (destra)

Fonte : The Kalasatama Digital Twins Project. The final report of the KIRA-digi pilot project, 2019



## Città in 3D da foto aeree II

Questi dati vengono poi triangolati automaticamente. Le immagini aeree vengono unite trovando caratteristiche comuni.

Per ancorare il modello 3D alla realtà, è necessario definire dei punti di controllo a terra e specificare le loro coordinate X, Y e Z. Questi punti a terra rappresentano luoghi facilmente distinguibili, come gli incroci stradali. La loro posizione deve essere determinata manualmente in modo che coprano e racchiudano l'intera area.

Il modello risultante appare altamente realistico e la sua qualità può essere verificata mediante un'ispezione visiva o confrontando il modello con i dati della scansione laser. Un esempio del modello di Helsinki è riportato nella prossima diapositiva.

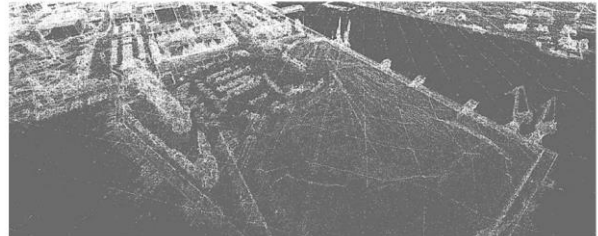


## Modelli urbani semantici

### Esempio del modello di Helsinki

Tre fasi della creazione :

- 1) nuvola di punti da immagini aeree (in alto a destra)
- 2) modello mesh senza triangoli visibili (in basso a destra)
- 3) modello fotorealistico finale (in basso a sinistra)



Fonte : The Kalasatama DT Project

10

### Esempio di modello 3D di Helsinki

La diapositiva illustra le tre fasi della creazione del modello a maglia di Helsinki basato su immagini aeree.

L'immagine in alto a sinistra illustra la prima fase, ossia una nuvola di punti ottenuta dalle immagini aeree.

L'immagine successiva sotto alla prima mostra il modello a maglia, in questo caso senza i triangoli visibili.

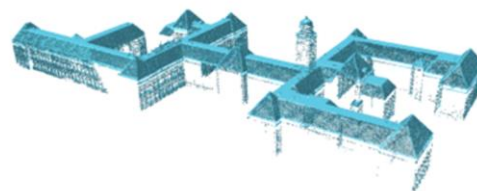
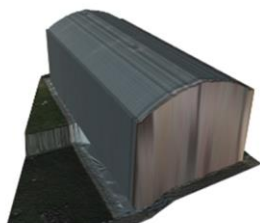
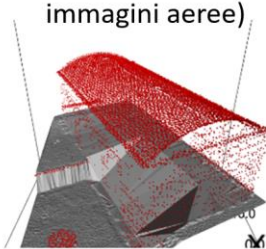
Il modello fotorealistico finale, con le fotografie aeree proiettate, è mostrato nell'ultima immagine in basso a sinistra della diapositiva.

Si può notare che il modello è altamente realistico. Tuttavia, i singoli oggetti non sono ancora definiti.

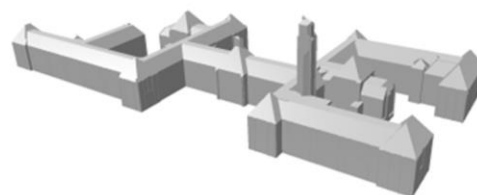
## Modelli urbani semantici

### Città 3D da scansione laser I

- Modelli a maglia anche da nuvole di punti (a destra (a) una nuvola di punti, (b) un edificio ricostruito)
- Può essere fotorealistico (in basso)
- Aree più piccole, maggiori dettagli (rispetto alle immagini aeree)



(a)



(b)

Fonte : 3D Book (sinistra),  
<https://www.rock.estate/blog/a-tour-of-3d-point-cloud-processing> (destra)

### Città 3D da scansione laser I

I modelli a maglia possono derivare anche da nuvole di punti provenienti da scansioni laser. In generale, questo metodo è adatto per aree più piccole e può dare origine a modelli più dettagliati, rispetto al metodo basato sulle immagini.

È addirittura possibile proiettare le foto sul modello per renderlo fotorealistico.

**Modelli urbani semantici**

**Città 3D da scansione laser II**

DTM – quota dell'impronta dell'edificio  
DSM – altezza dell'edificio e forma del tetto  
Mappa 2D – impronta

Surface model

Terrain model

- DTM e DSM – Modello digitale del terreno e della superficie (in alto)
- Modelli di terreno e di superficie di un'area dell'edificio (a sinistra)

Fonte : The Kalasatama DT Project

12

## Città 3D da scansione laser II

Ottimi esempi di nuvole di punti basate sul LiDAR sono il Modello Digitale del Terreno (DTM) e il Modello Digitale della Superficie (DSM). Questi sono spesso disponibili gratuitamente per gli utenti e possono essere utilizzati per generare modelli di città.

Il modello del terreno determina la quota dell'ingombro dell'edificio; il modello di superficie identifica l'altezza e la forma del tetto, e l'ingombro è disponibile in qualsiasi mappa 2D.

Con l'altezza, i tetti e gli ingombri disponibili, è possibile identificare i singoli oggetti della città e assemblare i muri. Anche questo può essere elaborato in modo più o meno automatico.



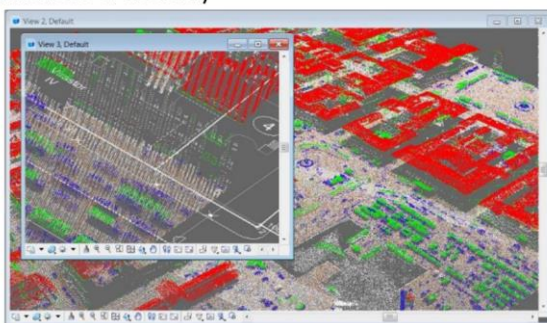
## Modelli urbani semantici

### Città 3D da scansione laser III

Mappa di base e nuvole di punti per un'area  
(in basso)

Forme dei tetti degli edifici a partire dai dati  
(in alto a destra)

Geometrie degli edifici 3D creati  
(in basso a destra)



Fonte : The Kalasatama DT Project



### Città 3D da scansione laser III

Le figure di questa diapositiva illustrano il processo di creazione e identificazione degli oggetti, come descritto nella diapositiva precedente.

L'esempio dell'area è ancora una volta tratto dal modello 3D di Helsinki.

### Modelli urbani semantici

  Cofinanziato  
dall'Unione europea

#### Modello semantico 3D finale

- Aggiunta di informazioni semantiche = attributi
- Disponibile, ad esempio, nei catasti



Esempi di modello semantico grafico di  
Stoccolma - centro città e zona residenziale

<https://smartstad.stockholm/2020/03/09/over-100-000-byggnader-i-stockholm-som-3d-modeller-i-stadsbyggnadskontorets-nya-databas/>

14

## Modello semantico 3D finale

Seguendo i passaggi delle diapositive precedenti, si prepara un modello di città con singoli oggetti. Ovviamente, è possibile proiettare foto aeree sul modello per ottenere un aspetto realistico delle facciate.

L'aspetto finale di un tale modello può essere visto nella diapositiva, questa volta un esempio da Stoccolma.

Ma per ottenere un vero modello semantico, dobbiamo anche aggiungere gli attributi, cioè le informazioni semantiche. Può trattarsi di qualsiasi cosa, dal proprietario e dall'uso dell'oggetto al numero di persone che vivono in un determinato indirizzo. Queste informazioni sono disponibili, ad esempio, nei catasti, quindi è sufficiente collegarle al modello.



## Modelli urbani semantici

### Astrazione nei modelli 3D

- Rimozione di parti non necessarie, ad esempio gli interni.
- Modelli semantici - alto livello di astrazione, ID univoci
- Modelli a maglia - bassa astrazione, meno spazio sul computer, più veloci da creare e leggere, più economici



[Helsinki 3D | Città di Helsinki](https://www.hel.fi/en/decision-making/information-on-helsinki/maps-and-geospatial-data/helsinki-3d)

<https://www.hel.fi/en/decision-making/information-on-helsinki/maps-and-geospatial-data/helsinki-3d>

15

### Astrazione nei modelli di città 3D

Abbiamo visto che la modellazione 3D avviene attraverso una serie di astrazioni del mondo reale. Alcune informazioni vengono perse, ma si spera che alla fine le informazioni rimanenti siano più strutturate e significative.

L'astrazione può eliminare parti non necessarie, come gli interni di un modello di città, e può operare a diversi livelli.

I modelli 3D semantici sono esempi tipici di alto livello di astrazione, con il mondo diviso in oggetti discreti. Tutti questi oggetti dovrebbero avere identificatori globalmente unici, stabili per tutta la durata di vita dell'oggetto. Ciò consente di tenere traccia degli oggetti e di aggiornarli in diverse applicazioni.

I modelli a maglia basati sulla triangolazione rappresentano un livello di astrazione inferiore, ma sono più veloci e meno costosi da creare. Come discusso, possono essere il primo passo della modellazione 3D, che può essere seguito da una successiva decomposizione semantica.

In generale, la prima generazione di modelli di città era basata sulle maglie. Oggi, alcune città aggiornano i loro modelli in modelli semantici che potrebbero servire come base per un gemello digitale. Naturalmente, più il modello di una città si arricchisce di informazioni, più il suo gemello digitale diventa funzionale e utile.

In questo modulo del corso è presente un corso specializzato sul gemello digitale (3D GIS).

## Modelli urbani semantici

### Esempi di modelli urbani in 3D I

- Modelli semantici - principalmente settore pubblico
- Modelli ad alta grafica - spesso commerciali, Open Street Map
- 1° modello gratuito - Berlino 2015



[VisualizationBerlin – 3DCityDB Database](#)

16

### Esempi di modelli urbani in 3D I

I modelli di città in 3D possono essere visti come i successori delle tradizionali mappe digitali in 2D. Questo progresso è stato possibile grazie all'aumento della potenza di calcolo e di archiviazione, poiché il modello 3D contiene una quantità di dati significativamente maggiore rispetto alle mappe 2D.

La maggior parte dei modelli semantici di città sono creati e gestiti dai dipartimenti cartografici a livello comunale.

Tuttavia, i modelli 3D delle città sono prodotti anche da aziende commerciali e da iniziative come il progetto Open Street Map. Spesso, però, si tratta di modelli grafici e non semantici.

Il primo modello di città liberamente disponibile è stato quello di Berlino, pubblicato nel 2015. È stato generato automaticamente da dati catastali 2D e da dati laser aviotrasportati, con texture estratte automaticamente dalle immagini aeree, come abbiamo spiegato in precedenza.



## Modelli urbani semantici

### Esempi di modelli urbani in 3D II

Molte città forniscono modelli 3D da sfogliare

I dati stessi di solito non sono scaricabili gratuitamente

Eccezioni :

[Città/regioni del mondo con dati aperti \(tudelft.nl\)](https://tudelft.nl)



Modello semantico di Zagabria, Croazia

[ZG3D: 3D model Grada Zagreba \(gdi.net\)](https://gdi.net)

17

### Esempi di modelli urbani in 3D II

Il modello di Berlino, già citato, è aperto. Allo stesso modo, esistono altri modelli di città diverse di molti Paesi. Per un elenco di questi, si veda la lista fornita dall'Università Tecnica di Delft:

[Città/regioni del mondo con dataset aperti \(tudelft.nl\)](https://tudelft.nl)

Questi modelli aperti sono in diversi formati, ma solo una minoranza di essi è semantica.

La maggior parte delle città sta creando i propri modelli 3D al giorno d'oggi. Tuttavia, non li forniscono gratuitamente, o almeno non in LoD più elevati (ad esempio, LoD1 può essere un dato aperto, ma LoD2 è a pagamento).

Esempi svedesi di modelli semantici avanzati sono quelli di Stoccolma e Göteborg.

[Stockholm 3D](https://stockholm3d.se)

[Digital tvilling - Göteborgs Stad \(goteborg.se\)](https://goteborg.se)

La figura riportata nella diapositiva illustra il modello semantico LoD2 di Zagabria, in Croazia.

[ZG3D: 3D model Grada Zagreba \(gdi.net\)](https://gdi.net)

## Modelli urbani semantici

### Applicazioni che utilizzano modelli 3D semantici

- Visualizzazione e pianificazione della città (vedi figura)
- Interrogazione - dipende dal LoD e dalla qualità dell'informazione semantica
- Analisi e simulazioni: forniscono nuove informazioni semantiche
- Scenario di test



Source: The Kalasatama DT Project

18

### Applicazioni che utilizzano modelli 3D semantici

Le possibilità di utilizzo dei modelli 3D di città sono molteplici.

La prima è la visualizzazione, sia degli edifici esistenti che di quelli pianificati. Questo è illustrato nella figura della diapositiva, che mostra un nuovo quartiere pianificato a Helsinki. Questo è ovviamente molto utile per lo sviluppo della città.

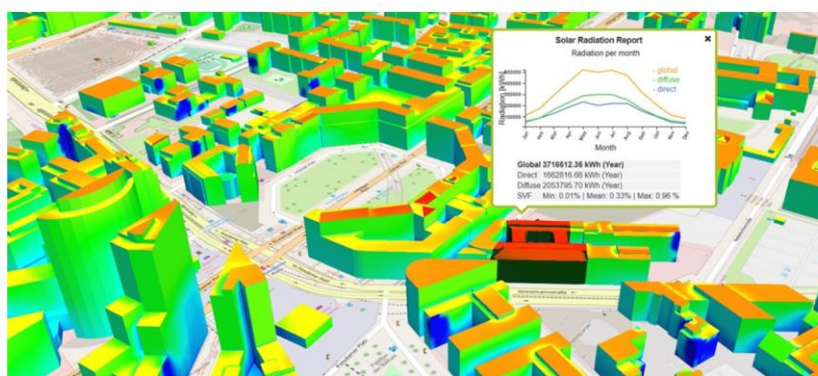
Ma si possono ottenere molte più informazioni dai modelli semantici, poiché tutti gli oggetti della città possono essere arricchiti con dati tematici. È possibile interrogare, ad esempio: "Quanti lampioni ci sono in una strada" o "Quante finestre di una casa sono orientate verso una piazza" o "Quanti edifici consumano più di 100 kWh/m<sup>2</sup>/anno". Le interrogazioni possono essere tanto complesse quanto lo consentono le informazioni semantiche e il LOD.

È inoltre possibile eseguire diverse analisi e simulazioni, nonché testare diversi scenari di sviluppo. I risultati di tali analisi possono anche fornire nuove informazioni semantiche. Molte delle analisi sono già utilizzate nella pratica, anche se sicuramente non in tutte le città.



## Modelli urbani semantici

### Analisi della radiazione solare



[3d-stadtmodell\\_solarpotenzialanalyse-aspect-ratio-20-9-3.jpg \(2310x1040\) \(vc.systems\)](#)

Possibilità di molti calcoli:

- Produzione di energia solare
- I migliori tetti per le celle solari
- % del consumo domestico coperta dall'energia solare
- Soldi spesi per l'elettricità

19



### Analisi della radiazione solare

Vediamo alcuni esempi di applicazioni concrete.

La figura della diapositiva mostra la stima della radiazione solare sui tetti e sulle facciate di una città tedesca. Da questo dato è possibile calcolare quanta energia solare può essere prodotta nell'area, o quali sono i tetti più adatti per montare le celle solari.

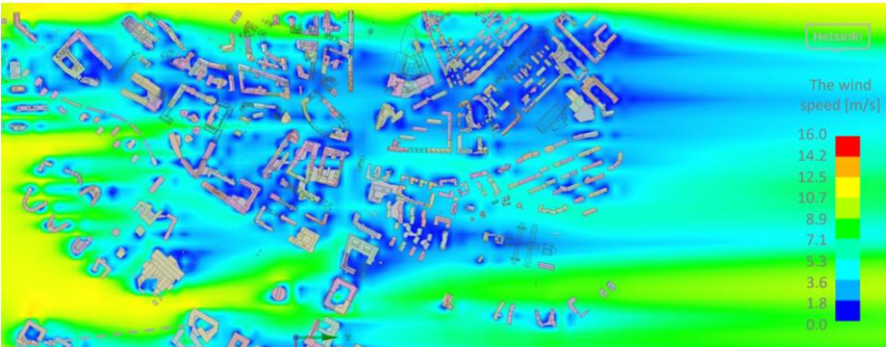
Se sapessimo quanta elettricità consumano le case, potremmo calcolare la percentuale di consumo coperta dalle celle solari o anche quanto denaro una famiglia può risparmiare annualmente sulle bollette elettriche. Oppure se la casa può diventare un edificio a energia zero, senza e con il miglioramento dei parametri di isolamento termico.

Come si vede, le analisi possono essere molto complesse, se il modello fornisce informazioni semantiche rilevanti.

**Modelli urbani semantici** Cofinanziato  
dall'Unione europea

### Analisi della velocità del vento

- Rallentamento della velocità del vento nel quartiere di nuova progettazione
- Stima del comfort termico durante le estati calde
- Diffusione dell'inquinamento o atmosferico



Simulazione dell'intensità del vento a livello stradale a Helsinki  
Il vento soffia dal lato sinistro dell'immagine a 15m/s  
Fonte : The Kalasatama DT Project

20

## Analisi della velocità del vento

Con i prossimi esempi applicativi torniamo a Helsinki, al quartiere di Kalasatama di recente pianificazione.

La figura mostra come un forte vento proveniente dal mare verrebbe rallentato dagli edifici previsti e quale sarebbe il comfort del vento per i pedoni.

Analogamente alla radiazione solare, la velocità e la direzione del vento possono fornire dati per numerose altre analisi. Per esempio, si può contare il comfort termico e l'effetto di raffreddamento del vento nelle città durante i giorni più caldi, un aspetto importante nelle città con temperature massime in aumento e ondate di calore letali.

La velocità e la direzione del vento sono fondamentali anche nella simulazione dell'inquinamento atmosferico e acustico, come richiesto dalle direttive europee sulla qualità dell'aria e del rumore. (Maggiori informazioni nel terzo blocco di questo corso).



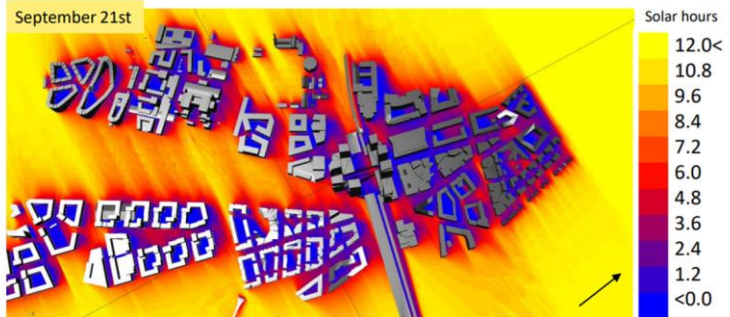
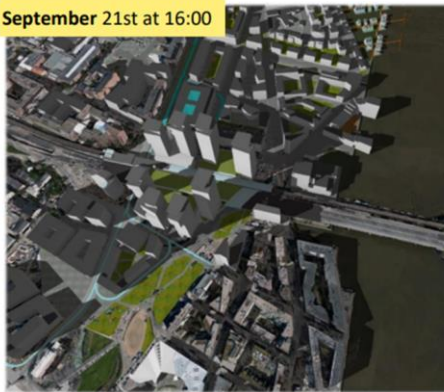


## Modelli urbani semantici

### Analisi di irraggiamento e ombreggiatura

- Pianificazione urbana

September 21st at 16:00



- Irraggiamento (in alto) e ombreggiatura degli edifici pianificati (a sinistra) all'equinozio d'autunno
- Calcoli analoghi per qualsiasi periodo dell'anno
- Progettazione e posizione dell'edificio di prova

Fonte : The Kalasatama DT Project

21

## Analisi di irraggiamento e ombreggiatura

Il prossimo esempio proviene di nuovo dal quartiere Kalasatama di Helsinki.

Le figure visualizzano i risultati dell'analisi dell'irraggiamento solare e come si disporranno le ombre delle case di nuova costruzione all'equinozio d'autunno.

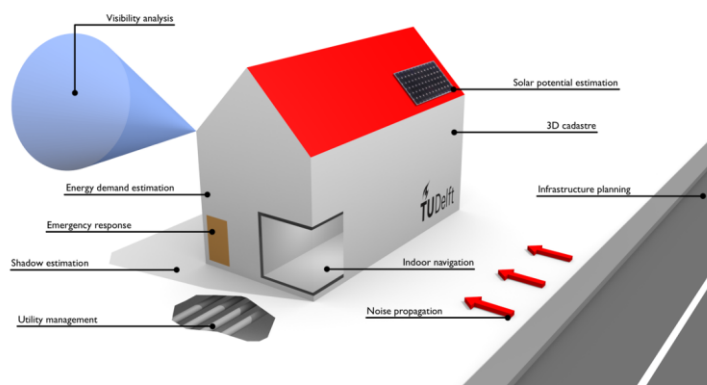
Naturalmente tale analisi può essere effettuata per qualsiasi periodo dell'anno. Rivela quali sono i cortili e le strade con poca o nessuna luce solare nelle diverse stagioni.

È possibile testare diversi scenari di disposizione e progettazione degli edifici, per scegliere la variante più adatta.

## Modelli urbani semantici

### Altre applicazioni

- Eventi di pioggia intensa e inondazioni
- Digital Twins, Smart Cities
- Qualità e armonizzazione dei dati fondamentali
- Biljecki e al. (2015):  
Applications of 3D City  
Models: State of the Art  
Review



[Applicazioni di modelli di città 3D | CityJSON](#)

22

### Altre applicazioni

Un'altra importante applicazione nella pianificazione urbana è l'analisi delle inondazioni, in cui si possono testare diversi scenari di forti piogge e vedere se la località sarà inondata o meno. Si tratta di un aspetto sempre più importante, dato che gli eventi meteorologici estremi saranno sempre più frequenti.

Ci sono poi i concetti di Digital Twins (Gemelli Digitali) e di Smart Cities (Città Intelligenti). L'idea è che diversi sensori raccolgano informazioni in tempo reale e forniscano un feedback immediato sulle funzioni della città. Si può spaziare dalla regolazione degli ingorghi del traffico e dell'inquinamento atmosferico ai cestini intelligenti, che chiedono di essere svuotati quando sono pieni.

Altre applicazioni sono ancora agli inizi, come l'utilizzo dei modelli per la navigazione e l'addestramento delle auto autonome o l'uso dei visori RV per fornire una passeggiata virtuale attraverso i nuovi progetti.

Naturalmente, esistono molte altre applicazioni. Un documento di sintesi del 2015 ne descrive oltre 100.

[Applicazioni dei modelli di città in 3D | CityJSON](#)

Qualunque sia l'applicazione che si intende realizzare, è importante sapere che il lavoro di preparazione è fondamentale. Se le informazioni contenute nel modello sono strutturate in modo coerente e includono gli aspetti realmente necessari per l'applicazione, la simulazione stessa può essere eseguita in modo pressoché automatico.

## Riferimenti bibliografici

The Kalasatama Digital Twins Project. The final report of the KIRA-digi pilot project, 2019

Biljecki et al. (2015): Applications of 3D City Models: State of the Art Review, ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2015, 4, 2842-2889; doi:10.3390/ijgi4042842

Ken Arroyo Ohori, Hugo Ledoux, and Ravi Peters (2020–2022): 3D modelling of the built environment, available at: [Releases · tudelft3d/3dbook \(github.com\)](https://github.com/tudelft3d/3dbook/releases)