

A. PIATTAFORMA PER LA CONOSCENZA DEI SISTEMI E DELLE LORO INTERAZIONI

1

DT tematici e architettura della piattaforma complessiva

La piattaforma UI è costituita da vari sistemi interagenti, come i Digital Twin (DT) tematici, dedicati a rappresentare i vari sistemi urbani, il Sistema di Supporto alle Decisioni (DSS) e il Data Lake; questi sistemi sono organizzati secondo un'architettura modulare, che consente di ottimizzare i processi di implementazione e integrazione delle singole componenti.

4

Sistema per la notifica asincrona degli eventi

La notifica dell'inserimento di dati nel Data Lake verso altri moduli della piattaforma UI comporta il rischio di un carico di lavoro eccessivo; per questo, UI adotta il design pattern publish/subscribe, che rende possibile selezionare i dati che necessitano di notifiche, indicando a quale modulo devono essere inviate.

7

Introduzione alla gestione legale ed etica del Gemello Digitale

Un Gemello Digitale (GD) produce e utilizza una grande quantità di informazioni e dati di diversa natura; ai fini della costruzione di un GD urbano è necessario dunque conoscere e gestire correttamente questi aspetti dal punto di vista sia legale che etico

2

Data lake

La piattaforma UI necessita di un sistema ICT dedicato alla gestione di una grande quantità di dati eterogenei. La soluzione è quella di adottare un Data Lake per la memorizzazione, l'interrogazione e il recupero dei dati prodotti dai DT tematici, dai sensori e dagli altri componenti del sistema.

5

Rappresentazione dei dati

La grande mole, varietà ed eterogeneità dei dati trattati dalla piattaforma UI richiede la definizione di strategie per la scelta delle più corrette modalità di rappresentazione, secondo un modello flessibile e dinamico che ottimizzi le operazioni di inserimento e recupero, garantendo il rispetto dei requisiti dei sottosistemi della UI, oltreché dei principi FAIR.

3

Interfacce per lo scambio dei dati

La presenza di differenti moduli e sottosistemi in comunicazione con il Data Lake rende necessaria la presenza di interfacce del tipo API REST in grado di fornire loro un punto unico di accesso verso il Data Lake per estrarre, inserire o aggiornare i dati in esso contenuti.

6

Modello di interoperabilità della piattaforma con sistemi esterni

I dati risultanti dalle operazioni dei vari moduli della piattaforma UI saranno resi disponibili anche a sistemi esterni autorizzati; al fine di garantire i più elevati standard di interoperabilità, UI adotta il Modello di Interoperabilità per le Pubbliche Amministrazioni (ModI), basato su API conformi agli standard consolidati in ambito europeo.

B. RILIEVO E MODELLO 3D



1

Costruzione e Analisi Multilivello del modello fisico urbano

Metodologia per l'elaborazione e la modellazione di dati morfologici sulla città. Funzionalità e potenzialità offerte dal modello 3D a seconda delle caratteristiche dei dati disponibili

2

Raccolta dati 3D da campagna di acquisizione

Quali sono le caratteristiche dei dati restituiti da campagne di rilievo 3D e quali sono i requisiti della fase di acquisizione che è importante specificare in base agli scenari applicativi previsti

3

Trattamento efficiente dei dati geospaziali della città

Metodologia per gestire grandi moli di dati geospaziali in modo efficiente: suddivisione in aree di interesse, indicizzazione dei dati, ordinamento per "importanza" e generazione di triangolazioni a diversi livelli di dettaglio.

4

Modellazione da dati a bassa risoluzione

Metodologia per la generazione di un modello 3D a bassa risoluzione in assenza di dati di dettaglio derivati da campagne di rilevamento 3D ad hoc. Sfrutta dati del telerilevamento nazionale e informazioni da mappe open source

5

Calcolo dell'ombreggiatura in città

Metodologia per il calcolo dell'ombreggiatura in ambiente urbano. Utilizza il modello 3D del costruito e l'inclinazione dei raggi solari ad una specifica data e ora per calcolare i punti in ombra. La qualità del risultato dipende dalla raffinatezza del modello di partenza

6

Calcolo dell'irraggiamento in città

Metodologia per il calcolo dell'irraggiamento solare ricevuto dalle superfici urbane. Sfrutta il calcolo dell'ombreggiatura oltre a informazioni morfologiche (inclinazione e orientamento delle superfici) e dati satellitari sulla radiazione solare

7

Arricchimento semantico dei modelli 3D

Tecnica di arricchimento della geometria basata sull'associazione di informazioni a porzioni significative del modello 3D. Tali porzioni significative possono essere sia user-defined sia indicate da tecniche per il riconoscimento automatico di features (p.es. tetti, lampioni, ecc.)

C. METODI DI ANALISI DELLA CITTÀ

1

Città come sistema complesso

UI guarda alla città come a un sistema complesso, basato sulla interdipendenza reciproca tra le sue componenti; a questo scopo, persegue la costruzione di una sintassi urbana finalizzata ad individuare e analizzare tutti i fattori e gli elementi che concorrono a formare un organismo urbano, ad approfondirne i fenomeni evolutivi, e a comprenderne le correlazioni profonde, come base per lo sviluppo di una indagine ontologica sulla città.

4

Patrimonio costruito - Permeabilità del suolo

Mappatura e monitoraggio del coefficiente di deflusso del territorio comunale in relazione a trasformazioni urbane basato sul tipo di uso e grado di impermeabilizzazione del suolo

7

Sintassi dell'Urban Intelligence

Nell'ottica dell'UI come strumento di innovazione urbana nei processi di governance del territorio. È descritto secondo uno schema diagrammatico la sintassi urbana e la sua componente virtuale, il Gemello Digitale Urbano. Lo schema è uno strumento di conoscenza complesso

2

Patrimonio costruito - Consumi ed emissioni degli edifici

Mappatura e monitoraggio, per l'intero territorio comunale, dei consumi energetici e delle emissioni di CO₂ degli edifici con approccio multiparametrico e archetipi edilizi di riferimento

5

Patrimonio costruito - Clima acustico urbano

Mappatura e monitoraggio del benessere acustico percepito all'interno di edifici e spazi aperti in relazione alla presenza di sorgenti di rumore e delle performance acustiche degli edifici

3

Patrimonio costruito - Microclima urbano

Analisi, mappatura e monitoraggio del surriscaldamento potenziale o reale di aree urbane rispetto ad aree rurali in relazione alle loro specificità insediative

6

Dati satellitari – Spostamenti dell'ambiente e del costruito

Analisi e monitoraggio dei fenomeni deformativi del costruito (infrastrutture critiche ed edifici) con la tecnica di interferometria radar satellitare SBAS-DInSAR a piena risoluzione spaziale, sfruttando anche misure GNSS disponibili

D. METODI DI INTERAZIONE SOCIALE

1

Partecipazione per la conoscenza urbana

La conoscenza delle componenti immateriali di una città (sociali, culturali, cognitive, ecc.) svolge un ruolo fondamentale per comprenderne a fondo le dinamiche complesse; a questo scopo, UI promuove un approccio partecipativo basato sull'idea di "mappatura di comunità", portato avanti anche grazie a strumenti PPGIS/CAWI, e finalizzato a descrivere le geografie sommerse di una città così come esperite nella vita quotidiana dei suoi abitanti.

4

Svelare il potenziale dei dati a supporto di una mobilità centrata sull'uomo

Nonostante la diffusione nelle aree metropolitane di servizi di mobilità condivisa, gli obiettivi governativi per un servizio di trasporto comune, multimodale e basato su principi di efficienza energetica non sono stati ancora raggiunti. Questa scheda riassume un nuovo framework di progettazione umano-centrico che riteniamo possa essere un valido strumento per i decisori politici per plasmare la mobilità del futuro, considerando il profondo intreccio tra aspetti sociali e personali che determinano i cambiamenti nelle abitudini di mobilità individuale.

2

Indagine sul patrimonio immateriale

I sostrati legati al patrimonio culturale immateriale di una città, legati ad esempio alle tradizioni e al saper fare locale, costituiscono un campo di indagine privilegiato per esplorare a fondo il DNA di una comunità e le risorse che possono nutrire percorsi di sviluppo più consapevole. A questo scopo, UI adotta un approccio di ricerca basato sulla mappatura delle pratiche culturali integrata con metodi rigorosi di indagine induttiva.

5

Trattamento dei dati personali e Gemello Digitale

La Scheda affronta il del trattamento dei dati personali e della sua Implementazione secondo il principio giuridico ed etico "by design"

3

Partecipazione per l'innovazione urbana

La conoscenza generata tramite approcci partecipativi viene messa al servizio di un percorso di stakeholders engagement aperto a tutta la comunità, dai cittadini alle associazioni, ai portatori di interesse pubblici e privati, con l'obiettivo sviluppare scenari di innovazione (urbana, tecnologica, sistemica, ecc.) finalizzati a mappare e a orientare le prospettive dei singoli soggetti, e a tradurne l'esperienza in possibili azioni condivise

E. PROGETTAZIONE RETE SENSORISTICA

1

Sensori smart low cost per inquinanti urbani

Nella campo del monitoraggio e dei modelli previsionali per composti inquinanti è sempre più richiesto di generare dati che seguano i picchi di concentrazione, siano vicini al cittadino (misurando la reale esposizione) e integrabili con gli eventuali dati provenienti da stazioni fisse di monitoraggio. Questa scheda mostra come è possibile sviluppare sistemi/sensori a basso costo, per monitorare i composti inquinanti quali, biossido di azoto (NO₂), particolato sospeso fine (PM_x) e composti volatili odorigeni e non (VOCs), veloci nella risposta, portatili, geo-referenziati e sostenibili.

4

Monitoraggio del sistema edilizio

Descrizione sintetica delle principali informazioni che possono essere raccolte da una infrastruttura basata su reti di sensori sullo stato del patrimonio edilizio dell'area urbana in funzione degli obiettivi dell'azione di monitoraggio. L'idea della scheda è quella di indicare quali sono ad oggi i parametri che possono essere monitorati con una rete di sensori ed a seguire il contenuto informativo che ne deriva sullo stato del sistema edilizio, il cosiddetto sistema dei "pieni" componenti del sistema città

7

Verso una mobilità connessa

Veicoli connessi per la conoscenza capillare della mobilità, l'efficientamento del traffico e la sicurezza

2

Acquisizione dati da sensori e ritrasmissione verso utilizzatori finali

Al fine di acquisire la conoscenza della città, non solo è indispensabile avere un numero sufficiente di sensori in grado di acquisire dati, ma anche tecnologie di accesso radio in grado di trasmettere questi dati verso un centro di controllo e/o da un centro di controllo verso utenti e/o servizi finali. Questa scheda è relativa all'impatto che le tecnologie wireless hanno sull'acquisizione delle informazioni dalla città verso il gemello digitale e dal gemello verso la città

5

Monitoraggio del sistema delle reti tecnologiche di servizio

Descrizione sintetica delle principali informazioni che possono essere raccolte da una infrastruttura basata su reti di sensori sullo stato del sottosistema tecnologico a servizio dell'area urbana in funzione degli obiettivi dell'azione di monitoraggio. L'idea della scheda è quella di indicare quali sono ad oggi i parametri che possono essere monitorati con una rete di sensori ed a seguire il contenuto informativo che ne deriva sullo stato della rete tecnologica di servizio, una delle componenti del sistema "vuoti" che caratterizzano una città

3

Reti di sensori per "sentire" la città

Introduzione alla tecnologia delle reti di sensori distribuite nel tessuto urbano per l'implementazione di una strategia di raccolta dati sostenibile ed efficace in termini di qualità delle informazioni ottenibili e di loro distribuzione nello spazio e nel tempo. Caratteristiche generali e criteri di progettazione di reti di sensori relativamente al caso specifico di un ambiente urbano.

6

Monitoraggio del sottosistema ambientale

Descrizione sintetica delle principali informazioni che possono essere raccolte da una infrastruttura basata su reti di sensori sullo stato del sottosistema ambientale dell'area urbana in funzione degli obiettivi dell'azione di monitoraggio. L'idea della scheda è quella di indicare quali sono ad oggi i parametri che possono essere monitorati con una rete di sensori ed a seguire il contenuto informativo che ne deriva sullo stato del sottosistema ambientale (strade, piazze, etc), una delle componenti del sistema "vuoti" che caratterizzano una città

F. GEMELLO DIGITALE MOBILITÀ

1

Digital Twin della mobilità urbana

Il Digital Twin della mobilità - descrizione dei diversi livelli di precisione e di granularità spazio temporale del dato. Ruolo della simulazione del traffico e della domanda di mobilità nella città

2

Simulazione del traffico

I diversi approcci alla simulazione del traffico urbano: micro-simulazione e macro-simulazione, implicazioni metodologiche, applicative e computazionali

3

Itinerari di visita e percorsi personalizzati ed ottimi

Come costruire cammini ottimi tra diversi Point of Interest della città tenendo conto di tempi di trasporto, dei vincoli sulle risorse, e delle informazioni disponibili nel DT, sia per singoli sia per insiemi di utenti veicolari o pedonali

4

Pianificatore evacuazione siti di interesse in situazioni emergenziali

Evacuare in sicurezza ambienti chiusi in presenza di emergenza, ad esempio musei, scuole, uffici, tramite algoritmi che indicano le vie di fuga in tempo reale a seconda del tipo di emergenza

5

Metodi di controllo semaforico

Metodi di apprendimento automatico e intelligenza artificiale per controllare il traffico tramite i sistemi semaforici

6

Modelli assegnamento del traffico su rete stradale

Definizione dell'offerta e della domanda di mobilità tramite le matrici OD (origine-destinazioni), e relativo assegnamento del traffico sul grafo stradale

7

Strumenti per la simulazione del traffico

Descrizione dei principali metodi impiegati per la simulazione del traffico in contesto urbano e breve analisi strumenti informatici disponibili per simulare il traffico su una rete urbana.

8

Simulazione e ottimizzazione

Impiego di metodi per l'ottimizzazione delle variabili per funzioni complesse computabili con oracolo e applicazione alla configurazione dei parametri del simulatore del traffico

9

Localizzazione di servizi e infrastrutture

Metodi per la localizzazione di servizi ed infrastrutture sul territorio urbano con vincoli sulla accessibilità (la città in 15 minuti)

G. GEMELLO DIGITALE ARIA



1

Modellistica numerica per la meteorologia e la qualità dell'aria in area urbana

Mappatura nell'area urbana di flusso, temperatura, radiazione, concentrazione di inquinanti (output 'standard'); informazioni su temperatura percepita; indici di qualità dell'aria e 'human comfort'

2

Uso di dati satellitari per rianalisi e previsione della qualità dell'aria in area urbana

Mappatura 2D di analisi e di previsione della distribuzione dei principali inquinanti atmosferici in area urbana, in forma gassosa (O_3 , NO_2 , SO_2) e di particolato (MP2.5, PM10), con una risoluzione temporale di 1 ora e una risoluzione spaziale di 100m x 100m. Le mappe sono generate da un modulo operativo in grado di combinare informazioni da osservazioni satellitari, da misure in-situ, da dati relativi al traffico, da dati di uso del suolo e da modelli di previsione della qualità dell'aria.

H. GEMELLO DIGITALE COSTRUITO

1

Gemello digitale del costruito

La rappresentazione geometrica dello spazio fisico della città, tramite l'arricchimento degli elementi rilevanti con dati eterogenei, diviene il porto franco in cui l'integrazione delle diverse informazioni, "viste" o tematismi ha effettivamente luogo. Corredare le unità urbane salienti (singolo edificio, isolato, strada, tombino e così via) con tutti i tipi di informazioni ad esse relative permette di ragionare su più livelli e dedurre attributi qualitativi o quantitativi sullo stato dell'elemento

I. GEMELLO DIGITALE SOCIO-CULTURALE

1

Gemello Digitale Socio-Culturale

Il Gemello Digitale Socio-Culturale condensa le conoscenze sulla città costruite tramite approcci partecipativi e di interazione sociale, supportate anche da strumenti digitali, sviluppando rappresentazioni spaziali o concettuali dei diversi temi oggetto della mappatura, e favorendone l'integrazione con gli altri Gemelli Tematici attraverso la codifica di opportuni codici semantici, di meta-dati, e relazioni di vincolo.

L. DECISION SUPPORT SYSTEM

1

Il Decision Support System (DSS)

Le funzioni del DSS: dalle decisioni semplici alle decisioni complesse, dal breve al lungo periodo, dalle operazioni alle strategie

4

Analisi ed ottimizzazione multidisciplinari

La città come sistema di sistemi; equilibrio multidisciplinare tra i sistemi della città; ottimizzazione multidisciplinare

7

Estrazione di conoscenza per la previsione delle dinamiche urbane

Descrizione di uno degli approcci impiegati per l'estrazione di conoscenza dai dati e la previsione di serie temporali dai dati osservati e simulati.

10

Urban Greening

Metodi di ottimizzazione per la valutazione e la pianificazione del greening nelle città - posizionamento di aree verdi

2

Funzionalità interscalari nel supporto alla governance urbana

Il DSS offre funzionalità multi-livello in supporto alla governance urbana, che abilitano un approccio inter-scalare alle attività di pianificazione, favorendo l'implementazione di processi circolari e di verifiche incrociate rispetto ai diversi livelli di scala coinvolti

5

Panoramica sui metodi per la previsione delle serie storiche

Il forecasting di una serie storica temporale consiste nel prevedere le osservazioni future della serie nel modo più accurato possibile. La previsione di serie temporali è un tema di continuo interesse per la ricerca scientifica e per le applicazioni pratiche - qui si descrivono i principali approcci

8

Urban Sensing and Planning Engine

Forme di ragionamento basate su regole vengono usate per rispondere all'evoluzione dinamica della città e per pianificare le future attività

11

Analisi e supporto giuridico all'integrazione tra GD e processo decisionale della PA

L'attività del sarà incentrata sull'analisi giuridica dell'impatto delle procedure digitalizzate e sull'impiego degli algoritmi e dei sistemi di machine learning nella PA, e l'applicazione dei principi sviluppati dalla giurisprudenza amministrativa in tema di procedimento algoritmico.

3

Interfacce grafiche multi-utente

Il DSS costituisce il portale principale di accesso tra il Gemello Digitale e la comunità locale; per questo esso dispone di interfacce grafiche differenziate sia in riferimento alle diverse tipologie di utente che alle diverse modalità e finalità d'uso.

6

Impiego del meta-learning per la previsione delle serie storiche

Il meta learning come strumento di riferimento per la previsione di serie storiche nell'ambito dello Urban Digital Twin

9

Limiti dell'ottimizzazione classica

Approccio robusto alle decisioni in presenza di incertezza, alcuni esempi legati alle decisioni del DSS

DT TEMATICI E ARCHITETTURA DELLA PIATTAFORMA COMPLESSIVA

Istituto: *CNR-ICAR* | Referente: *Mario Ciampi*



Descrizione: L'Urban Intelligence è un modello che rappresenta una città come costituita da vari sistemi in interazione, i quali, a loro volta, sono modelli di specifici aspetti della città quali la mobilità, le reti infrastrutturali (acqua, luce, etc.), le reti sociali ovvero le varie comunità che abitano la città, le reti dei servizi al cittadino (sanità, sicurezza, etc.), il meteo sulla scala urbana, le reti di monitoraggio, etc., identificati come Digital Twin (DT) tematici di singoli sistemi urbani, che rappresentano il corrispondente modello digitale della realtà fisica/sociale modellati. Pertanto, la piattaforma di Urban Intelligence (UI) in progetto sarà composta da una serie di sottosistemi, ognuno dei quali sarà dedicato ad una delle funzionalità richieste. Gli stessi DT, a loro volta, possono essere costituiti da vari sottosistemi, come reti di sensori IoT, infrastrutture di rete, sistemi di trasmissione e di elaborazione, etc., in base alle funzionalità richieste e all'aspetto della città che modellano. Inoltre, tutti i sistemi DT dovranno essere in grado di interagire tra di loro, permettendo lo scambio e l'integrazione di dati, allo scopo di permetterne l'elaborazione attraverso un Sistema di Supporto alla Decisione (DSS), il quale, attraverso approcci innovativi, come intelligenza artificiale, Big Data Analytics e apprendimento automatico, sarà in grado di supportare l'ottimizzazione in chiave multidisciplinare degli aspetti della città considerati. Infine, la piattaforma UI dovrà disporre di un sistema di storage della grande mole di dati eterogenei prodotti dalle sue varie componenti, che funga anche da collettore, da storage e da sistema di integrazione delle informazioni e dei dati, favorendo l'interscambio dei dati stessi tra i vari moduli della piattaforma. Data la presenza di numerosi sottosistemi interconnessi e che dovranno cooperare tra di loro per ottenere i risultati attesi, è necessario sviluppare un progetto del disegno architeturale dell'inte-

ra piattaforma UI, che permetta di ottimizzare i successivi processi di implementazione e integrazione delle singole componenti, nonché facilitare le modalità di interfacciamento e di interscambio dei dati. Inoltre, è necessario anche tenere in conto durante la progettazione dell'architettura le modalità implementative e di dispiego della piattaforma UI e dei suoi moduli e sottosistemi componenti, attraverso l'uso approcci di cloud computing, i quali sono in grado di facilitare e ottimizzare il deployment di sistemi come quello in progetto.

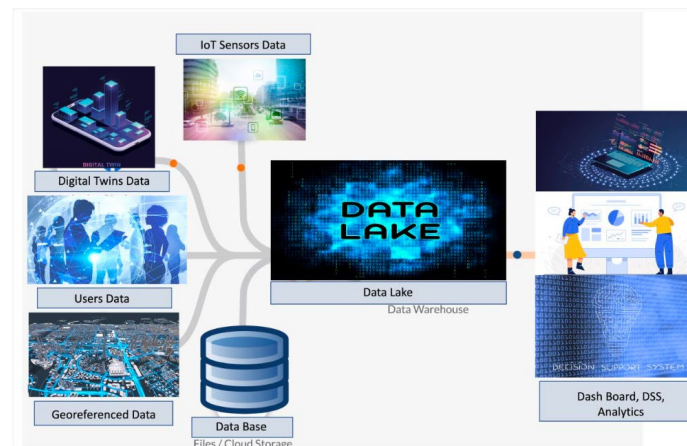
Metodologie impiegate: Al fine di definire una architettura che sia in grado di soddisfare quanto previsto in sede progettuale, è necessaria una analisi preliminare di dettaglio dei requisiti e dei processi, considerando sia quelli attualmente esistenti, sia i nuovi processi che saranno implementati e realizzati attraverso l'utilizzo della piattaforma UI. Pertanto, sarà in primo luogo necessario procedere alla progettazione dell'architettura dell'UI seguendo le fasi preliminari di analisi dei requisiti e dei processi, secondo le metodologie consolidate dettate dai principi dell'ingegneria del software. Nella fase di modellazione dei processi, saranno adottati standard per la rappresentazione dei processi come Business Process Modeling Notation (BPMN), mentre per la progettazione dei software e dei modelli dati si adotteranno rappresentazioni basate su Unified Modeling Language (UML). Per il dispiegamento in cloud, inoltre, si adotterà un approccio di tipo Software-as-a-Service (SaaS), che delega al cloud service provider la gestione dell'intera applicazione e infrastruttura, partendo dall'hardware e arrivando fino al software e ai dati. In tal caso, il deployment dei vari sistemi sviluppati durante il progetto avverrà utilizzando tecnologie per la containerizzazione come Docker.

Risultati attesi: Il risultato atteso è l'identifi-

cazione e la modellazione dei processi coinvolti nella rappresentazione del sistema UI, dei vari moduli che fanno parte dell'architettura dell'UI, dei dati scambiati tra di essi e, infine, del progetto globale dell'architettura stessa della piattaforma rappresentando in maniera formale anche i flussi e i modelli dei dati, allo scopo sia di rispettare i requisiti progettuali, sia di facilitare la corretta integrazione dei sottosistemi e, infine, di poter

valutare le più adatte modalità di implementazione e dispiegamento della piattaforma. Parimenti, l'adozione di un approccio cloud-based di tipo SaaS permetterà di demandare al fornitore di servizi cloud l'installazione, la manutenzione, l'aggiornamento delle risorse hardware e software necessarie al funzionamento della piattaforma, focalizzandosi così gli sforzi progettuali e implementativi esclusivamente sui modelli e i sistemi in sviluppo.

Approfondimenti



Immagini: Esempio dei sottosistemi che compongono l'architettura del sistema UI

Bibliografia

- Deng, T., Zhang, K., & Shen, Z. J. M. (2021). *A systematic review of a digital twin city: A new pattern of urban governance toward smart cities*. Journal of Management Science and Engineering, 6(2), 125-134.
- Quarati, A., Clematis, A., Roverelli, L., Zereik, G., D'Agostino, D., Mosca, G., & Masnata, M. (2017, July). *Integrating heterogeneous weather-sensors data into a smart-city app*. In 2017 International Conference on High Performance Computing & Simulation (HPCS) (pp. 152-159). IEEE.
- Ji, Z., Ganchev, I., O'Droma, M., Zhao, L., & Zhang, X. (2014). *A cloud-based car parking middleware for IoT-based smart cities: Design and implementation*. Sensors, 14(12), 22372-22393.
- Sitnikov, P., Dodonova, E., Dokov, E., Ivaschenko, A., & Efanov, I. (2022). *Digital transformation of public service delivery processes in a smart city*. In Intelligent Systems and Applications: Proceedings of the 2021 Intelligent Systems Conference (IntelliSys) Volume 3 (pp. 332-343). Springer International Publishing.
- Iatrellis, O., Panagiotakopoulos, T., Gerogiannis, V. C., Fitsilis, P., & Kameas, A. (2021). *Cloud computing and semantic web technologies for ubiquitous management of smart cities-related competences*. Education and Information Technologies, 26, 2143-2164.

DATA LAKE

Istituto: *CNR-ICAR* | Referente: *Mario Ciampi, Stefano Silvestri*



Descrizione: La piattaforma di Urban Intelligence include numerosi sottosistemi; tra di essi, è sicuramente necessario disporre di un sistema ICT dedicato per la gestione dei dati (ossia, una piattaforma dati), vista la grande quantità di dati eterogenei che saranno prodotti con un elevato tasso e che devono essere elaborati e memorizzati. Pertanto, sarà implementato un data lake, che avrà lo scopo di permettere la memorizzazione, lo storage, l'interrogazione e il recupero dei vari dati prodotti dai DT tematici, dai sensori e da qualsiasi altro sistema (anche esterno, eventualmente), che farà parte, comunicherà o dovrà interagire con il sistema di UI. Nel dettaglio, il data lake ha lo scopo di memorizzare, raccogliere e rendere disponibili i dati prodotti dalla rete di sensori dislocata presso il Comune di Catania, dai cittadini, oltre che eventuali dati disponibili in altre banche dati preesistenti, o prodotti da sistemi esterni alla piattaforma UI, fungendo anche da repository. Quindi, il data lake dovrà permettere di gestire in maniera efficace ed efficiente la grossa mole di dati eterogenei (flussi dei sensori, mappe, flussi turistici, risultati di questionari, etc.), facilitando la memorizzazione, la ricerca e il recupero da parte degli utenti/agenti software autorizzati. In particolare, il data lake dovrà essere in grado di gestire dati in forma strutturata, semi-strutturata e non strutturata (come immagini, etc.). Inoltre, per facilitare la gestione dei dati, sarà necessario anche un catalogo per la rappresentazione e la metadatozione dei dati (vedi scheda A.5). Il sistema in esame, infatti, sarà un repository più avanzato di un "classico" data lake (che nasce per la memorizzazione di soli dati grezzi), poiché, in questo caso, sarà possibile eseguire preelaborazioni sia per favorire una memoriz-

zazione corretta, sia per offrire agli altri moduli della piattaforma UI le informazioni di interesse ricavate dai dati. Infine, il sistema dovrà garantire sicurezza e privacy e rispettare i principi FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable), rendendo i dati facilmente ricercabili, accessibili, interoperabili e riutilizzabili.

Metodologie impiegate: Lo sviluppo del data lake prevede l'uso combinato di tecnologie NoSQL (in particolare, MongoDB [1]) e di file system distribuiti per la memorizzazione di grandi moli di dati (in particolare, GridFS [3]). MongoDB permette di assicurare la scalabilità del sistema, il necessario livello di performance e, al contempo, garantisce una elevata flessibilità, essendo il paradigma NoSQL non legato a schemi di dati fissi [2], facilitando così l'integrazione di dati di qualsiasi tipo all'interno del data lake. Inoltre, MongoDB può essere integrato con framework di Big Data Analytics, come ad esempio Hadoop o Spark, rendendo possibile sfruttare nativamente i sistemi per i Big Data sui dati disponibili. GridFS permette di memorizzare grandi moli di dati, superando i limiti dei classici file system con un approccio distribuito su cluster, fornendo anche meccanismi per la scalabilità, la replicazione e la sicurezza dei dati; inoltre, GridFS è integrato nativamente con MongoDB, rendendo in questo modo automatica l'indicizzazione nel Database dei file che saranno memorizzati su di esso.

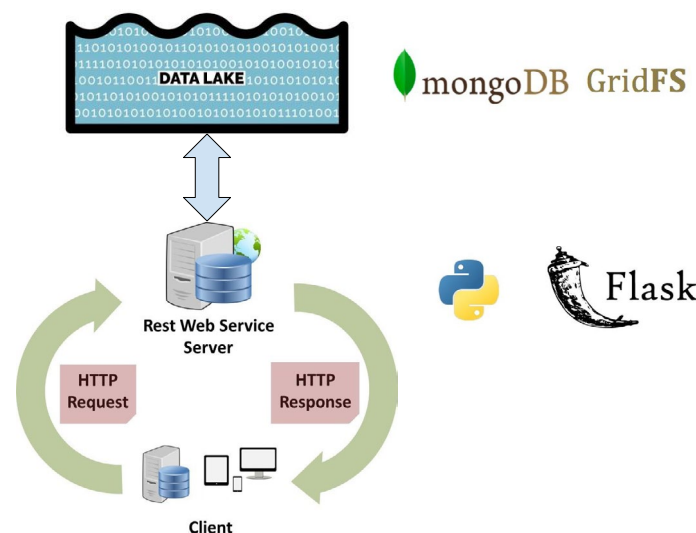
Risultati attesi: Il data lake permetterà di acquisire, memorizzare, modificare e gestire in maniera efficiente e scalabile la grande mole di dati che tutti i sottosistemi della piattaforma di Urban Intelligence genereranno, oltre a favorire l'integrazione con basi di dati già disponibili e con dati prodotti eventualmente da sistemi esterni. Il data lake svolgerà anche la funzione di collettore dei

dati della piattaforma UI, raccogliendo e memorizzando tutti i dati prodotti dai vari sottosistemi, favorendo la condivisione e lo scambio dei dati tra i vari moduli, assicurando, al contempo, i

necessari livelli performance e fornendo tutte le previste funzionalità CRUD (Create, Retrieve, Update, Delete), oltre a funzioni supplementari di indicizzazione e di preelaborazione dei dati.

Approfondimenti

Immagini: Esempio di architettura e tecnologie da utilizzare per la realizzazione del Data Lake



Link a siti

<https://www.mongodb.com>

Bibliografia

- [1] Jose, B., & Abraham, S. (2017, July). *Exploring the merits of NoSQL: A study based on MongoDB*. In 2017 International Conference on Networks & Advances in Computational Technologies (NetACT) (pp. 266-271). IEEE.
- [2] Chopade, R., & Pachghare, V. (2020). *MongoDB indexing for performance improvement*. In ICT Systems and Sustainability (pp. 529-539). Springer.
- [3] Plugge, E., Membrey, P., & Hawkins, T. (2010). *GridFS. The Definitive Guide to MongoDB: The NoSQL Database for Cloud and Desktop Computing*, 83-95. Springer.

INTERFACCE PER LO SCAMBIO DEI DATI

Istituto: *CNR-ICAR* | Referente: *Mario Ciampi*



Descrizione: La piattaforma dati ha lo scopo di collezionare e conservare i dati eterogenei prodotti dai vari sottosistemi della piattaforma di Urban Intelligence, oltre che provenienti dai sensori installati sul territorio, nonché, infine, da qualsiasi ulteriore sorgente di informazioni utili per i vari sistemi DT. Per utilizzare le risorse in una architettura distribuita e formata da componenti non omogenee, una possibile soluzione è quella di implementare i meccanismi di comunicazione e di scambio dei dati attraverso la definizione di una o più interfacce standard (comunicando attraverso protocolli di livello applicazione, come ad esempio http) per scambiare rappresentazioni delle risorse e dei dati da condividere. Pertanto, nel caso in esame, è necessario disporre di una o più interfacce dedicate, comuni e standardizzate, che permettano a qualsiasi sistema o agente necessiti interagire con la piattaforma dati di potere inserire, aggiornare, o ottenere i dati richiesti e, più in generale, di comunicare con la piattaforma, richiedendone i servizi offerti, senza necessitare di conoscere i relativi dettagli implementativi, ma soltanto le regole dettate dalla interfaccia stessa. In questo modo, è possibile semplificare la definizione e lo sviluppo dei vari moduli, disaccoppiandoli dal sistema di comunicazione tra di essi, semplificando e ottimizzando in questo modo i processi di progettazione e di implementazione e facilitando, a patto di non cambiare le modalità stabilite dalle interfacce. In sintesi, tali interfacce per lo scambio dei dati hanno lo scopo di fornire un punto unico di accesso a tutti i moduli e sottosistemi della piattaforma di Urban Intelligence per estrarre, inserire o aggiornare i dati dal/nel data lake implementato con la piattaforma dati. La soluzione adottata in fase progettuale, come accennato sopra, è quella di fornire un unico punto di accesso che integri una interfaccia unica, comune e standardizzata, attraverso cui implemen-

tare tutte le operazioni necessarie, assicurando in questo modo una facilità di comunicazione, una semplice espandibilità e semplificando le modalità di accesso di qualsiasi sistema debba interfacciarsi con la piattaforma dati.

Metodologie impiegate: Lo sviluppo della suddetta interfaccia per lo scambio dei dati seguirà un approccio di tipo Service-Oriented Architecture (SOA), il quale prevede proprio l'uso di interfacce per permettere la comunicazione tra differenti servizi, i quali possono essere visti come unità complete di funzionalità software, o un insieme di funzionalità, pensati per completare attività specifiche, come ad esempio il recupero di determinate informazioni o l'esecuzione di una elaborazione o di un task. Il servizio contiene il codice e le integrazioni di dati necessari per svolgere una funzione completa e distinta e può essere accessibile da remoto. In particolare, si utilizzerà un approccio basato su di un server web, che attraverso il paradigma REST (REpresentational State Transfer), esporrà una serie di API (Application Program Interface), che saranno in grado di gestire tutte le operazioni CRUD (Create, Read, Update, Delete), nonché qualsiasi altra funzionalità specifica messa a disposizione dalla piattaforma dati. L'accesso all'interfaccia avverrà attraverso il protocollo http (hyper text transfer protocol), utilizzando a seconda del caso metodi request di tipo GET o POST, che restituiranno nella response http i dati richiesti. Più nel dettaglio, sarà disponibile un server web che esporrà attraverso differenti URL tutti i necessari servizi per le operazioni offerte dalla piattaforma dati. Attraverso tale metodologia, i moduli o gli agenti software che dovranno interfacciarsi con la piattaforma dati dovranno semplicemente richiamare o generare una URL corrispondente alla funzione richiesta, che permetterà di fare eseguire le funzionalità richieste dal DB NoSQL

con cui è implementato il data lake (vedi precedente scheda A.2), usando, ad esempio, librerie specifiche come PyMongo. Infine, sono previsti sistemi di autenticazione al server REST (token oauth2, certificati, etc.), che garantiscano l'identità e il livello di autorizzazione per le operazioni permesse, garantendo in questo modo anche la sicurezza degli accessi alla piattaforma dati tramite l'interfaccia stessa.

Risultati attesi: Il sistema di interfaccia per lo scambio dei dati con la piattaforma dati permetterà a qualsiasi sistema software di ricevere in maniera asincrona la notifica dell'aggiornamento, modifica e/o inserimento nella piattaforma dati

dei dati di interesse, fornendo funzioni ottimizzate per effettuare interrogazioni complesse e personalizzate in base alle specifiche esigenze. Inoltre, fornirà una metodologia che permetterà ai moduli del sistema la possibilità di scambiare dati conoscendo solo i dettagli delle interfacce, senza necessità di avere alcun tipo di informazioni sulle modalità implementative dei sistemi stessi, facilitandone così lo sviluppo. Infine, saranno tenuti in conto, quando necessario, anche i dettami delle linee guida del nuovo Modello di Interoperabilità per le amministrazioni pubbliche, assicurando il massimo livello di interoperabilità anche con altri sistemi della pubblica amministrazione.

Approfondimenti



Esempi: Di seguito, a scopo esemplificativo, è riportato un esempio di possibile URL per l'interfacciamento alla piattaforma dati utilizzando l'approccio sopra descritto. Nell'esempio, si richiede di cercare per il sensore1 (collection=sensor1) i dati la cui data è 11/3/2023 (date=2023-03-11). http://server_addr:port/search?date=2023-03-11&collection=sensor1
 Immagini: Schema di funzionamento di API REST per l'interfacciamento tra due sistemi (nell'esempio, tra un database e una App)

Link a siti

<https://pymongo.readthedocs.io/en/stable/>
<https://flask.palletsprojects.com/en/2.2.x/>
<https://www.redhat.com/it/topics/api/what-is-a-rest-api>

Bibliografia

- [1] Piyare, R., & Lee, S. R. (2013). *Towards Internet of Things (IoT): Integration of wireless sensor network to cloud services for data collection and sharing*. arXiv preprint arXiv:1310.2095.
- [2] Tihomirov, J., and Grabis, J. (2016). *Comparison of SOAP and REST based web services using software evaluation metrics*. *Information technology and management science*, 19(1), 92-97.
- [3] A. Platsios, K. Kotis, and C. Goumpoulos (2023). *A Systematic Review on Semantic Interoperability in the IoE-enabled Smart Cities*. *Internet of Things*, 100754.

SISTEMA PER LA NOTIFICA ASINCRONA DEGLI EVENTI

Istituto: *CNR-ICAR* | Referente: *Mario Ciampi, Stefano Silvestri*



Descrizione. In ambito urbano, ci sono moltissime sorgenti che producono dati che devono essere memorizzati; inoltre, in tale contesto, alcuni attori hanno l'esigenza di ricevere queste informazioni il prima possibile, senza dover interrogare il data lake periodicamente. Si pensi, ad esempio, ad una notifica relativa ad una segnalazione di un aggiornamento del traffico o della viabilità della città, che deve essere comunicata tempestivamente sia ad altri moduli del sistema DT, che possono necessitare di tale informazione per le proprie elaborazioni, sia ad una app mobile sviluppata per i cittadini. Pertanto, in alcuni casi specifici è necessario notificare automaticamente l'inserimento e/o l'aggiornamento dei dati inseriti nella piattaforma dati ad altri moduli del sistema di Urban Intelligence, oltre che, eventualmente, anche a sistemi esterni. L'architettura del sistema UI prevede che i dati siano sempre inviati alla piattaforma dati, che funge anche da collettore e repository. Un approccio che preveda di segnalare qualsiasi tipo di aggiornamento o inserimento di nuovi dati, però, può causare problemi dovuti ad un elevato traffico, oltre un carico di lavoro maggiore per i sistemi del data lake. Inoltre, nella maggior parte dei casi, le informazioni ritrasmesse non sarebbero sempre necessarie. Pertanto, si deve utilizzare un approccio che renda possibile selezionare quali dati/informazioni necessitano di notifiche relative ad aggiornamenti/inserimenti, indicando anche a quale modulo software e/o utente vanno inviate. Una soluzione a tale problema si può ottenere utilizzando meccanismi di sottoscrizione di tipo publish/subscribe, che permettono ad un modulo, che funge da subscriber, di selezionare solamente i messaggi relativi ai dati ai quali è interessato, che vengono inviati dai publisher. Attraverso tale approccio, quindi, è possibile limitare il traffico e gli accessi data lake

soltanto se richiesti esplicitamente. In sintesi, il meccanismo permette così di notificare gli eventi in maniera asincrona ai soli subscriber.

Metodologie impiegate. Il sistema in progetto adotterà un meccanismo di tipo publish/subscribe basato sul protocollo MQTT. Il protocollo MQTT (acronimo di Message Queue Telemetry Transport) è un protocollo ISO standard (ISO/IEC PRF 20922) di messaggistica leggero di tipo publish/subscribe posizionato a livello applicazione della pila di protocolli a TCP/IP [1]. Un pattern di tipo publish/subscribe permette la comunicazione asincrona fra diversi processi, oggetti o altri agenti. In questo pattern, i mittenti e destinatari di messaggi dialogano attraverso un tramite, che è chiamato broker, ossia un server dedicato. Il mittente di un messaggio (publisher) non deve essere consapevole dell'identità dei destinatari (subscriber) e si limita a "pubblicare" (publish) il proprio messaggio sul broker. I destinatari, quindi, si rivolgono a loro volta al broker "abbonandosi" (subscribe) alla ricezione di messaggi. Il broker, infine, inoltra ogni messaggio inviato da un publisher a tutti i subscriber interessati a quel messaggio. MQTT è stato progettato per le situazioni in cui è richiesto un basso impatto e dove la banda è limitata. Lo schema di funzionamento publish/subscribe attraverso broker è schematizzato nella Figura alla pagina seguente (nella scheda Approfondimenti). L'accesso alle funzionalità di notifica asincrona sarà implementato usando specifiche API REST, integrate nelle interfacce per lo scambio dei dati (vedi scheda A.3), oltre che un broker MQTT. Come da letteratura, tale approccio è stato già impiegato con successo all'interno di progetti di Smart Cities [2].

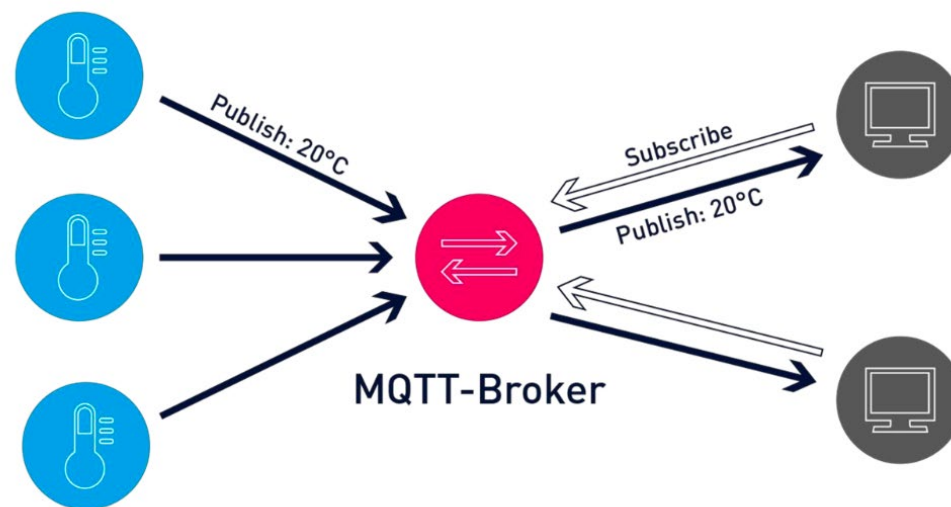
Risultati attesi. Nel contesto della piattaforma in progetto, il sistema per la notifica asincrona degli

eventi attraverso broker e protocollo MQTT avrà lo scopo di permettere la notifica dell'aggiornamento e/o inserimento di determinati dati nel data lake implementato nella piattaforma dati esclusivamente agli utenti e/o moduli software/

agenti interessati, limitando in questo modo la banda e ottimizzando i flussi di dati scambiati e inviati dalla piattaforma dati, permettendo, quindi, performance migliori dell'intero sistema.

Approfondimenti

Immagini: Schema di funzionamento del meccanismo publish/subscribe attraverso broker MQTT



Immagini: Schema di funzionamento di meccanismo publish/subscribe attraverso broker MQTT

Link a siti

<https://mqtt.org>

<https://pypi.org/project/paho-mqtt/>

Bibliografia

- [1] Yassein, M. B., Shatnawi, M. Q., Aljwarneh, S., & Al-Hatmi, R. (2017, May). *Internet of Things: Survey and open issues of MQTT protocol*. In 2017 international conference on engineering & MIS (ICEMIS) (pp. 1-6). IEEE.
- [2] Kraijak, S., & Tuwanut, P. (2015, October). *A survey on internet of things architecture, protocols, possible applications, security, privacy, real-world implementation and future trends*. In 2015 IEEE 16th International Conference on Communication Technology (ICCT) (pp. 26-31). IEEE.

RAPPRESENTAZIONE DEI DATI

Istituto: *CNR-ICAR* | Referente: *Mario Ciampi, Stefano Silvestri*



Descrizione: La grande varietà ed eterogeneità dei dati trattati dalla piattaforma UI (che acquisirà, elaborerà e produrrà dati strutturati, semi strutturati, non strutturati) e che convergeranno e saranno memorizzati ed elaborati all'interno del data lake, necessita della definizione delle strategie per la scelta delle più corrette rappresentazioni dei dati, al fine di evitare che il data lake degeneri in un cosiddetto data swamp, ossia in collezioni di dati non più facilmente recuperabili e navigabili, oltre che per ottimizzare tutte le operazioni da eseguire sui dati stessi. Quindi, a valle di una analisi dei vari formati di dati, delle relative strutture, dei contenuti semantici, nonché delle specifiche richieste e requisiti dettati dai sottosistemi della piattaforma, sarà necessario definire un modello per la rappresentazione dei dati, che permetta di ottimizzare le operazioni di inserimento, recupero, aggiornamento dei dati e di garantire il rispetto dei requisiti dettati dai vari consumatori dei dati stessi (ossia i sottosistemi dell'architettura della piattaforma, quali di DT tematici, il DSS, etc.). A tal fine, sarà necessario formalizzare il modello dei dati e dei metadati (questi ultimi necessari a supportare e ottimizzare il corretto processo di memorizzazione e di successivo recupero delle informazioni, oltre che per favorire l'integrazione dei dati stessi). Il processo di formalizzazione del modello dati procederà prima a definire un modello concettuale, individuando le informazioni a partire dagli obiettivi di progetto (identificando, in sintesi, le informazioni e i concetti gestiti dal data lake) e dall'analisi dei casi d'uso, per poi individuare i concetti che i dati andranno a rappresentare, a partire dalle informazioni stesse. In questo modo, sarà successivamente possibile definire gli oggetti che i dati rappresentano, con i relativi attributi,

relazioni e associazioni e definendo anche le operazioni fondamentali attraverso le quali realizzare completamente i casi d'uso associati a ogni concetto/oggetto. Infine, si passerà alla formalizzazione del modello concettuale per la rappresentazione dei dati, utilizzando standard come Unified Modeling Language (UML) [2].

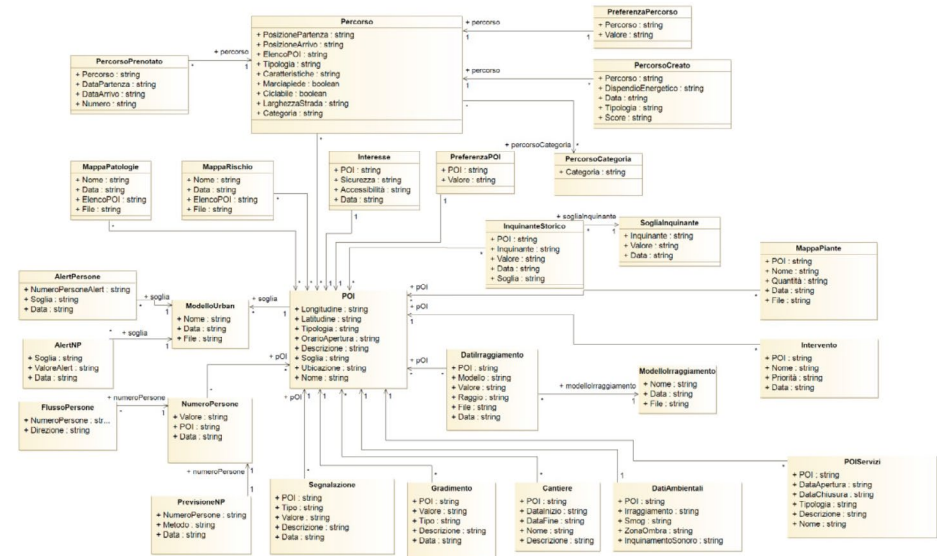
Metodologie impiegate: Unified Modeling Language (UML) e i relativi diagrammi saranno usati per la formalizzazione della rappresentazione del modello concettuale dei dati, a valle di un processo preliminare di analisi dei dati elaborati, acquisiti e prodotti dai vari moduli e sottosistemi che faranno parte dell'Urban Intelligence e dei relativi requisiti e caratteristiche. Inoltre, saranno utilizzati sistemi per la rappresentazione e lo scambio di dati strutturati, come ad esempio XML o JSON e BSON (formato analogo al JSON, ma e nativamente compatibile con le collezioni basate sulla tecnologia MongoDB, che saranno utilizzate utilizzate nel database del data lake) [1], dotando di una struttura, attraverso il processo di metadattazione, anche i dati semi strutturati e non strutturati. Anche in questo caso sarà disponibile lo schema e il catalogo dei metadati, modellati attraverso UML. La metadattazione, inoltre, sarà usata anche per favorire l'interoperabilità tra dati eterogenei [3]. Inoltre, sarà anche possibile scambiare, se necessario, dati di tipo binario (ad esempio, immagini), sfruttando sempre le tecnologie disponibili nel data lake per la memorizzazione e recupero di file di grandi dimensioni, come GridFS.

Risultati attesi: Il risultato finale sarà la definizione di un modello per la rappresentazione dati, dal quale sarà anche possibile derivare il catalogo dei dati che saranno memorizzati all'interno del data lake, che rispetterà tutti i principi FAIR

(Findable, Accessible, Interoperable, Reusable), rendendo i dati facilmente ricercabili, accessibili, interoperabili e riusabili. Inoltre, saranno anche

tenute in conto tutte le necessarie soluzioni tecniche idonee a garantire la protezione, l'integrità e la riservatezza dei dati.

Approfondimenti



Immagini: Esempio di diagramma UML del modello preliminare concettuale dei dati

Link a siti

<https://www.json.org/json-it.html>
<https://bsonspec.org>

Bibliografia

- [1] Mason, R. T. (2015, July). *NoSQL databases and data modeling techniques for a document-oriented NoSQL database*. In Proceedings of Informing Science & IT Education Conference (InSITE) (Vol. 3, No. 4, pp. 259-268).
- [2] Poniszewska-Maranda, A. (2010). *Conception approach of access control in heterogeneous information systems using UML*. Telecommunication Systems, 45, 177-190.
- [3] Hashhofer, B., & Klas, W. (2010). *A survey of techniques for achieving metadata interoperability*. ACM Computing Surveys (CSUR), 42(2), 1-37.

MODELLO DI INTEROPERABILITÀ DELLA PIATTAFORMA CON SISTEMI ESTERNI

Istituto: *CNR-ICAR* | Referente: *Mario Ciampi*



Descrizione: Il sistema Urban Intelligence acquisirà e processerà dati e informazioni relativi alla città attraverso i propri DT tematici (provenienti da sensori, basi dati esterne, generati dai cittadini, etc.), oltre a produrre una vasta serie di nuove informazioni, ottenute grazie alle analisi ed elaborazioni innovative che i moduli della piattaforma in progetto saranno in grado di eseguire. Tutti questi dati saranno resi disponibili non solo ai sottosistemi dell'UI stesso, ma potrebbero anche essere utili a sistemi esterni, appartenenti, ad esempio, a differenti amministrazioni pubbliche, Istituzioni per la ricerca scientifica e per l'Istruzione, oltre che soggetti terzi del mondo dell'industria o del commercio oltre che, infine, ai cittadini stessi. Pertanto, è necessario prevedere e definire le più corrette modalità per l'integrazione e l'interoperabilità del sistema UI in progetto con il numero più ampio possibile di sistemi ICT esterni.

Se da un lato, infatti, l'adozione di modalità di dispiegamento in cloud possono facilitare le modalità di implementazione della connettività dell'UI e dei suoi sottosistemi con l'esterno, di contro l'interfacciamento con sistemi esterni fa nascere problemi di interoperabilità e di sicurezza, che devono, quindi, essere correttamente valutati e gestiti nel migliore dei modi. Allo scopo di assicurare la più ampia interoperabilità della piattaforma con gli altri sistemi informatici delle PA, saranno seguiti i dettami del Modello di Interoperabilità (ModI: Modello di Interoperabilità per le Pubbliche Amministrazioni), definito nelle linee guida dell'Agid con Determinazione n. 547 del 1 ottobre 2021 (Linee guida sull'interoperabilità tecnica delle Pubbliche Amministrazioni e le Linee guida Tecnologie e standard per la sicurezza dell'interoperabilità tramite API dei sistemi

informatici) e dei successivi aggiornamenti. Attraverso l'adozione del suddetto modello di interoperabilità, verranno definite delle Application Programming Interface (API) conformi agli standard consolidati anche in ambito Europeo, capaci di garantire: la tracciabilità delle diverse versioni delle API, allo scopo di consentire evoluzioni non distruttive (versioning); la documentazione coordinata con la versione delle API (documentation); le limitazioni di utilizzo collegate alle caratteristiche delle API stesse e della classe di utilizzatori (throttling); la tracciabilità delle richieste ricevute e del loro esito (logging e accounting); un adeguato livello di servizio in base alla tipologia del servizio fornito (SLA); la configurazione scalabile delle risorse. Inoltre, sarà possibile fornire interoperabilità sia dal punto di vista sia semantico, che tecnico.

Metodologie impiegate: Le metodologie principali che saranno utilizzate per garantire l'interoperabilità dei sistemi UI con l'esterno, anche alla luce delle suddette linee guida per il ModI, si baseranno sullo sviluppo di API di tipo Representational State Transfer (REST) attraverso web service, comunicando attraverso i protocolli applicativo HTTPS, garantendo in questo modo disponibilità, accessibilità, affidabilità, scalabilità, oltre i necessari livelli di prestazioni e di sicurezza e privacy.

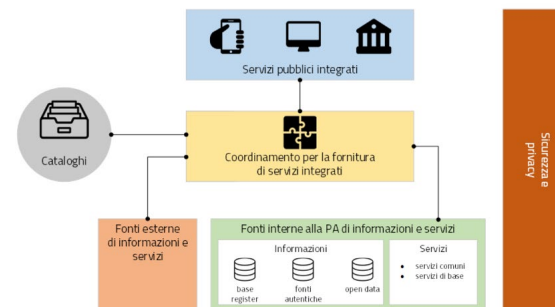
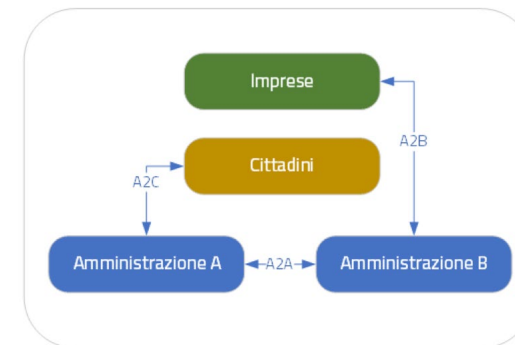
In particolare, per garantire la sicurezza saranno utilizzate tecniche di autenticazione basate, ad esempio, su token oauth2, chiavi certificate (con certificati di tipo eIDAS, quando richiesti).

Risultati attesi: Il risultato atteso è la definizione di un modello di interoperabilità della piattaforma UI, che permetta l'interscambio dei dati e delle informazioni con altri sistemi, che rispetti anche i requisiti delle linee guida dell'Agid relativi

ve al Modello di Interoperabilità per le Pubbliche Amministrazioni, garantendo in questo modo una completa e sicura interoperabilità e fornendo la possibilità di scambio di dati e delle informa-

zioni acquisite e/o generate dalla piattaforma Urban Intelligence con altri sistemi delle PA e non.

Approfondimenti



Immagini: Ambiti di applicazione del modello di interoperabilità (1) e schema concettuale per i servizi pubblici integrati (2)

Link a siti

<https://www.agid.gov.it/it/infrastrutture/sistema-pubblico-connettivita/il-nuovo-modello-interoperabilita>

Bibliografia

- [1] Al-Zoubi, K., & Wainer, C. (2011). Distributed simulation using restful interoperability simulation environment (rise) middleware. *Intelligence-Based Systems Engineering*, 129-157.
- [2] Doran, N. M., Puiu, S., Bădircă, R. M., Pirtea, M. G., Doran, M. D., Ciobanu, G., & Mihit, L. D. (2023). E-Government Development – A Key Factor in Government Administration Effectiveness in the European Union. *Electronics*, 12(3), 641.

INTRODUZIONE ALLA GESTIONE LEGALE ED ETICA DI UN GEMELLO DIGITALE

Istituto: CNR-IFAC | Referente: *Valentina Colcelli*



Un Gemello Digitale (GD) produce e utilizza una grande quantità di informazioni e dati di diversa natura. Ai fini della definizione di un GD di una città è necessario conoscere e correttamente gestire dal punto di vista legale ed etico:

- a) le tipologie di dati utilizzati dal GD, con particolare attenzione ai principi FAIR; b) i diritti fondamentali dei cittadini e loro implementazione “by design” nel GD;
- c) gli strumenti giuridici e contrattuali per l'utilizzo dei dati personali e non personali nel GD (si deva scheda denominata Trattamento dei Dati personali e Gemello Digitale);
- d) gli aspetti di diritto amministrativo nella realizzazione e gestione del GD (si deva scheda denominata Gemello Digitale e processo decisionale della PA);

Per affrontare adeguatamente le rilevanti questioni legali ed etiche derivanti dal GD di una città, quest'ultima deve occuparsi pertanto degli aspetti legati all'utilizzo dei dati quali: protezione dei dati personali, problemi etici dell'uso dell'intelligenza artificiale, dati aperti della pubblica amministrazione, diritti di proprietà dei dati non personali, stesura dei necessari strumenti contrattuali/convenzionali per la loro gestione (es: accordo di condivisione dati, accordo di cessione dati etc...).

L'azione dovrà a fornire agli sviluppatori, utilizzatori, utenti finali, e la società intesa in senso ampio, una implementazione del GD ispirata al “legal and ethical aspects by design” al fine di adottare ogni regola e misura diretta a rendere il GD conforme alla legge e ai principi etici fondamentali che caratterizzano il sistema giuridico europeo e nazionale. Per raggiungere questo risultato è necessario premettere la realizzazione del “Piano di Ricognizione e Gestione dei Dati (PdRGD)”.

A) Leggere e costruire GD attraverso i dati: realizzazione del “Piano di Ricognizione e Gestione dei Dati (PdRGD)”

L'esame della tipologia di dati acquisiti o acquisibili per lo svolgimento della ricerca rappresenta l'attività preliminare alla valutazione delle azioni da svolgere al fine di garantire che la raccolta ed i successivi utilizzi dei dati avvenga in maniera legittima ed eticamente sostenibile, in collaborazione sia con il gruppo di ricerca che con l'amministrazione della città.

Il PdRGD è propedeutico ad ogni specifica attività di sviluppo di documenti e atti diretti a supportare le seguenti azioni: a) elaborazione degli strumenti (tecnici, organizzativi, contrattuali specifici) per l'acquisizione e l'uso dei dati personali e non personali nel progetto di ricerca; b) circolazione dei dati personali e non personali; c) uso dei dati personali per le attività di ricerca e innovazione; d) trattamento dei dati personali attraverso i sistemi di intelligenza artificiale (AI); e) sicurezza delle infrastrutture (incluse piattaforme tecnologiche e altre collezioni e infrastrutture) che utilizzano i dati; f) analisi delle questioni etico-giuridiche nel trattamento dei dati non personali, sintetici e misti; g) analisi di altre questioni come quelle legate alla proprietà industriale e gli altri diritti sui dati e le tecnologie, in considerazione dell'approccio “Open Science”. Il PdRGD deve includere le informazioni su: 1. la gestione dei dati di ricerca durante e dopo la fine del progetto; 2. quali dati saranno raccolti, elaborati e / o generati; 3. quale metodologia e standard saranno applicati; 4. se i dati saranno condivisi / resi accessibili; 5. come i dati saranno trattati e conservati (anche dopo la fine del progetto); 6. le loro implicazioni etico-giuridiche.

B) Stesura degli strumenti contrattuali/convenzionali e gestionali per la corretta acquisizione e gestione dei dati (accordo di condivisione dati, accordo di cessione dati, ecc.)

Lo scopo del PdRGD è quello di fornire una descrizione ed un'analisi dei dati, delle tecniche e dei

flussi di lavoro che li caratterizzano, degli standard e delle politiche di accesso, riuso e conservazione, nonché gli aspetti etico legali. Ed invero, alle diverse categorie di dati si applicano regimi giuridici diversi e, conseguentemente differenti cautele e strumenti gestionali, e saranno acquisiti al GD con distinte modalità: consensi informati (dati personali e dati misti), contratti con gestori di servizi pubblici, convenzioni con altri enti pubblici etc... (dati non personali, dati misti e meta data)

Risultati attesi. L'azione della città per la realizzazione di un GD si esprime attraverso strumenti e documenti (report, data flow etc.) e relativi allegati (quali informative, disclaimer, pop-up, contratti, convenzioni ecc), che si sostanziano in possibili azioni esemplificanti i rapporti tra amministrazione

e cittadini, favorendo un modello di esercizio del potere pubblico aperto e trasparente, ovvero: strumenti amministrativi e convenzionali atti ad individuare, da un lato, i tempi di azione rispetto alla formazione del dato e, dall'altro lato, le procedure amministrative che dovranno/potranno essere attivate sulla base dei dati ricevuti, anche in attuazione delle politiche europee e nazionali dell'Open Science; elaborazione di strumenti contrattuali e giuridici necessari per attuare il principio di responsabilità ed ai suoi corollari della privacy by design e privacy by default (v. art. 25 Reg. (UE) 2016/679) che impongono ai titolari del trattamento di adottare le misure tecniche e organizzative necessarie a consentire la protezione dei dati personali.

Bibliografia

- Cippitani, R. (2020), *El intercambio de datos personales entre la Unión Europea y América Latina*, in *Integración Regional & Derechos Humanos/Regional Integration & Human Rights*, 2020, pp. 8-37.
- Cippitani, R. (2021), *La protección de datos personales y el Derecho de la integración*, in Pizzolo, C. (Coord.), *Integración regional y Derechos humanos*, Puntos de convergencia, Astrea, Buenos Aires, pp. 175-209, ISBN: 978-987-706-384-4
- Cippitani, R., Colcelli V., (2021) *Bio-legal Issues in the Establishment of a Historical Collection of Human Tissues: The case of the Umbria Biobank Project*, in *Medicina Historica*, 2021, Vo. 5, N. 1, pp. 1-9, ISSN: 2532-2370
- Cippitani, R., *La transferencia de datos personales en materia penal de la Unión Europea a México*, in *Criminogenesis*, 2021, pp. 15-36
- Cippitani, R., *The 'digital transnational solidarity' and protection of the health: Commentary to Principle no. 7 of the Rome Declaration*, in *International Journal of Risk & Safety in Medicine* 1 (2022) vol. 33, no. 2, pp. 167-176, 2022, Special Issue: G20 Rome Declaration at the Global Health Summit in Rome, 21 May 2021, Guest editor: Carlo Bottari, DOI 10.3233/JRS-227002
- Cippitani, R.; Colcelli, V., *Estado de derecho e inteligencia artificial: La perspectiva europea*, in Sanz Caballero, S. (coordinator), *La Unión Europea y el reto del Estado de Derecho*, Thomson Reuters Aranzadi, Cizur Menor (Navarra), 2022, pp. 87-106, ISBN: 9788413900292
- Colcelli V (2022). *The Pandemic Crisis as Test Case to Verify the European Union's Personal Data Protection System Ability to Support Scientific Research*. In Hallinan D., Leenes R., De Hert P. (Ed.), *Data Protection and Privacy. Enforcing Rights in a Changing World*, Vol. 14, Bloomsbury Publishing Plc, London, ISBN 9781509954513, p. 187-211.
- Colcelli, V., (2019), *Joint controller agreement under GDPR*. In Dunja Duić, Tunjica Petrašević, *EU And Member States – Legal And Economic Issues*, 3, Faculty of Law, Josip Juraj Strossmayer, University of Osijek, Hanns Seidel Stiftung, 3, Osijek, pp 1044-1061 ISSN 2459-9425.
- Dubber, Markus D., Frank Pasquale, and Sunit Das (eds), (2020; online edn, Oxford Academic, 9 July 2020)
- R. Williams, (2022) *Rethinking Administrative Law for Algorithmic Decision Making*, *Oxford Journal of Legal Studies*, Volume 42, Issue 2, pp-468-494.
- Salomé Viljoen, (2011) *A Relational Theory of Data Governance* (2021) 131 *Yale Law Journal* 573 *The Oxford Handbook of Ethics of AI*

COSTRUZIONE E ANALISI MULTILIVELLO DEL MODELLO FISICO URBANO

Istituto: *CNR-IMATI* | Referente: *Andreas Scalas, Michela Mortara*



Descrizione. I processi urbani avvengono in uno spazio fisico ben definito, e questo spazio li influenza, li vincola e li determina; una modifica alle strutture urbane può modificare un processo, e al tempo stesso i processi, nel tempo, possono modificare le caratteristiche dello spazio in cui avvengono. Ad esempio, il costruito determina il flusso d'aria in città e il trasporto di inquinanti, che a loro volta possono causare l'accumulo di patine sulle superfici esposte; i materiali a terra determinano il deflusso e la pendenza delle strade il ruscellamento; un forte flusso di visitatori nel tempo può alterare le condizioni morfologiche di siti storici. Per questo l'analisi degli spazi fisici della città può aiutare a capirne i processi, a monitorarli e prevederne gli effetti o simularli in base a possibili modifiche delle strutture urbane. Le informazioni morfologiche e colorimetriche possono essere ricavate da dati reali più o meno dettagliati (scheda B.2). Altre informazioni possono essere dedotte dall'integrazione di altri dati (ad esempio il materiale di una superficie può essere dedotto da immagini satellitari). Ci sono infine informazioni puramente "semantiche", che non possono essere ricavate dalla geometria, e che possono essere collegate (annotare, scheda B.7) a elementi geometrici di interesse (ad esempio, il consumo energetico di un edificio). In sintesi, la geometria 3D rappresenta la base per l'analisi morfologica del costruito ma anche la base informativa semantica a supporto di Digital Twin tematici (es: qualità dell'aria, mobilità).

Metodologie impiegate. Per questo tipo di analisi, IMATI si basa su una ricostruzione 3D della città superficiale (mesh, solitamente a facce triangolari) o volumetrica (insieme di tetraedri o altri poliedri) a seconda dell'obiettivo. Il modello viene tipicamente generato da una nuvola di punti che può avere diverse caratteristiche in base al

livello di dettaglio e alla tecnica di acquisizione. Le caratteristiche della nuvola di punti determinano la portata e la qualità del modello geometrico e anche il tipo di analisi a cui potrà rispondere. Potrebbe essere necessario definire diverse rappresentazioni del costruito in base ai requisiti dei vari casi d'uso e pianificare eventuali campagne di acquisizione di conseguenza (Scheda B.2). Inoltre, se da una parte dati più fitti corrispondono ad una analisi più fine e affidabile, la mole di dati rende difficile il loro trattamento, da cui nasce l'esigenza di metodi per suddividere e organizzare i dati in modo efficiente (Scheda B.3).

Risultati attesi. Riportiamo alcuni esempi di funzionalità che il modello geometrico può offrire a seconda dei dati 3D acquisiti dalla città.

- *Nessun dato specificatamente acquisito* per il DT della città: si può ricorrere alla campagna di rilevamento nazionale e produrre un "modello base" (scheda B.4) su cui è possibile visualizzare la città a bassa risoluzione; visualizzare gli elementi urbani per tipologia di interesse (es: edifici, strade); visualizzare ulteriori informazioni / annotazioni semantiche del modello (es: consumo energetico di un edificio) e calcolare sul modello una caratterizzazione morfologica, il cui risultato sarà necessariamente "grossolano", ad esempio l'ombreggiatura o la pendenza (schede B.5 e B.6); il volume accessibile all'aria ("complementare" del costruito) utile a modelli di flussi di ventilazione e dispersione di inquinanti (scheda G.1)

- *Dati LiDAR aerei o aerofotogrammetria:* sono dati ad ampia copertura e medio/alta risoluzione che catturano molto bene le superfici orizzontali e ben visibili dall'alto ma possono soffrire di occlusioni nella direzione di acquisizione e avere poco dettaglio verticale. Questi dati consentono ad es. di modellare con precisione il

numero di falde e l'orientamento dei tetti, utile a ricavare una stima del consumo di un edificio, o a modellare la chioma degli alberi, per discorsi di ombreggiatura e ventilazione.

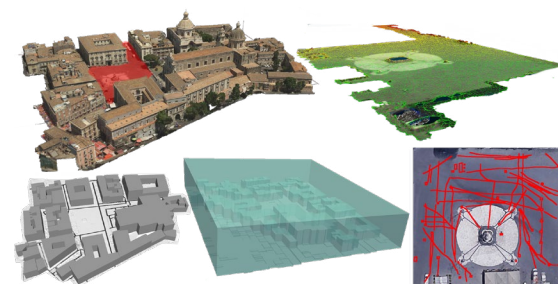
- *Dati Lidar da stazioni a terra* (fisse o mobili): possono coprire aree inferiori a parità di tempo, ma raggiungono una risoluzione alta / altissima. Sono adatte a catturare dettagli visibili da terra e aree coperte invisibili dall'alto ma perdono le informazioni sulle superfici più alte e sui tetti. La risoluzione di queste indagini rende il modello estremamente accurato, tanto da poter essere impiegato in visualizzazioni immersive quali visite virtuali, e analisi di dettagli morfologici, ad esempio per il monitoraggio dello stato di conservazione di beni architettonici. Se utilizzati insieme a dati aerei determinano un modello 3D completo a medio/alta risoluzione, che può consentire il riconoscimento e la misura automatica di elementi urbani quali marciapiedi, sede stradale, scalinate, finestre, arredi. Inoltre il calcolo di caratteristiche morfologiche quali pendenza e ombreggiatura diventano molto più affidabili rispetto al "modello base", fino a determinare zone d'accumolo d'acqua in caso di eventi estremi.

- *Dati georadar del sottosuolo superficiale:* tramite la misura di proprietà fisiche del suolo è possibile rilevarne la struttura, la presenza di oggetti sepolti o di tubature interrato, serbatoi, cavi, condotti ad una profondità da pochi metri ad alcune decine. In particolare è possibile individuare le reti di sottoservizi, stabilire la profondità dei condotti e stimarne le sezioni, quindi ad esempio la portata massima d'acqua. Ipotizzando di sensorizzare le tubature a distanze regolari, si potrebbero localizzare eventuali guasti sul modello 3D, visualizzando la profondità e le reti sovrastanti per pianificare l'intervento.

- *Dati geofisici / geotecnici del sottosuolo più*

profondo: questi dati identificano la stratificazione geologica che si può rappresentare in un modello volumetrico dal sottosuolo. Gli strati possono essere annotati con informazioni da indagini successive e incrociati con altri dati (es. sismici, di deflusso, di porosità) per il monitoraggio dei rischi idrogeologici.

Approfondimenti



Bibliografia

A Scalas, D Cabiddu, M Mortara, M Spagnuolo. *Potential of the geometric layer in urban digital twins*. ISPRS International Journal of Geo-Information 11 (6), 343. 2022.
A Scalas, D Cabiddu, M Mortara, S Pittaluga, M Spagnuolo. *Mobile laser scanning of challenging urban sites: a case study in Matera*. Proceedings of GCH 2022. The Eurographics Association.
M Miola, D Cabiddu, S Pittaluga, M Mortara, MV Zuccolini, G Imitazione. *A computational approach for 3D modeling and integration of heterogeneous geo-data*. Computers & Graphics 105, 105-118. 2022.

RACCOLTA DATI 3D DA CAMPAGNA DI ACQUISIZIONE

Istituto: *CNR-IMATI* | Referente: *Simone Pittaluga*

Descrizione. Il rilievo 3D urbano viene realizzato utilizzando tecnologie specifiche per acquisire nuvole di punti, ovvero coordinate x, y, z di punti misurati sulle superfici urbane e altre informazioni, come il colore; i punti misurati servono a creare modelli 3D ad alta precisione di edifici, strade e altre strutture urbane. In questa scheda ci focalizzeremo sui sensori e sulle metodologie di acquisizione disponibili, la cui scelta dipende dagli obiettivi della campagna di rilievo: in primis quali sono le entità di interesse e la risoluzione necessaria ad analizzarle per rispondere a necessità concrete. Spesso per raggiungere i risultati prefissati è necessario combinare differenti tecniche tra loro

Metodologie impiegate. Le metodologie di rilievo 3D basate su sensori attivi sono quelle che, per poter calcolare la distanza, misurano la posizione dei punti in base al tempo impiegato o alla variazione di fase di un impulso (laser) lungo il percorso di andata e ritorno dalla sorgente al bersaglio. Questi strumenti possono essere fissi, ovvero effettuano la misura da una stazione statica prima di essere spostati in una nuova stazione, oppure mobili, ovvero montati su una piattaforma mobile terrestre o aerea e sono in grado di effettuare le misure in movimento. I sensori ottici passivi, ad esempio le macchine fotografiche, sono utilizzati per i rilievi fotogrammetrici; questi metodi utilizzano algoritmi di correlazione per registrare le immagini tra loro e calcolare le coordinate 3D di punti corrispondenti in diverse immagini. Ogni metodo ha differenti caratteristiche di portata, accuratezza e precisione che dipendono sia dalla tecnica che dalla strumentazione impiegata nonché dalle condizioni ambientali di impiego. L'accuratezza si riferisce a quanto vicino è il valore misurato rispetto al valore "vero" della grandezza, mentre la precisione si riferisce a quanto coerenti e ripetibili sono i risultati delle misure. In generale, una campagna di acquisizione aerea ha una

portata molto ampia in termini di area ricoperta, ma mentre rileverà con precisione le superfici visibili dall'alto, presenterà una scarsa copertura dei dettagli sulle superfici verticali che potrebbero risultare parzialmente occluse. Viceversa, la ripresa da terra riuscirà a cogliere dettagli verticali e zone coperte, ma necessariamente non potrà acquisire le parti più alte degli edifici e i tetti. Le stazioni fisse possono coprire (a parità di tempo) aree molto più limitate, ma possono raggiungere una risoluzione più elevata. La risoluzione indica il livello di dettaglio a cui si vuole rappresentare la zona, ed è espressa in numero di punti per unità di lunghezza o di superficie. Per visualizzare un terreno possono bastare una decina di punti per metro quadro; per misurare dal modello 3D l'altezza di un marciapiede serve una risoluzione verticale di circa 50 punti per metro; per analizzare i dettagli del fregio di una chiesa, la risoluzione è dell'ordine delle decine di migliaia di punti per metro quadro. La mole di dati raccolti, quindi, può variare notevolmente in base alla risoluzione: da alcuni milioni di punti per descrivere uno spazio urbano come una piazza a miliardi di punti per un singolo edificio¹.

È necessario perciò definire da subito gli obiettivi del rilievo e i requisiti che i dati raccolti dovranno soddisfare affinché il modello 3D ricostruito da tali dati possa rispondere alle necessità del Gemello Digitale. Risultati attesi. I risultati ottenuti da una campagna di rilievo sono espressi come nuvole di punti 3D, ma è fondamentale specificare i requisiti che i dati dovranno soddisfare in un capitolato tecnico per l'azienda che svolgerà il rilievo.

In particolare, si suggerisce di specificare:

- L'area da ricoprire;
- Se si desidera l'informazione del colore e della classificazione dei punti (es: suolo, vegetazione, acqua, ecc. Questa classificazione è intrinseca per i dati LiDAR da rilievo laser aereo);
- Se i dati devono essere georiferiti, cioè espressi

in un sistema di riferimento idoneo per l'area e la precisione relativa. Ad esempio si può richiedere il rilievo dei Ground Control Point² con tecniche ad alta precisione, come il GPS-RTK;

- La risoluzione e l'accuratezza richiesta, eventualmente distinguendo i requisiti nella direzione verticale da quelli sul piano orizzontale (es: Rilievo delle superfici calpestabili con almeno 100 punti / m², precisione <1mm, accuratezza assoluta <5cm. Rilievo delle superfici verticali con almeno 16 punti / m², precisione <1mm, accuratezza assoluta <5cm.);

- Eventuali strutture di particolare interesse che potrebbero determinare la scelta di una tecnica piuttosto che un'altra (es: tetti, cornicioni, porticati).

Ulteriori richieste utili:

- Relazione del rilievo con specificate le tecniche impiegate e tutti gli elementi utili per ricostruire il processo rilievo;
- Dati grezzi in formato testuale e binario con formato aperto (ad esempio LAS o e57);
- Restituzione BIM ready di quanto rilevato;
- Posizione e foto dei Ground Control Point; posizione in formato testuale e binario con formato aperto;
- Insieme delle foto utilizzate per il rilievo fotogrammetrico e i parametri di ripresa in formato aperto;
- Nuvola di punti pulita e suddivisa in classi (ad esempio, marciapiede, strada, edificio, vegetazione) in formato testuale e binario in formato aperto;
- Punti aggiuntivi rilevati con tecniche ad alta precisione in formato aperto.

¹ Queste mole di dati pongono il problema di come archiviarli e utilizzarli in modo efficiente. I servizi di indicizzazione e partizionamento dei dati permettono di accedere in modo efficiente ai dati necessari e alla risoluzione più appropriata (Vedi scheda B.3)

² I ground control point sono punti ben individuabili nel rilievo che consentano di orientare e posizionare il rilievo nello spazio, possono essere elementi del territorio o appositamente aggiunti; essi devono anche consentire di co-registrare dati provenienti da rilievi fatti con tecniche diverse (es: rilievi fotogrammetrici e terrestri).

CNR | DIITET       

Approfondimenti

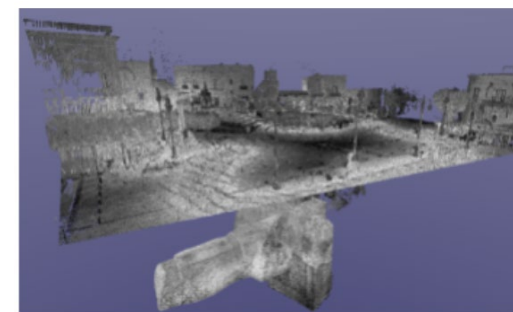


Figura 1 Sopra: Esempio di laser scanner mobile adatto per la scansione di aree limitate come gli interni o strade strette. Ha una portata di alcune decine di metri e precisione e accuratezza inferiore a un dispositivo statico. In basso: nuvola di punti rilevata con un laser scanner mobile in un contesto urbano complesso caratterizzato da una struttura ipogea sotto una ampia piazza.

TRATTAMENTO EFFICIENTE DEI DATI GEOSPAZIALI DELLA CITTÀ

Istituto: *CNR-IMATI* | Referente: *Michela Mortara*



Descrizione. Le campagne di acquisizione di dati 3D delle città generano solitamente enormi moli di dati geospaziali (insieme di punti con coordinate x,y,z georiferite in un determinato sistema di riferimento, si veda anche la scheda B6).

Il modello 3D ricostruito da tutti i dati acquisiti rischia di essere troppo denso per essere visualizzato, interrogato e utilizzato in modo efficiente. Per questo IMATI ha realizzato un insieme di algoritmi per la scomposizione dei dati in “pacchetti” che descrivono aree specifiche a diversi di dettaglio, dal più grezzo al più fine.

Metodologie impiegate. La “nuvola” di punti 3D ottenuta dalla campagna di acquisizione (vedere scheda B6) può essere memorizzata in uno o più file separati, ma i punti memorizzati in modo contiguo non necessariamente sono “vicini” nella realtà. Utilizziamo un meccanismo di suddivisione, indicizzazione e semplificazione per riordinare i punti all’interno del / dei file di input affinché:

-Punti che descrivono la stessa area di interesse (es: quartieri) siano memorizzati in blocchi contigui, per ottimizzare l’accesso ai dati che si riferiscono ad una zona specifica;

- Tutte le aree di interesse siano descritte da un “indice” che permette l’accesso diretto ai blocchi di dati corrispondenti, per poter caricare e visualizzare solo la porzione a cui l’utente è interessato in quel momento;

- I punti che descrivono la stessa area vengano ordinati per “salienza”, ovvero per l’importanza del loro contributo a definire la morfologia della città; in questo modo è possibile generare superfici (mesh triangolari) a diversi livelli di dettaglio, in cui solo i punti più salienti siano presenti, anche nel modello più grezzo. Questo permette di generare il modello più efficiente a seconda dell’ap-

plicazione specifica e delle risorse di calcolo a disposizione.

Risultati attesi. Il processing appena descritto viene effettuato una sola volta sui dati geospaziali a disposizione, riordinando i punti per area e per salienza e creando l’indice per l’accesso ai dati in tempo ottimale. La definizione delle aree di interesse avviene tramite la specifica del loro contorno (ad esempio in formato ESRI shapefile). Alcuni esempi di utilizzo:

- Visualizzare il modello di un solo quartiere;
- Visualizzare tutta la città, ma solo un quartiere al massimo livello di dettaglio;
- Generare un modello ad alta risoluzione di un percorso di interesse, con livello di dettaglio decrescente man mano che ci si allontana dal percorso.

Nelle immagini seguenti alcuni risultati ottenuti nel progetto EU FP7 IQmulus¹: A High-volume Fusion and Analysis Platform for Geospatial Point Clouds, Coverages and Volumetric Data Sets sulla Regione Liguria e per il progetto CTE - Casa delle Tecnologie Emergenti di Matera². Nel primo scenario l’applicazione era il rischio idrogeologico e le aree di interesse in cui sono stati suddivisi i dati erano i bacini idrografici. Il data set consisteva in circa 1000 file .las, parzialmente sovrapposti, risultato di diversi voli sul territorio ligure. In totale oltre 20 miliardi di punti acquisiti tramite LiDAR, distanza media circa 30cm, sono stati suddivisi sui 1002 bacini idrografici dati da ARPAL, e infine ordinati per salienza in 10 livelli di dettaglio (LOD). Nel secondo scenario, i dati LiDAR memorizzati in un unico file sono stati suddivisi nei tre quartieri principali dell’area di studio del progetto.

Approfondimenti

Link a siti

¹ <https://cordis.europa.eu/project/id/318787/it>

² <https://www.ctematera.it/>

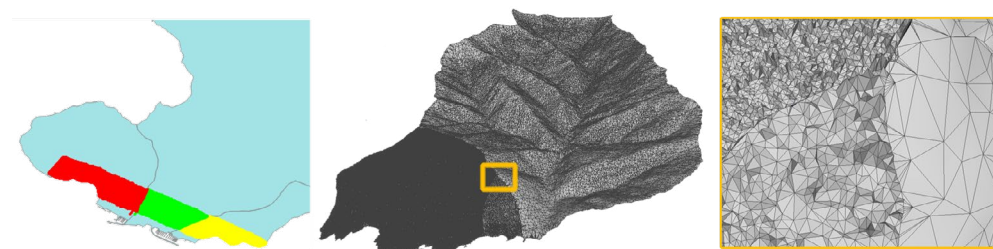


Figura 1: sinistra: riorganizzazione dei dati catturati da un volo LiDAR secondo i bacini di drenaggio corrispondenti; centro: risultato della ricostruzione dei bacini a diversi livelli di dettaglio; destra: dettaglio della “cucitura” tra mesh a risoluzioni diverse.

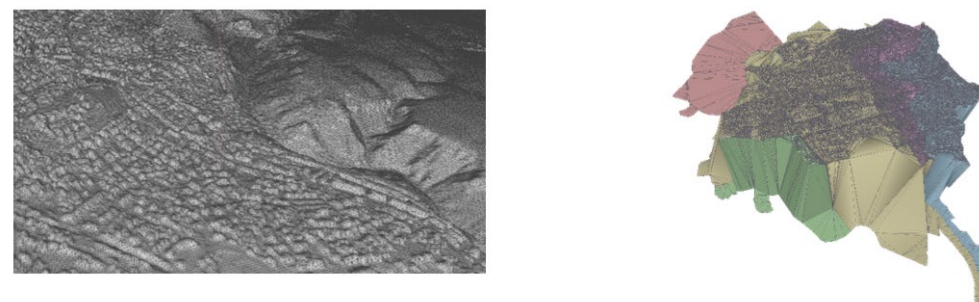


Figura 2 - Suddivisione dei dati nei tre quartieri centrali della città di Matera. Sinistra: il modello completo (un file .las unico). Destra: triangolazioni dei dati che ricadono nei quartieri Centro (in giallo), Centro Storico (fucsia) e Sassi (azzurro).

MODELLAZIONE DA DATI A BASSA RISOLUZIONE

Istituto: *CNR-IMATI* | Referente: *Andreas Scalas*



Descrizione. Le campagne di acquisizione di dati 3D delle città generano solitamente enormi moli di dati geo-spaziali (insieme – o nuvola – di punti con coordinate (x, y, z) geo-riferite in un determinato sistema di riferimento, si veda anche la scheda B.2). Questo tipo di campagne ha inoltre un costo generalmente consistente, motivo per cui in alcuni contesti i benefici introdotti possono non giustificare una loro implementazione. In questi casi è comunque possibile ottenere una rappresentazione a basso livello di dettaglio della geometria dell'ambiente urbano sfruttando i dati acquisiti nell'ambito del Piano Straordinario di Telerilevamento implementato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare¹. Uno dei prodotti di tale acquisizione consiste nella modellazione della morfologia territoriale nei cosiddetti Modelli Digitali di Terreno e Superficie (DTM/DSM), che riportano le quote del suolo e del costruito o della vegetazione rispettivamente, con bassa risoluzione (distanza minima tra punti 1m).

Metodologie impiegate. A partire dal DTM è possibile costruire una rappresentazione 3D grossolana dell'area di interesse, integrandolo con dati provenienti da catasto o da fonti come OpenStreetMap² relativi a impronte degli edifici e segmenti stradali. Si procede identificando le porzioni del DTM corrispondenti a queste entità e annotando tali porzioni (vedasi scheda B.7) associandovi un identificativo univoco (p.es. OSMID, l'indice numerico di OpenStreetMap). Le porzioni relative alle impronte degli edifici sono quindi estruse di un'altezza data dalla sottrazione tra DSM e DTM nell'area di interesse, ottenendo una superficie in 2.5D (rappresentazione 2D più altezza, non prevede configurazioni complesse).

Il modello 3D di base può essere raffinato in seguito, modellando manualmente le strutture di interesse tramite software di modellazione 3D, oppure in modo automatico o semi-automatico in caso di una campagna di rilievo successiva (vedasi scheda B.2). Quando una nuvola di punti ad alta risoluzione diventi disponibile, si possono sviluppare metodi di riconoscimento di primitive geometriche specifiche (p.es. piani, piramidi) per includere queste forme agli edifici estrusi al passo precedente. In generale, lo standard di riferimento dei Livelli di Dettaglio (Level of Detail – LOD) così ottenuti è CityGML in versione 3³.

Risultati attesi. L'utilizzo di questa metodologia consente la creazione di modelli 3D utilizzabili come prototipi per la visualizzazione dell'area cittadina, ma che consentono un certo numero di analisi grazie soprattutto all'arricchimento semantico applicato (vedasi scheda B.7). Esempi di tali analisi sono il calcolo della pendenza degli archi stradali e il calcolo di ombreggiatura grossolana (la forma dei tetti sarà poco fedele alla realtà). Un'altra possibilità data da questo tipo di modelli è la visualizzazione efficace di dati specifici della singola entità urbana (p.es. consumi degli edifici, livello di occupazione di punti di interesse, ecc.), per cui le informazioni legate all'elemento sono più importanti del dettaglio geometrico e dell'aspetto.

Nella figura seguente è possibile vedere un esempio di generazione del modello 3D da DTM tramite estrusione in piazza del Duomo a Catania con colorazione data da annotazione automatica.

Approfondimenti

Link a siti

¹. <http://www.pcn.minambiente.it/mattm/progetto-piano-straordinario-di-telerilevamento/>

². <https://www.openstreetmap.org/>

³. <https://www.ogc.org/standard/citygml/>

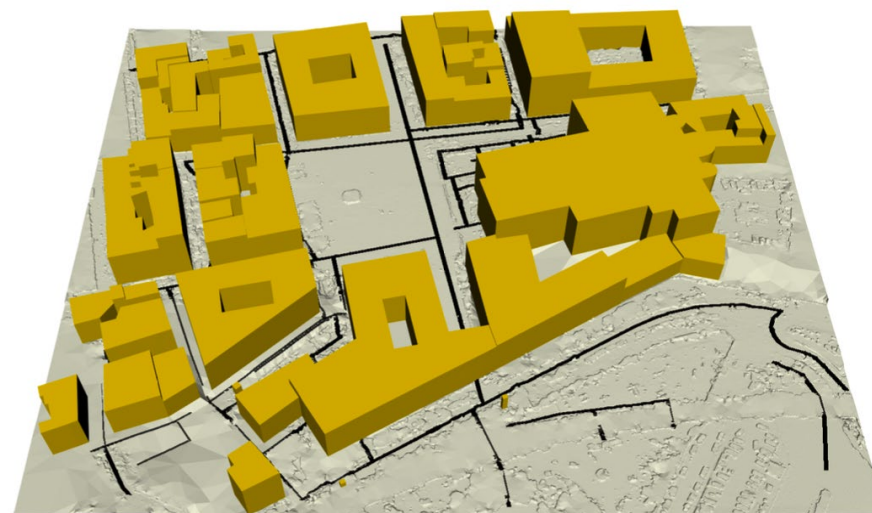


Figura 1: modello 3D a bassa risoluzione di Piazza Duomo, Catania. Il modello è annotato per identificare gli edifici (in giallo) e la rete stradale (in nero).

Bibliografia

Scalas, A., Cabiddu, D., Mortara, M., Spagnuolo, M. *Potential of the Geometric Layer in Urban Digital Twins*. ISPRS International Journal of Geo-Information. 2022, v. 11, n. 6, art. n. 343. <https://doi.org/10.3390/ijgi11060343>

CALCOLO DELL'OMBREGGIATURA IN CITTÀ

Istituto: *CNR-IMATI* | Referente: *Daniela Cabiddu*

CNR | DIITET  *Agenzia per la Coesione Territoriale*  *Consorzio Nazionale*  *Porto Metro*

Descrizione

Studiare l'ombreggiatura in città aiuta a identificare le superfici con una forte incidenza dei raggi solari e quindi a comprendere la vivibilità degli spazi, identificare le aree con maggiore potenzialità per accogliere pannelli solari, pianificare la creazione di nuove aree verdi, ecc. Per questo IMATI ha realizzato un algoritmo in grado di calcolare, fissata data e ora, se un punto è in ombra, tenendo in considerazione la morfologia del terreno e del costruito.

Metodologie impiegate

Il modello 3D ricostruito (vedi schede B.1 e B.4) è indispensabile per il calcolo dell'ombreggiatura. Fissata data e ora di interesse, la posizione del sole del cielo è determinata. Per questo utilizziamo un servizio sviluppato dal Measurement and Instrumentation Data Center degli USA e liberamente disponibile¹ per determinare l'inclinazione dei raggi solari sull'area urbana. Dopodiché l'algoritmo implementato sfrutta il modello 3D per il calcolo delle intersezioni tra i raggi solari e l'ambiente. Per ogni punto (vertice) del modello, l'algoritmo calcola un raggio che parte dal punto stesso e ha inclinazione nota, e conta il numero di intersezioni con il modello stesso. Se il raggio interseca il modello in uno o più punti, il punto è considerato in ombra.

Risultati attesi

L'algoritmo appena descritto è stato testato e utilizzato per il progetto CTE - Casa delle Tecnologie Emergenti di Matera². Il risultato è una mappa 3D di ombreggiatura, in cui ad ogni punto del modello è associato un valore che indica se esso è in ombra (0) o illuminato (1) nella data e all'ora richiesta. Il tempo di calcolo e la qualità del risultato ottenuto dipendono dalla complessità del modello 3D. Un modello più grezzo avrà meno

vertici da analizzare, ma essendo semplificato il risultato sarà approssimato.

Allo stato attuale, l'algoritmo non tiene in considerazione informazioni di carattere meteorologico (es. nuvolosità) o la presenza di illuminazione artificiale che potrebbero influenzare il risultato.

Approfondimenti

Link a siti

¹ <https://midcdmz.nrel.gov/solpos/solpos.html>

² <https://www.ctematera.it/>

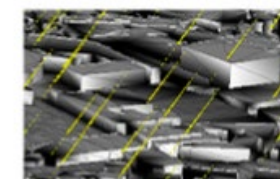
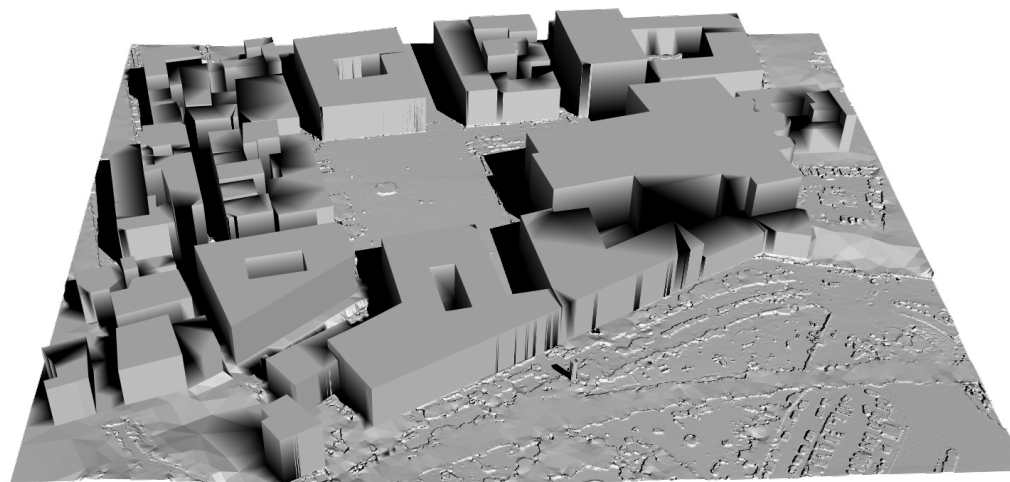


Figura 1 – Sinistra: calcolo dell'ombreggiatura effettuato sull'area di Piazza Duomo, Catania, alle ore 10.00, sul modello a bassa risoluzione; Destra: dettaglio dell'inclinazione dei raggi solari utilizzati per il calcolo

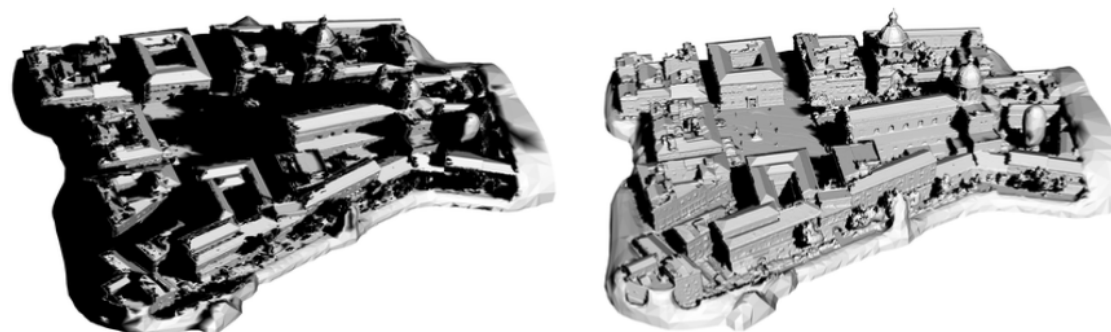


Figura 2: Calcolo dell'ombreggiatura della stessa area sul modello 3D ad alta risoluzione, confronto dell'ombreggiatura alle ore 07 e alle ore 10, rispettivamente. Si noti come la risoluzione del modello determina la qualità del calcolo dell'ombreggiatura.

CALCOLO DELL'IRRAGGIAMENTO IN CITTÀ

Istituto: *CNR-IMATI* | Referente: *Daniela Cabiddu*

Descrizione. La spinta verso l'utilizzo di energie green ha progressivamente incrementato il numero di cittadini interessati all'installazione di pannelli fotovoltaici sopra i tetti delle loro abitazioni o in altri spazi presenti nella loro proprietà. Per questo motivo, lo sviluppo di servizi che consentano di suggerire la migliore disposizione possibile di questi pannelli, nonché una stima di massima del guadagno energetico dato dalla loro installazione, è ritenuto essenziale negli sviluppi urbanistici delle smart cities.

Metodologie impiegate. A partire dalla ricostruzione 3D del costruito (vedi scheda B.1 e B.4) è possibile eseguire un calcolo dell'ombreggiatura in un dato momento per ogni posizione per ogni posizione richiesta (dettagli nella scheda B.5). I dati di questo tipo, organizzati in mappe, possono essere integrati con dati più specifici riguardo l'irraggiamento effettivamente assorbito dalle superfici, tenendo conto anche delle condizioni atmosferiche nel momento richiesto.

Questo tipo di dati è fornito dal CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service)¹ e consiste in una serie di valori, interpolati nel punto richiesto, che riguardano l'irraggiamento orizzontale globale (GHI), diretto (BHI), diffuso (DHI) e in direzione normale (DNI) sia nella condizione reale sia quella che si osserverebbe in assenza di nuvole:

- L'irraggiamento orizzontale globale è la radiazione solare totale incidente su una superficie orizzontale. È la somma dell'irraggiamento normale diretto, dell'irraggiamento orizzontale diffuso e della radiazione riflessa dal suolo.

- L'irraggiamento orizzontale diretto è la quantità di radiazione solare ricevuta per unità di superficie da una superficie orizzontale.

- L'irraggiamento diffuso orizzontale è la quan-

tà di radiazione ricevuta per unità di superficie da una superficie (non soggetta a ombre o ombreggiature) che non arriva direttamente dal sole, ma è stata dispersa da molecole e particelle nell'atmosfera e proviene ugualmente da tutte le direzioni.

- L'irraggiamento normale diretto è la quantità di radiazione solare ricevuta per unità di superficie da una superficie tenuta sempre perpendicolare (o normale) ai raggi che provengono in linea retta dalla direzione del sole nella sua posizione attuale nel cielo.

Risultati attesi. L'utilizzo dei dati del CAMS come integrazione ai dati di ombreggiatura consente di stimare la quantità di energia ottenibile dall'installazione di uno o più pannelli fotovoltaici installati in un punto, di verificare le zone della città con maggior potenziale energetico per effettuare investimenti in tal senso e di analizzare il comfort ambientale in uno o più punti di interesse o lungo un percorso.

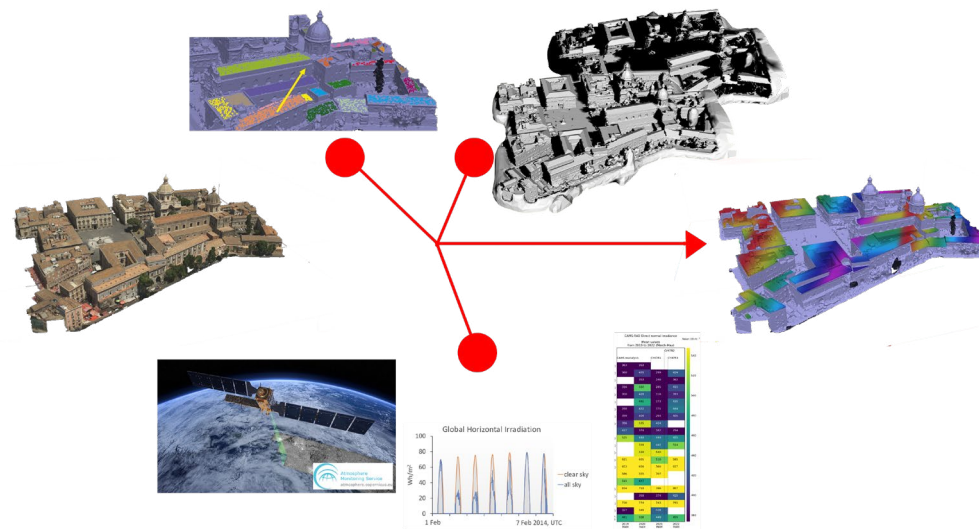
Analisi di questo tipo sono state considerate in servizi sviluppati allo stato dell'arte (p.es. Solar3DCity²) e sono al momento in fase di integrazione nel concetto di Digital Twin urbano, dove possono essere arricchite dall'utilizzo di sensoristica specifica, utilizzati da vari servizi come quello di ottimizzazione dei percorsi di visita (vedasi scheda 3 in DT Mobilità) e in analisi specifiche del patrimonio costruito (schede 2-3 in Metodi di analisi della città).

Approfondimenti

Link

¹. <https://ads.atmosphere.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/cams-solar-radiation-timeseries?tab=overview>

². <https://github.com/tudelft3d/Solar3Dcity>



Pipeline che si intende sviluppare per il calcolo dell'irraggiamento solare in città: riconoscimento automatico dei tetti sulla nuvola di punti ed estrazione di orientamento, inclinazione; calcolo delle ore di esposizione al sole durante l'anno tramite il servizio di calcolo dell'ombreggiatura (scheda B.5); integrazione dei dati satellitari su irraggiamento solare annuo lungo la direzione perpendicolare; risultato atteso: stima più precisa dell'irraggiamento in base alla precisa inclinazione dei tetti e al tempo di esposizione al sole.

ARRICCHIMENTO SEMANTICO DEI MODELLI 3D

Istituto: *CNR-IMATI* | Referente: *Andreas Scalas*

Descrizione. I modelli 3D sono tipicamente utilizzati per comunicare aspetti visivi, ad esempio consentendo la visualizzazione da remoto di luoghi di interesse. In questi contesti, il requisito principale è quello di avere modelli ad alta fedeltà che forniscano un buon compromesso tra livello di dettaglio e performance del software usato per la visualizzazione. In altri contesti, si sente la necessità di accedere a informazioni relative a entità specifiche presenti in una scena o in un oggetto. Il collegamento di informazioni di varia natura a tali entità prende il nome di annotazione per parti e può essere definito manualmente o sfruttando tecniche per il riconoscimento automatico di features (caratteristiche). Per il contesto urbano, potrebbero essere features di interesse: edifici, marciapiedi, lampioni, e così via.

Metodologie impiegate. Il concetto di annotazione per parti è basato sull'idea di segmentare (suddividere) una scena in base alla presenza di una o più features significative e di associare alla geometria di tali features un identificativo che consente la loro interrogazione. Dopodiché è possibile associare informazioni di qualsiasi tipo a queste parti, in base anche agli utilizzi previsti nei casi d'uso definiti. Il concetto di segmentazione è spesso utilizzato anche nell'ambito delle immagini: un esempio è il riconoscimento di pedoni e altri ostacoli utilizzato per consentire ai veicoli a guida autonoma di muoversi nelle strade.

La segmentazione di porzioni di modelli 3D può essere svolta manualmente o automaticamente, con vantaggi e svantaggi di diverso tipo. La segmentazione manuale è un processo lungo e spesso tedioso (anche se diversi sforzi di ricerca sono stati spesi nella definizione di interfacce per velocizzare e semplificare questo compito) e consiste nella selezione delle primitive di cui è composto il modello 3D (vertici, triangoli, tetraedri, ecc.) direttamente o tramite la definizione di seletto-

ri specifici (p.es. parallelepipedi all'interno dei quali selezionare tutte le primitive). La segmentazione automatica, invece, consiste nell'utilizzo di algoritmi specializzati nel riconoscimento di primitive e/o feature specifiche (p.es. piani, cilindri, ecc. ma anche lampioni, automobili, ecc.) i quali associano delle etichette alle primitive di cui è composto il modello 3D.

Una possibilità importante nell'arricchimento semantico dei modelli 3D consiste nell'associare alle entità identificate termini codificati all'interno di ontologie: questo consente la costruzione di relazioni tra le entità presenti nei modelli 3D che possono essere utilizzate per inferire nuove conclusioni su un fenomeno ma anche per modellare in maniera più corretta alcuni meccanismi dello scenario.

Risultati attesi. L'arricchimento semantico dei modelli 3D consente un'interrogazione localizzata delle entità presenti al loro interno, con conseguente efficientamento dei calcoli necessari per il raggiungimento di un certo risultato, così come la possibilità di effettuare inferenze e analisi altrimenti non possibili sul modello 3D nella sua interezza. Per questo motivo, negli ultimi anni molti sforzi sono stati spesi nella standardizzazione dell'arricchimento semantico in diversi ambiti, dai beni culturali (CIDOC-CRM¹) ai contesti urbani (OGC CityGML²). L'allineamento a tali standard consente lo scambio di dati tra diverse implementazioni di gemelli digitali urbani, nonché il riuso di software specializzati senza la necessità di re-implementare il codice in ogni caso d'uso.

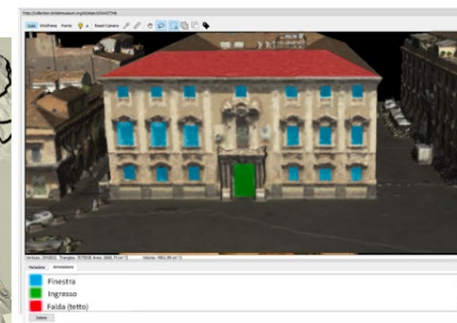
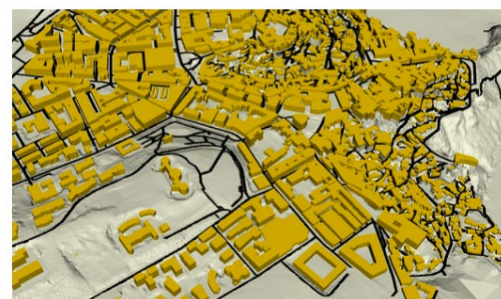
Un'altra possibilità data dall'arricchimento semantico consiste nel rappresentare informazioni relative alle singole entità cittadine all'interno delle interfacce utente in modo più immediato, consentendo quindi la definizione di control room più efficaci.

Approfondimenti

Link

¹ <https://www.cidoc-crm.org/>

² <https://www.ogc.org/standard/citygml/>



Nelle immagini è possibile vedere alcuni esempi di arricchimento semantico applicato ai modelli 3D in ambito urbano.

CITTÀ COME SISTEMA COMPLESSO

Istituto: *CNR-DIITET* | Referente: *Roberto Malvezzi*



La città è sistema complesso caratterizzato da un elevato grado di interconnessione tra i suoi diversi sotto-sistemi; da ciò deriva una difficoltà a prevedere sia l'evoluzione di una città nel suo insieme, sia l'impatto che gli interventi su un sotto-sistema può determinare sugli altri. Questa caratteristica ha favorito lo sviluppo di approcci settoriali alla gestione delle città, determinando il sedimentarsi di culture, linguaggi e procedure tra di loro differenti, e ostacolando l'integrazione delle politiche urbane. Urban Intelligence intende rimettere la complessità delle città al centro della governance urbana; a questo scopo, promuove la comprensione delle città come di un "sistema di sistemi", indagandone le interconnessioni tra i singoli sotto-sistemi e mettendo in evidenza i principali fattori di vincolo che le influenzano. Questo obiettivo viene perseguito definendo un modello urbano che possa costituire da riferimento per due obiettivi principali:

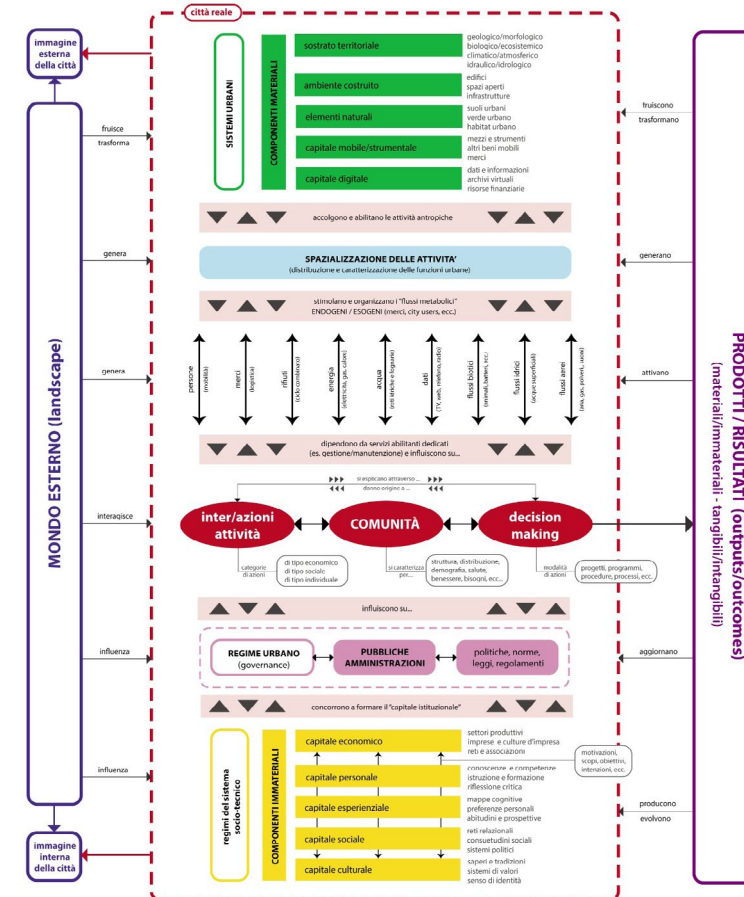
- supportare lo sviluppo del Gemello Digitale quale piattaforma di integrazione per la conoscenza e la gestione della complessità urbana;
 - mettere a disposizione degli attori della governance locale un quadro concettuale comune in grado di favorire il dialogo interdisciplinare e inter-settoriale.
- In particolare, basandosi degli studi sull'anatomia urbana (come il City Protocol di Barcellona) viene proposta una "sintassi della città" attraverso la quale diventi possibile descrivere i fenomeni urbani nella loro complessità reale. Il modello pone al proprio centro la vita delle comunità, fatta di interazioni e progetti, situandola entro due macro-ambiti principali:
- le componenti materiali, relative ai sostrati morfologici e naturalistici di una città, all'ambiente costruito, alle infrastrutture e al capitale strumentale;

- le componenti immateriali, relative ai sostrati sociali, culturali, economici, intellettuali ed esperienziali delle comunità, tra le quali assume particolare rilevanza il sistema dei servizi, intesi sia come servizi al cittadino, sia come servizi abilitanti per l'impiego delle infrastrutture.

Questi macroambiti sono connessi tra di loro in un processo di continua co-evoluzione, che porta ad azioni simmetriche di trasformazione del contesto materiale e di accumulazione di patrimonio immateriale.

La Sintassi Urbana è messa al servizio della descrizione sia di singoli sotto-sistemi che dei regimi attivi in diversi campi (sociale, economico, ecc.), intesi come insiemi di norme cognitive implicite che regolano l'azione della comunità; i primi concorrono a definire l'articolazione complessiva della Urban Intelligence, mentre tra i secondi assumono particolare importanza gli organismi di governo della città, espressione della dialettica tra le reti socio-politiche locali e responsabili della produzione di piani, norme e regolamenti. Come ultimo fattore di vincolo viene considerato il "mondo esterno", inteso come il paesaggio delle dinamiche socio-economiche multi-livello che interagiscono con il sistema urbano. Si tratta di una dimensione speculare alla comunità locale, che insieme eroga e consuma servizi, fruisce e trasforma la città, e che codifica un'immagine di essa sostanzialmente diversa da quella generata dalla comunità che la abita. Partendo da questo percorso, Urban Intelligence si pone l'obiettivo finale di sviluppare una vera e propria "ontologia della città" coerente con il modello presentato, in grado di organizzare in una architettura concettuale e relazionale robusta tutti i principali concetti, componenti e fenomeni che costituiscono un organismo urbano, e di descriverne le rispettive gerarchie, interdipendenze e articolazioni di dettaglio.

Approfondimenti



Bibliografia

- Batty M., 2008, *Cities as Complex Systems: Scaling, Interactions, Networks, Dynamics and Urban Morphologies*, UCL Working Papers Series, paper n. 131
- Guallart V., Meneses F., Frogheri D., Ibañez D., Rubio R., Giralt F., 2015, *City Anatomy: a Framework to support City Governance, Evaluation and Transformation (CPA-I_001-v2_City Anatomy)*, City Protocol Agreement.
- Magnaghi A. (2020), *Il principio territoriale*, Bollati Boringhieri, Torino.
- Rotondo F., 2009, *Future Perspectives in Ontologies for Urban Regeneration*, in Teller J., Cutting-Decelle A. F., Billen R. (eds), *Future of Urban Ontologies*, Proceedings of the Final Conference of the COST Action C21 – Townontology, Liège, 9-10 March 2009, pp. 25-38

PATRIMONIO COSTRUITO - CONSUMI ED EMISSIONI DI EDIFICI

Istituto: *CNR-ITC* | Referente: *Ludovico Danza*



Descrizione. Le recenti politiche comunitarie e nazionali a medio-lungo periodo in tema di riduzione dei consumi degli edifici comportano la necessità di disporre di un quadro conoscitivo dei consumi energetici del patrimonio costruito comunale. Per raggiungere tale scopo si propone un'analisi e mappatura dei consumi energetici degli edifici e delle emissioni di CO₂ connesse al loro funzionamento.

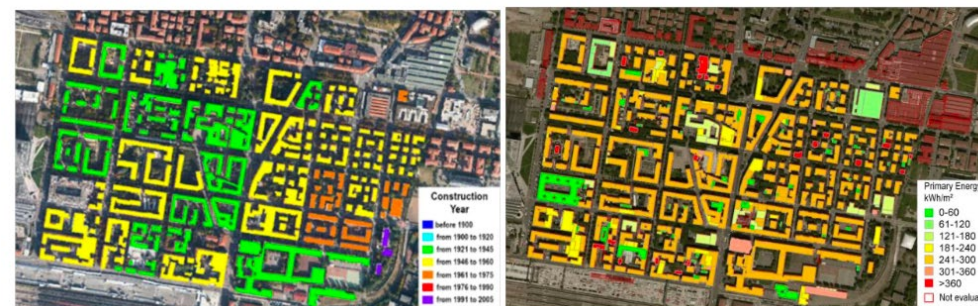
Metodologie impiegate. La determinazione del consumo di energia e della quantità di emissioni inquinanti prodotte dagli edifici si effettua per analogia morfologica e funzionale con un set di archetipi edilizi di riferimento, stimandone rispettivamente gli indici di fabbisogno di energia primaria per mq di superficie (EPg), di gas ed elettricità e l'indice di produzione di emissioni di CO₂ per mq di superficie. Gli indici considerano i contributi per il funzionamento dei servizi di climatizzazione invernale ed estiva, produzione di acqua calda sanitaria, ventilazione ed illuminazione, ipotizzando l'uso di vettori energetici standard. La metodologia di indagine inizia dalla classificazione degli edifici presenti sul territorio secondo archetipi edilizi definiti in base alla propria destinazione d'uso, epoca costruttiva, fattore di forma, superficie, rapporto opaco/trasparente, sistemi di involucro, tipologia impiantistica e contesto urbano (contiguo o isolato). Sulla base dei dati precedenti, attraverso software di simulazione energetica, è possibile calcolare gli indicatori richiesti per ciascun archetipo edilizio che, di conseguenza, saranno associati a ciascun edificio effettivamente presente sul territorio. Al fine di ricavare le informazioni del parco costruito si utilizzano diverse fonti di dati, nella maggior parte dei casi liberamente disponibili:

- Censimento ISTAT e Carta Tecnica Regionale per la determinazione dell'epoca costruttiva;
- impronte al suolo ed altezze di edifici da Database Topografici Regionali per la filtrazione degli elementi da valutare, la definizione dei dati morfologici e della destinazione d'uso;
- classificazione di uso del suolo (es. Corine Land Cover o equivalente) per determinare la destinazione d'uso qualora non indicata nel database topografico regionale;
- documenti elaborati da ENEA e Ministero per lo Sviluppo Economico per la conferma di alcuni dati di input e i fattori di emissione di CO₂ per unità di energia fornita all'utenza
- dati progetto TABULA per la validazione dei risultati.

L'applicazione della metodologia si serve di strumenti di analisi di dati e immagini georeferenziate (GIS) di supporto disponibili anche in licenza open-source (es. QGIS, GrassGIS). La simulazione energetica dei consumi degli archetipi necessita di software commerciali.

Risultati attesi. L'attività proposta permette di avere un quadro conoscitivo preliminare con dati puntuali, dei consumi energetici e delle emissioni di CO₂ degli edifici all'interno del territorio comunale. Ciò dà la possibilità di effettuare valutazioni periodiche dello stato di obsolescenza del parco costruito comunale individuando i comparti urbani più critici dove agire con azioni mirate (es. riqualificazioni energetiche, nuova rete teleriscaldamento, ecc.) in coerenza con i target 7.2 e 7.3 del Goal 7 – Energia pulita ed accessibile dell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile.

Approfondimenti



La metodologia proposta è stata applicata alla città di Bologna e in province della regione Lombardia
 Figura 1: Mappatura dell'epoca costruttiva degli edifici (a sinistra) e del consumo di energia primaria (a destra)

Bibliografia

- Belussi, L., Danza, L., Ghellere, M., Guazzi, G., Meroni, I., & Salamone, F. (2017). *Estimation of building energy performance for local energy policy at urban scale*. Energy Procedia, 122, 98-103....
- Ghellere, M., Belussi, L., Barozzi, B., Bellazzi, A., Danza, L., Devito francesco, A., & Salamone, F. (2021, September). *Energy and environmental assessment of urban areas: an integrated approach for urban planning*. In Building Simulation 2021 (Vol. 17, pp. 77-85). IBPSA.

PATRIMONIO COSTRUITO – MICROCLIMA URBANO

Istituto: *CNR-ITC* | Referente: *Ludovico Danza*



Descrizione.

La problematica delle “isole di calore urbane” rappresenta storicamente una delle principali criticità dello sviluppo urbanistico delle città da gestire attraverso lo studio, mappatura e monitoraggio del surriscaldamento locale di aree sub-comunali (isolati, quartieri) a seguito delle trasformazioni urbane. L'analisi del microclima urbano prevede la zonizzazione del territorio comunale secondo l'approccio “Local Climate Zone” che permette di misurare in modo oggettivo la magnitudine dell'effetto isola di calore basandosi su dati morfologici insediativi, vegetazionali e di copertura del suolo relativi all'area considerata

Metodologie impiegate. La metodologia adottata segue un approccio “bottom-up” che utilizza di informazioni riferite ad una scala spaziale di dettaglio successivamente elaborate ed aggregate per caratterizzare un elemento avente scala spaziale e complessità maggiore (es. quartiere). Il sistema LCZ classifica il paesaggio urbano-rurale in 17 classi “costruite” e sette di “copertura del suolo”, su una gamma caratteristica di valori per parametri misurabili quali: mix di copertura del suolo (frazione a sedime edifici, frazione impermeabile, frazione permeabile), fattore di vista del cielo (Sky View Factor), l'altezza e la spaziatura dell'edificato e della vegetazione. I valori dei parametri elencati precedente si ricavano da diverse sorgenti di dati, molto spesso open-source:

- database topografici regionali: aree di sedime, altezza e distanza tra edifici, fattore di vista del cielo;
- immagini satellitari: frazione del suolo permeabile e impermeabile, altezza e spaziatura della vegetazione.

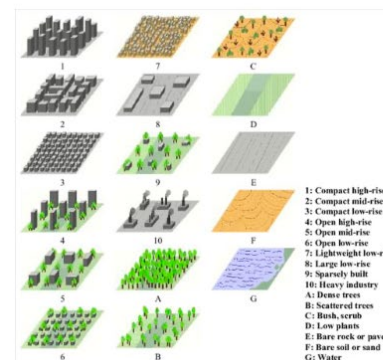
In alternativa o in associazione alla classificazione, è possibile misurare la differenza tra le temperature dell'aria registrate da sensori presenti nell'area urbana e nell'area rurale di

riferimento (ΔT) durante periodi dell'anno solare significativi. Per analogia insediativa si può procedere infine all'associazione del valore ΔT a tutte le aree urbane e non aventi la medesima classificazione LCZ.

L'applicazione della metodologia proposta si serve di strumenti di analisi di dati e immagini georeferenziate (GIS) di supporto disponibili anche in licenza open-source (es. QGIS, GrassGIS).

Risultati attesi. L'attività proposta consente di mappare le aree rischio effetto isola di calore per l'intero territorio comunale secondo una metodologia scientificamente valida, condivisa e dinamica in quanto sensibile alle trasformazioni dell'ambiente antropico e naturale registrate periodicamente dalle immagini satellitari utilizzate. Ciò dà la possibilità di supportare la pianificazione di interventi di inserimento e gestione del verde urbano indirizzandoli nelle zone del territorio comunale più bisognose, migliorando il benessere degli utenti negli spazi esterni, in coerenza con tutti i targets del Goal 13 – Lotta contro il cambiamento climatico dell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile.

Approfondimenti



Local climate zone	Sky view factor	Mean building height	Building to surface fraction	Aspect ratio	Impervious surface fraction	Pervious surface fraction
LCZ 1 ^a	0.2 to 0.4	>25	40 to 60	>2	40 to 60	<10
LCZ 2 ^a	0.3 to 0.6	10 to 25	40 to 70	0.75 to 2	30 to 50	<20
LCZ 3 ^a	0.2 to 0.6	3 to 10	40 to 70	0.75 to 1.5	20 to 50	<30
LCZ 4 ^b	0.5 to 0.7	>25	20 to 40	0.75 to 1.25	30 to 40	30 to 40
LCZ 5 ^b	0.5 to 0.8	10 to 25	20 to 40	0.3 to 0.75	30 to 50	20 to 40
LCZ 6 ^b	0.6 to 0.9	1 to 10	20 to 40	0.3 to 0.75	20 to 50	30 to 60
LCZ 7 ^c	0.2 to 0.5	2 to 4	60 to 90	1 to 2	<20	<30
LCZ 8 ^c	>0.7	3 to 10	30 to 50	0.1 to 0.3	40 to 50	<20
LCZ 9 ^c	>0.8	3 to 10	10 to 20	0.1 to 0.25	<20	60 to 80
LCZ 10 ^d	0.6 to 0.9	5 to 15	20 to 30	0.2 to 0.5	20 to 40	40 to 50

^aLCZ 1-3: compact high-rise, compact midrise, compact low-rise.
^bLCZ 4-6: open high-rise, open midrise, open low-rise.
^cLCZ 7-10: lightweight low-rise, large low-rise, sparsely built-up, heavy industry.

La metodologia è stata applicata in realtà urbane ubicate in regione Lombardia.

Figura 1: Sintesi del sistema di classificazione LCZ (a sinistra) e corrispondenza tra le classi individuate e i relativi parametri descrittivi (a destra)

Bibliografia

- Ghellere, M., Bellazzi, A., Belussi, L., & Meroni, I. (2016). *Urban monitoring from infrared satellite images*. Applied Optics, 55(34), D106-D114.
- Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2012). *Local climate zones for urban temperature studies*. Bulletin of the American Meteorological Society, 93(12), 1879-1900.
- Ghellere, M., Belussi, L., Barozzi, B., Bellazzi, A., Danza, L., Devitofrancesco, A., & Salamone, F. (2021, September). *Energy and environmental assessment of urban areas: an integrated approach for urban planning*. In Building Simulation 2021 (Vol. 17, pp. 77-85). IBPSA.

PATRIMONIO COSTRUITO – PERMEABILITA' DEL SUOLO

Istituto: *CNR-ITC* | Referente: *Ludovico Danza*

Descrizione. La conoscenza del grado di permeabilità del suolo del territorio comunale rappresenta un elemento imprescindibile per la previsione e la mitigazione dei fenomeni meteorologici estremi. Tale conoscenza si acquisisce attraverso lo studio, la mappatura ed il monitoraggio di diversi indicatori, tra cui il coefficiente di deflusso delle superfici (Runoff Coefficient - RC) a seguito delle trasformazioni urbane. Il coefficiente di deflusso di una superficie in oggetto viene definito come il rapporto tra il volume (che coincide con la pioggia efficace) defluito dall'area considerata in un dato intervallo di tempo ed il relativo afflusso costituito dalla precipitazione totale.

Metodologie impiegate. La metodologia di determinazione del RC si articola in due fasi principali: 1) la suddivisione del territorio comunale in porzioni ricoperte da materiali della stessa tipologia; 2) l'attribuzione di un valore di RC a ciascuna particella individuata.

I valori di RC di riferimento sono ricavati da fonti ufficiali (es. database esistenti, letteratura scientifica) validi per specifiche caratteristiche di uso/copertura del suolo.

La suddivisione del territorio comunale avviene analizzando eventuali suddivisioni del tipo di suolo preesistenti utilizzando diverse fonti di dati a risoluzione ed epoca/frequenza di acquisizione diversa secondo un livello di precisione del dato crescente:

1) cartografie di uso del suolo secondo sistemi di classificazione consolidati (es. Corine Land Cover);

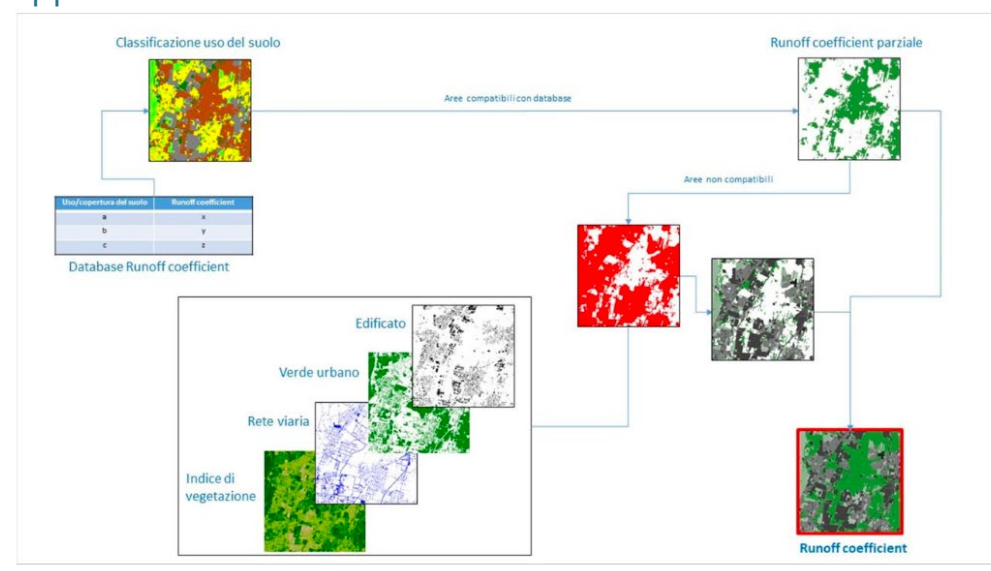
2) estensione e posizione di elementi urbani rilevanti quali: edifici, sedimi stradali, ferroviari, aeroportuali, ciclabili (su asfalto o terreno), banche, verde urbano, idrografia di superficie;

3) immagini satellitari con determinazione di indici legati alla presenza di vegetazione (es. NDVI). Laddove la tipologia di uso/copertura del suolo sia presente nel database dei RC di riferimento, si attribuisce il valore corrispondente, in caso contrario si procede ad una stima del coefficiente proporzionale alla copertura vegetale presente verificando il perimetro degli elementi urbani rilevanti nella particella considerata, ed interpretando degli indici di vegetazione da immagini satellitari più recenti. I dati necessari alla valutazione sono comuni ad altre analisi del patrimonio costruito, come quelle presentate nella scheda A.4 e A.5.

L'applicazione della metodologia proposta si serve di strumenti di analisi di dati e immagini georeferenziate (GIS) di supporto disponibili anche in licenza open-source (es. QGIS, GrassGIS). Le immagini satellitari citate precedentemente possono essere anch'esse disponibili in formato gratuito (es. immagini satellitari Landsat, Sentinel).

Risultati attesi. L'attività proposta consente di mappare e monitorare l'andamento del coefficiente di deflusso per l'intero territorio comunale in modo costante, dinamico e sensibile alle trasformazioni urbane registrate periodicamente dalle immagini satellitari utilizzate. Ciò dà la possibilità allo stesso tempo di evidenziare le aree più a rischio allagamento a seguito di precipitazioni intense e mitigarne gli effetti negativi al fine di raggiungere i target 11.4 e 11.5 del Goal 11 – Città e Comunità sostenibili e 13.1, 13.2 del Goal 13 – Lotta contro il cambiamento climatico dell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile.

Approfondimenti



La metodologia è stata applicata in realtà urbane ubicate in regione Lombardia.

Figura 1: Schema concettuale della metodologia

Bibliografia

Belussi, L., Barozzi, B., Bellazzi, A., Danza, L., Devitofrancesco, A., Ghellere, M., & Salamone, F. (2022). 1130 *Supporting sustainable policies through an Urban Energy-Environmental Model and a Multi-Criteria Analysis: a case study in an Italian province*. Acta Polytechnica CTU Proceedings, 38.

Ghellere, M., Belussi, L., Barozzi, B., Bellazzi, A., Danza, L., Devitofrancesco, A., & Salamone, F. (2021, September). *Energy and environmental assessment of urban areas: an integrated approach for urban planning*. In Building Simulation 2021 (Vol. 17, pp. 77-85). IBPSA.

PATRIMONIO COSTRUITO – CLIMA ACUSTICO URBANO

Istituto: *CNR-ITC* | Referente: *Ludovico Danza*



Descrizione. La realizzazione di città efficienti necessita la sussistenza di spazi chiusi e aperti confortevoli per gli abitanti. In questo senso, la gestione del rumore rappresenta una sfida cruciale, che passa attraverso lo studio, mappatura e monitoraggio della modifica del livello di esposizione al rumore dell'utente a seguito delle trasformazioni urbane e alla modifica della rete di trasporti.

Metodologie impiegate. L'analisi del clima acustico urbano è finalizzata a suddividere il territorio comunale secondo differenti classi di esposizione al rumore attraverso la classificazione della Qualità Acustica Percepita (QAP) che si configura come un indicatore del benessere acustico percepito effettivamente dall'utente fruitore di un edificio o di uno spazio esterno. La QAP dell'edificio o area urbana mette in relazione le caratteristiche di livello di pressione sonora dell'ambiente esterno con le caratteristiche acustiche degli edifici integrando quindi dati relativi al contesto urbanistico/edilizio e della rete viaria locale. Operativamente, la QAP di un edificio si determina in primo luogo a partire dalla zonizzazione acustica comunale prevista dalla normativa vigente, individuando, per l'edificio stesso il livello di pressione sonora dell'area urbana di pertinenza. In tal senso la presenza di dati di emissione sonora della rete viaria più precisi, monitorati e/o maggiormente contestualizzati possono determinare una prima correzione del livello di rumore a cui è esposto l'edificio. Successivamente tale valore viene ulteriormente corretto in relazione alle performance acustiche dell'edificio, deducibili dalla tecnologia ed epoca costruttiva dello stesso, nonché in base ad eventuali interventi di ristrutturazione effettuati. Per la valutazione della QAP di aree esterne, si procede correggendo il livello di rumore definito dalla zonizzazione

acustica comunale in relazione a dati più precisi di rumore immesso dalla rete viaria e dagli edifici presenti, considerandone sempre le caratteristiche che descrive precedentemente.

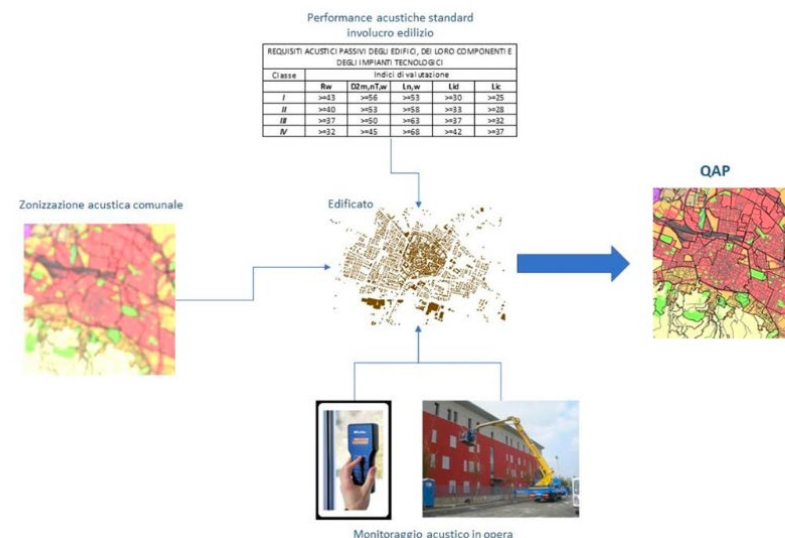
Al fine di poter determinare la QAP occorre pertanto disporre di una serie di dati e documenti solitamente presenti in modalità open-source quali:

- 1) database topografici regionali: posizione, altezza e distanza tra edifici;
- 2) zonizzazione acustica/piano acustico comunale;
- 3) censimento ISTAT: di tecnologia costruttiva utilizzata ed epoca di costruzione
- 4) monitoraggi dei flussi veicolari o rilevazioni fonometriche su elementi della rete viaria.

I dati di cui ai punti 1) e 3) sono comuni ad altre analisi del patrimonio costruito, presentate nelle schede A.4 e A.5. I dati di cui al punto 4) si relazionano con la tematica della mobilità (scheda A.10). L'applicazione della metodologia proposta si serve di strumenti di analisi di dati georeferenziate (GIS) di supporto disponibili anche in licenza open-source (es. QGIS, GrassGIS).

Risultati attesi. L'attività proposta consente di valutare capillarmente il livello di esposizione al rumore effettivo per tutto il territorio comunale secondo un approccio più realistico rispetto alla tradizionale zonizzazione acustica comunale e dinamico in quanto sensibile alle trasformazioni del contesto urbano e agli interventi di riqualificazione edilizia degli edifici. Ciò dà la possibilità di supportare il processo decisionale in merito ad eventuali interventi di mitigazione acustica, definizione di fasce di rispetto da sorgenti e guidare la scelta delle destinazioni d'uso nei piani attuativi previsti dai PRG comunali. Tali azioni si orientano al conseguimento dei target 11.1, 11.4, 11.7 del Goal 11 – Città e comunità sostenibili dell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile.

Approfondimenti



La metodologia è stata applicata all'interno di un progetto "Smart Cities" nel comune di Bologna.
Figura 1: Schema concettuale della metodologia

DATI SATELLITARI – SPOSTAMENTI DELL'AMBIENTE E DEL COSTRUITO

Istituto: *CNR-IREA* | Referente: *Manuela Bonano*



Descrizione. L'elevata vulnerabilità del patrimonio infrastrutturale, edilizio e monumentale italiano e l'esigenza di un maggior controllo della sicurezza di infrastrutture strategiche ubicate in zone potenzialmente sensibili, ha spinto la ricerca a sviluppare tecniche avanzate per il monitoraggio strutturale alle diverse scale, da quella territoriale fino a quella del singolo edificio o infrastruttura. Le tecniche satellitari di analisi e monitoraggio in remoto, come ad esempio le tecniche di Interferometria Differenziale SAR (DInSAR) basate su sistemi di acquisizione di tipo RADAR, possono infatti fornire un valido supporto alle attività di controllo e difesa del suolo e, in particolare, delle aree urbane densamente popolate.

Metodologie impiegate. L'interferometria differenziale SAR è una tecnica di telerilevamento che permette di ottenere misure di deformazione della superficie terrestre a partire dalla valutazione della differenza di fase (interferogramma) tra immagini SAR relative alla stessa area e acquisite in tempi diversi, in termini di avvicinamento e allontanamento dal sensore. Le capacità della tecnica DInSAR convenzionale di analizzare gli effetti superficiali prodotti da singoli eventi deformativi, quali terremoti, ha portato l'interesse della comunità scientifica verso approcci interferometrici avanzati, in grado di produrre anche serie storiche di deformazione a partire da un numero sufficientemente grande di immagini SAR relative alla stessa area. Tra questi, la tecnica DInSAR nota come Parallel-Small Baseline Subset (P-SBAS) a piena risoluzione spaziale, sviluppata presso l'IREA- CNR di Napoli a partire dal 2001 e consolidata negli anni successivi, consente di seguire l'evoluzione temporale degli spostamenti superficiali relativi ad un'area anche molto estesa utilizzando un gran numero di interferogrammi differenziali tra coppie di immagini SAR acquisite da posizioni orbitali sufficientemente vicine (baseline spaziali) e in

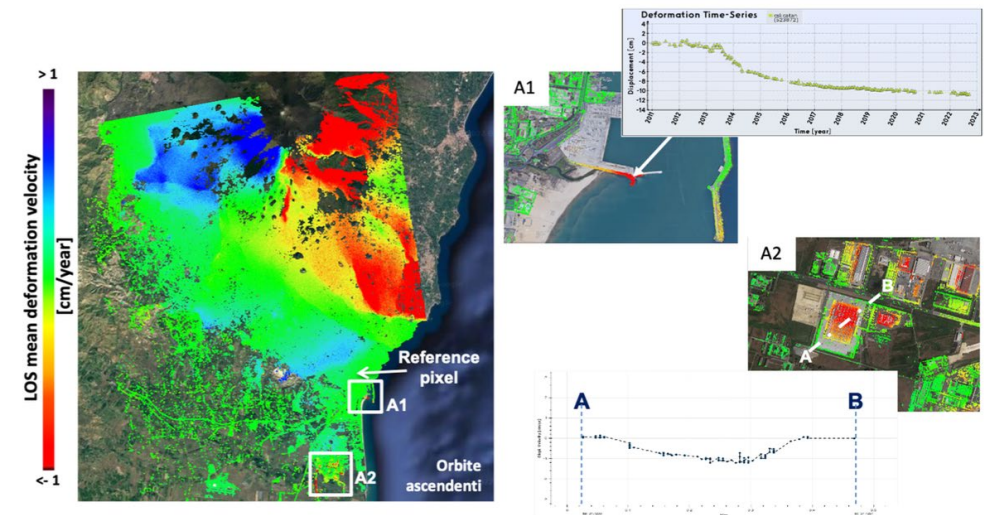
istanti temporali ravvicinati (baseline temporali). Combinando opportunamente tali interferogrammi è possibile ottenere mappe di velocità media e serie storiche di deformazione, relative ad aree di migliaia di chilometri quadrati, alla scala territoriale e a quella del singolo edificio o infrastruttura con accuratze sub-centimetriche. L'approccio P-SBAS permette di minimizzare gli effetti di rumore (decorrelazione) presenti negli interferogrammi, massimizzando, pertanto, il numero di punti di misura per unità di area (punti coerenti). Tali misure rappresentano la proiezione dello spostamento lungo la linea di vista del sensore radar, denominata LOS (acronimo di Line Of Sight), e sono riferite ad un unico punto nello spazio, scelto in una zona ritenuta stabile, e ad un istante nel tempo, che tipicamente corrisponde alla prima acquisizione disponibile.

Risultati attesi. Ai fini di analizzare e monitorare con la tecnica P-SBAS a piena risoluzione spaziale gli spostamenti connessi a fenomeni deformativi dell'ambiente naturale e del costruito, si beneficerà degli archivi di dati SAR acquisiti nell'area urbana di interesse da orbite ascendenti e discendenti dai sensori della costellazione COSMO-SkyMed di prima (CSK) e seconda (CSG) generazione a partire dal 2009. Sull'Italia la modalità di acquisizione tipica della costellazione CSK/CSG è quella Stripmap, così come definita dal piano di acquisizione dati sull'intero territorio nazionale da orbite ascendenti e discendenti all'interno del progetto Map Italy, caratterizzata da una copertura a terra di circa 40 x 40 km² ma con una elevata risoluzione spaziale al suolo (circa 3 x 3 m). I prodotti ricavati saranno:

- mappe di velocità di deformazione media relative all'intero arco temporale osservato (in cm/anno);
- per ogni punto coerente, le relative serie temporali di deformazione a piena risoluzione spaziale.

Approfondimenti

Figura 1: (sinistra) Mappa geocodificata (in falsi colori) della velocità media di deformazione in LOS relative all'area di Catania, ottenuta elaborando con l'approccio P-SBAS a piena risoluzione spaziale i dati CSK/CSG acquisiti da orbite ascendenti nel periodo che va da Gennaio 2011 a Settembre 2022. Nei riquadri indicati con A1 e A2 sono riportate le viste zoomate delle mappe di velocità e i relativi plot delle serie di deformazione di un punto localizzato nell'area del porto (A1) e il plot di una sezione A-B in corrispondenza di un capannone industriale a Sud di Catania (A2).



Esempio di applicazione della tecnica P-SBAS a piena risoluzione a un dataset composto da 195 immagini CSK/CSG acquisite da orbite ascendenti tra Gennaio 2011 e Settembre 2022.

Bibliografia

- Berardino, P., G. Fornaro, R. Lanari, and E. Sansosti (2002). A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 40, no. 11, pp. 2375–2383.
- Lanari, R., Mora O., Manunta M., Mallorqui J.J., Berardino P., Sansosti E. A small baseline approach for investigating deformations on full resolution differential SAR interferograms. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 2004, 42, 1377–1386
- Bonano M., Manunta M., Marsella M., Lanari R. Long-term ERS/ENVISAT deformation time-series generation at full spatial resolution via the extended SBAS technique. *International Journal of Remote Sensing*, 2012, 33, 4756–4783.
- Manunta M., De Luca C., Zinno I., Casu F., Manzo M., Bonano M., Fusco A., Pepe A., Onorato G., Berardino P., De Martino P., Lanari R. (2019). *The Parallel SBAS Approach for Sentinel-1 Interferometric Wide Swath Deformation Time-Series Generation: Algorithm Description and Products Quality Assessment*. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 57, 6259–6281.

SINTASSI DELLA URBAN INTELLIGENCE

Istituto: *CNR-DIITET* | Referente: *Ida Giulia Presta*

La “Urban Intelligence” (UI) è un orizzonte di innovazione urbana nel quale le tecnologie digitali legate allo sviluppo di Gemelli Digitali Urbani (GDU) vengono messe al servizio di processi evoluti di governance multi-attore e multi-livello. In particolare, UI fa propria l’idea che la città costituisca un “sistema dei sistemi”, e su questa base costruisce il GDU chiamato a replicarla dinamicamente. Conseguentemente, il modello di città complessa descritto in precedenza (Scheda C.1) viene utilizzato per definire una serie di “sotto-sistemi urbani” articolati e descritti sulla base della medesima sintassi; così come anche, il GDU viene organizzato per “Gemelli Digitali Tematici” (GDT). Il parallelismo tra città reale e gemello virtuale non è solo un elemento aggiuntivo nella ampia casistica di strumenti digitali a supporto delle PA: nell’ottica dell’UI, costituisce un ampliamento del “dominio ontologico” della città che ne abilita la concettualizzazione, la comprensione e il governo in quanto sistema complesso. Si rende necessario, infatti, definire anche una Sintassi dell’UI (ovvero di secondo livello) atta a descrivere questo processo di accoppiamento “cyber-fisico-sociale” (figura 1).

Il diagramma è diviso in due macro-settori, secondo un sistema piramidale che rimanda alle riflessioni di Rotmans (2017): a destra la città reale, e si declina a sua volta in tre campi: la città, l’ambito periurbano, e la campagna, che insieme formano il sistema territoriale, il quale costituisce la cornice generale per questo “sistema dei sistemi”. Ciascuno dei tre campi è declinato in sotto-sistemi analizzati nelle loro componenti fisiche e immateriali così come definite dalla Sintassi Urbana. La comunità, intesa come principale attore del sistema, agisce in maniera trasversale su tutti e tre i campi. A sinistra è sviluppato invece il sistema del Gemello Digitale, articolato nei Gemelli Tematici che costituiscono i suoi sotto-sistemi, analizzati a loro

volta nelle loro componenti immateriali (come i dati, contenuti nel Data Lake del GD, oppure modelli, software e altre applicazioni, contenute nella Piattaforma ICT) e fisiche (reti di sensori). Le reti di sensori costituiscono il punto di contatto tra i sotto-sistemi urbani e i GDT corrispondenti, e assumono quindi una doppia natura: sia di infrastruttura della città reale, sia di componente fisica del GDU, ponendosi quindi all’intersezione tra i due macro-settori della sintassi. I GDT sono concepiti per poter operare su diversi livelli, sia alla scala macro (es. area urbana o metropolitana) che micro (es. singoli ambiti o snodi urbani), e sono collegati tra di loro attraverso gli strumenti di integrazione multi-disciplinare contenuti nel Decision Support System (DSS); quest’ultimo assume dunque il ruolo di “sistema dei sistemi” per il GDU. La necessità di avere una solida sintassi, sia della città che della UI, è fondamentale per restituire la complessità delle interconnessioni tra elementi e sistemi della città reale, traducendola in un sistema di relazioni che connetta le sia componenti interne del GD, e sia con i sistemi urbani, che sono chiamate a rappresentare; uno degli obiettivi della ricerca sulla UI è infatti quello di esplicitare, mappare e comprendere gli schemi delle influenze tra i diversi fenomeni e aspetti della città, con il fine di tradurli in un linguaggio formale che possa essere impiegato nei modelli virtuali e nel DSS. L’obiettivo di questo lavoro è definire una ontologia completa dell’UI capace di descrivere in maniera accurata sia le componenti della città che le loro connessioni, fatte di relazioni gerarchiche, di vincoli e di interdipendenze che agiscono sia in senso verticale che orizzontale, e con regole sia di tipo causale che induttivo (determinate ad esempio da bisogni, azioni o proiezioni della comunità). Si tratta di un processo aperto, che vede nella Sintassi qui presentata non un risultato, ma l’impianto di un percorso di sviluppo incrementale.

Approfondimenti

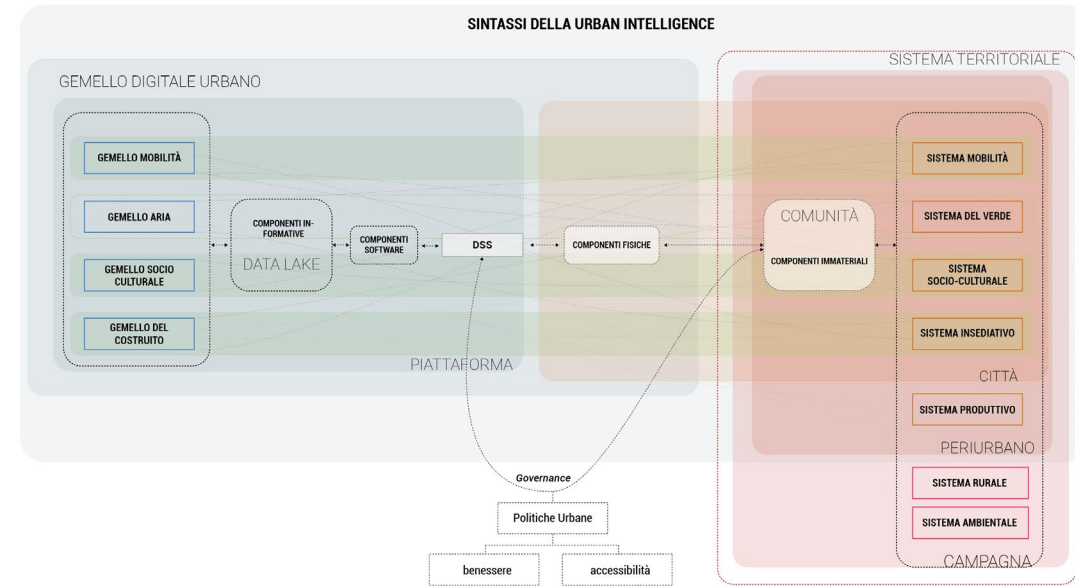


Figura 1. Diagramma sintetico della “Sintassi della Urban Intelligence”. A sinistra la descrizione per macro-voci della città reale, a destra la descrizione del Gemello Digitale Urbano.

Bibliografia

Castelli, Giordana, Amedeo Cesta, Mario Ciampi, et al. “Urban Intelligence: Toward the Digital Twin of Matera and Catania.” In 2022 Workshop on Blockchain for Renewables Integration (BLORIN), pp. 132-137. IEEE, 2022.
 Rotondo F., 2009, “Future Perspectives in Ontologies for Urban Regeneration”, in Teller J., Cutting-Decelle A. F., Billen R. (eds), Future of Urban Ontologies, Proceedings of the Final Conference of the COST Action C21 – Townontology, Liège, 9&10 March 2009, pp. 25-38

PARTECIPAZIONE PER LA CONOSCENZA URBANA

Istituto: *CNR-DIITET* | Referente: *Roberto Malvezzi*



Il funzionamento delle città è influenzato dal modo in cui queste vengono percepite e vissute dai loro abitanti. Le comunità locali, interagendo quotidianamente con i propri contesti urbani, maturano esperienze e punti di vista specifici che svolgono un ruolo decisivo ai fini delle loro motivazioni, aspettative, comportamenti e decisioni. La costruzione di una conoscenza urbana olistica e integrata rende dunque necessario estendere l'indagine al campo delle conoscenze soggettive e tacite, considerando i cittadini come una fonte legittima di informazioni quanto lo sono i sensori, i database e le altre fonti di dati oggettivi. La conoscenza soggettiva di cui i "sensori umani" sono portatori può essere efficacemente indagata ricorrendo ad approcci partecipativi, che costituiscono parte integrante dell'Urban Intelligence. Il panorama delle pratiche in questo campo è particolarmente vasto; rispetto ad approcci partecipativi maggiormente finalizzati a specifici progetti di trasformazione urbana, l'approccio dell'Urban Intelligence guarda soprattutto all'idea di "mappatura di comunità" e alla sua capacità di descrivere e rappresentare le relazioni di senso che si instaurano tra i diversi elementi di una città, così come percepite dalla comunità locale. Questo approccio guarda alla città nel suo complesso, e non solo ad alcune aree privilegiate di progetto, e persegue un coinvolgimento capillare e inclusivo, capace di dare voce alle diverse sensibilità, punti di vista e retroterra culturali di una comunità locale. Diversamente dai sensori, questa forma di conoscenza non dà origine a flussi continui di dati, ma richiede campagne periodiche di ascolto finalizzate a generare scenari conoscitivi e i relativi aggiornamenti o approfondimenti periodici. A tal fine, UI integra nativamente strumenti del tipo PPGIS (Public Participation GIS) che rendono possibile svolgere indagini di comunità su vasta

scala tramite questionari on-line che, grazie alla possibilità di geo-riferire le risposte, permettono una spazializzazione dei risultati. È così possibile individuare le aree, i percorsi o i luoghi più rilevanti per una comunità locale, descrivendoli sulla base delle caratteristiche più significative che questi assumono per la vita delle persone; a tal fine, vengono messi in campo approcci di indagine di tipo socio-cognitiva, basati sulla mappatura e l'analisi delle pratiche urbane ricorrenti (abitudini, comportamenti, preferenze, ecc.). Questo percorso di mappatura digitale è seguito da incontri in presenza con i cittadini, finalizzati a interpretare, validare e arricchire i risultati dell'indagine. I risultati ottenuti sono la base per la knowledge base partecipativa del Gemello Digitale, finalizzata a fornire alle Amministrazioni rappresentazioni tematiche chiare e articolate delle diverse evidenze emerse durante il percorso. L'adozione dell'interfaccia GIS consente una diretta interoperabilità tra queste rappresentazioni e le informazioni oggettive, favorendo l'emersione di correlazioni che consentano una migliore comprensione delle dinamiche urbane. Inoltre, tramite opportuni codici di meta-dati è possibile connettere la conoscenza partecipativa al Decision Support System, ad esempio abilitando routine di verifica rispetto alle possibili implicazioni di determinate scelte di governance rispetto alle geografie e alle prospettive soggettive che costituiscono il cuore pulsante di una comunità. Quello che si propone è dunque la struttura generale di un processo integrato di costruzione di conoscenza partecipativa, che può essere implementato in maniera flessibile nei differenti contesti urbani, ma che comunque necessita di un coordinamento scientifico di alto livello in grado di garantirne la coerenza metodologica e l'efficacia operativa.

Approfondimenti



Mappatura di comunità in corso di svolgimento tramite il software PPGIS "Maptionnaire" nell'ambito del percorso partecipativo per la costruzione del Gemello Digitale di Matera (progetto Casa delle Tecnologie Emergenti). La mappa di calore evidenzia i luoghi più importanti per la comunità locale all'interno del centro cittadino, distinguendo come criteri di indagine il loro valore storico, culturale o artistico, paesaggistico o naturalistico, sociale o ricreativo, la loro bellezza, o i ricordi e le memorie personali (tratto dal questionario "Mappiamo insieme i Luoghi e i Vissuti di Matera; campione di indagine attuale: ca 100 risposte).

Bibliografia

Magnaghi A. (2020), *Il principio territoriale*, Bollati Boringhieri, Torino. Malvezzi - Territorio
 Malvezzi R., Castelli G., *"Gemelli Digitali Urbani per lo sviluppo di comunità partecipanti: il caso di Matera"*, XXIV SIU - Società Italiana degli Urbanisti (Planum, in press)

INDAGINE SUL PATRIMONIO IMMATERIALE

Istituto: *CNR-DIITET* | Referente: *Elisa Avellini, Roberto Malvezzi*



Accanto alla costruzione di conoscenze partecipative concentrate sulla caratterizzazione in senso spaziale del legame esperienziale che connette una comunità al proprio contesto urbano, UI guarda anche verso quelle dimensioni non necessariamente di tipo spaziale, ascrivibili al concetto di “patrimonio culturale immateriale”. Mentre il patrimonio fisico include tutti quegli elementi materiali generati da una comunità ed emblematici del proprio processo di evoluzione culturale, il patrimonio immateriale rappresenta la cultura stessa della comunità, così come incarnata nel corpo vivo delle persone. Si tratta di una cultura vivente, che si esprime nelle tradizioni e nel saper fare, e la cui sopravvivenza non dipende dalla tutela di opere e manufatti, ma nella capacità di una comunità di trasmettere tale patrimonio attraverso le generazioni. Si tratta di una trasmissione per lo più immersiva, di tipo passivo, attraverso la quale si formano le coordinate di fondo che caratterizzano gli orientamenti degli individui di una data comunità rispetto al proprio mondo, quell’apertura specifica che distingue la comunità dalle altre, ne plasma il senso di identità e di appartenenza. Questa trasmissione non si limita a replicarsi immutata, ma evolve in maniera dinamica tra le generazioni in base a mutamenti del mondo esterno, delle relazioni sociali, delle sensibilità e delle predisposizioni personali.

Il patrimonio immateriale non costituisce un reperto da cristallizzare a tutti i costi in un perpetuarsi di pratiche avulse dal proprio contesto storico, ma un processo generativo di valori attuali, materia duttile dotata di una grande capacità evolutiva e trasformativa. Con evoluzione intendiamo la sua capacità di contaminarsi con altri influssi culturali, dando origine a percorsi di innovazione attiva della tradizione; con trasformazione intendiamo invece un radicale mutamento delle pratiche asso-

ciate a un dato retroterra culturale, che determina la nascita di nuove pratiche le quali restano però radicate in esso, in quanto in esso trovano la loro matrice genetica. Questi fattori di trasmissione, evoluzione e trasformazione del patrimonio sono in grado di aprire a opportunità e scenari inediti per lo sviluppo locale, e quindi costituiscono un elemento di fondamentale interesse per la governance urbana.

La cornice metodologica della “mappatura di comunità” delineata nella scheda precedente può essere specializzata anche in questo campo di indagine. In particolare, lo scavo nei giacimenti profondi del patrimonio culturale di una comunità si concentra soprattutto sulla mappatura delle pratiche relative al “saper fare” e alle altre manifestazioni delle tradizioni locali, a partire dalle quali è possibile analizzare in maniera critica la densità, la vitalità o la marginalità di tali pratiche, le loro linee di tendenza nel tempo, il loro radicamento nei diversi sostrati sociali e relazionali, le dinamiche di trasmissione ed evoluzione. Inoltre, tramite questa mappatura è possibile focalizzare l’attenzione su quei patrimoni ancora oggi capaci di reiterare il proprio significato per gli abitanti o di generare nuovi significati, assumendo il punto di vista degli abitanti stessi. Come riferimento metodologico UI prende spunto al lavoro di ispirazione fenomenologica D. A. Gioia sulle ricerche induttive, nel quale il materiale della mappatura qualitativa viene organizzato su tre livelli di analisi: la costruzione di un database strutturato, la messa a fuoco dei temi ricorrenti il loro approfondimento scientifico, e infine, la costruzione di una struttura interpretativa di tipo semantico/relazionale in grado di esporre le interconnessioni dinamiche tra i diversi temi emersi dall’indagine.

Approfondimenti



“Fluxes” è una mostra virtuale per lo storytelling del patrimonio culturale im/materiale dei porti storici delle città Adriatiche di Ravenna, Salona e Fiume, prodotta nell’ambito del Progetto Europeo TEMPUS (Interreg Italia-Croazia, durata: 2018-2022). Il progetto, coordinato dal CNR, è stato finalizzato a fare leva sulle potenzialità generative del patrimonio, con il fine di promuovere nuovi percorsi di attivazione sociale e culturale, di sviluppo locale e di rigenerazione urbana basati sulla creazione di valore contestuale all’interno di aree portuali storiche dismesse. “Fluxes”: <https://myportheritage.eu/city/ravenna/>

Bibliografia

D. A. Gioia, K. G. Corley, A. L. Hamilton (2013), “Seeking qualitative rigor in inductive research: notes on the Gioia Methodology”, *Organizational Research Methods*, 16: 15

PARTECIPAZIONE PER L'INNOVAZIONE URBANA

Istituto: *CNR-DIITET* | Referente: *Roberto Malvezzi*

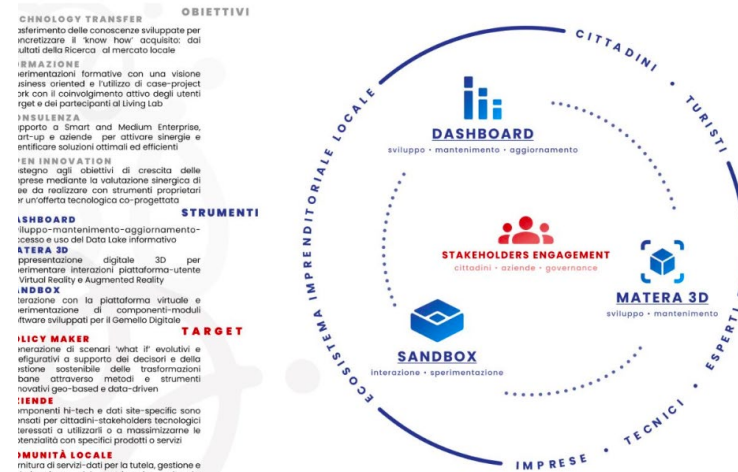
Urban Intelligence è un progetto di innovazione tecnologica che ambisce a farsi promotore, attraverso lo sviluppo di Gemelli Digitali Urbani (GDU), di un processo di innovazione urbana finalizzato a perseguire in maniera integrata gli obiettivi di sostenibilità per le città, coordinando le innovazioni tecnologiche con quelle a livello di governance, rivolte a un ampio spettro di target groups, dalle amministrazioni al mondo imprese, dalle associazioni di categoria a quelle del terzo settore. Secondo il Transition Thinking, il principale ostacolo al progresso dei sistemi urbani consiste nel sedimentarsi, nei diversi settori, di pratiche, linguaggi, abitudini, codici informali e mindset differenti, caratterizzati dalla tendenza ad auto-replicarsi; l'esistenza di questi "regimi" di natura socio-cognitiva finisce per inibire la diffusione di nuovi concetti, approcci e pratiche all'interno di una comunità: a questo scopo, UI si propone di attivare un processo di community and stakeholders engagement che punta a coinvolgere tutte le componenti del sistema socio-economico locale in un percorso di innovazione articolato in varie dimensioni:

- conoscenza dei settori, degli attori, delle reti e delle loro dinamiche;
- service co-design di strumenti e applicazioni del GDU in funzione degli obiettivi dell'agenda urbana e digitale e delle esigenze di sviluppo locale;
- co-creazione di scenari di innovazione urbana condivisi, anche a supporto dello sviluppo di programmi o piani urbanistici;
- sperimentazione di modalità sostenibili per l'innesto degli strumenti del GDU nelle pratiche correnti, finalizzato a supportare l'implementazione degli scenari di innovazione.

Obiettivo di tale processo non è la ricerca pre-costituita di un'arena consensuale o concertativa, quanto l'apertura di un campo di confronto aperto

in grado di valorizzare le diversità e anche i conflitti tra le diverse anime della comunità locale, intesi come una fonte indispensabile di conoscenza del dinamismo urbano reale, e quindi, come base per un'articolazione più efficace delle strategie di governance. Lo sviluppo di un GDU diventa dunque esso stesso l'occasione di un percorso di sperimentazione pratica, destinato a diventare incubatore del cambiamento. L'approccio metodologico proposto si basa su principi di multi-settorialità (intesa come integrazione di tutte le dimensioni della sostenibilità urbana: ambientale, economica, sociale e culturale), multi-disciplinarietà (intesa come dialogo tra tutti i campi disciplinari che concorrono alla definizione di politiche urbane integrate) e multi-attorialità (intesa come interazione di tutti i soggetti a vario titolo coinvolti nella governance urbana). Questo approccio viene attuato mettendo in campo un ampio ventaglio di soluzioni applicative, che includono approcci partecipativi e laboratoriali, format collaborativi come workshops e focus groups, percorsi di formazione, disseminazione e capacity building. Il GDU stesso costituisce uno strumento fondamentale in questo senso, in virtù della sua capacità intrinseca di integrare attori, settori e discipline diverse, anche grazie alla disponibilità di strumenti ICT interattivi e collaborativi. Elemento focale dell'Urban Intelligence è infatti lo stimolo di feedback incrociati tra i soggetti coinvolti, grazie ai quali dar vita a un processo di innovazione pragmatico, adattivo ed evolutivo, capace di generare un impatto concreto sull'ecosistema locale. In sintesi, Urban Intelligence punta a rendere il GDU una vera e propria "infrastruttura sociale", la cui adozione diventi uno scenario strategico condiviso capace di attivare, aggregare e catalizzare le energie innovative delle città.

Approfondimenti



Struttura del “Laboratorio del Gemello Digitale” nella Casa delle Tecnologie Emergenti di Matera, dove sono evidenziati i principali servizi attivati dal CNR per supportare l’innovazione dell’ecosistema locale



L'esperienza dei "Dialoghi Urbani", un percorso di *stakeholders engagement* promosso dal CNR a Matera, rivolto alle principali realtà imprenditoriali e associative della città attive nei settori strategici per lo sviluppo del Gemello Digitale della città

Bibliografia

- Boeing-Liptsin M., (2017), *"AI and Robotics for the City: Imagining and Transforming Social Infrastructure in San Francisco, Yokohama, and Lviv"*, Field Actions Science Reports [Online], Special Issue n. 17:16-21, URL : <http://journals.openedition.org/factsreports/4395>
- Nochta T., Wan L., Schooling J. M., Parlikad A. K. (2020), *"A Socio-Technical Perspective on Urban Analytics: The Case of City-Scale Digital Twins"*, Journal of Urban Technology, n. 28:1-2, pp. 263-287.
- Meroni A., (2008), *"Strategic design: where are we now? Reflection around the foundations of a recent discipline"*, Strategic Design Research Journal, 1(1):31-38.

SVELARE IL POTENZIALE DEI DATI A SUPPORTO DI UNA MOBILITÀ CENTRATA SULL'UOMO

Istituto: *CNR-IEIT* | Referente: *Chiara Ravazzi*



Descrizione:

Questa scheda presenta un nuovo framework di progettazione umano-centrico che riteniamo possa essere un valido strumento per i decisori politici per plasmare la mobilità del futuro, considerando il profondo intreccio tra aspetti sociali e personali che determinano i cambiamenti nelle abitudini di mobilità individuale. Ciò può avvenire solo grazie a una rappresentazione quantitativa delle identità socio-economiche che alimenta un'analisi data-driven delle reti sociali dei meccanismi di adozione dei nuovi paradigmi di mobilità, consentendo così la progettazione di politiche/servizi.

Input richiesto. Tracce di mobilità di diversi agenti in una area selezionata. Specificatamente,
 - dati statici inerenti alla rete stradale
 - dati che comprendano ID dell'agente, ora di origine, ora di destinazione, longitudine di origine, latitudine di origine, longitudine di destinazione, latitudine di destinazione
 - precisione richiesta al secondo
 - informazioni sulla posizione raccolte tramite la tecnologia Global Positioning System (GPS)
 - campi aggiuntivi richiesti:
 (a) rilevamento dei viaggi "in movimento-in sosta"
 (b) assegnazione del mezzo di trasporto.

Metodologie impiegate:

1) Analisi di diverse modalità di mobilità a basso impatto ambientale ed energetico a partire da dati provenienti da sensori, infrastruttura di rilevamento per la mobilità, tracce di mobilità forniti da provider esterni (Teoria dei segnali, Data mining);
 2) Uso dati provenienti da social networks come ingrediente aggiuntivo per modellare i nuovi comportamenti di viaggio (Modellazione e analisi

matematica, Tecnologia della comunicazione).

3) Uso di tecniche avanzate di data mining con l'obiettivo di derivare modelli dinamici predittivi che descrivano diffusione e impatto di nuove abitudini di mobilità (Machine learning, Modellazione e analisi matematica, Probabilità);

4) Stima delle preferenze partendo da osservazioni parziali (Teoria della stima, Probabilità e Statistica)

5) Integrazione di modelli di opinioni e delle informazioni nell'ottimizzazione come controllo di feedback per una gestione dinamica e flessibile delle risorse (Modellazione e analisi matematica, Teoria dei controlli e Ottimizzazione).

Risultati attesi: Il risultato atteso principale è costituito da una analisi dell'impatto di una struttura in cui la dinamica dell'opinione e delle esigenze degli utenti è parte integrante della gestione ottimale della rete di mobilità.

1) Analisi della predisposizione degli utenti verso (a) l'abbandono della proprietà dell'autovettura (b) l'adozione di un veicolo a zero emissioni. L'analisi prevede l'uso di dati oggettivi (come driving range, tempi di ricarica, prezzi del carburante, caratteristiche dell'utente, disponibilità di stazioni di ricarica, ...) e indagini tradizionali sulle preferenze delle persone.

2) Formulazione di modelli matematici che descrivano il potenziale impatto e la diffusione di nuove abitudini di mobilità: La ricerca esplora dinamiche di opinioni, tenendo conto di correlazioni rappresentate attraverso una rete sociale di similarità fra utenti e una rete di condivisione che consenta di modellare i benefici collettivi di soluzioni sostenibili in funzione delle preferenze degli utenti.

3) Integrazione delle dinamiche sociali nell'ottimizzazione come controllo di feedback: Defi-

nizione di nuove misure quantitative (misure di centralità su reti) per identificare strategie ottime di uso di incentivi a basso costo con l'obiettivo di massimizzare l'accettazione da parte degli utenti di soluzioni di mobilità a basso impatto energetico e ambientale.

Approfondimenti

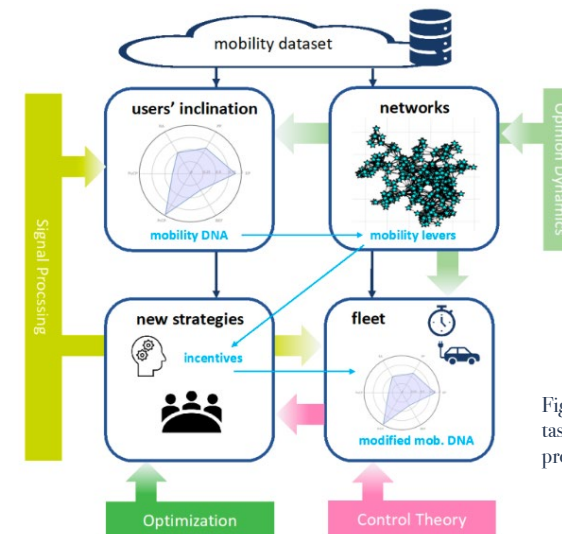


Fig 1. Illustrazione delle interazioni tra i diversi tasks e le metodologie usate nel framework di progettazione proposto.

Bibliografia

1. E. Villa, V. Breschi, C. Ravazzi, F. Dabbene, M. Tanelli, *Fostering the use of sharing mobility solutions via control-oriented policy design, to appear in the Proc. of IFAC World Congress, 2023*
2. V. Breschi, C. Ravazzi, S. Strada, F. Dabbene and M. Tanelli, "Fostering the Mass Adoption of Electric Vehicles: A Network-Based Approach," in *IEEE Transactions on Control of Network Systems*, vol. 9, no. 4, pp. 1666-1678, Dec. 2022, doi: 10.1109/TCNS.2022.3164969.
3. V. Breschi, M. Tanelli, C. Ravazzi, S. Strada and F. Dabbene, *Designing Effective Policies to Drive the Adoption of Electric Vehicles: a Data-informed Approach*, 2021 29th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED), 2021
4. V. Breschi, M. Tanelli, C. Ravazzi, S. Strada and F. Dabbene, *Social network analysis of electric vehicles adoption: a data-based approach*, IEEE International Conference on Human-Machine Systems 7-9 Sept. 2020
5. V. Breschi, C. Ravazzi, S. Strada F. Dabbene, Mara Tanelli, *Driving electric vehicles' mass adoption: an architecture for the design of human-centric policies to meet climate and societal goals, to appear on Transportation Research Part A: Policy and Practice*

TRATTAMENTO DEI DATI PERSONALI E GEMELLO DIGITALE

Istituto: *CNR-IFAC* | Referente: *Valentina Colcelli*



Nell'ambito dell'attività legata alla partecipazione della comunità interessata dalla relazione di un Gemello Digitale (GD) urbano, verranno raccolti dati personali attraverso metodologie diverse. Questo potrà avvenire ad esempio attraverso immagini, interviste, social media, interventi di sensibilizzazione anche nelle scuole, ecc.

Il trattamento dei dati personali dovrà essere effettuato pertanto in conformità con le leggi dell'UE e nazionali. Questo è funzionale altresì alla relazione della Implementazione dei Principi giuridici ed etici "by design" (si veda scheda denominata Architettura per la gestione e raccolta del dato). Al fine di raggiungere gli obiettivi di cui in narrativa dovranno essere adottate seguenti azioni che seguono, con una avvertenza specifica se il GD realizza allo stesso tempo una attività di ricerca: il consenso all'attività di ricerca è un consenso distinto dal consenso al trattamento dei dati personali per l'attività di ricerca. Sono due consensi che richiamano due informative per finalità distinte anche se parzialmente sovrapponibili, ed invero il consenso per l'attività di ricerca spesso contiene e richiama la liceità e la sicurezza nel trattamento dei dati personali per colui che partecipa all'attività. In particolare, l'amministrazione, nonché il suo personale, devono osservare il Regolamento generale sulla protezione dei dati (Regolamento (UE) 2016/679, di seguito «GDPR») in vigore dal 25 maggio 2018.

Metodologie per il coinvolgimento della cittadinanza alle attività del GD. Al fine di arrivare alla definizione delle Policy sul trattamento dei dati personali, dovranno essere adottate le seguenti metodologie per il coinvolgimento dei cittadini alla attività partecipata del GD:

1. In caso di interviste non anonime: i partecipanti potranno essere invitati a partecipare via e-mail,

o tramite contatto personale, per cui anche se il contatto avviene per e-mail, il messaggio di posta elettronica o il modulo informativo presenterà il quadro generale della ricerca e le condizioni di partecipazione al colloquio nel rispetto delle norme etiche e del GDPR. In caso di risposta positiva, potrà essere organizzato un incontro, anche telefonico o l'intervista (data, luogo, argomento).
2. In caso di indagini generali: I dati personali potrebbero derivare da interviste a persone interessate dagli argomenti del progetto/ricerca. Le persone da intervistare potrebbero essere coinvolte durante gli eventi (conferenze, seminari, workshop, ecc.) o in altre forme, per esempio contattate per e-mail oppure perché esse stesse entrano in contatto con il sito web del progetto. Le persone dovranno sempre essere adeguatamente ed esaurientemente informate da un disclaimer sugli obiettivi delle interviste e sulla metodologia di trattamento dei dati personali. Altri requisiti etici dovranno essere sempre osservati nel reclutamento dei soggetti invitati a partecipare all'attività del GD:

Tutte le persone intervistate/coinvolute devono partecipare volontariamente all'attività funzionale al GD, dando il proprio consenso informato; I partecipanti potranno ritirarsi a loro discrezione in qualsiasi momento e senza conseguenze; La partecipazione di una persona vulnerabile è ammessa solo se il rischio e/o l'onere che comporta è minimo per l'individuo interessato - di solito non più del rischio e/o dell'onere connesso alla normale vita quotidiana; devono essere adottate misure aggiuntive e specifiche per evitare qualsiasi tipo di stress, se del caso; la natura e le finalità della ricerca, la protezione dei dati personali e altri aspetti rilevanti della ricerca saranno spiegati con un linguaggio comprensibile (per i bambini

devono essere fornite loro informazioni compatibili con la loro età); in caso di disaccordo dei bambini nel partecipare alle attività di ricerca, tali attività non devono essere realizzate

per quanto riguarda i minori, il consenso informato è richiesto ai genitori o ai tutori (va comunque rispettato il diritto di essere informato del minore e di esprimere il proprio rifiuto come sopra indicato);

Risultati attesi: Definizione della Politica di raccolta, conservazione e in generale di trattamento dei dati personali da parte del titolare del trattamento. Tale politica, espressa attraverso documenti e relativi allegati (quali informative, disclaimer, linee guida, bozze di clausole contrattuali) saranno elaborati in attuazione del

principio di responsabilità ("accountability") ed i suoi corollari del "privacy by design" e "privacy by default" (v. art. 25 GDPR) che impongono ai titolari di adottare le misure tecniche e organizzative necessarie a consentire la protezione dei dati personali.

Nell'ambito della elaborazione dei documenti di Policy (v. il punto precedente) si devono regole particolari per il coinvolgimento dei minori, rispettando le regole previste dal GDPR (v. l'art. 8), ma anche i principi etici fondamentali quali la dignità del minore, la sua autodeterminazione (v. art. 24 Carta dei Diritti fondamentali dell'Unione Europea), il principio di solidarietà, oltre che i principi di precauzione e di proporzionalità.

Bibliografia

- 1 Cippitani, R. (2020), *El intercambio de datos personales entre la Unión Europea y América Latina*, in *Integración Regional & Derechos Humanos/Regional Integration & Human Rights*, 2020, pp. 8-37.
- 2 Cippitani, R. (2021), *La protección de datos personales y el Derecho de la integración*, in Pizzolo, C. (Coord.), *Integración regional y Derechos humanos*. Puntos de convergencia, Astrea, Buenos Aires, pp. 175-209, ISBN: 978-987-706-384-4
- 3 Cippitani, R., *La transferencia de datos personales en materia penal de la Unión Europea a México*, in *Criminogenesis*, 2021, pp. 15-36
- 4 Cippitani, R., *The 'digital transnational solidarity' and protection of the health: Commentary to Principle no. 7 of the Rome Declaration*, in *International Journal of Risk & Safety in Medicine* 1 (2022) vol. 33, no. 2, pp. 167-176, 2022, Special Issue: G20 Rome Declaration at the Global Health Summit in Rome, 21 May 2021, Guest editor: Carlo Bottari, DOI 10.3233/JRS-227002
- 5 Cippitani, R.; Colcelli, V., *Estado de derecho e inteligencia artificial: La perspectiva europea*, in Sanz Caballero, S. (coordinador), *La Unión Europea y el reto del Estado de Derecho*, Thomson Reuters Aranzadi, Cizur Menor (Navarra), 2022, pp. 87-106, ISBN: 9788413900292
- 6 Colcelli, V., (2019), *Joint controller agreement under GDPR*. In Dunja Duić, Tunjica Petrašević, EU And Member States – Legal And Economic Issues, 3, Faculty of Law, Josip Juraj Strossmayer, University of Osijek, Hanns Seidel Stiftung, 3, Osijek, pp 1044-1061 ISSN 2459-9425.

SENSORI SMART LOW COST PER INQUINANTI URBANI

Istituto: *CNR-IIA* | Referente: *Emiliano Zampetti*

Descrizione. Negli ultimi anni la tecnologia e la scienza applicata allo sviluppo di sensori e sistemi sensoriali ha portato alla possibilità di avvicinare sempre di più il sensore, inteso come hardware, all'utilizzatore stesso. Questo ha dato origine a dispositivi personali che hanno raggiunto dimensioni compatibili con i canoni di portabilità o tascabilità. In questo caso il dato è disponibile ovunque, grazie alle tecnologie digitali di trasmissione, che in locale, magari sul proprio smartphone. Dall'altra parte è impensabile chiedere a queste tecnologie, quasi sempre classificate come "low cost" di essere performanti come le stazioni di monitoraggio fisse, basate su strumentazione di tipo analitica come, analizzatori per gas (a fluorescenza, chemiluminescenza, ...) o TEOM, Beta-Gauges per particolato sospeso (PMx). Comunque le tecnologie "low cost" rappresentano sempre di più il futuro delle tecniche di monitoraggio dato il loro minore impatto sull'ambiente, la loro scalabilità legata al costo e ai metodi di produzione che rendono i sensori di questo tipo utilizzabili in modo diffuso in piccole o grandi città, permettendo di implementare "reti di sensori". L'utilizzo di sensori "low cost", come già anticipato, non è un'alternativa ai classici metodi analitici delle stazioni fisse, ma bensì una risorsa in più da utilizzare congiuntamente per abbattere i costi e produrre dati "tempo reale" più vicini al cittadino. Difatti la salute del cittadino risente sia delle concentrazioni di inquinanti provenienti da sorgenti limitrofe e puntuali (es. dagli scarichi degli autoveicoli se si passeggia in città o si è alla guida) sia da concentrazioni generate da sorgenti remote che si diffondono nell'atmosfera seguendo leggi e modelli noti. Grazie alla possibilità di posizionare i sensori "low cost" a diverse altezze, si può pensare di specializzare alcuni di essi

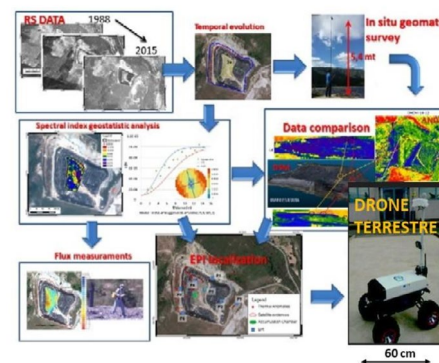
in un monitoraggio rivolto a differenti "classi" di cittadino come: per infanti (sotto il mezzo metro), per bambini (sotto il metro di altezza). Tutto questo non potrebbe essere perseguito mediante monitoraggio con stazioni fisse che quasi sempre avviene (nel rispetto delle normative a cui sono demandati) ad altezze tipiche di 2-3 metri.

Metodologie impiegate. Allo stato dell'arte sensori a cella elettrochimica garantiscono per la parte di inquinanti come biossido di azoto (NO₂), monossido di carbonio (CO), ozono (O₃). Mini contatori di particelle per il PMx, sensori allo stato solido come quelli basati su ossidi metallici o membrane polimeriche alla base dei sensori per VOCs. Per ultimi ma non meno importanti mini celle di assorbimento IR per la CO₂ e aldeidi.

Risultati attesi. (per obiettivi / risultati è utile connettersi ad effetti su SDG della città - inserire riferimento)

L'utilizzo di sensori/sistemi low cost permette di collezionare dati in diverse aree della città fino ad arrivare al monitoraggio personale da parte del cittadino. Inoltre seppur perdendo in risoluzione sulla concentrazione, se confrontato con strumentazione analitica, si ottengono dati con una maggiore risoluzione temporale e spaziale, dati sulla qualità dell'aria che potrebbero essere utilizzati dal cittadino stesso per diversificare percorsi casa-lavoro o nel tempo libero.

Approfondimenti



Low Cost mini GC VOCs sensor system

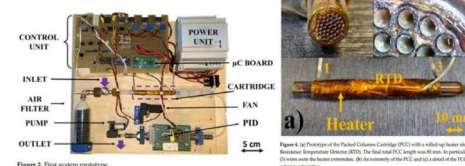
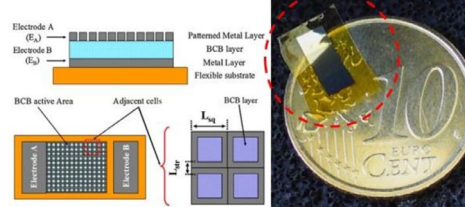


Figure 2. First system prototype.

Flexible Gas Sensor



Bibliografia

Manzo C., Mei A., Zampetti E., Bassani C., Paciucci L., Manetti P., *Top-down approach from satellite to terrestrial rover application for environmental monitoring of landfills* (2017) Science of the Total Environment, 584-585, pp. 1333 - 1348.
Zampetti E., Papa P., Avossa J., Bearzotti A., Balducci C., Tranfo G., Macagnano A., *Low-cost benzene toluene xylene measurement gas system based on the mini chromatographic cartridge*, (2021) Sensors (Switzerland), 21 (1), art. no. 125, pp.1-12.
Zampetti E., Pantalei S., Pecora A., Valletta A., Maiolo L., Minotti A., Macagnano A., Fortunato G., Bearzotti A., *Design and optimization of an ultra thin flexible capacitive humidity sensor* (2009) Sensors and Actuators, B: Chemical, 143 (1), pp. 302 - 307.

Drone terrestre equipaggiato con sistema di monitoraggio low cost basato su sensori di tipo elettrochimico utilizzato per applicazioni di monitoraggio mobile, in particolare in aree urbane o in luoghi dannosi per la salute umana (esempio riportato in discariche)

Low Cost Mini Gas cromatografo portatile per VOCs, in particolare per Benzene, Toluene, Xilene.

Sensore low cost per la misura di VOCs e RH su substrato flessibile per sensori indossabili.

ACQUISIZIONE DATI DA SENSORI E RITRASMISSIONE VERSO UTILIZZATORI FINALI

Istituto: *CNR-IEIT* | Referente: *Barbara M. Masini*



Descrizione. Al fine di acquisire la conoscenza della città, non solo è indispensabile avere un numero sufficiente di sensori in grado di acquisire dati, ma anche tecnologie di accesso radio in grado di trasmettere questi dati verso un centro di controllo e/o da un centro di controllo verso utenti e/o servizi finali. Questa scheda è relativa all'impatto che le tecnologie wireless hanno sull'acquisizione delle informazioni dalla città verso il gemello digitale e dal gemello verso la città. Si dà infatti spesso per scontato che le informazioni possano essere acquisite facilmente, capillarmente e gratuitamente, ma molti sensori, soprattutto in futuro, potrebbero essere collegati solo ad una rete locale, altri potrebbero scaricarsi e non comunicare, altri ancora non essere equipaggiati di tecnologie pervasive come quella cellulare.

Metodologie impiegate. In base al tipo di servizio che si vuole realizzare, i dati possono essere raccolti con tempistiche diverse: i) in tempo reale (suggerimento percorsi ottimi e applicazioni di sicurezza stradale) ii) con una periodicità stabilita (monitoraggio del traffico) o iii) soltanto su richiesta (informazioni su punti di interesse). Inoltre, i dati possono essere raccolti da dispositivi fissi (come telecamere a bordo strada, sensori per la qualità dell'aria, ecc.) o dispositivi mobili (come sensori a bordo di un veicolo pubblico o privato, sensori in tasca a un pedone, ecc.). Nel primo caso, tipicamente il sensore è collegato ad una rete elettrica e può essere messo in rete (in fibra o connesso via cellulare).

Nel secondo caso la connettività può essere varia e dedicata al tipo di servizio (si pensi, ad esempio, alle tecnologie per le reti veicolari) e pone sfide maggiori per poter garantire informazioni affidabili e in tempo reale.

I dati possono essere, inoltre, trasmessi direttamente dal sensore a un centro di controllo remoto (ad esempio tramite tecnologia cellulare) oppure possono essere condivisi in modo completamente distribuito in una rete di sensori dove solo pochi sensori opportunamente scelti si faranno carico di trasmettere ad un centro di controllo, con relativo risparmio di risorse (risorse tecniche come la banda, ma anche risorse economiche per chi sostiene il servizio). Una volta raccolti ed elaborati, i dati possono essere fruiti direttamente (ad esempio la municipalità visualizza lo stato del traffico cittadino in tempo reale) oppure ulteriormente utilizzati per essere ritrasmessi verso utilizzatori finali, siano essi sensori o cittadini. Il primo caso è tipicamente il primo che viene implementato nelle città, mentre il secondo prevede già uno sviluppo verso una digitalizzazione maggiore.

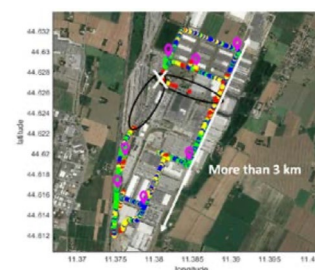
In base al livello di digitalizzazione delle città e al servizio che si vuole fornire, si valuteranno le tecnologie wireless più adatte. Possono essere considerate reti infrastrutturate (ad es. la rete cellulare) e distribuite (ad es. reti di sensori) che lavorano in maniera integrata, sistemi di broadcasting, multicasting, geocasting o trasmissioni unicast, frequenze libere e licenziate, ecc.

Risultati attesi (per obiettivi / risultati è utile connettersi ad effetti su SDG della città - inserire riferimento). Le tecnologie wireless sono trasversali ai servizi offerti. Le loro prestazioni possono essere valutate in funzione del servizio offerto e in base ai requisiti che soddisfano in termini di data rate, banda, distanza di copertura, latenza e affidabilità e possono essere discusse insieme alla municipalità interessata e ad eventuali operatori telecom.

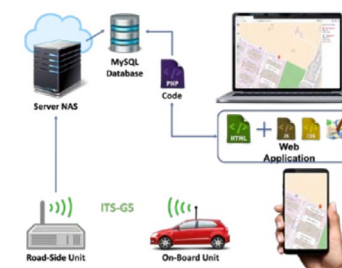
Approfondimenti



Ambiente urbano connesso: esempio di tecnologie wireless da mettere in campo.



Valutazione di quante road side unit (RSU) occorrono per coprire un'area (es. Interporto di Bologna) 6-7 RSUs possono coprire l'area dell'Interporto di Bologna (4.100.000 Sq m)



Probe vehicle data app (esempio di app basata sui dati da veicoli connessi). Su un'app del cellulare e/o su un centro di controllo è possibile monitorare lo stato della mobilità mappando dati inviati dai veicoli connessi ogni 100ms

Bibliografia

- Barbara M. Masini, Alessandro Bazzi, Alberto Zanella, "Vehicular Visible Light Networks for Urban Mobile Crowd Sensing", *Sensors* 2018, vol. 18, n. 4 doi:10.3390/s18041177, ISSN 1424-8220, article number 1177.
- Barbara M. Masini, Alessandro Bazzi, Alberto Zanella, "A Survey on the Roadmap to Mandate on Board Connectivity and Enable V2V-Based Vehicular Sensor Networks", *Sensors* 2018, 18(7), 2207.
- A. Bazzi, A. O. Berthet, C. Campolo, B. M. Masini, A. Molinaro and A. Zanella, "On the Design of Sidelink for Cellular V2X: A Literature Review and Outlook for Future", in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 97953-97980, 2021.
- A. Bazzi, B. M. Masini, A. Zanella and I. Thibault, "On the Performance of IEEE 802.11p and LTE-V2V for the Cooperative Awareness of Connected Vehicles", in *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 66, no. 11, pp. 10419-10432, Nov. 2017.

RETI DI SENSORI PER “SENTIRE” LA CITTÀ

Istituto: *CNR-IEIT* | Referente: *Lucanos Strambini*



La digitalizzazione di un ambiente urbano risulta efficace quando alla definizione del modello matematico (gemello digitale) del territorio si abbini l'implementazione di una strategia di raccolta dati che aggiornando in tempo reale il gemello digitale sullo stato del modello fisico urbano ne consenta una rappresentazione dinamica ed attualizzata: in altre parole i dati danno “vita” all'alter ego virtuale della città. La conoscenza dello stato di una città passa attraverso la raccolta di informazioni relative ai sistemi e sottosistemi di cui si compone il sistema complesso città. Una rete di sensori distribuita nel tessuto urbano rappresenta una strategia di raccolta dati molto efficace in termini di qualità delle informazioni ottenibili e di loro distribuzione nello spazio e nel tempo. Di contro, la sua implementazione richiede la realizzazione di una infrastruttura che oltre ai costi di installazione e gestione/manutenzione richiede una attenta valutazione volta a garantire la sua integrazione nel contesto urbano e rispondere ai vari requisiti/vincoli urbanistici e di sistema che caratterizzano ogni città. Una rete di sensori consiste in una rete formata da dispositivi con ridotta complessità e grandezza chiamati nodi sensori che raccolgono informazioni dall'ambiente circostante e le comunicano attraverso vari mezzi di comunicazione verso nodi di calcolo, dispositivi a maggiore complessità e dimensione, che possono servirsi localmente per effettuare delle pre-elaborazioni al fine di fornire delle informazioni più strutturate o in alternativa trasmetterle attraverso l'uso di un gateway verso altre reti/repository dei dati (data lake). In altre parole, una rete di sensori si può definire come una rete di nodi che cooperano al fine di monitorare una determinata area/sistema di interesse ed eventualmente controllarla. Le principali caratteristiche di una rete di sensori sono: scalabilità rispetto al numero di nodi della rete, auto-organizzazione, riconfigurazione automatica,

efficienza energetica, ridotta manutenzione, accettabile grado di comunicazione tra i nodi, bassa complessità e costi ridotti. La modularità e la flessibilità che caratterizzano una rete di sensori sono fattori che ne possono garantire la sostenibilità, consentendo una costruzione progressiva dell'infrastruttura sulla base della definizione di livelli di priorità circa il contenuto informativo da collezionare, e la riconfigurabilità, per rispondere all'evoluzione delle tecnologie e/o del tessuto urbano. Le tecnologie attualmente disponibili consentono di attenzionare i vari sistemi e sottosistemi che compongono la città [1, 2] definendo per ciascuno una rete di sensori seguendo approcci di progettazione di tipo data-driven o application-driven in funzione della natura delle informazioni e del loro utilizzo. Independentemente dalla metodologia adottata per la loro progettazione, gli aspetti comuni che caratterizzano/vincolano ciascuna rete di sensori da cui non è possibile prescindere sono: 1) le strategie per la fornitura di energia nel caso di sensori/dispositivi attivi (rete elettrica nazionale, fonti energetiche rinnovabili o soluzioni ibride) o tecniche di interrogazione per sensori/dispositivi passivi; 2) la connettività tra i nodi sensore della rete (wired in rame o fibra ottica, wireless o soluzioni ibride) per garantire il flusso dei dati tra i nodi della rete; 3) la interoperabilità per garantire l'integrazione con altre reti di sensori e rete di reti per la gestione a livello globale delle informazioni provenienti dai vari sistemi e sottosistemi che compongono il sistema città. La definizione di una strategia di raccolta di informazioni basata su reti di sensori richiede un approccio di tipo “globale” ed indirizzato ad una logica di integrazione, efficienza, efficacia ed economicità. Fino ad oggi l'approccio seguito è stato caratterizzato da metodologie di intervento basate sulla “occasionalità” e sulla contingenza delle situazioni, al di fuori di una soglia di programmazione e integrazione. Ciò ha

determinato la implementazione scorrelata e talvolta ridondante e poco efficiente di reti di sensori volte ad attenzionare solo alcuni aspetti del sistema città (mobilità veicolare e/o pedonale, integrità delle infrastrutture, qualità ambientale outdoor e/o indoor, etc) o, in caso contrario, la completa assenza di un qualunque sistema di raccolta di informazioni che utilizzi dispositivi e sensori. Se-
gue, dunque, come le metodologie di definizione

Schemi esemplificativi di reti di sensori/attuatori applicate ad un ambito urbano.



L'esempio fa riferimento ad una possibile implementazione per la gestione del traffico veicolare (DOI: 10.1109/SM2C.2017.8071256).

L'esempio fa riferimento ad una possibile implementazione per la gestione della integrità strutturale delle infrastrutture (<https://doi.org/10.3390/rs12152358>).

Bibliografia

- [1] A. Abid, A. Kachouri and A. Mahfoudhi, “Data analysis and outlier detection in smart city,” 2017 International Conference on Smart, Monitored and Controlled Cities (SM2C), Sfax, Tunisia, 2017, pp. 1-4, doi: 10.1109/SM2C.2017.8071256.
- [2] Haque, M.E.; Asikuzzaman, M.; Khan, I.U.; Ra, I.-H.; Hossain, M.S.; Shah, S.B.H. *Comparative Study of IoT-Based Topology Maintenance Protocol in a Wireless Sensor Network for Structural Health Monitoring*. Remote Sens. 2020, 12, 2358. <https://doi.org/10.3390/rs12152358>

MONITORAGGIO DEL SISTEMA EDILIZIO

Istituto: *CNR-IEIT* | Referente: *Lucanos Strambini*



Descrizione. La conoscenza, possibilmente in tempo reale, dello stato funzionale ed operativo del cosiddetto sistema dei “pieni”, ovvero del patrimonio edilizio del sistema città rappresenta uno degli elementi imprescindibili per l’implementazione di una strategia di gestione efficiente e sostenibile della città stessa. Lo stato di un edificio è rappresentabile attraverso la raccolta di informazioni circa gli aspetti che consentano di definire le condizioni operative e di utilizzo della struttura da parte degli utenti, con particolare attenzione agli aspetti di sicurezza e benessere. Informazioni indispensabili sono quelle che attendono: all’integrità strutturale dell’edificio (proprietà geometriche, meccaniche, etc.) ed allo stato di conservazione dei materiali (sia strutturale che di servizio), alle condizioni operative della struttura (presenza e numerosità degli utenti, operatività dei vari servizi, etc.) e dei vari impianti tecnologici al suo servizio ed alle condizioni ambientali (temperatura, umidità, qualità dell’aria, luminosità, etc.) delle aree di cui l’edificio si compone, con particolare attenzione a quelle che prevedono la presenza di utenti. Le attuali reti di sensori consentono la raccolta in tempo reale di informazioni relativamente a ciascuno dei suddetti aspetti caratterizzanti le condizioni operative e di utilizzo di un edificio. Inoltre, la disponibilità di diverse alternative tecnologiche consente un elevato grado di personalizzazione ed ottimizzazione della soluzione finale al caso specifico. Si riportano di seguito alcuni dei principali parametri che possono essere sottoposti a monitoraggio da parte di una rete di sensori:

Integrità strutturale di un edificio: il monitoraggio della integrità strutturale di un edificio si basa sulla raccolta di informazioni in tempo reale accurate e di alta qualità delle condizioni degli elementi strutturali. I sensori utilizzati sono progettati per ottimizzare il processo di monitoraggio, rendendo sempre più distribuita nello spazio e nel tempo

la raccolta di informazioni. Un tipico sistema di monitoraggio è composto da una rete di sensori che misurano diversi parametri relativi allo stato della struttura e dell’ambiente circostante, come stress, deformazione, vibrazione, inclinazione, umidità, temperatura, direzione ed intensità del vento ed irraggiamento solare. Le informazioni raccolte consentono di effettuare un’analisi statica e dinamica dello stato della struttura e quindi di implementare modelli previsionali per anticipare situazioni critiche ed anomale. I dispositivi che implementano il nodo sensore della rete possono essere attivi, nella maggior parte dei casi, o passivi, e per questi ultimi nel caso di nuove costruzioni se ne può prevedere l’integrazione con la struttura stessa.

Operatività della struttura e degli impianti tecnologici: il monitoraggio delle condizioni operative di una struttura prevede principalmente una raccolta di informazioni in tempo reale delle attività previste all’interno della stessa. Si rende quindi necessaria la conoscenza della presenza e numerosità degli utenti all’interno della struttura sia a livello globale che per aree specifiche oltre alla operatività dei servizi. In merito al monitoraggio degli utenti sono disponibili svariate soluzioni tecnologiche con diverso livello di complessità che possono fornire informazioni che vanno dal mero conteggio globale delle presenze fino alla individuazione e riconoscimento dell’utente all’interno della struttura. In merito ai servizi, e nello specifico relativamente a quelli tecnologici, attualmente è possibile monitorare in maniera distribuita i consumi, il livello prestazionale nel tempo e l’individuazione di anomalie e/o guasti.

Condizioni ambientali: il monitoraggio delle condizioni ambientali all’interno di un edificio richiede la raccolta in tempo reale di una serie di parametri chimico-fisici tra i quali temperatura, umidità e pressione dell’aria, luminosità e livelli

acustici oltre a parametri atti a qualificare la qualità dell’aria (concentrazioni di specie gassose inquinanti e di polveri sottili). Le attuali tecnologie consentono un monitoraggio puntuale ed in tempo reale dei suddetti parametri con una accuratezza ed una risoluzione tale da soddisfare i requisiti necessari alla valutazione della qualità delle condizioni ambientali rispetto agli standard richiesti relativamente al confort e benessere degli utenti

che usufruiscono dei servizi offerti dalla struttura. A questo scopo risulta di fondamentale importanza la sinergia tra le informazioni provenienti dagli ambienti indoor di un edificio e quelle relative alle aree outdoor prossime alla struttura per una gestione efficiente ed ottimizzata di tutti i sistemi tecnologici atti a garantire condizioni ambientali confortevoli all’interno dell’edificio.

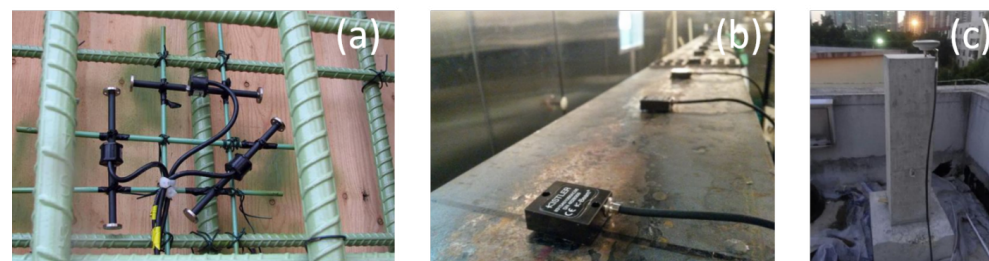


Figura 1. Esempi di tecnologie per il monitoraggio della integrità strutturale di un edificio: (a) accelerometri integrati nella struttura e (b) corde vibranti (<https://constrofacilitator.com/smart-structural-health-monitoring-system/>) per l’analisi dinamica ed il monitoraggio della propagazione delle cricche in elementi strutturali, (c) sistema GPS per la localizzazione dell’edificio (<https://doi.org/10.1002/stc.1936>).



Figura 2. Esempi di tecnologie per la localizzazione ed eventuale identificazione indoor di utenti: (a) Tag RFID a corto raggio (<https://www.nephysystem.com/rfid-real-time-tracking-and-access-control-system-app-8.html>) e (b) tecnologia Bluetooth e wifi (<https://situm.com/en/blog-eng/indoor-positioning/indoor-positioning-systems-for-apps-with-indoor-navigation-and-employee-indoor-tracking/>).

Figura 3. Esempio di tecnologie per l’implementazione di un ufficio smart. (<https://www.milesight-iot.com/blog/cowork-smart-office-solution>).

Bibliografia

[1] Ferreira, P.M.; Machado, M.A.; Carvalho, M.S.; Vidal, C. *Embedded Sensors for Structural Health Monitoring: Methodologies and Applications Review*. *Sensors* 2022, 22, 8320. <https://doi.org/10.3390/s22218320> 2017.

MONITORAGGIO DEL SISTEMA DELLE RETI TECNOLOGICHE DI SERVIZIO

Istituto: *CNR-IEIT* | Referente: *Lucanos Strambini*



Il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità, efficienza ed innovazione per la gestione di una città ed al tempo stesso garantire un'elevata qualità di vita ai propri cittadini richiede l'utilizzo di soluzioni e sistemi tecnologici sempre più connessi ed integrati tra loro. Nel caso specifico dei servizi e delle reti tecnologiche a servizio della città tale risultato è ottenibile avendo contezza, possibilmente in tempo reale, dello stato funzionale ed operativo. Ciò richiede la raccolta di informazioni di una serie di parametri che consentano di definire le condizioni operative del servizio/rete tecnologica con la dovuta accuratezza ed opportuna distribuzione spaziale e temporale. Attualmente la strategia di raccolta dati che soddisfa le suddette specifiche garantendo sostenibilità, efficienza e contenimento dei costi per la sua gestione è quella basata sulle reti di sensori. La natura modulare delle reti di sensori consente di implementare in maniera semplice ed a costo nullo la richiesta integrazione tra i vari servizi e reti tecnologiche, superando la attuale frammentata gestione. Le attuali reti di sensori consentono la raccolta in tempo reale di informazioni relativamente ai principali aspetti caratterizzanti le condizioni operative e di utilizzo di un servizio/rete tecnologica, consentendo un elevato grado di personalizzazione ed ottimizzazione. Si riportano di seguito alcuni dei principali parametri che possono essere sottoposti a monitoraggio da parte di una rete di sensori: *Rete idrica e rete fognaria*: la gestione efficiente e sostenibile delle risorse idriche consiste nel rendere intelligente l'approvvigionamento e la distribuzione idrica. Il risultato è ottenibile avendo a disposizione una conoscenza approfondita della rete idrica nello spazio e nel tempo attraverso l'introduzione sulla rete di distribuzione di una rete di sensori multiparametrici che raccolgono dati su pressione, portata di acqua, temperatura, concentrazioni di contaminanti ed analisi del rumore. I dati provenienti dai sensori possono essere raccolti da

una piattaforma che li analizza e li mette in correlazione tra loro cercando di identificare, per esempio, l'insorgere di fenomeni particolari sulla rete, di identificare "transitori" e "picchi" di pressione ed il loro propagarsi al fine di prevenire le zone di rottura delle tubazioni o identificare l'insorgere di perdite sulla rete. Altri sensori posti, per esempio, in prossimità dei contatori utenti, possono raccogliere dati ed analizzarli localmente per gestire alert in tempo reale, per esempio, in caso di consumi anomali. La disponibilità di una enorme mole di dati con una frequenza temporale elevata permetterà lo studio dei fenomeni transitori che si possono innescare nelle reti di distribuzione, fornendo indicazioni importanti anche per la fase di progettazione delle nuove reti di distribuzione. L'introduzione di sistemi di intelligenza artificiale per elaborare i dati provenienti dalla rete, dal sistema di manutenzione e dallo storico dei guasti consentirà di migliorare l'efficienza e ridurre le perdite. Sul tema della ricerca perdite vi sono attualmente molte sperimentazioni in corso, per esempio si sperimentano tecniche satellitari che identificano le zone a maggior umidità o differenza di temperatura e restringono il raggio a qualche chilometro di rete. Queste tecniche abbinate con i vecchi sistemi (geofono, noise logger, etc.) permettono di restringere il raggio a pochi metri e/o identificare precisamente la posizione. Considerazioni analoghe valgono per la rete fognaria, con alcune differenze relative alle tecnologie impiegate per la misura dei parametri caratteristici in essendo la rete fognaria non necessariamente in pressione e presentando diverse esigenze rispetto al monitoraggio di concentrazioni di inquinanti e di particolato. *Rete di illuminazione pubblica*: Il sistema di illuminazione pubblica per esterno ha un effetto determinante sulla sicurezza, sull'economia e sul modo in cui i cittadini vivono la propria città. La crescita dei costi dell'energia e della domanda di illuminazione ha portato alla ricerca

di soluzioni intelligenti ed efficienti per ridurre i costi del servizio ed al contempo offrire funzionalità aggiuntive. Le attuali soluzioni di illuminazione intelligente consentono infatti di monitorare l'ambiente, aumentare la sicurezza pubblica e del traffico, aggiornare la connettività, oppure fornire ai cittadini dei servizi basati sulla posizione, come il parcheggio intelligente e la navigazione intelligente. L'illuminazione intelligente combina dispositivi dotati di led ad alta efficienza energetica e lunga durata con sensori e connettività wireless. Le città sono così in grado di gestire, monitorare e controllare da remoto l'illuminazione di strade, parchi e piazze. I lampioni stradali

possono accendersi e spegnersi in modo automatico, oppure attenuare la propria luminosità adeguandosi all'intensità della luce ambientale grazie alla presenza di sensori di luminosità ambientale. Inoltre, i dispositivi di illuminazione equipaggiati con sensori di movimento possono accendersi automaticamente all'avvicinarsi di una persona o di un veicolo. In genere, l'illuminazione stradale intelligente copre grandi aree urbane attraverso una fitta rete di dispositivi. Ciò fornisce un'infrastruttura affidabile anche per altre funzionalità, come cestini dei rifiuti intelligenti, parchimetri e sensori di qualità dell'aria.

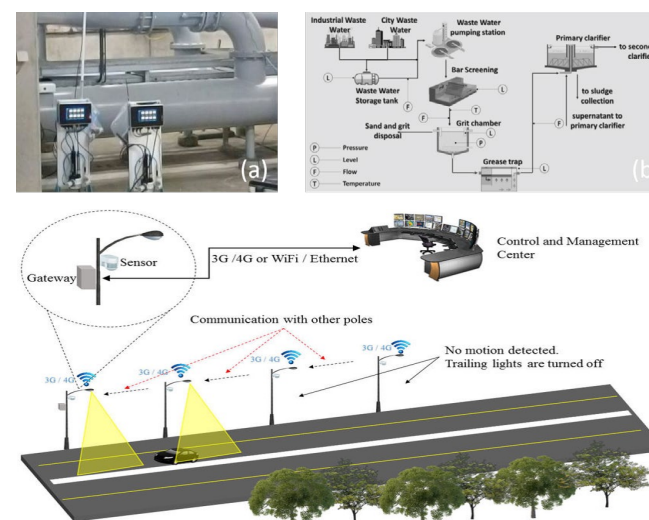


Figura 1. Esempio di (a) tecnologia per il monitoraggio della rete idrica (piattaforma di sensori per il monitoraggio di Torbidità, Colore, UV254, TOC & DOC, Conduttività e pH, <https://www.s-can.at/en/vitens-is-setting-up-a-smart-water-grid-with-scan-nanostations/>) e (b) infrastruttura intelligente e sensorizzata per la raccolta ed il trattamento delle acque reflue [2].

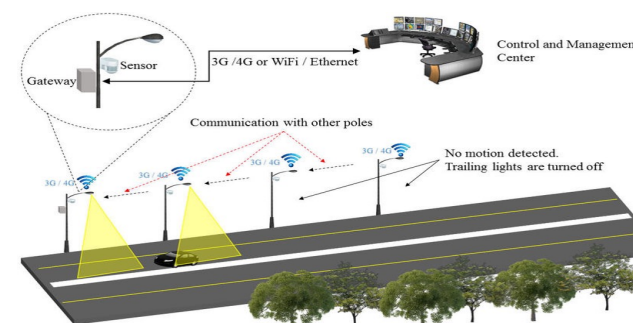


Figura 2. Esempio di tecnologia basata su reti di sensori per la gestione dell'illuminazione pubblica delle strade, con localizzazione del veicolo sul segmento stradale e conseguente modulazione dell'intensità luminosa dei lampioni [3].

Bibliografia

- [1] N. A. Cloete, R. Malekian and L. Nair, "Design of Smart Sensors for Real-Time Water Quality Monitoring," in IEEE Access, vol. 4, pp. 3975-3990, 2016, doi: 10.1109/ACCESS.2016.2592958.
- [2] Karn, A.L., Pandya, S., Mehbodniya, A. et al. An integrated approach for sustainable development of wastewater treatment and management system using IoT in smart cities. Soft Comput 27, 5159-5175 (2023). <https://doi.org/10.1007/s00500-021-06244-9>
- [3] Gharaibeh, Ammar & Salahuddin, Mohammad & Hussini, Sayed & Khreishah, Abdullah & Khalil, Issa & Guizani, Mohsen & Al-Fuqaha, Ala. (2017). Smart Cities: A Survey on Data Management, Security and Enabling Technologies. IEEE Communications Surveys & Tutorials. PP. 1-1. 10.1109/COMST.2017.2736886.

MONITORAGGIO DEL SOTTOSISTEMA AMBIENTALE

Istituto: *CNR-IEIT* | Referente: *Lucanos Strambini*



Il monitoraggio ambientale prevede l'acquisizione di qualsiasi tipo di dato che contribuisca a mostrare come si comporta il mondo che ci circonda, come influisce sulla vita delle persone e come può essere controllato. I dati ambientale includono dati provenienti da fonti naturali (precipitazioni, composizione del suolo, etc) e da processi umani o industriali (rifiuti umani, emissioni di veicoli, etc). Il monitoraggio ambientale è una funzione che rientra nell'ambito di un ambiente intelligente, che mira a rendere la vita delle persone più sicura, confortevole, rispettosa dell'ambiente e produttiva. Nelle aree rurali, il monitoraggio ambientale si concentra su aria, suolo e acqua. Nel monitoraggio dell'aria, le reti di sensori e i sistemi informativi geografici (GIS) monitorano l'inquinamento, i dati topografici e meteorologici per analizzare gli inquinanti atmosferici. Nel monitoraggio dell'acqua, i campioni d'acqua vengono analizzati per misurare i dati chimici, radiologici e biologici rispetto ai dati demografici della popolazione. Nel monitoraggio del suolo, campioni di terreno vengono monitorati rispetto alla salinità, contaminazione e acidità per analizzare la qualità del suolo in agricoltura e prevedere il potenziale di erosione, inondazioni e minacce alla biodiversità ambientale. Nelle comunità urbane, il monitoraggio ambientale include altri tipi di tracciamento e analisi dei dati, quali ad esempio volumi di traffico, dati demografici della popolazione, sicurezza, scarsità di risorse, salute degli edifici e delle abitazioni, infrastrutture cittadine e sicurezza alimentare. La conoscenza dello stato degli ambienti esterni di una città necessita della raccolta di una notevole mole di informazioni eterogenee da richiedere quindi l'utilizzo di soluzioni tecnologiche sempre più connesse ed integrate. Le attuali reti di sensori consentono la raccolta in tempo reale di informazioni relativamente ai principali aspetti caratterizzanti lo stato degli ambienti esterni di una città, consentendo un elevato grado di personalizzazio-

ne, ottimizzazione ed integrazione. Si riportano alcuni dei principali parametri che possono essere sottoposti a monitoraggio da parte di una rete di sensori: *Monitoraggio parametri ambientali e qualità dell'aria*: alcuni parametri chimico/fisici che caratterizzano gli ambienti outdoor e ne qualificano la qualità rispetto ai temi della salubrità degli ambienti ed il benessere degli utilizzatori sono le informazioni che si vanno a raccogliere in questo ambito. Le tecnologie disponibili consentono il monitoraggio in tempo reale di svariati parametri ambientali, quali, a titolo di esempio, quelli che identificano la qualità dell'aria (concentrazioni di gas nocivi e VOCs, livelli di polveri sottili, etc), piovosità, direzione ed intensità dei flussi d'aria, livelli di irraggiamento solare utili alla definizione del benessere termoisolante e livelli di inquinamento acustico con dispositivi di dimensioni contenute ed a basso consumo energetico. *Mobilità veicolare e/o pedonale*: le informazioni che si raccolgono nell'ambito della mobilità veicolare riguardano i flussi (direzione ed intensità del flusso ed identificazione della classe di veicolo) lungo i vari segmenti stradali e/o in prossimità delle sezioni di accesso all'area urbana di interesse (sia aree ad accesso libero che ztl), livelli di occupazione delle intersezioni stradali, delle aree dedicate alla sosta e delle aree di servizio. In merito alla mobilità pedonale le informazioni raccolte riguardano i flussi (direzione ed intensità del flusso ed eventuale identificazione di categorie speciali di utenti) in corrispondenza delle aree pedonali e delle intersezioni con la mobilità veicolare, livelli di occupazione di aree comuni di aggregazione e di punti di interesse culturale/commerciale. Tra le tecnologie utilizzabili si riportano a titolo di esempio le videocamere smart che consentono, oltre al conteggio dei transiti veicolari, l'identificazione della direzione di moto, della velocità e della classe del veicolo, dispositivi basati su tecnologia Lidar per la raccolta di informazioni analoghe in

corrispondenza di sezioni stradali e dispositivi radar per il conteggio di veicoli in corrispondenza delle intersezioni stradali. *Monitoraggio del verde pubblico*: Sebbene gli spazi verdi urbani offrano benefici sociali, ecologici e persino economici, raramente hanno la priorità nel piano regolatore urbano. Soprattutto con la crescita delle città, è imperativo che lo spazio verde cresca parallelamente allo spazio grigio (pavimentazione, edifici, infrastrutture). Lo stesso tema si ripropone nella definizione delle infrastrutture di monitoraggio dove sovente gli aspetti riguardanti le aree verdi

risultano essere a bassa priorità se non completamente assenti. Le attuali reti di sensori consentono una raccolta di informazioni relative all'ambiente (aria, acqua e suolo) circostante l'area a verde e delle varie specie arboree che compongono l'area stessa. Nello specifico risulta possibile raccogliere informazioni circa il fabbisogno idrico e di nutrienti oltre che lo stato di salute della specie arborea, utilizzando dispositivi fisicamente integrati con la pianta o sistemi di remote sensing che si avvalgono di immagini multi spettrali prelevate con sistemi locali e/o satellitari.

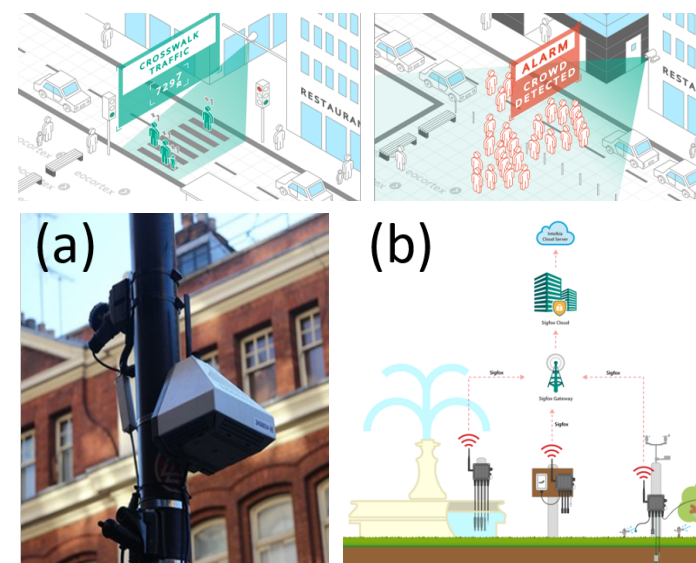


Figura 1. Tecnologia Smart camera/Camera stereoscopica per il conteggio degli attraversamenti pedonali o del livello di occupazione di un'area di aggregazione.

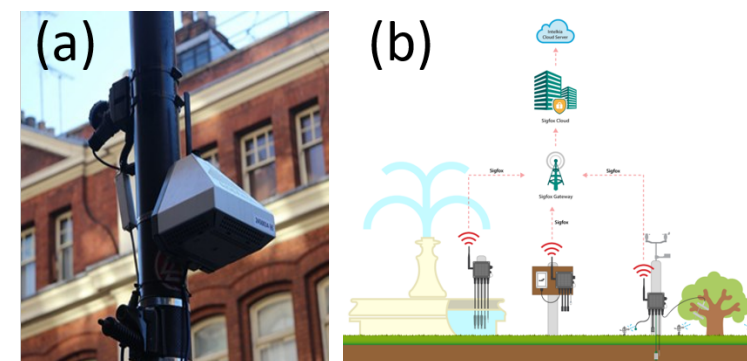


Figura 2. Esempio di (a) stazione smart di monitoraggio della qualità dell'aria in ambiente outdoor (AQMesh, <https://www.aqmesh.com/news/budget-friendly-aq-mesh-package-announced-for-local-authorities-applying-for-government-funding/>) e (b) rete di sensori per il monitoraggio di un'area verde pubblica (<https://www.intelkia.com/smart-cities/>).

Bibliografia

- [1] M. K. M. Rabby, M. M. Islam and S. M. Imon, "A Review of IoT Application in a Smart Traffic Management System," 2019 5th International Conference on Advances in Electrical Engineering (ICAEE), Dhaka, Bangladesh, 2019, pp. 280-285, doi: 10.1109/ICAEE48663.2019.8975582.
- [2] H. Mokrani, R. Lounas, M. T. Bennai, D. E. Salhi and R. Djerbi, "Air Quality Monitoring Using IoT: A Survey," 2019 IEEE International Conference on Smart Internet of Things (SmartIoT), Tianjin, China, 2019, pp. 127-134, doi: 10.1109/SmartIoT.2019.00028.
- [3] Madushanki, A. A. R., Halgamuge, M. N., Wirasagoda, W. A. H. S., & Syed, A. (2019). *Adoption of the Internet of Things (IoT) in agriculture and smart farming towards urban greening: A review*. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 10(4), 11-28. <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2019.0100402>

VERSO UNA MOBILITÀ CONNESSA

Istituto: *CNR-IEIT* | Referente: *Barbara M. Masini*

Descrizione. I veicoli del futuro avranno un livello di autonomia e di connettività sempre maggiore, saranno cioè in grado di muoversi sempre più autonomamente in ambienti diversi e di comunicare con gli altri attori della strada (quali altri veicoli, motociclisti, ciclisti, pedoni) e l'infrastruttura della città (come centri di controllo, unità a bordo strada, radio basi cellulari).

In questo contesto, è di fondamentale importanza poter acquisire informazioni direttamente dai veicoli in tempo reale per poter aver sempre aggiornata la fotografia della città e stimare la sua evoluzione. Non si tratta, infatti, soltanto di ottenere i flussi video da sensori fissi come telecamere, ma di conoscere puntualmente la posizione dei veicoli (mezzi pubblici, auto private, motocicli, biciclette, monopattini, droni) con capillarità spaziale e temporale sufficiente per poter aumentare il livello di sicurezza sulle strade e l'efficienza del traffico. Decidere con quale capillarità acquisire le informazioni dei diversi attori della strada e a chi o con che frequenza ritrasmettere le informazioni, fa parte del progetto della futura città connessa.

Metodologie impiegate. I veicoli (ad esempio cominciando dal parco dei mezzi pubblici) dovranno essere equipaggiati con dispositivi radio, come on board unit (OBU) dotati di tecnologie wireless opportune in grado di trasmettere frequentemente (ad es. ogni 100 ms) i) il proprio stato (quale posizione, velocità, direzione, accelerazione, ecc.) e, in futuro ii) le proprie intenzioni per coordinarsi con gli altri in un ambiente altamente dinamico e potenzialmente disconnesso. Queste informazioni possono essere scambiate tra i veicoli e un'infrastruttura fissa (come un centro di controllo) o direttamente tra i veicoli (o tra veicoli e bici, moto, pedoni) al fine di aumentare la sicurezza sulla strada.

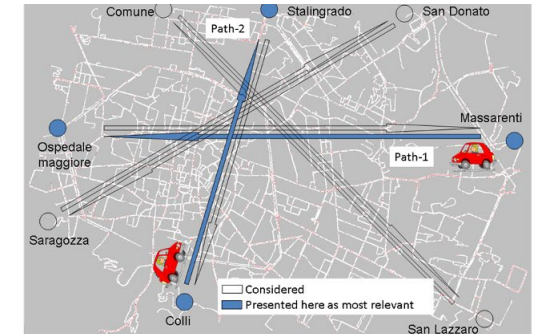
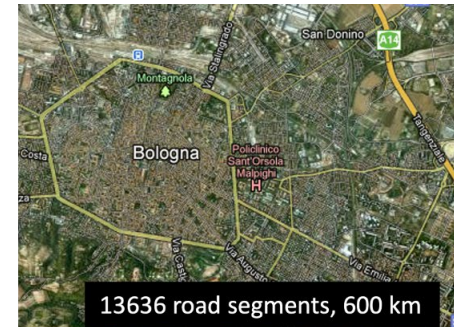
La municipalità stessa può diventare il fornitore di questo tipo di servizi (e agire da operatore telecom), equipaggiando la città con unità a bordo strada in grado di raccogliere informazioni dai veicoli e/o trasmettere informazioni ai veicoli (ad es. un suggerimento di frenata, una traiettoria ottimale, l'offerta di un ristorante vicino).

La municipalità può così fornire servizi altamente innovativi ed attrattivi, facendo in modo che le strade di percorrenza siano quelle desiderate e che i punti di interesse relativi vengano valorizzati, spingendo alcune tipologie di utenti sulle strade più adatte a loro (che non necessariamente saranno quelle più brevi, ma magari quelle che forniscono la maggiore connettività e, quindi, un servizio migliore).

Risultati attesi. Quando il numero di veicoli connessi e in grado di comunicare con entità esterne sarà non più trascurabile, si potranno misurare risultati in termini di monitoraggio capillare della mobilità (non soltanto dei flussi di traffico), maggiore efficienza del traffico, conseguente riduzione dell'inquinamento e maggiore sicurezza sulla strada (riduzione del numero di incidenti).

Inoltre, potrà essere valutato il maggiore benessere di tutti gli attori della strada, dagli automobilisti, ai pedoni, ai ciclisti, agli utenti dei mezzi pubblici, sia in termini di tempi di viaggio, ma anche di confort e accesso ai servizi offerti.

Approfondimenti



Esempio. Tempo risparmiato in diversi percorsi sulla città di Bologna assumendo il 10% dei veicoli connesso e in grado di comunicare il proprio stato ad un centro di controllo ogni 10s. Informazioni elaborate dal centro di controllo vengono ritrasmesse ai veicoli ogni 20s. Si nota un risparmio di tempo fino a quasi il 50% in alcuni percorsi.

E->W:	40.3% saved time
W->E:	44.5% saved time
NW->SE:	12.9% saved time
SE->NW:	29.2% saved time
NE->SW:	4.0% saved time
SW->NE:	0.0% saved time
N->S:	13.1% saved time
S->N:	49.0% saved time

Bibliografia

Tognola, Gabriella and Bonato, Marta and Benini, Martina and Aerts, Sam and Gallucci, Silvia and Chiaramello, Emma and Fiocchi, Serena and Parazzini, Marta and Masini, Barbara M. and Joseph, Wout and Wiart, Joe and Ravazzani, Paolo "Survey of Exposure to RF Electromagnetic Fields in the Connected Car," in IEEE Access, vol. 10, pp. 47764-47781, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3170035.

A. Bazzi, A. O. Berthet, C. Campolo, B. M. Masini, A. Molinaro and A. Zanella, "On the Design of Sidelink for Cellular V2X: A Literature Review and Outlook for Future," in IEEE Access, vol. 9, pp. 97953-97980, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3094161

Barbara M. Masini, Alessandro Bazzi, Alberto Zanella, "A Survey on the Roadmap to Mandate on Board Connectivity and Enable V2V-Based Vehicular Sensor Networks", Sensors 2018, 18(7), 2207; <https://doi.org/10.3390/s18072207>

DIGITAL TWIN DELLA MOBILITÀ URBANA

Istituto: *CNR-IASI* | Referente: *Giovanni Felici*

La Urban Intelligence proposta si basa sulla costruzione e sulla integrazione di diversi Gemelli Digitati dei sottosistemi della città. Qui consideriamo nello specifico il gemello digitale della mobilità, in breve il DTMob. La mobilità è organica al concetto stesso di città e la possibilità di riprodurre il funzionamento del sistema di mobilità urbano è forse tra gli obiettivi più immediati da affrontare nella Urban Intelligence.

Le tre componenti del gemello digitale della mobilità

La prima componente – l’offerta – consiste nella rete di trasporto in senso lato, ovvero le strade, gli incroci, e le loro caratteristiche. La rete di trasporto è tipicamente rappresentata da un grafo, ovvero una struttura astratta composta da nodi (gli incroci) ed archi (le strade) insieme alle loro caratteristiche: ad esempio, il numero di corsie, il senso di marcia, la capacità in termini di veicoli / ora, la presenza e il tipo di semaforizzazione agli incroci; ma anche la rete del trasporto pubblico, la programmazione dei viaggi di bus o metro, ed ancora lo stato della rete in un determinato momento, come ad esempio la presenza di interruzioni stradali straordinarie o programmate.

La seconda componente – la domanda – consiste nel numero e modo di spostamenti sugli archi del grafo che rappresenta l’offerta: quindi quante persone si spostano tra due punti della città, con quale mezzo di trasporto, con quali orari, con quale motivazione.

La terza componente, ovvero i metodi per riprodurre il funzionamento del sistema, sono l’elemento caratterizzante dell’approccio del gemello digitale: devono infatti consentire, conoscendo domanda ed offerta, di riprodurre il funzionamento del sistema in modo sufficientemente realistico ed efficiente, al fine di studiarne i com-

portamenti, prevederne le traiettorie, valutare le conseguenze di modifiche nella domanda e nella offerta.

Qualità del dato e precisione del gemello

Un gemello digitale può operare a diversi livelli di precisione. Tale precisione dipende essenzialmente dalla qualità e dalla granularità dei dati con i quali di definiscono domanda ed offerta, ed in seconda battuta dal tipo di strumento usato per il suo funzionamento.

A livello di offerta è possibile conoscere in modo accurato la struttura del grafo stradale per quasi tutte le realtà urbane, ad esempio tramite i grafi stradali disponibili in OpenStreetMap [1], che possono poi essere integrati con dati locali e con informazioni sulla rete di trasporto pubblico come Google Transit (GTFS) [2].

Conoscere la domanda è invece una operazione più complessa, che contempla l’uso di sensori di diversa natura ed indagini sul campo. I dati di domanda possono dividersi in due tipi: dati puntuali, ottenuti tramite sensori posizionati sulla rete, che ci possono dire lo stato di occupazione degli archi della rete, la velocità media dei veicoli, il loro tipo; e dati di percorso, che ci dicono quanti utenti o veicoli si muovono, in un certo periodo, tra due punti della città. Questa seconda categoria è più difficile da misurare e richiede indagini sul campo o dati legati al movimento ottenuti tramite tracking gps di cellulari, veicoli sonda, navigatori, etc... Per il funzionamento del DTMob è necessario conoscere o stimare i dati di percorso, ovvero conoscere le c.d. matrici origine destinazione (matrici-OD), che specificano il numero di spostamenti tra ogni coppia di zone di interesse della rete, possibilmente declinati per modo di trasporto e per ora del giorno.

Funzionamento del gemello

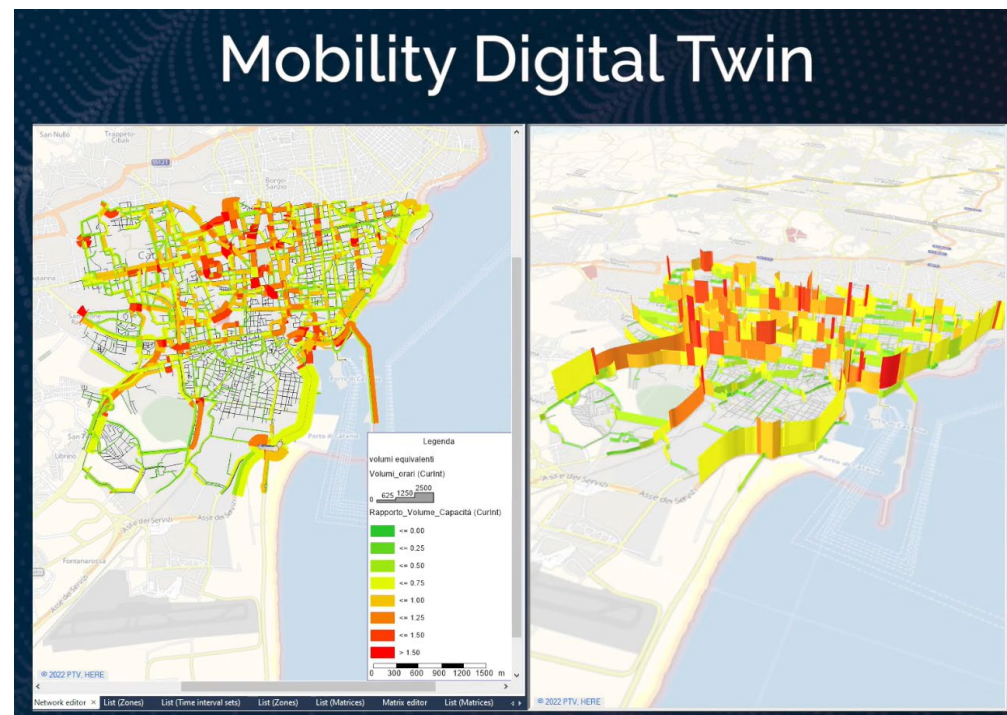
Avendo a disposizione offerta (il grafo stradale) ed domanda (le matrici OD), il gemello riproduce il sistema reale tramite simulazione, muovendo veicoli e utenti sulla rete secondo un insieme di regole, che approssimano il comportamento reale. I dati rilevati puntualmente possono esse-

re impiegati per verificare che il comportamento del gemello sia coerente con quanto osservato e per calibrare le regole usate nella simulazione. La simulazione può avvenire con diverse modalità – la principale distinzione è tra micro-simulazione e macro-simulazione (CFR SKEDA).

Approfondimenti

[1] <https://www.openstreetmap.org/#map=5/42.088/12.564>

[2] <https://www.google.com/intl/en/landing/transit/>



SIMULAZIONE DEL TRAFFICO

Istituto: *CNR-IASI* | Referente: *Giovanni Felici*

Per realizzare un gemello digitale di un sistema non è sufficiente osservarlo con precisione, ma è necessario essere in grado di riprodurre il suo funzionamento tramite regole realistiche. I sistemi di mobilità sono caratterizzati da una certa difficoltà nell'osservare e nel conoscere le componenti del sistema (in particolare, la domanda) ma allo stesso tempo da un insieme di regole di funzionamento sufficientemente note e semplici – i veicoli ad esempio si spostano sulle strade secondo regole note dettate dalla fisica e dal codice della strada, e le relazioni tra quantità del flusso e congestione sono stimabili con sufficiente precisione.

I sistemi impiegati sono quindi dei sistemi di simulazione [1]. Essi possono essere impiegati per due scopi: supportare analisi e decisioni locali relative al disegno di singole componenti del sistema; supportare analisi e decisioni globali che interessano tutta la rete. Un esempio del primo caso è il disegno di una intersezione stradale, o di una rotonda, o la definizione di una strategia semaforica: in questo caso se si conosce il volume di traffico entrante ed uscente da una intersezione si possono simulare le diverse decisioni (dimensioni della rotonda, sensi di marcia, tipo di regolazione semaforica), misurarne l'effetto locale (ad esempio, velocità di attraversamento di un incrocio) e scegliere l'opzione migliore. Questo senza tenere conto degli effetti complessivi sulla rete: ad esempio, una riduzione della congestione in un arco stradale potrebbe comportare il sovraccarico di altri archi a valle con conseguenze non previste.

Nel caso di decisioni globali il lavoro è maggiore e si deve necessariamente partire dalla conoscenza delle matrici origine destinazione (OD, CFR SKEDA) risolvendo il problema della assegna-

zione del traffico, ovvero attribuendo ad ogni arco della rete un numero di veicoli coerente con i percorsi specificati dalle matrici OD e con le scelte razionali degli utenti (ad esempio, l'uso del percorso più breve tra origine e destinazione).

Macro simulazione, micro simulazione, sistemi ad agenti

La macro-simulazione opera assegnando sulla rete flussi di traffico in base alla matrice OD e alle caratteristiche del grafo. L'oggetto della assegnamento è la quantità di veicoli su ogni arco, che viene composta in un flusso che si muove coerentemente sulla rete. E' un approccio aggregato, nel quale non si distingue tra veicolo e veicolo o tra utente e utente.

Nella micro-simulazione invece ogni veicolo in ingresso o in uscita da un arco o che compone il flusso della matrice OD è simulato individualmente, secondo regole che possono anche essere specifiche per il singolo veicolo/utente. Il flusso aggregato viene ottenuto come somma dei movimenti dei singoli veicoli. I sistemi ad agenti sono un caso particolare di micro-simulazione [2].

I due approcci presentano un evidente trade-off tra precisione consentita nella simulazione e onere computazionale. La micro-simulazione consente di riprodurre comportamenti dei singoli utenti, ad esempio generando la velocità di un singolo veicolo a partire da una distribuzione, o associando comportamenti diversi agli automobilisti (ad esempio, aggressivo, prudente); la macro-simulazione deve invece attenersi a caratteristiche medie di un flusso, eventualmente distinguendo diverse categorie di flusso già a livello di matrici OD. E' evidente quindi che la micro-simulazione consente di realizzare un gemello digitale più preciso. Questo avviene a un superiore costo computazionale, essendo necessario

eseguire calcoli dedicati ad ogni veicolo, calcoli che sono invece aggregati a livello di flusso nella macro-simulazione. Quest'ultima consente quindi di simulare in tempo minore reti di maggiori dimensioni, fornendo risposte in tempi più brevi a parità di risorse computazionali. Nel caso di reti di grandi dimensione (ad esempio una città

di medie dimensioni) l'approccio macroscopico è necessario per aver risposte globali in tempi utili alle decisioni, ed il livello di precisione fornito dall'approccio microscopico si rivela spesso non necessario.

Approfondimenti



Bibliografia

- [1] Fundamentals of Traffic Simulation, J. Barceló Editor, International Series in Operations Research & Management Science (ISOR, volume 145), Springer 2010
- 2] J. Nguyen et al., An overview of agent-based traffic simulators, Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, Volume 12, December 2021, <https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100486>

ITINERARI DI VISITA E PERCORSI PERSONALIZZATI ED OTTIMI

Istituto: *CNR-IASI* | Referente: *Giuseppe Stecca*



Descrizione. Il calcolo di percorsi e la progettazione di itinerari è di fondamentale importanza per migliorare l'attrattività del territorio e per implementare servizi per il monitoraggio e la manutenzione delle infrastrutture. A ciò si aggiunge la necessità di migliorare l'accessibilità alla città tenendo conto delle preferenze, delle esigenze e delle capacità diversificate degli utenti. A tal fine sono stati sviluppati modelli matematici ed algoritmi di ottimizzazione dei percorsi che tengono conto di molteplici caratteristiche degli archi stradali e di diversi profili utente. Si considerano tempi di attraversamento e distanza, ma anche caratteristiche come il dispendio energetico, o caratteristiche morfologiche della rete stradale quali ad esempio la pendenza e la presenza di ostacoli architettonici. Un'altra caratteristica importante per focalizzare le problematiche da risolvere è che spesso è necessario non solo generare dei percorsi ottimi da un punto origine ad un punto destinazione. L'esigenza spesso è quella di generare una selezione di punti da visitare a partire da un insieme dato e sequenzialarli tramite una programmazione temporale. In tale modo si rappresenta una gamma vastissima di problemi, tra cui citiamo:

- Design itinerari turistici
- Supporto alla programmazione di eventi
- Programmazione di missioni di ispezione, manutenzione, etc.

Il problema appena descritto nella sua versione più generale prende il nome di team-orienteeing [x] ed è una variante del problema di vehicle routing problem [x]. In tale ambito, considerando i vertici da sequenziare, l'arco che collega un vertice ad un altro ha un peso corrispondente al valore del percorso minimo rispetto ad un costo dato. La soluzione di tale problema risulta nella

determinazione di un sottoinsieme di punti di interesse che massimizza un valore di rating di tali punti di interesse (es. attrattività, comfort, priorità), rispettando dei vincoli inseriti dall'utente, riguardo tempi, modalità di visita, e tipologia di punti di interesse. L'implementazione di tali algoritmi in ambito Gemello Digitale permette di integrare informazioni dinamiche sul territorio, con preferenze di visita personalizzate. Si può quindi tenere conto di

- Preferenze utente: considerando itinerario tematici (es. culturale, gastronomico, tema religioso, fitness), profilo accessibilità
- Territorio: punti di interesse, caratteristiche morfologiche, dati di apertura
- Live data (o simulati per analisi scenari): comfort / accessibilità, tempi di percorrenza, tempi di attesa

Metodologie impiegate. Il servizio di ottimizzazione dei percorsi da punto a punto si risolve con algoritmi di programmazione dinamica[x]. Se tale problema di percorso minimo presenta dei vincoli sulle risorse vengono sviluppate delle varianti in tal senso, che spesso richiedono l'impiego di euristiche essendo la complessità del problema ben maggiore. Il problema dell'orienteeing, essendo di complessità esponenziale, è risolto con un algoritmo di ottimizzazione combinatoria efficiente e general-purpose (facile aggiunta rimozione vincoli, modifica funzione obiettivo) e con algoritmi metacuristici.

SDG: 3 (es. percorsi accessibili, comfort), 9 (es. monitoraggio/ manutenzione impianti), 11 (es. percorsi pedonali)

Risultati. Gli algoritmi sono stati sviluppati e possono essere interrogati tramite una interfaccia di tipo REST e formato di scambio json per acquisizione informazioni dinamiche dal data lake.

Approfondimenti

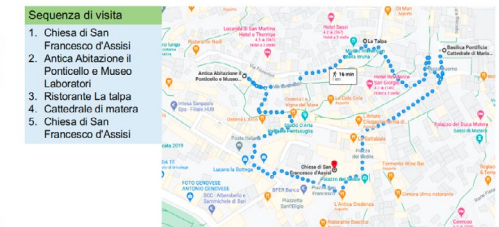
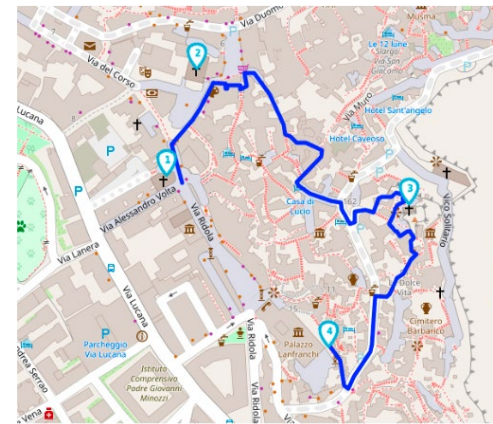


Figura: Esempio di soluzione con in blu Max rating min tempo di attesa, obiettivo «comfort», selezione Punti di Interesse religiosi; in rosso Max rating min tempo di attesa, obiettivo «fitness», selezione Punti di Interesse religiosi



Bibliografia

- G. Stecca, C. Gentile, S. Mancini, and M. Suanno, "An application of the orienteeing problem with time windows for scheduling visits during social events," in EURO/ALIO International Conference, Bologna, Italy, June 2018, p. 105.
- S. Mancini and G. Stecca, "A large neighborhood search based matheuristic for the tourist cruises itinerary planning," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 122, pp. 140–148, 2018.
- Castelli, G., Cesta, A., Ciampi, M., De Benedictis, R., De Pietro, G., Diez, M., ... & Campana, E. F. (2022, September). Urban Intelligence: Toward the Digital Twin of Matera and Catania. In 2022 Workshop on Blockchain for Renewables Integration (BLORIN) (pp. 132-137). IEEE.

PIANIFICATORE EVACUAZIONE SITI DI INTERESSE IN SITUAZIONI EMERGENZIALI

Istituto: *CNR-IASI* | Referente: *Paolo Ventura*



Descrizione

Il problema dell'evacuazione di un sito di interesse (museo, centro espositivo, centro congressi) in caso di emergenza (incendio, terremoto, attacco terroristico, ecc.) è un tema critico che riguarda la sicurezza delle persone e dei beni. Fondamentale risulta, in questi casi, mettere a disposizione dei visitatori presenti delle indicazioni chiare ed univoche che permettano loro di raggiungere le uscite di sicurezza nei tempi più rapidi possibili. In particolare, i piani di fuga si dimostrano particolarmente affidabili ed efficaci se vengono calcolati dinamicamente in funzione della distribuzione corrente dei visitatori all'interno del sito e della dislocazione dei locali in emergenza.

In questo contesto, sono stati definiti strumenti matematici ed informatici avanzati per l'implementazione di un servizio automatico per la definizione di percorsi ottimali di evacuazione di ambienti pubblici chiusi. Le funzionalità sviluppate sono in grado di fornire uno strumento di supporto alle decisioni facilmente fruibile da parte del management del sito. Interrogato al momento dell'emergenza, il sistema fornisce in output i percorsi ottimi per l'evacuazione delle sale del museo ed i tempi necessari affinché tutti i visitatori presenti possano raggiungere le vie di fuga. Inoltre, segnala l'eventuale presenza di visitatori che, a causa dell'emergenza in atto, non siano in grado di raggiungere le vie di fuga a disposizione. Le soluzioni individuate possono quindi essere usate dal museo per segnalare ai visitatori al momento presenti nella struttura le direzioni da percorrere per raggiungere nei tempi più brevi le uscite di sicurezza disponibili ed indirizzare gli interventi dei soccorritori.

Metodologie impiegate

Le metodologie impiegate sono quelle dell'ottimizzazione discreta, la teoria dei grafi e l'algorit-

mica. In particolare, il problema della definizione dei percorsi ottimi di evacuazione è stato formulato (come in [1] e [2]) come un problema di flusso over time su grafo orientato e risolto attraverso gli strumenti della Programmazione Lineare a numeri interi. Questa scelta ha rappresentato un efficace compromesso tra la accuratezza dei risultati ed il tempo di calcolo necessario ad ottenerli, considerato che il servizio implementato deve poter essere utilizzato in modalità real-time.

Risultati

Lo strumento sviluppato permette di definire e visualizzare percorsi ottimi di evacuazione che vengono calcolati in funzione della distribuzione dei visitatori all'interno del sito al momento dell'emergenza, così come della dislocazione delle sale a cui, proprio a causa dell'emergenza, non è possibile avere accesso. Tale strumento, può essere utilizzato sia in modalità real-time (interrogato tramite interfaccia REST al momento dell'emergenza, calcola e visualizza i percorsi ottimi di evacuazione e segnala la eventuale presenza di visitatori che a causa dell'emergenza non riescono a raggiungere le uscite di sicurezza) che in modalità simulazione, fornendo, per ciascuna sala, le modalità ed i tempi di evacuazione. In quest'ultimo caso, rappresenta un supporto molto importante sia in fase di progettazione degli spazi e della loro funzione, che in quella di pianificazione delle esposizioni e dell'accesso agli spazi. In Figura 1, viene illustrato un esempio di applicazione del sistema, ottenuto modellando la planimetria del IV piano dell'Hub di San Rocco a Matera.

Approfondimenti

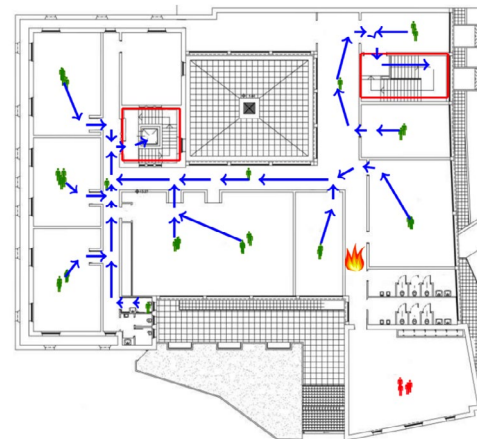


Figura 1. Il IV piano dell'Hub di San Rocco a Matera. Nella figura, le sale in rosso rappresentano le vie di fuga dal sito, mentre la fiamma indica la posizione dell'emergenza in atto. Le frecce blu indicano i percorsi ottimi di evacuazione calcolati, seguendo i quali i visitatori presenti nel museo possono raggiungere le vie di fuga nel più breve tempo possibile (evitando le sale in emergenza). In rosso, vengono invece segnalati i visitatori che non possono raggiungere le uscite di sicurezza perché impediti dall'emergenza in atto.

Immagini e materiale multimediale

Nell'ambito del progetto "Smart cities and Communities (SMARTOUR)" ed in collaborazione con IAC-CNR e Nexsoft s.r.l., è stata condotta una sperimentazione del sistema sviluppato, presso il Museo delle Civiltà di Roma. In particolare, la sperimentazione ha riguardato l'area dell'esposizione Arte Orientale, sita al primo piano del museo. Le sale del museo considerate sviluppate in 13 sale (vedi Figura 2). Due di queste, la 12 e la 13, sono situate su un piano rialzato che comunica con il sottostante tramite le due scale situate nei vani 11 e 12. Le vie di fuga sono collocate in corrispondenza delle sale 5 e 1. La prima comunica con un corridoio che la collega ad un edificio adiacente, anch'esso sede museale, mentre la sala 1 consiste in un grande atrio da cui è possibile accedere allo scalone di ingresso al museo e, di conseguenza, all'uscita dall'edificio. Nel corso della sperimentazione, che ha coinvolto circa 25 visitatori del museo, sono state simulate alcune situazioni di evacuazione, relative a differenti dislocazioni dell'emergenza. In ciascuna simulazione, i visitatori hanno dovuto raggiungere le vie di fuga seguendo le indicazioni proposte del sistema sviluppato. L'intera esperienza della sperimentazione è testimoniata nel video disponibile a questo indirizzo.

Bibliografia

- [1] D. Dressler, G. Flotterod, G. Lammell, K. Nagel, and M. Skutella (2010). *Optimal evacuation solutions for large-scale scenarios*. In B. Hu, K. Morasch, S. Pickl, and M. Siegle, editors, *Operations Research Proceedings 2010*, pages 239–244.
- [2] M. Schloter and M. Skutella (2017). *Fast and memory-efficient algorithms for evacuation problems*. *Proceedings of the Twenty-Eighth Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Mathematics* (p. 821–840). SIAM.

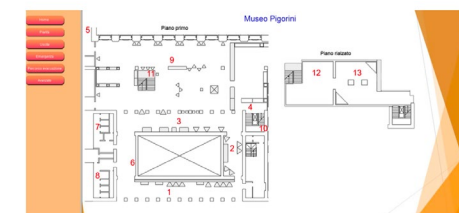


Figura 2. La planimetria delle sale espositive dell'Arte Orientale del Museo delle Civiltà di Roma, oggetto della sperimentazione del sistema di definizione dei percorsi ottimi di evacuazione. In particolare, a destra sono rappresentate le due sale poste su un piano rialzato, accessibile dal livello sottostante tramite le scale nei vani 10 e 11.

METODI DI CONTROLLO SEMAFORICO

Istituto: *CNR-ISC* | Referente: *Marco Montuori*

Descrizione. All'inizio degli anni ottanta, il controllo automatico dei semafori (ATSC) ha guadagnato popolarità grazie al successo di SCOOT (Split Cycle and Offset Optimization Technique), sviluppato nel Regno Unito e SCATS (Sydney Coordinated Adaptive Traffic), sviluppato in Australia. Negli ultimi anni sono state applicate diverse tecniche ai problemi di ottimizzazione di questo tipo, quali la logica fuzzy, l'intelligenza di sciame, gli algoritmi genetici e l'apprendimento per rinforzo (RL). Quest'ultimo è stato sviluppato in differenti varianti quali il q-learning, double q-learning, dueling networks e Actor-Critic.

Metodologia. Il nostro approccio si basa sulla tecnica RL nella variante Actor-Critic: si tratta di un gioco stocastico di tipo misto cooperativo-competitivo multiagente. Nel nostro gioco stocastico, gli incroci semaforizzati svolgono il ruolo di agenti e il loro scopo è di diminuire la congestione del traffico nei pressi dei semafori ad essi collegati instaurando un equilibrio di Nash con gli altri agenti coinvolti.

Risultati ottenuti. I risultati ottenuti in un sotto-grafo della rete stradale di Catania, mostrano una consistente riduzione delle code semaforiche e conseguente riduzione di agenti inquinanti prodotti e consumo di carburante. In particolare la crescita delle code agli incroci semaforizzati passa da un andamento lineare nel tempo ad un andamento asintotico ad un valore costante e decresce esponenzialmente una volta sospesa l'immissione dei veicoli. Con riferimento alla figura 3:

Regime transitorio: da $t=0$ a $t=2000$, un veicolo è inserito per ogni istante. **Senza AI** il numero dei veicoli circolanti arriva a ~ 1000 ; **con AI** arriva a ~ 300

Regime stazionario: dopo $t=2000$, nessun nuovo veicolo viene inserito. **Senza AI** il numero di

veicoli circolanti diminuisce linearmente di 200 in 1600 steps; **con AI** diminuisce esponenzialmente di 200 in 500 steps

Limiti attuali dell'algoritmo: una delle circostanze che rende problematico il processo di training è quando un alto numero di agenti ovvero di incroci semaforizzati sono coinvolti nel gioco stocastico competitivo-cooperativo che deve individuare una strategia di sincronizzazione semaforica ottimale. Con risorse di calcolo medie (CPU intel7) l'algoritmo richiede 48 h per effettuare 10^6 iterazioni, necessarie per ottimizzare 7 incroci semaforizzati. È allo studio l'applicazione di recenti sviluppi AI per aumentare il numero di iterazioni a disposizione dell'algoritmo e quindi il numero di incroci semaforizzati gestibili (Echo State Networks, Natural Evolution Strategies).

Un altro aspetto rilevante per le prestazioni della tecnica è il tasso di immissione dei veicoli. A parte l'entità del tasso (più o meno elevato), sembra critico la distribuzione spaziale dei veicoli inserite come le caratteristiche del grafo stradale. In questo senso, le prestazioni delle tecniche descritte dipendono dalla situazione reale in cui vengono applicate



Approfondimenti

Città: Catania

Grafo stradale analizzato: $\sim 7\%$ area città

n. incroci semaforizzati area di studio: 6

n. incroci non semaforizzati nell'area di studio: 30 Carico di traffico: 2000 veicoli in 3600 unità di tempo

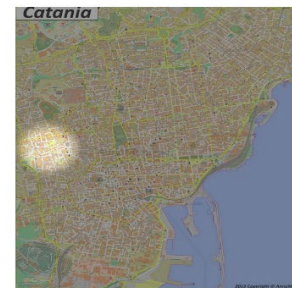


Figura 1: Mappa di Catania: l'area di studio è evidenziata

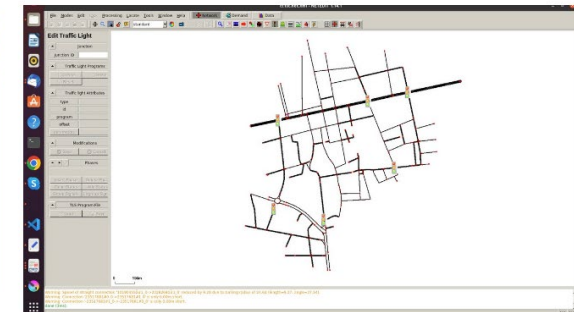


Figura 2: Area di studio rappresentata nel simulatore (SUMO)

Grafici:

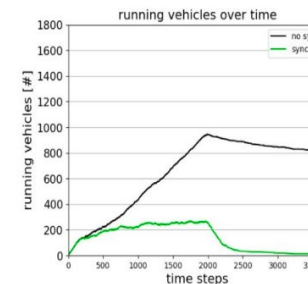


Figura 3: Numero di veicoli in viaggio **con** e **senza** AI (in differente area test)

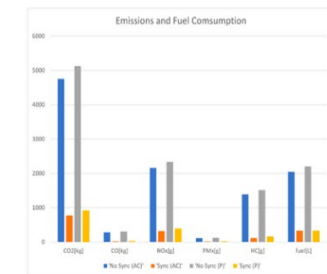


Figura 4: Abbattimento Inquinanti (in due differenti aree test)

Bibliografia

- T. Chu, J. Wang, L. Codecà, Z. Li: *Multi-Agent Deep Reinforcement Learning for Large-scale Traffic Signal Control*, IEEE, 21, (3) 1086-1095, (2019)
- P. Fazzini, M. Montuori, I. Wheeler, E. Campana, F. Petracchini: *Traffic Signal Control with Communicative Deep Reinforcement Learning Agents: a Case Study*, arXiv:2107.01347 (2021)
- P. Fazzini, M. Torre, V. Rizza, F. Petracchini: *Effects of Smart Traffic Signal Control on Air Quality*, *Frontiers in Sustainable Cities*, 4, (2022)

MODELLI ASSEGNAZIONE DEL TRAFFICO SU RETE STRADALE

Istituto: CNR-IASI | Referente: Tiziano Bacci



I modelli di assegnamento della domanda di trasporto [1] sono utilizzati per prevedere come tale domanda si distribuirà tra diverse opzioni di viaggio, percorsi alternativi o in relazione al mezzo di trasporto. Questi modelli tengono in conto i principali fattori che condizionano la scelta dell'utente: la distanza, il tempo di viaggio, le preferenze personali, etc. Sono utilizzati in una vasta gamma di applicazioni, ma la suddivisione principale riguarda il trasporto delle merci o quello delle persone, ed in relazione a quest'ultimo, il trasporto pubblico e quello privato. Le domande a cui questi modelli rispondono sono, ad esempio:

- quante persone scelgono di prendere l'auto invece del treno per andare al lavoro?
- Quali percorsi sono i più frequentati dalle persone che scelgono di usare i mezzi di trasporto pubblico?
- Come cambiano i flussi di traffico durante l'ora di punta?

Per rispondere a queste domande, si utilizzano modelli matematici che utilizzano dati storici, o previsti sulla domanda di mobilità, nonché informazioni sulle caratteristiche della rete stradale. Questi modelli possono essere utilizzati per analizzare il funzionamento della rete di trasporto nello stato attuale rilevando punti di debolezza da correggere con opportuni interventi organizzativi o infrastrutturali o per prevederne il funzionamento in base a differenti scenari. In definitiva, la corretta assegnazione della domanda di mobilità sulla rete è importante per garantire la corretta riproduzione / previsione dei veicoli sulla rete e quindi alla base dei simulatori di traffico [CFR SCHEDA].

Metodologia. Prendendo come esempio l'assegnazione del trasporto privato su strada si differenziano due principali metodi: l'assegnazione statica della domanda (o di equilibrio) che descrive lo stato del sistema in un predefinito periodo

di riferimento (solitamente l'ora di punta); e l'assegnazione dinamica, che utilizza un modello di flusso di traffico che varia nel tempo. Le tecniche statiche sono tradizionalmente più studiate ed utilizzate nelle applicazioni pratiche, e possono essere utilizzate in situazioni in cui il carico di traffico è relativamente costante e prevedibile nel tempo [2]. Esse sono meno efficaci quando la domanda di mobilità varia significativamente nel tempo. Per ovviare a questa limitazione vengono utilizzate appunto le tecniche dinamiche [3-4], che si differenziano dalle precedenti per la modellazione esplicita della variabilità temporale della domanda e conseguono che il periodo di assegnazione è suddiviso in fasce temporali. Con questa modellazione, vengono modellate condizioni temporanee di sovraccarico della rete, una scelta variabile di percorsi nel corso della giornata ed eventualmente anche uno spostamento dell'orario di partenza rispetto all'orario desiderato.

Risultati attesi I modelli di assegnamento sono utilizzati per la pianificazione del trasporto urbano, la progettazione della rete stradale e la gestione del traffico. Sono anche utilizzati per valutare gli impatti di nuovi progetti di infrastrutture o politiche di mobilità sostenibile su una rete di trasporto stradale o su una porzione di essa, come ad esempio la riduzione delle corsie, l'introduzione di aree soggette a limitazione della circolazione, l'implementazione di pedaggi urbani o la realizzazione di infrastrutture per il trasporto pubblico. Con l'utilizzo pervasivo della sensoristica e delle tecnologie di comunicazione, i modelli di assegnazione della domanda di mobilità alle reti di trasporto sono utilizzati anche per lo sviluppo di sistemi di trasporto intelligente (ITS) che migliorano la gestione della rete, la sicurezza stradale, e rendono possibile l'erogazione di nuovi servizi di trasporto più dinamici ed economici (trasporto a chiamata, car sharing, car pooling,...).

Approfondimenti



Figure 1: Esempio di assegnamento del traffico sul centro della città di Catania operato su veicoli leggeri e pesanti per il trasporto privato.

Bibliografia

- [1] Cascetta, Ennio. *Teoria e metodi dell'ingegneria dei sistemi di trasporto*. Utet, 2004.
- [2] Florian, M., Hearn, D.W. (2008). *Traffic Assignment: Equilibrium Models*. In: Chinchuluan, A., Pardalos, P.M., Migdalas, A., Pitsoulis, L. (eds) Pareto Optimality, Game Theory And Equilibria. Springer Optimization and Its Applications, vol 17. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-0-387-77247-9_22
- [3] Merchant, Deepak K., and George L. Nemhauser. "Optimality conditions for a dynamic traffic assignment model." *Transportation Science* 12.3 (1978): 200-207.
- [4] Florian, Michael, Michael Mahut, and Nicolas Tremblay. "Application of a simulation-based dynamic traffic assignment model." *European journal of operational research* 189.3 (2008): 1381-1392

STRUMENTI PER LA SIMULAZIONE DEL TRAFFICO

Istituto: *CNR-IASI* | Referente: *Giovanni Felici*

I simulatori di traffico sono utilizzati per riprodurre in ambiente virtuale un sistema di mobilità consentendo di valutarne il funzionamento complessivo, misurare la congestione, l'inquinamento atmosferico, il consumo energetico e molto altro. Sono utilizzati per analizzare l'effetto di differenti strategie e politiche, supportare la pianificazione e la progettazione delle componenti del sistema, valutare l'impatto di nuove tecnologie e innovazioni e prevedere il comportamento futuro del sistema.

Metodologia. I tool di simulazione disponibili si basano tutti su alcune componenti fondamentali: la rete stradale, gli utenti divisi per categorie (ad esempio, pedoni, vetture, mezzi pesanti), ed una misura dei loro spostamenti sulla rete. A partire da tali informazioni il simulatore riproduce il comportamento degli utenti sulla rete e producono dei risultati rappresentativi della realtà, come ad esempio:

- la distribuzione del traffico sulla rete stradale;
- informazioni sulle velocità, le densità e le capacità dei veicoli sugli archi;
- la qualità del servizio intesa come l'efficienza del sistema di trasporto;
- informazioni sulle congestioni, le code, i tempi di percorrenza;
- la sicurezza stradale;
- l'impatto ambientale.

I simulatori si differenziano principalmente per la granularità della simulazione (macro-simulazione e micro-simulazione, CFR SCHEDA "Simulazione del traffico")

Gli strumenti. Sul mercato sono disponibili diverse soluzioni, sia con licenza open source, sia di tipo commerciale. Le prime sono generalmente più flessibili e personalizzabili grazie alle licenze open source con cui sono distribuite che permettono sia l'utilizzo delle stesse tramite in-

terfacce, sia la modifica del codice sorgente. Le seconde d'altro canto offrono servizi dedicati di supporto e permettono una visualizzazione più rapida ed efficace delle simulazioni. Per questi motivi la scelta di una o l'altra tipologia dipende dalle specifiche necessità che emergono nel progetto in cui vengono impiegate. I modelli di micro-simulazione del traffico permettono di rappresentare in modo realistico il movimento di ogni singolo veicolo e di monitorare l'andamento del traffico all'interno della rete stradale. Tali modelli, simulando il comportamento di ciascun veicolo con la propria origine e destinazione, offrono tutti i dati necessari per un'analisi quantitativa approfondita. Nel caso della macro-simulazione, il traffico viene generalmente descritto come un flusso determinato da regole comportamentali basate principalmente sull'interazione tra i veicoli e l'infrastruttura. I modelli macroscopici si fondano sulla simulazione continua del traffico basata su modelli matematici.

Tra le principali soluzioni open source e commerciali sono considerati:

- **VISUM [1]:** PTV Visum è un software di analisi e di pianificazione della domanda di trasporto mediante macro-simulazione sviluppato dall'azienda tedesca PTV Group. Si basa su un sistema GIS e consente di sviluppare soluzioni e strategie per il sistema dei trasporti a diversa scala. VISUM fornisce supporto per la realizzazione dei modelli di trasporto per Piani Urbani della Mobilità Sostenibile e delle previsioni di traffico a scala regionale. PTV all'interno della PTV Traffic Suite offre anche la possibilità di espandere la pianificazione e la simulazione microscopica in un ambiente di test stabile attraverso il software dedicato VISSIM.

- **AnyLogic [2]:** AnyLogic è un software di macro-meso-micro-simulazione sviluppato da The

AnyLogic Company. AnyLogic supporta nella pianificazione dei trasporti e la gestione delle flotte. Esso consente di gestire efficacemente la pianificazione delle risorse di trasporto, di massimizzare i carichi di trasporto, di minimizzare i costi.

- **Aimsun [3]:** Aimsun è un software di simulazione del traffico sviluppato da TSS-Transport Simulation Systems. Esso è in grado di gestire tutti i livelli e gli approcci metodologici alla modellazione dei trasporti, integrando sia simulazione e analisi microscopica (inclusi pedoni, biciclette e veicoli con comportamento non basato

sulla corsia) che macroscopica.

- **SUMO [4]:** Simulation of Urban MObility è un software open-source di micro-simulazione del traffico sviluppato dall'Università di Dresda, in Germania.

- **MatSim [5]:** MatSim è un software open-source di micro-simulazione ad agenti del trasporto sviluppato dalla Technical University of Berlin e da altri partner nel settore dei trasporti.

- **Python CityFlow [6]:** CityFlow è un software open source per la micro-simulazione del traffico stradale in ambiente urbano, scritto interamente in Python.

Approfondimenti

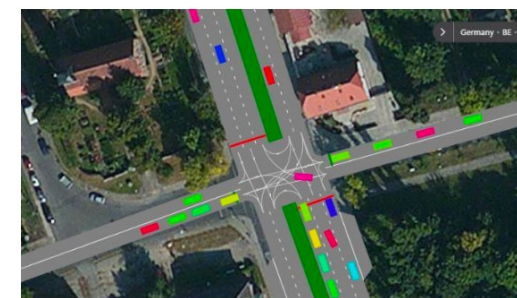
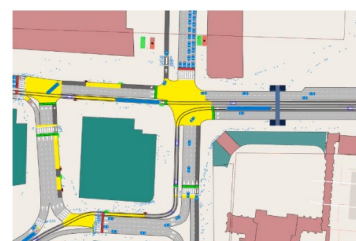
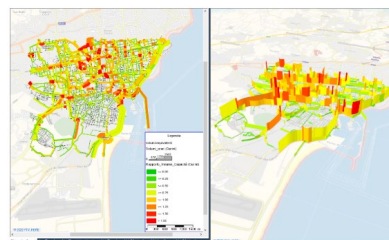


Figure 3: Anylogic Software

Figure 2: Aimsun Software

Bibliografia

1. <https://www.ptvgroup.com/it/soluzioni/prodotti/ptv-visum/>
2. <https://www.anylogic.com/>
3. <https://www.aimsun.com/>
4. <https://sumo.dlr.de/docs/index.html>
5. <https://www.matsim.org/>
6. <https://cityflow.readthedocs.io/en/latest/introduction.html>

SIMULAZIONE E OTTIMIZZAZIONE

Istituto: *CNR-IASI* | Referente: *Giuseppe Stecca*



Nello sviluppo di un modello di gemello digitale per la città intelligente l'integrazione di un accurato simulatore del traffico urbano assume un ruolo cruciale per le analisi di scenario volte a supportare la governance urbana nella costruzione di policy che tengano conto delle esigenze di tutti gli stakeholders.

In questo ambito, una criticità riguarda il fatto che le prestazioni dei tool di simulazione sono soggette a una fase di calibrazione dei parametri di funzionamento (inclusi anche i tipi di algoritmi usati internamente) che hanno un forte impatto sui risultati e quindi sull'affidabilità della simulazione stessa. Un'altra criticità è legata al fatto che lo sviluppo di un simulatore di traffico necessita un processo di raccolta dati dalle varie fonti disponibili (comunemente dai sensori di traffico o dalle reti di comunicazione) per poter istanziare i modelli dinamici che lo costituiscono, e alcuni di questi dati possono essere mancanti. Inoltre, più aumenta la granularità temporale di tali dati (e conseguentemente l'accuratezza dei modelli), più le simulazioni risultano onerose dal punto di vista computazionale.

Si impiega quindi un approccio di ottimizzazione derivative-free di tipo Simulation-Based-Optimization (SBO) con due obiettivi principali: (i) ottimizzare la calibrazione dei parametri di funzionamento del simulatore per allinearli ai dati reali (model calibration) aumentandone l'affidabilità, e (ii) ottimizzare le variabili di design della rete stradale e dei relativi flussi (ad esempio la capienza di una strada o la durata di un semaforo) in modo da migliorare specifici key-performance indicators (KPIs).

Per quanto riguarda l'approccio (i), è importante notare che spesso le variabili di decisioni del problema di ottimizzazione relative ai diversi tipi di scelte modellistiche, essendo categoriche, assu-

mono valori interi. Pertanto è opportuno l'utilizzo di algoritmi di tipo derivative-free che tengano conto di questo tipo di variabili, oltre che di quelle continue. Alcuni esempi di tali algoritmi si possono trovare in Guo et al. 2016 o in De Santis et al. 2020.

L'output dell'approccio (i) è un simulatore ben configurato e affidabile che potrà essere:

- utilizzato "manualmente" da un policy maker per fare analisi di scenario di tipo "what-if",
- utilizzato come black-box per l'approccio SBO di tipo (ii).

In questo secondo caso la scelta delle variabili ottimali (i parametri di design delle porzioni di rete stradale oggetto della ottimizzazione) viene determinata automaticamente dall'algoritmo di ottimizzazione, che oltre alla potenziale presenza di variabili intere, dovrà anche tener conto dell'elevato onere computazionale (da alcuni minuti a diverse ore di calcolo per una singola valutazione di funzione). Tenendo conto di questi aspetti, possono essere considerati diversi approcci algoritmici disponibili in letteratura come Costa e Nannicini (2018), o Manno et al. (2020).

Per entrambi gli approcci (i) e (ii), l'adozione di metodologie di ottimizzazione di tipo derivative-free è dovuto al fatto che, operando su complessi simulatori, informazioni analitiche su funzioni obiettivo e vincoli sono assenti o troppo complicate da calcolare.

Approfondimenti



Bibliografia

- Guo, H., Gao, S., Tsui, K. L., & Niu, T. (2017). *Simulation optimization for medical staff configuration at emergency department in Hong Kong*. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 14(4), 1655-1665.
- De Santis, A., Giovannelli, T., Lucidi, S., Messedaglia, M., & Roma, M. (2023). *A simulation-based optimization approach for the calibration of a discrete event simulation model of an emergency department*. Annals of Operations Research, 320(2), 727-756.
- Costa, A., & Nannicini, G. (2018). RBFOpt: an open-source library for black-box optimization with costly function evaluations. Mathematical Programming Computation, 10, 597-629.
- Manno, A., Amaldi, E., Casella, F., & Martelli, E. (2020). *A local search method for costly black-box problems and its application to CSP plant start-up optimization refinement*. Optimization and Engineering, 21, 1563-1598.

LOCALIZZAZIONE DI SERVIZI E INFRASTRUTTURE

Istituto: *CNR-IAS* | Referente: *Giuseppe Stecca*



La localizzazione efficiente dei servizi e infrastrutture sul territorio nel campo della Urban Intelligence è tra le sfide importanti da affrontare nella progettazione e nella gestione delle città. L'approccio basato sulla costruzione di Gemelli Digitali dei diversi sottosistemi urbani consente di verificare o effettuare le scelte di localizzazione in modo particolarmente accurato usando modelli di ottimizzazione evoluti. Il problema coinvolge molteplici fattori, come ad esempio la densità di popolazione, la distribuzione delle attività economiche, il flusso del traffico sulla rete, la disponibilità di spazi aperti e la presenza di infrastrutture già esistenti. Inoltre, le decisioni prese riguardo alla posizione dei servizi e delle strutture generano fenomeni di feedback sulla mobilità che vanno misurate e valutate anche tramite il gemello digitale stesso. Gli obiettivi da considerare nel processo decisionale dipendono dalla natura delle strutture/servizi (ad esempio: stazioni di ricarica per veicoli elettrici, centri di raccolta dei rifiuti, verde pubblico, scuole, i centri commerciali) e dal loro impatto sulla comunità circostante. Se le strutture sono desiderabili l'obiettivo sarà posizionarle il più vicino possibile agli utenti (problemi MinSum1); se le strutture sono considerate indesiderabili o fastidiose (discariche, impianti chimici), l'obiettivo sarà quello di massimizzare la distanza tra le strutture e i cittadini (problemi MaxSum1), sempre tenendo in conto vincoli di dimensionamento e funzionamento. Possono poi essere considerati obiettivi di bilanciamento ed equità nella scelta della posizione delle strutture pubbliche, così come supportare la verifica e la riorganizzazione dei servizi urbani e del loro funzionamento.

Metodologie impiegate. Per affrontare questo problema, sono stati sviluppati algoritmi e modelli di ottimizzazione che tengono conto di tutti i fattori coinvolti nella scelta della posizione delle

strutture. Tali modelli utilizzano tecniche avanzate di analisi spaziale e di simulazione per valutare gli impatti delle diverse opzioni di posizionamento, nonché per generare soluzioni ottimali. Uno degli approcci più diffusi nella letteratura scientifica è quello della programmazione lineare e intera, che consente di determinare la posizione ideale delle strutture in base a obiettivi specifici, ad ognuno dei quali è associata una classe di problemi diversa. Le classi di problemi più comuni sono: i problemi MinSum, i problemi MinMax e i problemi di copertura. Nei problemi MinSum le nuove strutture sono ubicate in modo da massimizzare un indicatore aggregato dell'accessibilità dei cittadini al servizio. In genere, riducono al minimo la distanza media da percorrere per raggiungere le strutture e posizionarle il più vicino possibile alla maggior parte dei cittadini. I problemi MinMax, invece, mirano a localizzare le strutture in modo da ridurre al minimo la distanza massima tra un cliente e la struttura assegnata; in questo si cerca, anche nelle peggiori condizioni, di proteggere il cittadino. Infine, i modelli di copertura non tengono espressamente conto di tali elementi. Il concetto di copertura implica che un cliente possa essere adeguatamente servito (coperto) quando una struttura si trova entro una determinata distanza soglia o tempo di percorrenza da essa. I modelli di ottimizzazione da impiegare seguono le dimensioni del grafo urbano e tipicamente hanno un livello di complessità intermedio che consente la loro soluzione in tempi ragionevoli per l'orizzonte temporale della decisione, a patto di disporre di risorse di calcolo adeguate.

Risultati attesi. L'impiego di modelli di localizzazione consente di ridurre il tempo medio di spostamento per la fruizione di servizi desiderabili e diminuire/bilanciare l'impatto dei servizi non desiderabili.

Approfondimenti

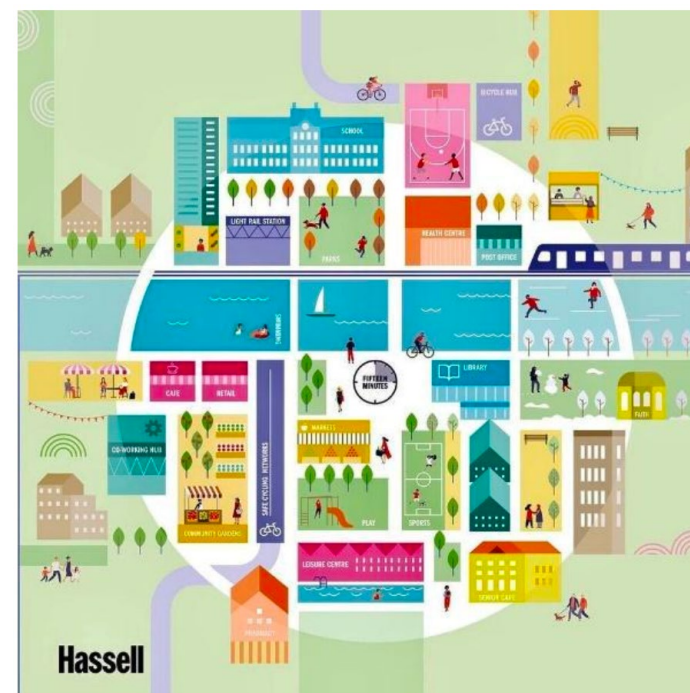


Figura 1 (Manifesto Hassell Studio per il progetto “Dublino in 15 minuti”). La città in 15 minuti: In quest'ambito rientra anche il progetto “Città di 15 minuti”, adottato come obiettivo dalle amministrazioni pubbliche di grandi città come Parigi, Barcellona, Milano, Dublino, è un'iniziativa volta a migliorare la qualità della vita nelle città attraverso un'organizzazione degli spazi urbani che renda facilmente accessibili i servizi di base entro un raggio di 15 minuti a piedi o in bicicletta. Questo significa che abitazioni, servizi pubblici, aree verdi, attività commerciali e di svago dovrebbero essere localizzati ed organizzati in modo tale da essere raggiungibili in massimo 15 minuti a piedi o in bicicletta. In questo modo si cerca di ridurre l'uso dei mezzi di trasporto privati, diminuire l'inquinamento e migliorare la mobilità sostenibile all'interno delle città. Il progetto mira anche a ridurre le disuguaglianze sociali, creando quartieri più inclusivi e accessibili a tutti. Per essere efficace, il progetto richiede un'impostazione urbanistica e una gestione delle risorse a livello pubblico, che preveda un'ampia partecipazione della comunità locale e un'attenzione particolare alla qualità dell'ambiente urbano e alla sostenibilità.

Bibliografia

1. FARAHANI R.Z., HEKMATFAR M., Facility location: concepts, models, algorithms and case studies, Springer Science & Business Media, London, 2009.
2. EISELT H.A., MARIANOVI V., Foundations of location analysis, International Series in Operations Research & Management Science, Springer, New York, USA, 2011.

MODELLISTICA NUMERICA PER LA METEOROLOGIA E LA QUALITÀ DELL'ARIA IN AREA URBANA

Istituto: *CNR-ISAC* | Referente: *Silvia Trini Castelli*



Descrizione. Uno sviluppo sostenibile necessita della realizzazione di sistemi di controllo ambientale e di previsione: non si può prescindere da un continuo monitoraggio della qualità dell'aria e delle condizioni atmosferiche che favoriscono od ostacolano la dispersione degli inquinanti in aria. L'attività di monitoraggio viene sempre più spesso affiancata dalla modellistica numerica: grazie ai modelli numerici è infatti possibile riprodurre e prevedere la concentrazione di sostanze inquinanti in atmosfera. I vantaggi della modellistica si affermano nello spazio e nel tempo, in quanto: è possibile ricostruire i campi delle variabili meteorologiche, della concentrazione in aria e deposizione al suolo degli inquinanti su domini estesi e a tutte le scale, da poche decine di metri (microscala) a migliaia di km, calcolandone i valori su tutti i punti di una griglia (numerica) tridimensionale spaziale in modo regolare; è possibile fare previsioni per il futuro, alle varie scale temporali, e pertanto delineare scenari possibili di inquinamento e dell'impatto su ambiente e salute ad esso associato.

Questi obiettivi non possono essere raggiunti con la sola attività di misura e monitoraggio. In questo contesto, i ricercatori del CNR-ISAC contribuiscono allo sviluppo del Digital Twin relativo alla matrice ambientale, DTAir, dedicato allo sviluppo delle componenti modellistiche che forniranno servizi specifici per il monitoraggio e la simulazione dello stato della qualità dell'aria in ambito urbano, a supporto di analisi e gestione della condizione di benessere associata all'uso dello spazio urbano. Attraverso l'integrazione di modelli numerici per la meteorologia, la dispersione di inquinanti e la qualità dell'aria, adattati al contesto, viene sviluppato un sistema modellistico in grado di simulare la distribuzione del-

le grandezze meteorologiche e degli inquinanti nell'area urbana. Avendo a disposizione dati e informazioni sulle sorgenti di emissione di inquinanti, attraverso l'applicazione del sistema modellistico sarà possibile determinare indici quantitativi di qualità dell'aria. Il sistema modellistico sarà calibrato rispetto alle caratteristiche tipiche della città in studio, e specializzato allo scopo di fornire funzionalità di complessità crescente alla piattaforma UIH.

Metodologie impiegate. I modelli numerici risolvono le equazioni dinamiche che descrivono i processi atmosferici e la loro interazione con i traccianti (gas, aerosol, particelle) emessi in atmosfera, ricostruendone la distribuzione nello spazio e nel tempo, quindi hanno la capacità di fornire una previsione. A partire dai modelli sviluppati presso il CNR ISAC, si crea ed applica un sistema modellistico avanzato con approccio "downscaling", integrando il modello meteorologico MOLOCH (Malguzzi et al., 2006; Trini Castelli et al., 2020), che opera a scala nazionale, con il modello PALM-4U (Maronga et al., 2020), che riproduce la meteorologia e le reazioni chimiche degli inquinanti alla scala urbana tenendo conto della struttura della città. A dimostrazione delle potenzialità della modellistica numerica nelle applicazioni a scala urbana, viene inoltre messa a disposizione la suite modellistica meteo-dispersiva SMART (Bisignano et al., 2020), composta dal modello MOLOCH ed il modello di dispersione Lagrangiana (Micro)SPRAY, per la valutazione dell'impatto di rilasci accidentali dalla scala regionale a quella urbana. I modelli sviluppati ed utilizzati sono riconosciuti a livello internazionale e sono rappresentativi dello stato dell'arte nel relativo campo di sviluppo, ricerca e applicazione della modellistica atmosferica.

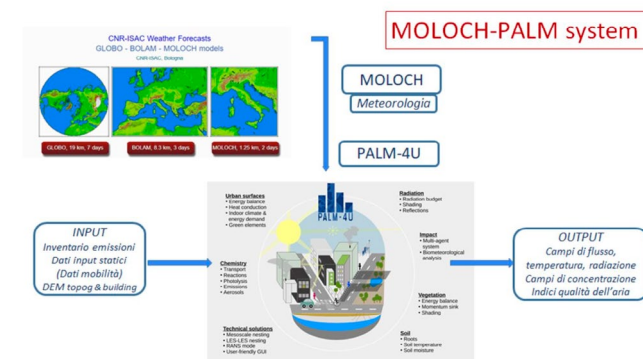
Risultati attesi. Sistema modellistico prognostico avanzato di riproduzione delle variabili meteorologiche e della distribuzione di inquinanti in ambiente urbano.

'Demo' delle potenzialità della modellistica numerica in applicazione ai gemelli digitali delle cit-

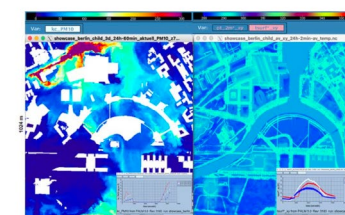
tà. Mappatura dei campi di flusso, temperatura, radiazione, concentrazione di inquinanti in area urbana. Indici di qualità dell'aria e di valutazione dello 'human comfort'.

Approfondimenti

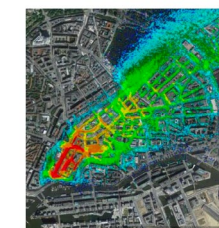
Schema concettuale della modellistica numerica:



Esempi di risultato:



MOLOCH+PALM_4U, città di Berlino: concentrazione oraria di PM10



MicroSPRAY, città di Amburgo, simulazione di rilascio accidentale: distribuzione della concentrazione

Bibliografia

Bisignano A, Trini Castelli S, Malguzzi P (2020) *Development and verification of a new meteo-dispersive modelling system for accidental releases in the Italian territory: SMART. Air Pollution Modeling and its Application XXVI*, C. Mensink, W. Gong and A. Hakami (eds.) Springer Proceedings in Complexity, Springer International Publishing Switzerland, 77-81

Malguzzi P, Grossi G, Buzzi A, Ranzi R, Buizza R (2006) *The 1966 'century' flood in Italy: A meteorological and hydrological revision*. J. Geophys. Res., 111, D24106

Maronga B., Banzhaf S., et al. (2020). *Overview of the PALM model system 6.0*. Geosci. Model Dev., 13, 1335-1372

Trini Castelli S, Bisignano A, Donato A, Landi TC, Martano P, Malguzzi P (2020). *Evaluation of the turbulence parameterisation in the MOLOCH meteorological model*. Quart J Roy Meteorol Soc, 146:124-140

USO DI DATI SATELLITARI PER ANALISI E PREVISIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA IN AREA URBANA

Istituto: *CNR-IFAC* | Referente: *Ugo Cortesi*



Descrizione. La disponibilità di dati satellitari da missioni per l'osservazione dell'atmosfera terrestre attualmente operative o già programmate per il lancio apre possibilità, quali il monitoraggio della qualità dell'aria dallo Spazio, fino ad oggi precluse da limiti tecnologici. Piattaforme di nuova generazione, con a bordo strumenti in grado di acquisire informazioni sulla composizione atmosferica con caratteristiche senza precedenti, sono attese in particolare dal Programma Copernicus dell'Unione Europea, ad oggi il più esteso programma di Osservazione della Terra a livello globale. La componente spaziale di Copernicus è rappresentata da famiglie di satelliti, le Sentinelle, dedicati all'osservazione dei diversi elementi del Sistema Terra (atmosfera, idrosfera, litosfera, biosfera). Sentinella-4 e Sentinella-5 opereranno rispettivamente da orbita geostazionaria e da orbita polare bassa, avendo entrambe tra i loro obiettivi il monitoraggio della qualità dell'aria. Sentinella-4 consentirà per la prima volta di misurare il ciclo diurno della concentrazione di inquinanti in Europa con una risoluzione temporale di 1 ora. Il servizio CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service, <http://atmosphere.copernicus.eu>) attraverso l'assimilazione di misure satellitari già disponibili garantisce un flusso continuo di dati atmosferici, con un sostanziale incremento di prestazioni atteso a valle dell'ormai prossimo lancio delle missioni Sentinella-4 e Sentinella-5. I dati CAMS possono essere utilizzati come input a sistemi di elaborazione finalizzati alla generazione di prodotti ad alta risoluzione spaziale descrittivi della distribuzione di composti inquinanti in forma gassosa o di particolato a livello urbano. Un modulo di questo tipo è stato affinato ed applicato con successo al monitoraggio delle concentrazioni di ozono della città di Firenze nell'ambito di un progetto del programma europeo Horizon 2020 coordinato da IFAC-CNR, e sarà implementato in forma più estesa per arricchire le funzionalità del

gemello digitale per la qualità dell'aria della città di Catania.

Metodologie impiegate. L'applicazione AirPortal, alla base del sistema da implementare per la città di Catania, è un modulo operativo in grado di combinare attraverso tecniche di fusione dati informazioni geo-referenziate da osservazioni satellitari, da misure in-situ, da dati relativi al traffico, da modelli di previsione della qualità dell'aria e da altre sorgenti e di restituire in uscita la distribuzione di concentrazione di specifici composti atmosferici inquinanti alla risoluzione spaziale di 100m x 100m. AIR-Portal è un prodotto sviluppato dal gruppo Science [&] Technology Corporation (S[&]T) (Delft, Paesi Bassi, <https://stcorp.nl/>) e fatto evolvere in un servizio operativo, poi consolidato per la distribuzione commerciale. Il primo utilizzo dell'applicazione in un contesto internazionale è stato sperimentato con il progetto H2020 AURORA condotto da un Consorzio europeo, coordinato da IFAC-CNR e con il contributo di S[&]T come membro del partenariato industriale. **Modello di downscaling per la qualità dell'aria.** La componente centrale del Sistema è costituita dall' AIR-Portal Scaling SW (APSS), le cui caratteristiche in termini di risoluzione spaziale e temporale e di capacità previsionali, associate al modello di downscaling/ ridistribuzione rendono i dati forniti da AIR-Portal un prodotto unico rispetto anche a servizi analoghi oggi disponibili. Il modello qui descritto corrisponde alla configurazione usata nel progetto AURORA. Il modello è in grado di generare previsioni ed analisi della qualità dell'aria in aree urbane con una risoluzione spaziale di 100m x 100m. A questo scopo, si utilizzano i dati regionali di qualità dell'aria di CAMS per PM10, PM2.5, NO2 e O3. I dati di CAMS costituiscono una fonte di informazione ottimale per ottenere prodotti accurati e affidabili su scala regionale (risoluzione spaziale di 10km x 10km). Questi tuttavia non sono rappresentativi della

qualità dell'aria all'interno delle città, le cui condizioni sono affette da effetti locali, quali emissioni del traffico, canyon stradali e vegetazione. La metodologia implementata con AIR-Portal è invece in grado di tener conto di questi aspetti e può essere schematicamente descritta nei seguenti termini:

- I dati del modello CAMS vengono elaborati per fornire previsioni (o analisi) per determinate regioni;
- La previsione viene poi scalata alla risoluzione spaziale target di 100m x 100m, utilizzando dati GIS relativi a autostrade, arterie principali, strade urbane e alla vegetazione. Un fattore di scala, dipendente dalla specie, associato all'uso del suolo viene applicato alle previsioni del modello per riflettere l'effetto dei cicli diurni e settimanali

dell'emissione di inquinanti dal traffico locale;

- Le misure di qualità dell'aria disponibili a livello locale per i costituenti target vengono utilizzate per calibrare i dati di previsione/analisi, per ridurre i potenziali bias del modello nelle previsioni CAMS e adattare i fattori di scala relativi all'uso del suolo.

Risultati attesi. Mappatura 2D della distribuzione di concentrazione delle specie atmosferiche: NO2, SO2, PM2.5, PM10, O3, Indice di Qualità dell'Aria in area urbana alla risoluzione spaziale di 100m x 100m e temporale di 1 ora, ottenuta dalla combinazione di dati satellitari, di dati in-situ e da altri dati ausiliari combinati attraverso l'utilizzo di modelli., come mostrato in due casi esemplificativi in Fig.1 e in Fig. 2.



Figura 1: Esempio di mappa di NO2 ad Amsterdam



Figura 2: Esempio di mappa di PM2.5 a Madrid

Link a siti:

AURORA project website: <http://www.aurora-copernicus.eu/>

Video: <http://www.aurora-copernicus.eu/video/>

AIR-Portal pilot project in Florence: <http://www.aurora-copernicus.eu/aurora-pilot-project-in-florence/>

Bibliografia

Cortesi, U.; et al., *Advanced Ultraviolet Radiation and Ozone Retrieval for Applications (AURORA): A Project Overview. Atmosphere* 2018, 9, 454. <https://doi.org/10.3390/atmos9110454>.

User evaluation of the developed services, Technical Note D.8.5, deliverable of the AURORA project, Issue 1, 31 July 2019, Dissemination Level: confidential. Available for consultation upon request (Contact: ugo.cortesi@cnr.it).

AIR-Portal - Dynamical Downscaling and Calibration algorithm description, Technical Note ST-ESA-AIRPORTAL-TN- 001, v.2, S[&]T and KNMI, 2023. Available for consultation upon request (Contact: ugo.cortesi@cnr.it).

GEMELLO DIGITALE DEL COSTRUITO

Istituto: *CNR-IMATI / ITC* | Referente: *Andreas Scalas (CNR-IMATI), Ludovico Danza (CNR-ITC)*



Descrizione. La rappresentazione geometrica dello spazio fisico della città, tramite l'arricchimento degli elementi rilevanti con dati eterogenei, diviene il porto franco in cui l'integrazione delle diverse informazioni, "viste" o tematismi ha effettivamente luogo. Corredare le unità urbane salienti (singolo edificio, isolato, strada, ecc.) con tutti i tipi di informazioni ad esse relative permette di ragionare su più livelli e dedurre attributi qualitativi o quantitativi sullo stato dell'elemento.

Metodologie impiegate. La realizzazione del gemello digitale del patrimonio costruito passa dall'interazione tra il modello 3D della città e l'analisi del patrimonio costruito attraverso l'associazione di proprietà agli elementi del modello 3D stesso.

Da un lato il modello 3D (gruppo schede C – "rilievo 3D") rappresenta il "layer" morfologico, materiale della città, dall'altro lato il sistema di analisi del patrimonio costruito della città (schede del gruppo "sistema di analisi della città") fornisce tutta la base di dati disaggregata ed eterogenea della conoscenza dell'edificato che non può trovare un riscontro fisico nella realtà (proprietà dell'edificato)

L'associazione delle proprietà al modello si attua attraverso il meccanismo dell'annotazione semantica del costruito (scheda 7 del gruppo "rilievo 3D") che, collegando oggetti (il modello) a concetti (le proprietà), rende tangibile la qualità edilizia/urbanistica della città e rende il modello 3D contestualizzato alla realtà. L'annotazione semantica si attua secondo logiche fornite indirettamente dall'analisi del patrimonio costruito, ed è espressa sia in chiave quantitativa con indicatori/quantità anche legate alla morfologia degli elementi, sia in chiave qualitativa, come qualificazione del costruito attraverso l'associazione di attri-

buti/classificazioni ad elementi urbani specifici.

Risultati attesi. A seguito della sua implementazione, il gemello digitale del patrimonio costruito si configura come strumento di monitoraggio della qualità edilizia e urbanistica della città.

Un esempio di scenario in cui l'integrazione di diversi "layer" ha un alto potenziale per la gestione urbana è la caratterizzazione del consumo energetico degli edifici. Mentre il "layer" geometrico può fornire informazioni quali l'estensione delle superfici disperdenti, il volume climatizzato, il tipo di tetto, il numero di falde e l'orientamento/esposizione, l'annotazione può aggiungere osservazioni su epoca e tecnologia costruttiva, destinazione d'uso, numero di piani, rapporto tra superficie disperdente e volume (S/V), eventuali interventi di ristrutturazione su involucro e/o impianto, eccetera. Dall'integrazione di queste informazioni si può generare una stima del consumo energetico di tutti gli edifici del territorio comunale che apre alla possibilità di valutare un potenziale risparmio energetico a seguito di interventi o analogamente il gemello digitale può essere usato per diverse finalità, quali la salvaguardia del patrimonio culturale materiale (architettonico), la manutenzione urbana, l'accessibilità, il greening, ecc.

Esempi. La realizzazione del Modello 3D è stata applicata alla città di Matera, l'analisi delle proprietà del costruito è stata applicata alla città di Bologna

Approfondimenti

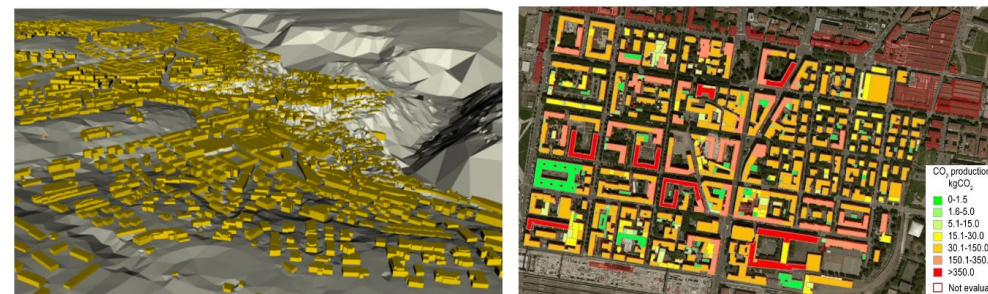


Figura 1: A sinistra Matera (Modello 3D), a destra Bologna (proprietà del costruito)

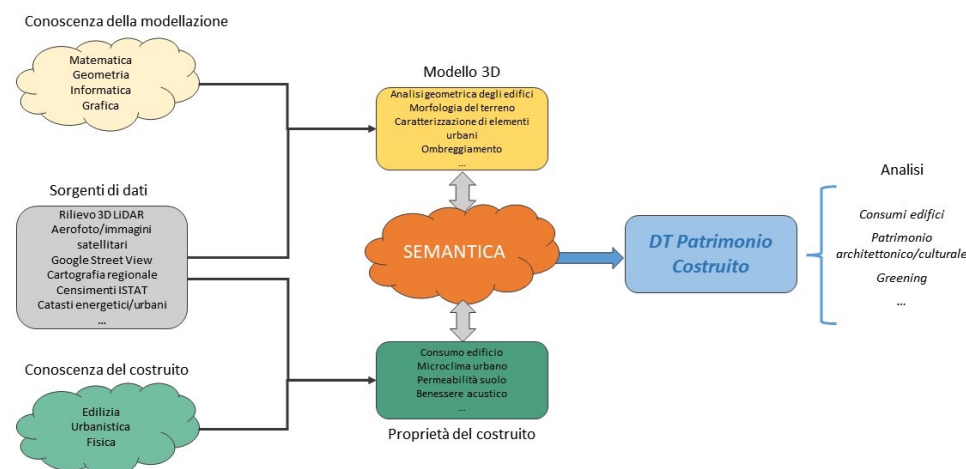


Figura 2: Schema concettuale del DT Patrimonio Costruito

Bibliografia

A Scalas, D Cabiddu, M Mortara, M Spagnuolo. *Potential of the geometric layer in urban digital twins*. ISPRS International Journal of Geo-Information 11 (6), 343. 2022.

Ghellere, M., Belussi, L., Barozzi, B., Bellazzi, A., Danza, L., Devito francesco, A., & Salamone, F. (2021, September). *Energy and environmental assessment of urban areas: an integrated approach for urban planning*. In Building Simulation 2021 (Vol. 17, pp. 77-85). IBPSA.

GEMELLO DIGITALE SOCIO-CULTURALE

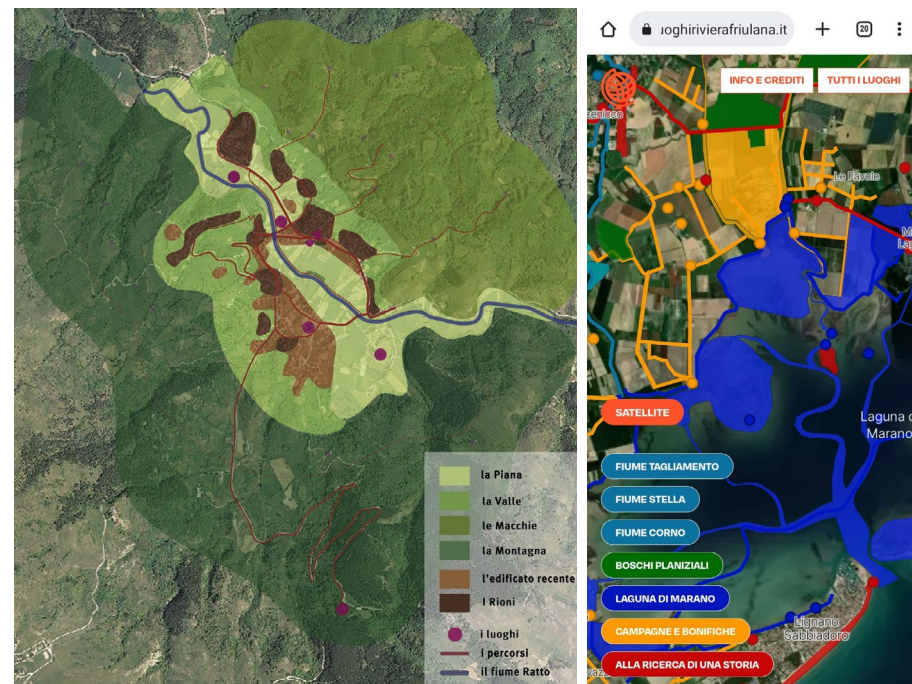
Istituto: *CNR-DIITET* | Referente: *Roberto Malvezzi*



La costruzione di un Gemello Digitale del sistema socio-culturale si pone l'obiettivo di aprire e rendere disponibili ai sistemi di supporto alle decisioni di UI quelle risorse immateriali di un sistema urbano che rivestono una importanza cruciale nel definire i comportamenti e le funzioni di preferenza dei suoi abitanti. Il sistema socio-culturale di una città è formato da tre componenti principali (vedi Sintassi, scheda C01): il capitale culturale, il capitale sociale, e il capitale intellettuale. Il primo livello esprime il patrimonio culturale latente che accomuna le persone di una comunità per il fatto stesso di essere nate e di appartenere a quella specifica comunità; il secondo livello esprime le modalità di relazione sociale sviluppate da una data comunità, e radicate nel suo retroterra culturale; il terzo livello esprime le competenze intellettuali di cui le persone si sono dotate nel corso della propria vita, anche in reazione agli stimoli e alle opportunità che sono state loro offerte. La mappatura di questi sostrati segue metodi di indagine di tipo quali-quantitativo (descritti in precedenza nelle schede D01 e D02), i quali consentono di sviluppare un Gemello Digitale del Sistema Socio-Culturale (DT_Socio-culturale) caratterizzato da un vasto repertorio informativo. Il sistema è completato dalla descrizione della comunità in quanto caratterizzata da dinamiche interne (come demografia, densità, salute e benessere, bisogni, ecc.) che possono essere indagate con approcci di tipo statistico. Tale repertorio conoscitivo viene strutturato all'interno di questo Gemello Tematico in modo da poterlo mettere a sistema con i repertori informativi di tutti gli altri Gemelli Tematici, e integrarlo con le funzionalità avanzate del Decision Support System. Il repertorio del Gemello socio-culturale viene elaborato secondo due approcci principali:

- attraverso la costruzione di livelli conoscitivi in formato GIS, che consentono una spazializzazione e una correlazione diretta delle informazioni di tipo socio-culturale rispetto agli altri livelli informativi del Gemello (ad esempio, generando strumenti di rappresentazione di tipo geografico, quali mappe di comunità, mappe cognitive, atlanti dei luoghi o delle pratiche sociali, oppure concettuale, come mappe mentali o schemi di struttura);
 - attraverso la costruzione di mappe concettuali che consentono di indagare la struttura interna al repertorio informativo, evidenziandone ad esempio connessioni assiologiche, spaziali, sociali o semantiche, o mettendone in rilievo linee di influenza o di tendenza.
- Completa il repertorio la codifica di opportune semantiche e metadati finalizzate a massimizzarne l'interoperabilità; a tal fine, UI fa riferimento allo stato dell'arte, sia a livello nazionale che internazionale, relativo ad esempio alle rappresentazioni dense, all'ontologia sociale, alla catalogazione del patrimonio immateriale o alla classificazione delle competenze individuali. Il Gemello socio-culturale è completato da una linea di ricerca nelle tecnologie digitali volta a perseguire i seguenti obiettivi:
- mettere a disposizione delle comunità locali strumenti digitali innovativi per l'interazione socio-culturale in grado di offrire nuove opportunità di crescita personale e collettiva, e grazie a questo, di rafforzare la partecipazione civica anche ai fini dell'espansione e l'aggiornamento continuo della knowledge base del Gemello;
 - definire relazioni di vincolo tra il sistema socio-culturale e gli altri sotto-sistemi urbani;
 - sviluppare tecniche di machine learning per l'individuazione di schemi e correlazioni ricorrenti, e per la simulazione dei trend evolutivi del sistema socio-culturale.

Approfondimenti



Due esempi di rappresentazione "dense", sviluppate a seguito di percorsi partecipativi per la mappatura di comunità: a sinistra, la Mappa Cognitiva dell'abitato di Borbona (Rieti); a destra, L'Atlante Digitale dei Luoghi della Riviera Friulana (a cura di R. Malvezzi, DIITET-CNR)

Link a siti:

Atlante Digitale dei Luoghi della Riviera Friulana: <https://atlantedeiluoghirivierafriulana.it/>

Bibliografia

- Magnaghi A. (a cura di, 2005), *La rappresentazione identitaria del territorio. Atlanti, codici, figure, paradigmi per il progetto locale*. Firenze: Alinea. Link: www.lapei.it/?page_id=755
- Malvezzi R. (2021), "Per un'urbanistica cognitiva: il percorso di ascolto per il documento preliminare d'indirizzo di Borbona", *Territorio*, 97:113-122
- Biagetti M.T. (2016), "An ontological model for the integration of cultural heritage information: CIDOC-CRM". *JLIS.it*. Vol. 7.3: Art: #11930. DOI: 10.4403/jlis.it-11930.
- European Commission, European Skills/Competences, Qualifications and Occupations (ESCO), link: <https://esco.ec.europa.eu/en>
- Tucci R. (a cura di, 2017), *BDI - Beni demotnoantropologici immateriali Versione 4.00. Strutturazione dei dati e norme di compilazione*, ICCD, Roma.

IL DECISION SUPPORT SYSTEM (DSS)

Istituto: *CNR-IAS* | Referente: *Giovanni Felici*

CNR | DIITET  *Agenzia per lo Sviluppo Sostenibile*  *Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti*  *Ministero delle Attività Produttive*  *Ministero del Turismo*

Il supporto alle decisioni riassume l'intero scopo della Urban Intelligence basata sul gemello digitale. La conoscenza del funzionamento dei diversi sottosistemi, la loro riproduzione e la loro integrazione è motivata infatti dalla necessità di controllare il sistema complessivo ed intervenire su di esso per prevenire comportamenti non desiderati o facilitarne il movimento in una determinata direzione. Questa può essere rappresentata da uno o più SDG [x] verso i quali si intende far muovere la città e che sono tipicamente influenzati in modo composito, spesso con trade-off, dai vari sottosistemi.

Il DSS è l'interfaccia primaria del gemello digitale. Può operare a diversi livelli di precisione, a seconda dei modelli e dei dati che impiega: ad esempio, fornendo informazioni sul numero di visitatori medio annuo in un museo può supportare la decisione di programmazione dello stesso; ma allo stesso tempo, disponendo di informazioni sensorizzate sull'affluenza giorno per giorno, può consentire l'ottimizzazione degli orari di apertura o la programmazione integrata dei percorsi di visita nei diversi punti di interesse della città. Ma, con complessità maggiore, può prevedere le variazioni dei flussi di traffico in relazione a un grande evento o la variazione di spostamenti conseguente all'apertura di un nuovo centro commerciale. Esso segue quindi l'evoluzione del livello di complessità del gemello digitale che varia da implementazione ad implementazione. A livello evoluto il DSS svolge 4 funzioni fondamentali ed interconnesse:

1. Previsione: il DSS si occupa di prevedere l'evoluzione delle variabili osservate e simulate. Tramite funzioni avanzate di analisi di serie storiche e machine learning che impiegano anche tecnologie di deep e meta learning (CFR SCHEDE), fornisce una stima dei valori futuri delle

variabili osservate (ad esempio, della domanda di traffico). Ove disponibili, raccoglie previsioni da sistemi esterni (ad esempio, previsioni meteorologiche). Infine, se consentito dai sistemi di simulazione presenti, elabora previsioni riproducendo in avanti il funzionamento del sistema (ad esempio, congestione sulla rete nel giorno successivo basata sulla simulazione delle previsioni di domanda). I valori previsti sono forniti da una misura della loro affidabilità / precisione ottenuti con metodi statistici e computazionali disponibili dallo stato dell'arte.

2. Analisi if-then e analisi scenario: il DSS consente di valutare le conseguenze su di modifiche al sistema simulando diverse condizioni, sia semplici, sia complesse, che costituiscono scenari alternativi a quello corrente. Per quanto riguarda il DTMod, possiamo considerare, ad esempio:

- Effetti sulla congestione della rete conseguenti alla chiusura/apertura di una strada;
- Effetti sull'inquinamento urbano conseguente ad una modifica del parco veicolare o alla modifica del servizio pubblico;
- Effetti sulla circolazione conseguenti all'inserimento o allo spostamento di attrattori (ad esempio, centri commerciali).

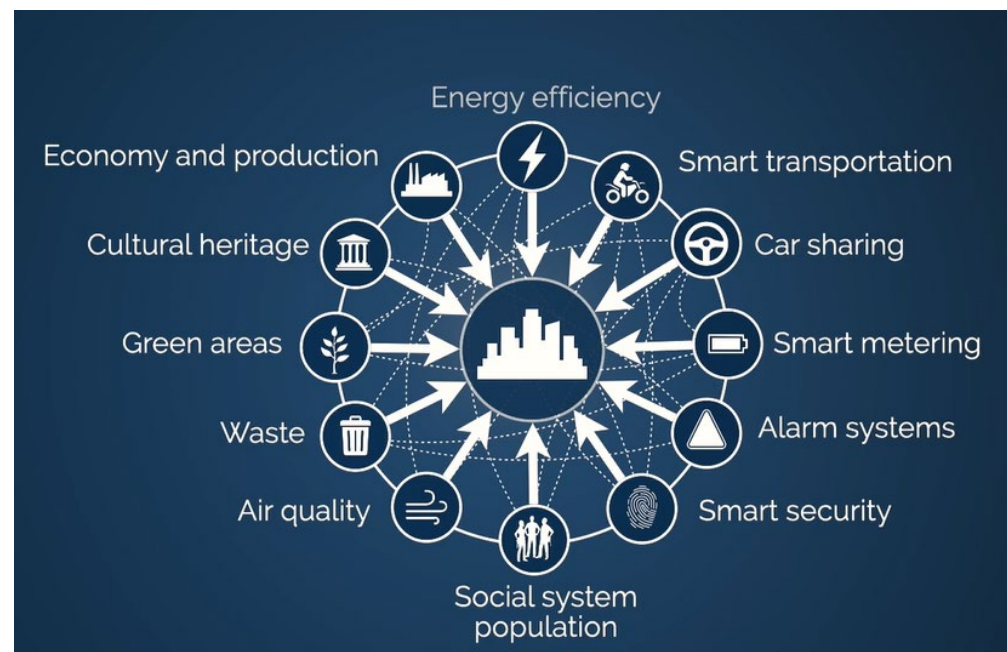
- Per quanto riguarda il gemello digitale dell'Aria (CFR SKEDA) il DSS può simulare il comportamento delle emissioni in relazione a particolari condizioni atmosferiche estreme, o il livello di inquinamento atteso in funzione di eventi straordinari.

3. Ottimizzazione: i modelli di ottimizzazione consentono di superare l'approccio di supporto alle decisioni basato sugli scenari, formulando un problema dove una funzione obiettivo viene ottimizzata (massimizzata o minimizzata) modificando in modo implicito tutti i parametri coinvolti. L'impiego di un modello di ottimizzazione,

ove disponibile, consente quindi di analizzare un numero molto elevato di scenari scegliendo quello migliore per l'obiettivo dato. Il DSS in questo caso può consentire di selezionare l'obiettivo e fornire le soluzioni migliori per raggiungerlo. La Urban Intelligence propone diversi modelli di ottimizzazione, alcuni descritti in (CFR SKEDE). Nel caso in cui vi siano più obiettivi da combinare derivanti dalla simulazione di diversi sottosistemi, si impiegano tecniche di ottimizzazione multidisciplinare (CFR SKEDA).

4. Sistema Esperto: il sistema esperto consiste in un insieme di regole in forma logica che legano le principali variabili del sistema. Le regole possono essere stabilite dagli utenti del DSS ed evolversi nel tempo, anche impiegando sistemi di apprendimento automatico. Il sistema può essere interrogato sullo stato delle variabili o fornire automaticamente degli alert utilizzando tecniche per la dimostrazione automatica dei teoremi (ad esempio: il livello di inquinamento previsto per domani è superiore alla soglia stabilita).

Approfondimenti



FUNZIONALITÀ INTERSCALARI NEL SUPPORTO ALLA GOVERNANCE URBANA

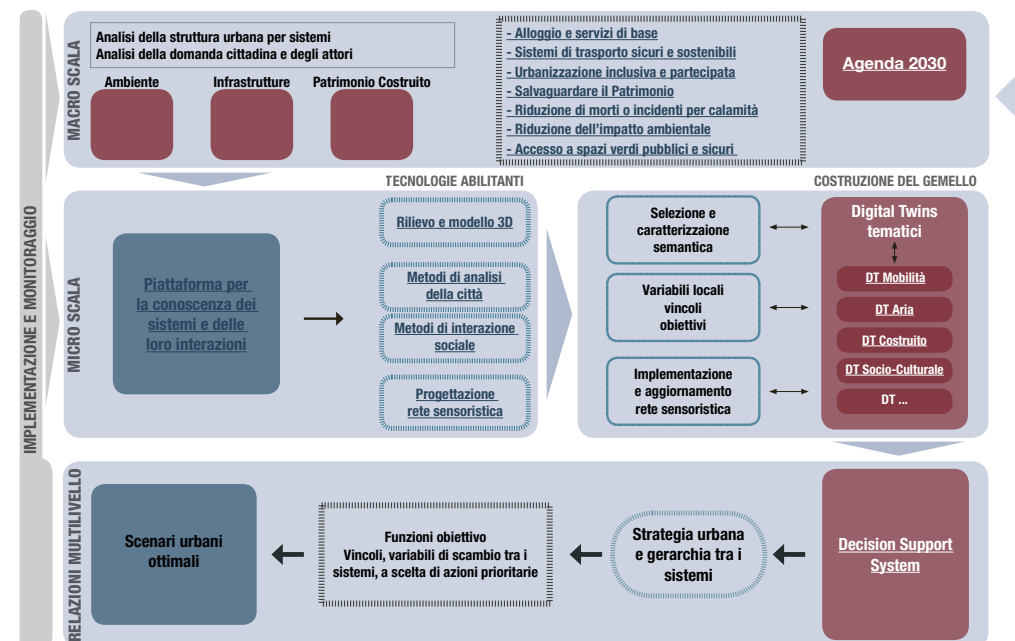
Istituto: *CNR-DIITET* | Referente: *Roberto Malvezzi, Ida G. Presta*



L'innovazione urbana promossa da Urban Intelligence non si limita a dotare le città di nuovi strumenti ma punta a migliorare il funzionamento complessivo del sistema urbano, secondo un approccio alla governance di multi-settore e multi-livello. Le funzionalità lo rendono un ambiente ideale, sia per perseguire l'aggregazione e l'integrazione delle diverse linee di politica urbana, che per affrontarle in un'ottica interscalare, due elementi che possano dare risposte alle sfide della città complessa. Infatti, le ricerche più recenti sui sistemi complessi evidenziano l'importanza delle indagini multi-scala per rintracciare le connessioni nascoste tra i comportamenti locali e globali di un fenomeno; infatti, ogni livello di scala ha dinamiche e metriche diverse, le quali si connettono tramite schemi relazionali che rimangono impliciti ad una osservazione diretta; un approccio interscalare è fondamentale per far emergere questi meccanismi nascosti dei fenomeni complessi. Il GD per l'Urban Intelligence è strutturalmente concepito per favorire indagini multi-scala; infatti, ogni Gemello Tematico, dedicato a replicare virtualmente un dato sotto-sistema urbano, è composto da modelli e simulatori, ed è nutrito da fonti di dati, ottimizzati per lavorare sia alla macro che alla micro-scala; questo consente di scegliere il livello di scala ottimale in funzione degli obiettivi dell'utilizzo specifico del Gemello nelle diverse situazioni, e di correlare i risultati ottenuti alle diverse scale in modo da indagare le influenze reciproche conseguenti dalle possibili scelte su ciascuna di esse. Questa funzionalità è utile in fase di pianificazione, dove gli obiettivi di piano possono essere definiti sulla base di indicatori generali, rispondenti ad esempio agli obiettivi fissati dalla normativa nazionale, o da documenti di riferimento di politica internazionale, per poi essere declinati in una serie di opzioni progettuali locali, di cui si verificheranno le condizioni di fattibilità e di

sostenibilità; e viceversa, riportando le condizioni di vincolo e di contingenza evidenziate negli scenari progettuali locali, fino a ricostruire un quadro complessivo alla scala urbana o territoriale che sia congruente e coerente al proprio interno. In questo modo si possono innescare processi virtuosi basati su controlli circolari e su verifiche incrociate rispetto ai diversi livelli di scala coinvolti. Ad esempio, si potrebbe interrogare il DT sulla Mobilità svolgendo simulazioni sia alla scala metropolitana, tramite l'utilizzo delle matrici OD, sia alla scala locale, attraverso simulazioni di micro-mobilità con modelli agent based. Il medesimo approccio può essere sfruttato in fase di attuazione di un piano, laddove è necessario declinare le previsioni generali in azioni localizzate e puntuali, monitorandone sia gli effetti a livello locale che globale; questo è il caso attualmente in corso di sperimentazione, per l'attuazione del nuovo PUMS di Matera. Analogo approccio può essere allargando verso l'ambito di interesse a processi di pianificazione di tipo strategico o strutturale, che chiamano in causa le potenzialità del Gemello Digitale di integrare i diversi sotto-sistemi urbani; in questi casi, il Gemello può supportare la generazione di scenari multi-disciplinari ottimali su più livelli di scala, che agiscano da un lato, ad esempio, sulla struttura urbana nel suo complesso, prevedendo differenti ipotesi di trasformazione, investimento o destinazione, e dall'altro, analizzando nel dettaglio ricadute, fabbisogni e potenzialità alla scala di quartiere, anche grazie al concorso di percorsi partecipativi dedicati. È questo il caso attualmente in corso di sperimentazione nell'ambito dello sviluppo del nuovo Piano Strutturale di Matera. Le funzionalità multi-livello del Gemello Digitale per l'UI abilitano dunque un approccio interscalare anche alla governance urbana, consentendo di ottimizzare anche la partecipazione di soggetti e stakeholders in un'ottica multi-attore più efficace.

Approfondimenti



L'immagine riporta lo schema utilizzato come navigatore generale per questa presentazione, il quale rappresenta la struttura del processo di Urbanistica Intelligence abilitato dalla tecnologia dei Gemelli Digitali Urbani; in particolare, lo schema evidenzia l'approccio interscalare dell'Urban Intelligence, il quale consente di lavorare per obiettivi e indicatori di carattere generale, rispetto ai quali definire strategie tematiche sia sulla macro- che sulla micro-scala, e infine, di combinare le strategie tematiche in scenari multi-disciplinari complessi. Lo schema evidenzia in particolare la circolarità delle relazioni di feedback tra i diversi livelli di scala, sia nella fase di produzione del piano (progettazione multi-attore) che in quella di attuazione (monitoraggio attivo).

Bibliografia

Castelli G., Malvezzi R., "I gemelli digitali per le città: riflessioni e prospettive", Atti della XIII Giornata di Studi INU (XIII GSI-NU), 16.12.2022, Planum (in press)
 Parisi G. (2021), *In un volo di storni. Le meraviglie dei sistemi complessi*, Rizzoli editore, Milano
 Geels F.W. (2005), *Technological Transitions and Systems Innovations: A Co-evolutionary and Socio-technical Analysis*, Edward Elgar, Cheltenham.

INTERFACCE GRAFICHE MULTI-LIVELLO

Istituto: *CNR-ISTC / DIITET* | Referente: *Riccardo De Benedictis, Roberto Malvezzi*

Urban Intelligence implementa una serie di servizi digitali rivolti a supportare le attività di conoscenza, policy making e governance urbana di una vasta serie di attori, secondo un quadro generale ispirato ai principi dell'open governance e dell'open science. Parte integrante del progetto è dunque la sua capacità di mettere a disposizione dati, servizi e strumenti adeguati alle necessità dei singoli utenti potenziali del Gemello Digitale, i quali includono le P.A. (tecnici e amministratori), i professionisti o i consulenti esterni, i network e gli attori con interessi diretti nel policy making (associazioni di categoria, reti di imprese o singole aziende), le istituzioni cognitive (Scuole, Università, Centri di Ricerca), i city-users (turisti e pendolari) e i cittadini in generale. A questo scopo, Urban Intelligence punta allo sviluppo di Interfacce Grafiche (IG) per i Gemelli Digitali Urbani (GDU) dedicate ai diversi profili di utenza, e finalizzate ad ottimizzare il valore aggiunto che essi possono ottenere dall'utilizzo dello strumento. Le IG sono sistemi software che consentono agli utenti di interagire con un programma o un dispositivo, utilizzando elementi visivi capaci di rendere l'interazione tra l'utente e il sistema informatico intuitiva, rapida e semplice da usare. Nel caso dell'Urban Intelligence, le IG costituiscono la porta d'accesso principale alle informazioni e alle funzionalità del GDU, e sono pensate per funzionare in un'ottica multi-utente (ad esempio, ai cittadini può essere consentito l'accesso ai dati sul traffico, sui trasporti pubblici, sull'energia, ecc.), mentre alle P.A. viene riservato l'accesso ai servizi di livello più elevato legati al Decision Support System. La progettazione delle interfacce grafiche deve tener conto delle esigenze specifiche degli utenti, delle loro abitudini e capacità di utilizzo; a tal fine, UI adotta i principi dell'Human Centered Design (HCD), prevedendo un processo di sviluppo di

IG multi-utente basato sui seguenti step:

- Use cases: Profilatura degli utilizzatori finali (end-users) del sistema, delle loro competenze digitali, delle loro finalità d'uso, dei livelli di allowance all'accesso a dati/servizi sensibili; questo step porta alla definizione dei principali "casi d'uso" dell'interfaccia multi-utente.
- Use models: Approfondimento delle modalità d'uso specifiche per i diversi end-users, dei contesti d'utilizzo e delle loro procedure standard, e formulazione dei requisiti funzionali per i diversi casi d'uso;
- Use scenarios: progettazione dei flussi di lavoro previsti per ciascun profilo d'utente, consistenti nell'articolazione dettagliata delle sequenze di interazioni da svolgere sul sistema per ottenere un dato risultato, e generazione di scenari d'uso ottimali per i singoli casi d'uso;
- "UX design": progettazione dell'esperienza di utilizzo associata a ciascun scenario;
- "UI design": progettazione dell'aspetto grafico vero e proprio dell'interfaccia;
- Validazione finale delle IG.

L'attenzione verso le modalità concrete di utilizzo di un prodotto da parte dei principali utilizzatori rende necessario il loro coinvolgimento diretto nello sviluppo delle IG, ad esempio, adottando wireframe o mockup per visualizzare il layout e le funzionalità, e condurre test di usabilità per valutarne la facilità d'uso e l'esperienza complessiva. Obiettivo finale di questo processo è accrescere a capacità d'uso del sistema da parte degli utenti, rafforzando la loro partecipazione al suo progressivo miglioramento e all'arricchimento/aggiornamento della knowledge base, e supportando i cittadini nell'accrescere la comprensione dei dati e delle informazioni sulla città, incoraggiando così l'adozione di comportamenti più virtuosi e sostenibili.

Approfondimenti

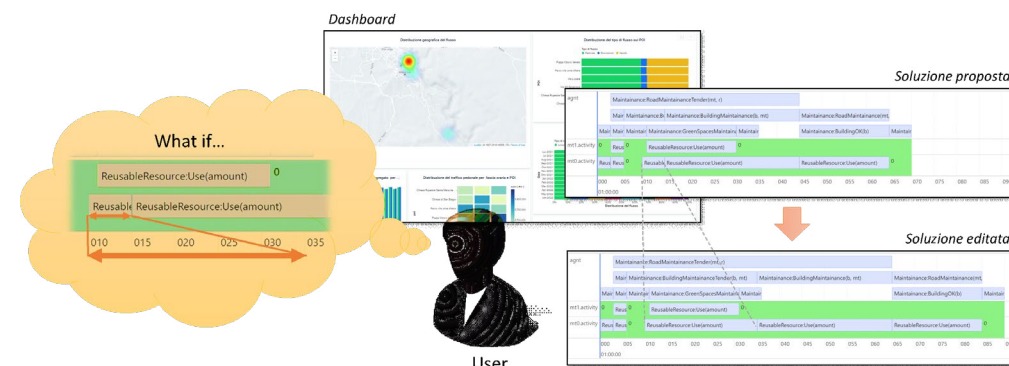


Figura 1 - Alcuni possibili elementi dell'interfaccia grafica che consentono all'utente di analizzare dati statistici raccolti dai sensori, di pianificare attività future e di modificarle, osservandone le conseguenze (analisi what-if).



Figura 2 - Organizzazione visuale tipica di una "Smart City Control Room" (SCCR), che offre la possibilità di lavorare contemporaneamente e indipendentemente a livello delle singole aree tematiche della città, e al tempo stesso, di operare a livello di sintesi e integrazione tra i diversi sotto-sistemi urbani, abilitando dunque, tramite la definizione di interfacce dedicate, diverse modalità di fruizione del servizio: operativo/strategico, tecnico/decisionale, individuale/collaborativo, ecc.

Bibliografia

Bottà D. (2018), *User eXperience design. Progettare esperienze di valore per utenti e aziende*, Hoepli

ANALISI ED OTTIMIZZAZIONE MULTIDISCIPLINARI

Istituto: *CNR-INM* | Referente: *Matteo Diez*

Descrizione. L'analisi ed ottimizzazione multidisciplinari (Multi-Disciplinary Analysis and Optimization, MDAO) costituiscono un processo di valutazione integrato che coinvolge più discipline e ambiti di competenza, interagenti tra loro. Il fine è valutare ed ottimizzare lo stato di un sistema complesso, anche in relazione a obiettivi e vincoli molteplici. Un processo di tipo MDAO può essere utilizzato in una vasta gamma di ambiti applicativi, ad esempio in ingegneria, architettura, scienze ambientali, economia e pianificazione urbana.

Nell'ambito della pianificazione urbana, l'analisi ed ottimizzazione multidisciplinari possono essere utilizzate per valutare e migliorare l'efficienza e la sostenibilità dei sistemi urbani, come ad esempio il sistema di trasporto, la distribuzione dell'energia, la gestione delle acque reflue, la raccolta dei rifiuti, ed in generale la gestione del territorio e la pianificazione urbanistica. Un esempio di utilizzo di MDAO in ambito urbano è la valutazione integrata di un progetto di trasporto pubblico, che coinvolge diverse discipline quali ad esempio la pianificazione urbana, l'ingegneria dei trasporti, l'economia e l'ambiente. In questo caso, l'analisi ed ottimizzazione multidisciplinari supportano la valutazione dell'impatto ambientale e sociale del progetto, identificano le alternative possibili e determinano la soluzione più efficiente ed efficace per soddisfare le esigenze della comunità. L'utilizzo di approcci MDAO contribuisce a migliorare l'efficienza e la sostenibilità dei sistemi urbani, consentendo alle comunità di vivere in un ambiente più sano, sicuro ed efficiente.

Metodologie impiegate. Un problema MDAO è generalmente scomposto, se non altro a livello concettuale, in un problema di analisi dell'equilibrio multidisciplinare (Multi-Disciplinary Analysis, MDA) e in un problema di ottimizzazione multidisciplinare in senso stretto (Multi-Disciplinary

Optimization, MDO). MDA si occupa di identificare lo stato di equilibrio del sistema, considerando le mutue interazioni dei sottosistemi (e discipline) che lo compongono. Il processo di MDO si occupa di ottimizzare lo stato di equilibrio del sistema in relazione ad un numero arbitrario di obiettivi e vincoli. La soluzione del processo MDAO = MDA + MDO parte dall'identificazione dei gradi di libertà (sia globali che locali al singolo sottosistema/disciplina) che il decisore può muovere, dei parametri di ingresso e uscita per ciascun sottosistema/disciplina ed infine delle variabili attraverso le quali si esplica l'accoppiamento tra i sottosistemi/discipline. Per ciascun valore assegnato dei gradi di libertà, esisterà un equilibrio del sistema multidisciplinare che sarà identificato attraverso, ad esempio, metodi risolutivi quali quello di Gauss-Seidel. La susseguente ottimizzazione sarà rivolta all'identificazione dei gradi di libertà ottimali per gli obiettivi e vincoli assegnati e sarà condotta mediante metodi di ottimizzazione locali ovvero globali, basati su derivate ovvero senza derivate. È bene notare come il processo MDAO si fonda sulla disponibilità di modelli disciplinari opportuni in grado di fornire (esplicitamente o implicitamente) la relazione tra ingresso e uscita per i singoli sottosistemi. L'architettura appena descritta per la soluzione del problema MDAO è generalmente chiamata Multi-Disciplinary Feasible, MDF. Oltre all'architettura MDF, possono essere adottati approcci risolutivi del problema MDAO più efficienti computazionalmente, in cui l'identificazione dell'equilibrio multidisciplinare e dei gradi di libertà ottimali procedono incrementalmente e di pari passo. L'accoppiamento multidisciplinare è pertanto lasco nella fase iniziale del processo di ottimizzazione, per diventare accurato nella fase finale. A titolo di esempio, si citano le architetture All At Once, AAO, e Simultaneous

Analysis and Design, SAND. Un cenno deve infine essere speso per il trattamento di variabili e parametri aleatori/incerti, sempre presenti nelle applicazioni reali. In questo frangente il compito dell'ottimizzazione sarà quello di trovare soluzioni robuste rispetto alla variazione dei parametri aleatori. Dipendentemente dalla natura di questi parametri e dal loro effetto su funzioni obiettivo o vincoli, le architetture per MDAO sono estese a Robust MDAO e Reliability-Based MDAO.

Risultati attesi:

L'approccio MDAO supporta il decisore nell'identificazione di famiglie di soluzioni ottimali nell'ambito di analisi what if, considerando discipline e scenari molteplici. Il risultato è l'identificazione dello stato di equilibrio del sistema città in relazione allo scenario oggetto di studio e la sua conseguente ottimizzazione rispetto a obiettivi e vincoli arbitrari e molteplici. Nell'ambito del DSS per la urban intelligence, MDAO fornisce una visione olistica della città proponendo soluzioni per il problema accoppiato ed integrato.

Link a siti:

<https://openmdao.org/>

Bibliografia

- Martins, J.R. and Lambe, A.B., 2013. *Multidisciplinary design optimization: a survey of architectures*. AIAA journal, 51(9), pp.2049-2075.
- Castelli, G., Cesta, A., Diez, M., Padula, M., Ravazzani, P., Rinaldi, G., Savazzi, S., Spagnuolo, M., Strambini, L., Tognola, G. and Campana, E.F., 2019, October. *Urban intelligence: a modular, fully integrated, and evolving model for cities digital twinning*. In 2019 IEEE 16th International Conference on Smart Cities: Improving Quality of Life Using ICT & IoT and AI (HONET-ICT) (pp. 033-037). IEEE.
- Castelli, G., Cesta, A., Ciampi, M., De Benedictis, R., De Pietro, G., Diez, M., Felici, G., Malvezzi, R., Masini, B., Pellegrini, R. and Scalas, A., 2022, September. *Urban Intelligence: Toward the Digital Twin of Matera and Catania*. In 2022 Workshop on Blockchain for Renewables Integration (BLORIN) (pp. 132-137). IEEE.

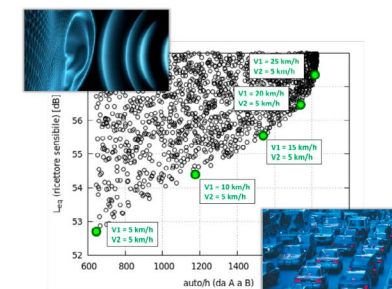


Figura 1: Esempio di risultato di ottimizzazione multidisciplinare multiobiettivo di limitatori di velocità per la massimizzazione dei volumi di traffico e la riduzione emissioni acustiche.

Schemi concettuali:

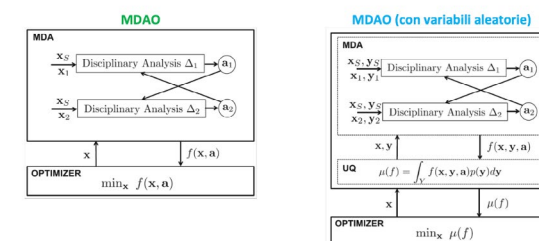


Figura 2: Schemi concettuali per MDAO senza (sinistra) e con (destra) variabili aleatorie.

PANORAMICA SUI METODI PER LA PREVISIONE DELLE SERIE STORICHE

Istituto: *CNR-IASI* | Referente: *Antonio Sudoso*



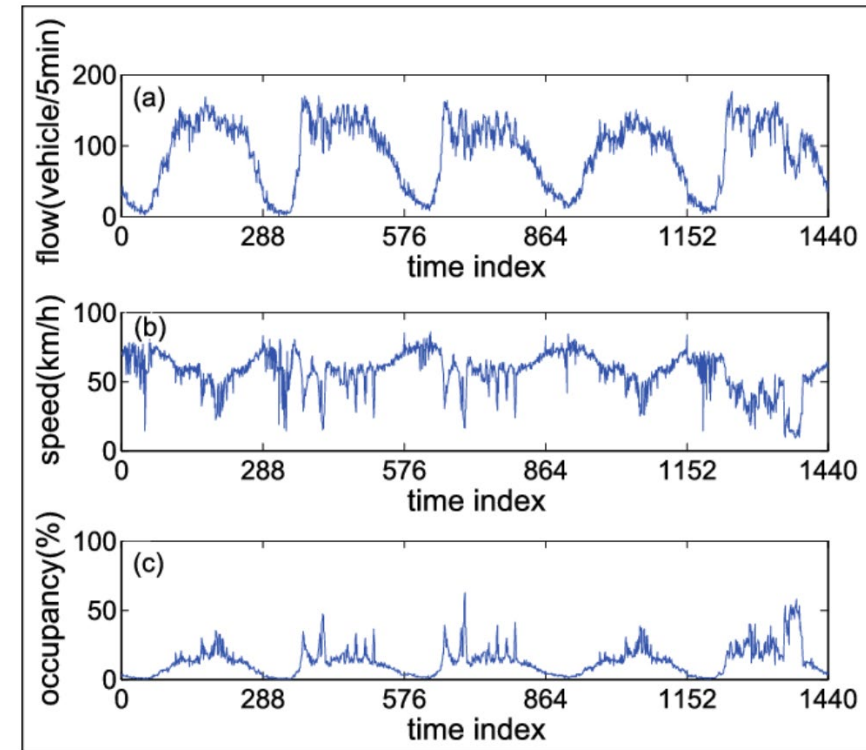
Prevedere una serie temporale consiste nel prevedere le osservazioni future della serie nel modo più accurato possibile, date tutte le informazioni disponibili, compresi i dati storici e la conoscenza di qualsiasi evento futuro che potrebbe avere un impatto sulle previsioni. La previsione di serie temporali è un tema di continuo interesse per la ricerca scientifica ed è fondamentale per prendere decisioni importanti; ad esempio, decidere se costruire una nuova centrale elettrica nei prossimi cinque anni richiede previsioni sulla domanda futura; programmare il personale di un call center per la prossima settimana richiede previsioni sul volume delle chiamate; fare un inventario richiede previsioni sui requisiti di magazzino. Le previsioni possono essere richieste con diversi anni di anticipo (ad esempio, nel caso di investimenti di capitale), o solo pochi minuti prima (ad esempio, per l'instradamento delle telecomunicazioni). Le organizzazioni moderne richiedono previsioni a breve, medio e lungo termine, a seconda dell'applicazione specifica. Qualunque siano le circostanze o gli orizzonti temporali coinvolti, le previsioni sono un aiuto importante per una pianificazione efficace ed efficiente. In qualsiasi organizzazione, la previsione degli indicatori chiave di performance e di qualsiasi dinamica coinvolta nel decision-making dovrebbe essere un'attività di alta priorità, con l'obiettivo di prevedere i valori dell'indicatore nel futuro, sulla base di osservazioni storiche. Una previsione accurata mitiga le incertezze sulle prospettive future e può ridurre gli errori nelle decisioni e nella pianificazione, il che influisce direttamente sul raggiungimento degli obiettivi e contribuisce alla gestione del rischio. La previsione dovrebbe essere parte integrante delle attività decisionali di gestione [1], poiché il successo strategico di un'organizzazione dipende da un'efficace relazione tra accuratezza della previsione e flessibilità del piano di allocazione delle risorse [2]. Ci si aspetta che la quantità crescente

di dati storici permetterà previsioni più accurate ed aumenterà la loro importanza.

Nella pratica, alcune serie temporali sono più facili da prevedere di altre. La prevedibilità di un evento o di una quantità dipende infatti da diversi fattori tra cui: (i) quanto bene si comprendono i fattori che vi contribuiscono; (ii) quanti dati sono disponibili; (iii) quanto il futuro è simile al passato; (iv) se le previsioni possono influenzare la grandezza che si sta cercando di prevedere. Spesso, nelle previsioni, un passo chiave è comprendere quando qualcosa può essere previsto accuratamente e quando le previsioni non saranno migliori del lancio di una moneta. Le buone previsioni catturano i modelli e le relazioni che esistono nei dati storici, ma non replicano eventi passati che non si ripeteranno. E' pertanto fondamentale distinguere tra una fluttuazione casuale nei dati del passato (che dovrebbe essere ignorata) ed un andamento effettivo che dovrebbe essere modellato ed estrapolato. Le situazioni in cui sono richieste previsioni differiscono ampiamente nei loro orizzonti temporali, nei fattori che determinano i risultati, nei tipi di modelli di dati ed in molti altri aspetti. I metodi di previsione possono essere molto semplici, come utilizzare l'osservazione passata più recente come previsione delle osservazioni future, o altamente complessi, come le reti neurali. La scelta del metodo dipende, tra i molteplici aspetti, dai dati disponibili e dalla prevedibilità della quantità di interesse. Se non ci sono dati disponibili o se non sono rilevanti per le previsioni, allora si deve ricorrere a metodi di previsione qualitativi.

Risultati. Un grande numero di serie storiche è prodotto sia dalla osservazione diretta della città, ovvero dalla sensoristica, che dallo stesso gemello digitale che simula il funzionamento del sistema. Il corretto forecasting di queste serie storiche è alla base del buon funzionamento dell'approccio proposto – nella scheda METALEARNING si forniscono ulteriori dettagli sull'approccio impiegato.

Approfondimenti



Serie temporali di traffico urbano (a) flow, (b) speed, and (c) occupancy. Le serie temporali mostrano stagionalità e sono correlate tra loro. Ad esempio, traffic flow e occupancy mostrano conteggi allineati e corenti negli stessi istanti di tempo [3].

Bibliografia

- [1] Hyndman, R. J. (2010). Business forecasting methods. International Encyclopedia of Statistical Science, pp. 185–187. Springer, Berlin, Heidelberg.
- [2] Wacker, J. C., & Lummus, R. R. (2002). Sales forecasting for strategic resource planning. International Journal of Operations & Production Management, 4 (2), 1014–1031
- [3] Shang, Q., Lin, C., Yang, Z., Bing, Q., & Zhou, X. (2016). Short-term traffic flow prediction model using particle swarm optimization-based combined kernel function-least squares support vector machine combined with chaos theory. Advances in Mechanical Engineering, 8(8), 1687814016664654.

IMPIEGO DEL META-LEARNING PER LA PREVISIONE DELLE SERIE STORICHE

Istituto: *CNR-INM* | Referente: *Antonio Sudoso*



Le serie storiche osservate e generale nelle applicazioni di Urban Intelligence possono essere di tipo e natura molto diversi. L'approccio adottato per effettuare previsioni in modo robusto e adattabile è basato sull'impiego integrato di più metodi consolidati per la precisione di serie storiche, ognuno dei quali può essere ricondotto alla categoria dei metodi di apprendimento automatico o statistical machine learning.

Esistono infatti diversi metodi per la previsione di serie temporali, tra cui i principali sono (i) regressione lineare: questo modello prevede il valore futuro di una serie temporale basandosi su una combinazione lineare delle osservazioni passate; (ii) reti neurali: queste sono reti di neuroni artificiali che possono essere addestrate su dati storici per identificare modelli e trend nella serie temporale; (iii) metodi basati su alberi decisionali: questi modelli creano una serie di regole di decisione che consentono di prevedere i valori futuri della serie temporale; (iv) modelli basati su processi stocastici: questi modelli modellano la serie temporale come un processo stocastico, e quindi utilizzano la probabilità per fare previsioni sul futuro. In generale, l'efficacia di questi modelli dipende dalla qualità dei dati storici, dalla scelta del modello e dai parametri utilizzati per l'addestramento.

Approccio di meta-learning

Un aspetto cruciale nella previsione delle serie temporali è l'identificazione, per ciascuna di esse, del metodo di previsione più adatto o della combinazione ottimale di più metodi. Un approccio recente è quello del cosiddetto metalearning: si considerano diversi metodi di previsione consolidati, e tramite un ulteriore modello di apprendimento si addestra il sistema a riconoscere una serie storica ed assegnare automaticamente ad essa il metodo più vantaggioso per predirne l'andamento (o una combinazione pesata dei diversi metodi disponibili).

L'esigenza di prendere in considerazione più metodi di previsione deriva dal fatto che è altamente improbabile che un singolo metodo risulti sempre migliore di tutti gli altri su tutte le serie temporali.

Un framework di meta-learning per la previsione di serie temporali consiste di tre componenti: un insieme di caratteristiche che descrivono le serie temporali, un pool di metodi di previsione (chiamati anche "base forecasters") ed un meta-learner. Analizzando un numero molto grande di serie storiche usate come insieme di apprendimento, il meta-learner viene utilizzato per collegare le caratteristiche riassuntive delle serie temporali alle prestazioni di previsione dei base forecasters; la conoscenza appresa viene successivamente utilizzata per selezionare un metodo di previsione o la combinazione di più metodi per ogni serie temporale [1, 2, 3]

Il framework proposto nell'ambito della urban intelligence è basato su una rete deep di tipo convoluzionale. Il processo di apprendimento è guidato dalle feature delle serie temporali e dagli errori di forecast dei base forecasters. L'individuazione della combinazione dei metodi di forecast per ciascuna serie temporale è effettuata in maniera congiunta al processo di estrazione delle feature. Il metalearner viene addestrato utilizzando una grande collezione di serie temporali prima task effettivo di previsione. Pertanto, questa procedura è detta "offline". Il processo "online" di generazione delle previsioni tramite combinazione di metodi comporta solamente l'estrazione delle feature apprese dalla rete convoluzionale e la determinazione dei pesi con cui combinare i metodi di previsione.

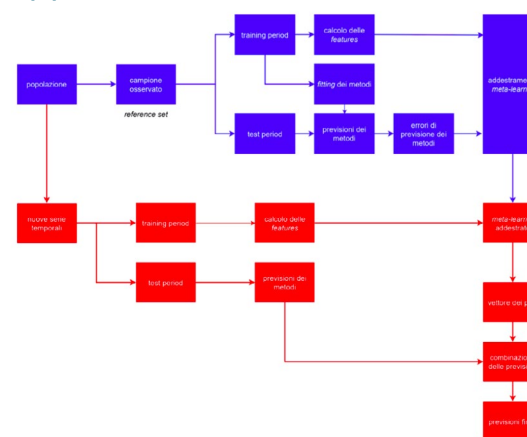
Risultati attesi

Il vantaggio del metalearning nell'ambito della urban intelligence è quello di migliorare l'efficienza delle previsioni e la loro capacità di adattarsi ai cambiamenti nel tempo.

Ad esempio, in un contesto urbano in cui il traffico può variare notevolmente in base all'ora del giorno, al giorno della settimana o a eventi particolari, un modello di apprendimento automatico che utilizza il meta-learning può adattarsi rapidamente a queste variazioni e produrre previsioni più accurate. Inoltre, il metalearning può essere utilizzato per prevedere i flussi di traffico in zone della città in cui non esistono dati storici, sfruttando l'esperienza accumulata da altri modelli che si sono occupati di predire il traffico in contesti simili. In generale, usare il metalearning nell'ambito della urban intelligence può aiutare a migliorare la qualità delle previsioni nel contesto urbano, consentendo di sviluppare

re sistemi di gestione del traffico più efficienti e sostenibili. Un vantaggio rilevante di tale tipo di approccio consiste nel fatto che il processo oneroso di costruzione dell'algoritmo di previsione è gestito in anticipo rispetto al task di previsione. Nell'era dei Big Data, questo processo automatizzato di selezione del metodo più adatto è necessario perché il costo computazionale ed il tempo richiesto per applicare su ciascuna serie temporale tutti i possibili metodi di previsione sono proibitivi. Nel caso della combinazione di diversi metodi di previsione, tale approccio è fondamentale, in quanto risulta impossibile esplorare le infinite combinazioni possibili al fine di individuare quella che fornisce le previsioni più accurate.

Approfondimenti



Schema generale della soluzione proposta basata sul metalearning. La fase offline (in blu) consiste nel fitting dei metodi di previsione (base forecasters) su ciascuna serie temporale del training set. Gli errori di forecast e le serie temporali rappresentano l'input del metalearner che viene addestrato. La fase online (in rosso) rappresenta il metalearner in produzione al quale viene fornita una nuova serie temporale e, per essa, identifica la combinazione più adatta dei base forecasters.

Bibliografia

- [1] Prudencio, R. B., & Ludermir, T. B. (2004). Meta-learning approaches to selecting time series models. *Neurocomputing*, 61, 121–137
- [2] Talagala, T. S., Hyndman, R. J., Athanasopoulos, G., et al. (2018). Meta-learning how to forecast time series. *Monash Econometrics and Business Statistics Working Papers*, 6, 18.
- [3] Montero-Manso, P., Athanasopoulos, G., Hyndman, R. J., & Talagala, T. S. (2020). FFORMA: Feature-based forecast model averaging. *International Journal of Forecasting*, 36 (1), 86–92.

ESTRAZIONE DI CONOSCENZA PER LA PREVISIONE DELLE DINAMICHE URBANE

Istituto: *CNR-INM* | Referente: *Riccardo Pellegrini*



Descrizione. Il paradigma del Digital Twin (DT) sta rapidamente crescendo in popolarità grazie alla sua capacità di fornire una rappresentazione specificatamente costruita (con uno scopo preciso) di un sistema fisico [1]. I DT possono essere sviluppati per supportare strategie di controllo predittivo del modello (MPC) di sistemi complessi, fornendo modelli del sistema basati su dati in continua evoluzione per prevedere il suo comportamento futuro e, quindi, identificare azioni di controllo ottimali. A tal fine, il DT dovrebbe rispecchiare il sistema fisico, fornendo accurate previsioni in tempo reale, spesso a breve termine (nowcasting) dello stato del sistema soggetto alle attuali condizioni operative e ambientali [2]. Nel 2019 il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) ha avviato lo sviluppo del DT della parte storica della città di Matera in Italia, applicando il suo paradigma di intelligenza urbana [3]. L'obiettivo di tale DT è quello di: (i) estrarre conoscenze sui sistemi città e le loro dinamiche; (ii) sviluppare scenari per gli sviluppi futuri della città; e (iii) sostenere la gestione urbana e il processo decisionale in risposta alle emergenze. Il DT è composto da diversi servizi progettati per raggiungere obiettivi specifici definiti dal Comune di Matera, come (a) monitorare i volumi turistici attraverso la città con particolare attenzione ai suoi siti storici; b) monitorare la qualità dell'ambiente urbano; (c) effettuare il monitoraggio, analisi e ottimizzazione del traffico pedonale e veicolare in specifiche aree di interesse; (d) migliorare l'accessibilità per i gruppi svantaggiati in tutta la città.

Metodologie impiegate. In questo contesto e con lo scopo specifico di estrarre conoscenza e fornire un accurato nowcasting dei volumi di traffico pedonale e veicolare, per il DT viene utilizza-

to un approccio data-driven e privo di equazioni. In particolare, la dynamic mode decomposition (DMD) viene applicata alle storie temporali dei volumi di traffico pedonale e veicolare, registrate da apposite telecamere definite "intelligenti" e distribuite nel centro della città. La DMD è molto utile in questo contesto, in quanto fornisce una rappresentazione modale delle dinamiche del sistema, che può essere utilizzata sia per acquisire conoscenze sul sistema sia per prevedere i suoi stati futuri. Come suggerito in [4], viene utilizzata la DMD aumentata (ADMD) al posto della DMD. La ADMD include derivate temporali e copie traslate nel tempo di storie temporali ed è più adatto per modellare e prevedere dinamiche di sistemi non lineari.

Risultati attesi. La Figura 1, pannello di sinistra, mostra la posizione delle telecamere intelligenti per il traffico pedonale e veicolare oggetto del presente studio. Le telecamere intelligenti per il traffico pedonale sono posizionate lungo i percorsi più utilizzati dai turisti tutto l'anno. Allo stesso modo, le telecamere intelligenti per il traffico veicolare sono distribuite lungo tratti stradali caratterizzati da elevati volumi di traffico e frequenti congestioni. Le telecamere intelligenti sono dotate di un software AI ad-hoc integrato in grado di riconoscere il transito di un pedone/veicolo e la direzione del transito [5]. La Figura 1, pannello di destra, mostra un esempio (per una telecamera) di cronologie temporali dei volumi di traffico pedonale e veicolare, organizzate in insiemi di addestramento, test e previsione. Si noti che sebbene la ADMD non sia un metodo di machine learning (ML), qui viene utilizzata la terminologia ML a causa del suo uso diffuso e della sua facile comprensione. Le cronologie sono organizzate in dati orari. Il set di dati utilizzato per

addestrare i modelli ADMD attualmente copre 2 settimane. Il set di test utilizzato per la valutazione della previsione copre attualmente 3 giorni. Vale la pena notare che la previsione ADMD è ragionevolmente accurata per un giorno nel futu-

ro, la perdita di accuratezza della previsione oltre un giorno nel futuro è prevista e, in questo caso, è probabilmente causata dalle ridotte dimensioni del set di dati disponibili.

Approfondimenti

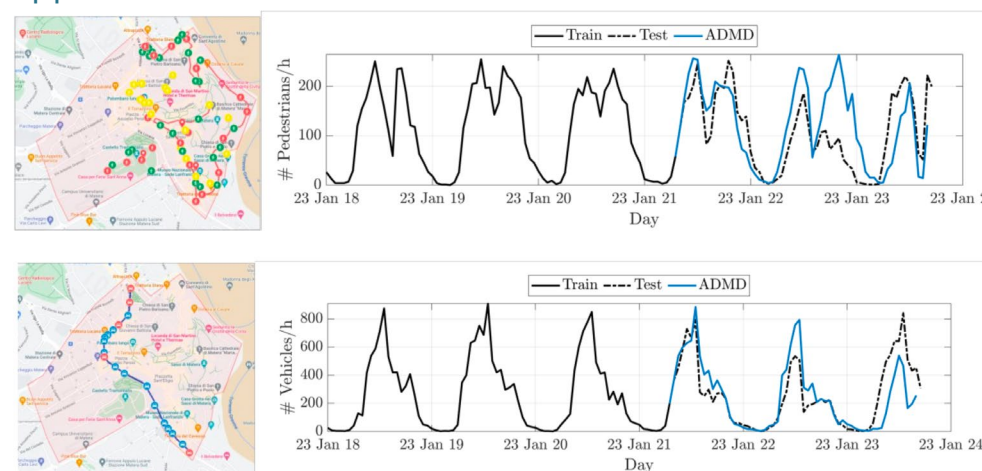


Figura 1. Telecamere intelligenti per volumi di traffico pedonale (in alto a sinistra) e veicolare (in basso a sinistra). Per gentile concessione di G. Tognola e L. Strambini (CNR-IEIT). Formazione, test e previsione dei volumi di traffico pedonale (in alto a destra, smart camera Stazione TLC 02 - direzione 1) e veicolare (in basso a destra, smart camera Ospedale_ing2 - direzione 1).

Bibliografia

- [1] Singh, Maulshree, Evert Fuenmayor, Eoin P. Hinchey, Yuansong Qiao, Niall Murray, and Declan Devine. "Digital twin: Origin to future." *Applied System Innovation* 4, no. 2 (2021): 36.
- [2] McClellan, Andrew, Joseph Lorenzetti, Marco Pavone, and Charbel Farhat. "A physics-based digital twin for model predictive control of autonomous unmanned aerial vehicle landing." *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 380, no. 2229 (2022): 20210204.
- [3] Castelli, Giordana, Amedeo Cesta, Mario Ciampi, et al. "Urban Intelligence: Toward the Digital Twin of Matera and Catania." In *2022 Workshop on Blockchain for Renewables Integration (BLORIN)*, pp. 132-137. IEEE, 2022.
- [4] Serani, Andrea, Paolo Dragone, Frederick Stern, and Matteo Diez. "On the use of dynamic mode decomposition for time-series forecasting of ships operating in waves." *Ocean engineering* 267 (2023): 113235.
- [5] Roberto Malvezzi, Giordana Castelli, Emilio Campana, et al. "Digital Twins for Intelligent Cities: the Case Study of Matera". In preparation per IEEE Systems, Man, and Cybernetics Society Section.

URBAN PLANNING AND SENSING ENGINE

Istituto: *CNR-ISTC* | Referente: *Riccardo De Benedictis*

Descrizione. L'Urban Planning and Sensing Engine è un componente in grado di pianificare ed eseguire attività in base alle informazioni raccolte dall'ambiente. Il modulo di pianificazione del sistema consente l'organizzazione di una sequenza di azioni per raggiungere dei goal o degli obiettivi specifici. Questo processo comporta in genere l'analisi dello stato corrente del sistema e del suo ambiente e la determinazione delle azioni da intraprendere per spostare il sistema verso lo stato desiderato. Il modulo sensoriale del motore consente la raccolta e l'interpretazione delle informazioni dall'ambiente, attraverso l'utilizzo di sensori come telecamere, varchi, stazioni per il monitoraggio della qualità dell'aria o altro, al fine di reagire a situazioni rilevanti e di informare il processo di pianificazione.

Metodologie impiegate. Il modulo di pianificazione dell'Urban Planning and Sensing Engine è realizzato tramite un pianificatore [1] basato su timeline [L1]. Il pianificatore utilizza algoritmi (backward chaining) e modelli matematici per generare una sequenza di azioni, prevedendone gli effetti tramite un insieme di regole causali, che consentono il raggiungimento di determinati obiettivi prefissati. Il pianificatore è arricchito da un modulo di ragionamento semantico, che consente l'integrazione dell'ontologia urbana all'interno dei modelli matematici, e da un modulo di esecuzione, che consente l'esecuzione e l'adattamento dinamico dei piani generati [2]. Il modulo sensoriale, al contrario, è realizzato tramite un sistema esperto [L2], un tipo di intelligenza artificiale che utilizza una base di conoscenza e un insieme di regole per simulare (tramite forward chaining) la capacità decisionale di un esperto umano in un dominio specifico. I dati provenienti dai vari sensori vengono analizzati in tempo reale, sfruttando la base di conoscenza contenente delle best practices per identificare e affrontare prontamente i problemi. Queste forme di ragionamento

sono integrate nell'Urban Planning and Sensing Engine (Figura 1) per realizzare le componenti deliberative e reattive di un sistema cognitivo ispirato alle teorie del dual-processing.

Risultati attesi. L'Urban Planning and Sensing Engine può essere utilizzato come un sistema cognitivo a supporto delle decisioni per supportare il processo decisionale nei contesti urbani (Figura 2). Questa tecnologia ha il potenziale per rivoluzionare la pianificazione e la gestione urbana fornendo informazioni in tempo reale sull'ambiente e consentendo un processo decisionale più efficiente ed efficace. Ad esempio, l'Urban Planning and Sensing Engine potrebbe essere utilizzato per ottimizzare il flusso del traffico raccogliendo dati da sensori su veicoli, semafori e altre infrastrutture. Allo stesso modo, l'Urban Planning and Sensing Engine può essere utilizzato per ottimizzare l'uso di energia negli edifici raccogliendo dati su occupazione, temperatura e altri fattori e utilizzando queste informazioni per regolare il riscaldamento, l'illuminazione e altri sistemi per ridurre lo spreco di energia e migliorare l'efficienza. Inoltre, l'Urban Planning and Sensing Engine può essere utilizzato per monitorare fattori ambientali come la qualità dell'aria, i livelli di rumore e la qualità dell'acqua e fornire avvisi e raccomandazioni in tempo reale per aiutare gli urbanisti e i gestori ad affrontare i problemi non appena (o, grazie all'integrazione con altre componenti predittive, prima che) si presentano. Sensori installati su ponti, strade e altre infrastrutture possono fornire dati sulle condizioni della struttura, inclusi fattori come crepe, corrosione e deformazione. Questi dati potrebbero essere analizzati dall'Urban Planning and Sensing Engine per identificare potenziali esigenze di manutenzione e consentire la programmazione proattiva degli interventi di manutenzione, prima che le condizioni della struttura si deteriorino al punto da rendere necessarie riparazioni importanti.

Approfondimenti

Link a siti

[L1] <https://github.com/ratioSolver/oRatio> [L2] <https://clipsrules.net>

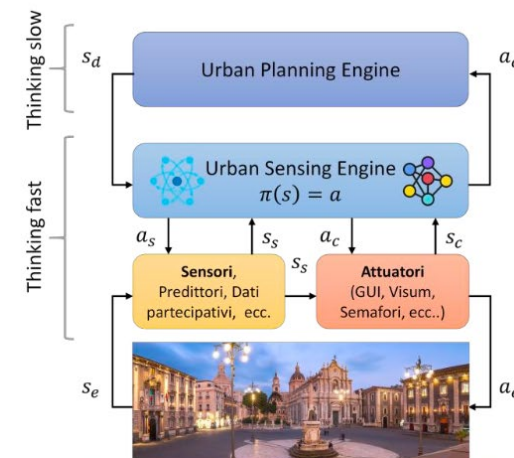


Figura 1 - Architettura, ispirata alle teorie cognitive del dual processing, dell'Urban Planning and Sensing Engine.

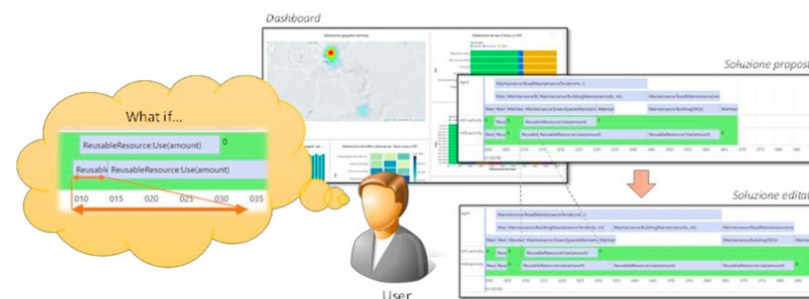


Figura 2 - Attraverso il componente di pianificazione, l'utente può generare piani che permettono il raggiungimento degli obiettivi desiderati. I piani possono essere adattati a seconda dell'evoluzione dinamica della città o tramite l'intervento di un tecnico (analisi what-if).

Bibliografia

- [1] De Benedictis, R., Cesta, A.: *Lifted heuristics for timeline-based planning*. In: ECAI-2020, 24th European Conference on Artificial Intelligence, pp. 498–2337. Santiago de Compostela, Spain (2020)
- [2] De Benedictis, R., Beraldo, G., Cesta, A., Cortellessa, G. (2023). *Incremental Timeline-Based Planning for Efficient Plan Execution and Adaptation*. In: Dovier, A., Montanari, A., Orlandini, A. (eds) AIXIA 2022 – Advances in Artificial Intelligence. AIXIA 2022. Lecture Notes in Computer Science(), vol 13796. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-27181-6_16
- [3] *Pensieri lenti e veloci*, Daniel Kahneman, Edizioni Mondadori, 2012

LIMITI DELL'OTTIMIZZAZIONE CLASSICA

Istituto: *CNR-IASI* | Referente: *Sara Mattia*



Avere modelli e algoritmi efficienti è una necessità in crescita in un mondo in cui le decisioni vengono prese sempre più di frequente con l'utilizzo di strumenti tecnologici che implementano rappresentazioni formalizzate della realtà. Molti di questi strumenti si basano sull'ottimizzazione. L'ottimizzazione classica, però, parte dal presupposto che i parametri del modello matematico che formalizza un certo problema reale siano noti, siano stati correttamente calcolati e rimangano costanti nel tempo. Entrambe queste assunzioni sono spesso non verificate nelle applicazioni reali, dove possono essere compiuti errori nella misurazione dei parametri, gli stessi possono essere frutto di stime e non di misurazioni e, come tali, possono comportare un certo livello di incertezza sul valore reale. Inoltre, i parametri possono variare nel tempo. Ad esempio, nel decidere il numero di operatori da assegnare ad ogni turno in un call-center, si deve tener conto che i volumi di chiamata, anche se stimati in maniera sofisticata, sono parametri incerti [MRSS]. Lo stesso accade nel progetto di reti di telecomunicazioni, dove il traffico che la rete dovrà poi effettivamente supportare è soggetto ad incertezza e variabile nel tempo [MP,M1,M2]. Così come è incerto e variabile, nelle applicazioni sanitarie, il tempo necessario per trattare un paziente [ACGLMT].

Ottimizzazione con incertezza

Per affrontare problemi di ottimizzazione con incertezza nei dati, sono state sviluppate diverse metodologie: simulazione; programmazione stocastica; ottimizzazione robusta. Questi metodi si differenziano per l'informazione statistica richiesta e lo sforzo computazionale necessario [B-TEI-GN]. Quando si impiega la simulazione si riproduce il funzionamento del sistema al variare dei parametri affetti da incertezza, e si analizzano exposure le prestazioni del sistema al fine di scegliere la

soluzione migliore. L'approccio basato sulla programmazione stocastica consiste essenzialmente nel risolvere simultaneamente diversi scenari generati casualmente e identificare la soluzione con le migliori prestazioni medie rispetto a tutti gli scenari. Generalmente, un approccio stocastico produce buone soluzioni ma i relativi modelli sono molto difficili da risolvere e non possono essere utilizzati se non è disponibile informazione statistica dettagliata. L'ottimizzazione robusta si basa su principio diverso: una soluzione è considerata robusta rispetto all'incertezza sui dati se rimane ammissibile indipendentemente dalla realizzazione dell'incertezza, cioè al valore effettivo dei parametri nel momento in cui quella soluzione deve essere utilizzata. In sostanza essa è ragionevolmente buona per qualsiasi possibile valore che possono assumere i dati affetti da incertezza. I modelli di ottimizzazione robusta richiedono una minore quantità di informazione statistica, il che li rende molto utili nelle applicazioni pratiche.

Ottimizzazione robusta

Nell'ottimizzazione robusta, le possibili realizzazioni dell'incertezza vengono partizionate in due classi: le realizzazioni di interesse, che vanno tenute in conto nel calcolo della soluzione; e quelle che invece sono ritenute improbabili, e quindi possono essere trascurate. Le realizzazioni di interesse, che si suppone equiprobabili, formano l'insieme di incertezza, descritto in maniera implicita tramite strutture matematiche più o meno complesse (ellissoidi o poliedri) [BS,FST,MRS-S,B-TN]. Il problema principale delle soluzioni robuste è che queste possono essere conservative, ovvero particolarmente prudenti, proprio perché una soluzione deve essere applicabile per tutti i possibili valori nell'insieme di incertezza indipendentemente dal fatto che se ne potrà realizzare, nella realtà, uno solo. Per ovviare a questo incon-

veniente, accanto all'approccio descritto, definito come single stage, sono disponibili approcci multi-stage [B-TGCN], dove una parte della soluzione è indipendente dalla realizzazione, mentre una parte può essere adattata alla realizzazione corrente. L'adattamento può essere completo (la parte di soluzione modificabile può essere completamente cambiata a seconda della realizzazione) o parziale (le modifiche devono seguire opportune regole). In generale, una soluzione single stage è più semplice da calcolare e implementare in pratica, mentre una soluzione multi-stage è meno conservativa, e quindi meno costosa, ma è più difficile da calcolare e utilizzare.



Bibliografia

- [MRSS] S. Mattia, F. Rossi, M. Servilio, S. Smriglio S.: Staffing and Scheduling Flexible Call Centers by Two-Stage Robust Optimization, *Omega*, 72, 25-37, 2017
- [MP] S. Mattia, M. Poss: A comparison of different routing schemes for the robust network loading problem: polyhedral results and computation, *Computational Optimization and Applications* 69, 753-800, 2018
- [M1] S. Mattia: A polyhedral analysis of the capacitated edge activation problem with uncertain demands. *Networks*, 74:190-204, 2019
- [M2] S. Mattia: The robust network loading problem with dynamic routing. *Computational Optimization and Applications*, 54(3):619-643, 2013.
- [FST] J. Fingerhut, S. Suri, and J. Turner: Designing least-cost nonblocking broadband networks. *Journal of Algorithms*, 24:287-309, 1997.
- [ACGLMT] B. Addis, G. Carello, A. Grosso, E. Lanzarone, S. Mattia, and E. Tanfani: Handling uncertainty in health care management using the cardinality-constrained approach: advantages and remarks. *Operations Research for Health Care*, 4:1-4, 2014
- [B-TGCN] A. Ben-Tal, A. Goryashko, E. Guslitzer, and A. Nemirovski.: Adjusting robust solutions of uncertain linear programs. *Mathematical Programming*, 99:351-376, 2004
- [BS] D. Bertsimas and M. Sim. The price of robustness. *Operations Research*, 52(1):35-53, 2004.
- [B-TN] A. Ben-Tal and A. Nemirovski. Robust solutions of uncertain linear programs. *Operations Research Letters*, 25(1):1-13, 1999
- [B-TEI-GN] A. Ben-Tal, L. El Ghaoui, and A. Nemirovski. *Robust Optimization*. Princeton Series in Applied Mathematics, 2009.

URBAN GREENING

Istituto: *CNR-IASI* | Referente: *Davide D. Russo*

Definizione Per greening urbano si intende la pratica di introdurre elementi di natura nelle aree urbane, come ad esempio la piantumazione di alberi e la creazione di parchi e giardini pubblici, con l'obiettivo di migliorare la qualità della vita degli abitanti delle città, contribuendo a creare un ambiente più sano e piacevole. Tuttavia, esso non si limita solo alla piantumazione di alberi e alla creazione di parchi. Esso può includere anche la creazione di tetti verdi, la riqualificazione di spazi urbani abbandonati o degradati, e la promozione di tecniche di agricoltura urbana. Grazie alla spinta delle Istituzioni Europee ed alle opportunità di finanziamento offerte dal Recovery Fund, il settore del verde urbano, noto anche come Urban Forestry o Urban Greening, sta vivendo un periodo di particolare interesse. L'aumento della crescita urbana e la carenza di aree verdi effettivamente fruibili ha contribuito all'aumento dell'attenzione sulla ricerca di modelli urbani più resistenti e sostenibili. Questo è particolarmente importante per affrontare le sfide poste dal cambiamento climatico. Un approccio tecnico-scientifico al verde urbano è un fattore cruciale per raggiungere l'obiettivo di promuovere modelli urbani più sostenibili, sfruttando i benefici economici, sociali e ambientali offerti dagli spazi verdi urbani e periurbani. Secondo la FAO [1], una gestione efficace e integrata della vegetazione urbana può contribuire a risolvere diverse problematiche locali, come la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici, l'approvvigionamento di risorse idriche e alimentari di qualità, la promozione della salute e del benessere delle comunità, la creazione di occupazione e reddito, la conservazione dell'ambiente, la gestione del rischio di catastrofi e l'aumento della qualità della vita nelle città [2-4]. Tipologia di strutture verdi urbane: il greening urbano può assumere diverse forme a seconda dello spazio a disposizione e della struttura che si vuole realizzare. Alcune delle più efficaci strutture sono il bosco

verticale ed il giardino verticale. Un Bosco Verticale è una tipologia di edificio prototipo di una nuova forma di biodiversità architettonica cittadina. Il primo esempio italiano, realizzato a Milano è costituito da due torri che ospitano una quantità di vegetazione equivalente a 30.000 metri quadrati di bosco e sottobosco, concentrati su 3.000 metri quadrati di superficie urbana. Un giardino verticale, invece, è un pannello sospeso verticalmente su cui le piante vengono coltivate con la tecnica idroponica. Queste strutture uniche possono essere indipendenti o attaccate a una parete, piccole come una cornice o abbastanza grandi da coprire la parete di un palazzo. Possono poi essere considerati i tetti verdi, aiuole, giardini, fino a singoli alberi o piante. **Metodologia:** Il greening urbano può essere gestito tramite metodi di localizzazione di servizi/infrastrutture sul territorio (CFR SKEDA). Nell'ottica del greening urbano il problema può essere adattato alla localizzazione delle aree verdi nell'ambiente urbano in modo da massimizzare l'impatto positivo sulla qualità di vita dei cittadini. In questo caso il problema di localizzazione è complesso perché coinvolge la geografia del territorio, il clima, le diverse tipologie di possibili interventi di greening. Sono disponibili algoritmi e modelli di ottimizzazione che tengono conto di tutti i fattori coinvolti nella scelta della posizione delle strutture, basati su tecniche di analisi spaziale e di simulazione per valutare gli impatti delle diverse opzioni di posizionamento e per generare soluzioni ottimali in termini di scelta e posizionamento delle strutture verdi [5,6].

Risultati attesi: L'uso di tecniche di ottimizzazione per la localizzazione di aree verdi urbane permette di massimizzare l'impatto positivo di tali strutture sulla sostenibilità delle aree urbane: qualità di vita dei cittadini, qualità dell'aria, risparmio energetico, adattamento climatico sono solo alcuni dei vantaggi che una localizzazione efficace delle strutture verdi disponibili permette di ottenere.

Approfondimenti



Figure 1: Bosco Verticale situato ai margini del quartiere Isola di Milano. E' un complesso di due palazzi residenziali a torre progettato da Boeri Studio che contiene una quantità di vegetazione equivalente a 30.000 metri quadrati di bosco e sottobosco.



Figure 2: Esempio di giardino verticale realizzato presso il centro culturale CaixaForum di Madrid. Esso ospita quasi 300 specie diverse di piante per un totale di oltre 15.000 unità.

Bibliografia

1. <https://www.fao.org/news/story/it/item/1259783/icode/>
2. Viecco, Margaret, et al. "Green roofs and green walls layouts for improved urban air quality by mitigating particulate matter." *Building and Environment* 204 (2021): 108120.
3. Perini, Katia, and Paolo Rosasco. "Cost-benefit analysis for green façades and living wall systems." *Building and Environment* 70 (2013): 110-121.
4. Oquendo-Di Cosola, V., F. Oliveri, and L. Ruiz-García. "A systematic review of the impact of green walls on urban comfort: temperature reduction and noise attenuation." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 162 (2022): 112463.
5. FARAHANI R.Z., HEKMATFAR M., Facility location: concepts, models, algorithms and case studies, Springer Science & Business Media, London, 2009.
6. EISELTH.A., MARIANO V., Foundations of location analysis, International Series in Operations Research & Management Science, Springer, New York, USA, 2011.

Analisi e supporto giuridico all'integrazione tra GD e processo decisionale della PA

Istituto: *CNR-IFAC* | Referente: *Valentina Colcelli*



La messa a disposizione di un digital twin comporta per le PA, delle ricadute notevoli sui loro processi decisionali, e sulle regole che governano l'azione amministrativa. Il modello tradizionale di decisione delle PA si basa sul procedimento amministrativo. La digitalizzazione dei processi decisionali amministrativi impatta come un'innovazione "disruptive" nell'organizzazione e le procedure amministrative. È sorto un dibattito particolarmente interessante sull'impatto delle procedure digitalizzate e sull'impiego degli algoritmi e dei sistemi di machine learning nella PA. In primo luogo, ci si è domandati se l'impiego di sistemi digitali fondati su algoritmi e intelligenza artificiale (IA), sia sottoposto ad un principio di tipicità, ovvero se il loro impiego deve essere espressamente autorizzato dalla legge. Nell'ordinamento italiano è la stessa l. 241/90, legge generale sul procedimento amministrativo, a stabilire che "per conseguire maggiore efficienza nella loro attività, le amministrazioni pubbliche agiscono mediante strumenti informatici e telematici, nei rapporti interni, tra le diverse amministrazioni e tra queste e i privati" (art. 3-bis, l. 241/90). Questa norma chiaramente consente un uso generalizzato degli strumenti artificiali, compresi gli algoritmi e l'IA. La digitalizzazione ed i connessi procedimenti algoritmici comportano necessariamente una destrutturazione della logica procedimentale e partecipava sottostante all'azione amministrativa. (si pensi ai casi in cui il ruolo del privato è solo quello di inserire i dati richiesti dal sistema). Sul punto ha preso esplicita posizione il Consiglio di Stato, il quale ha avuto modi di affermare che "Non può quindi ritenersi applicabile in modo indiscriminato ... all'attività amministrativa algoritmica, tutta la legge sul procedimento amministrativo, concepita in un'epo-

ca nella quale l'amministrazione non era investita dalla rivoluzione tecnologica".

Il tema dei pericoli connessi allo strumento non è ovviato dalla rigida e meccanica applicazione di tutte le minute regole procedimentali della legge n. 241 del 1990. La giurisprudenza amministrativa, per quanto riguarda le procedure automatizzate, sposta il piano delle garanzie dal momento del procedimento a quello della trasparenza e delle connesse regole predisposte dal regolamento sulla privacy (c.d. GDPR).

In particolare, la giurisprudenza ha individuato i seguenti principi:

- piena conoscibilità a monte del modulo utilizzato e dei criteri applicati (trasparenza)
- imputabilità della decisione all'organo titolare del potere, il quale deve poter svolgere la necessaria verifica di logicità e legittimità della scelta e degli esiti affidati all'algoritmo (human in the loop).

La trasparenza, in particolare, implica la piena conoscibilità della c.d. black box (cioè i codici sorgente).

In definitiva la giurisprudenza per il procedimento algoritmico ha adottato i tre seguenti principi.

A) il principio di conoscibilità, per cui ognuno ha diritto a conoscere l'esistenza di processi decisionali automatizzati che lo riguardino ed in questo caso a ricevere informazioni significative sulla logica utilizzata e costituisce diretta applicazione specifica dell'art. 42 della Carta Europea dei Diritti Fondamentali ("Right to a good administration"), laddove afferma che quando la PA intende adottare una decisione che può avere effetti avversi su di una persona, essa ha l'obbligo di sentirla prima di agire, di consentirle l'accesso ai suoi archivi e documenti, ed, infine, ha l'obbligo di "dare le ragioni della propria decisione". Il

principio di conoscibilità si completa con il principio di comprensibilità, ovvero la possibilità, per riprendere l'espressione del Regolamento, di ricevere "informazioni significative sulla logica utilizzata".

B) Il principio di non esclusività della decisione algoritmica (o human in the loop), secondo cui nel caso in cui una decisione automatizzata "produca effetti giuridici che riguardano o che incidano significativamente su una persona", questa ha diritto a che tale decisione non sia basata unicamente su tale processo automatizzato (art. 22 GDPR.). In proposito, deve comunque esistere nel processo decisionale un contributo umano capace di controllare, validare ovvero smentire la decisione automatica. C) In terzo luogo, dal considerando n. 71 del Regolamento 679/2016 il diritto europeo si trae il principio di non discriminazione algoritmica, secondo cui è opportuno che il titolare del trattamento utilizzi procedure matematiche o statistiche appropriate per la profilazione, mettendo in atto misure tecniche e organizzative adeguate al fine di garantire, in particolare, che siano rettificati i fattori che comportano inesattezze dei dati e sia minimizzato il rischio di errori e al fine di garantire la sicurezza dei dati personali, secondo una modalità che tenga conto dei potenziali rischi esistenti per gli interessi e i diritti dell'interessato e che impedisca tra l'altro effetti discriminatori nei confronti di persone fisiche.

In questi casi, come afferma il considerando, oc-

correrebbe rettificare i dati in "ingresso" per evitare effetti discriminatori nell'output decisionale; operazione questa che richiede evidentemente la necessaria cooperazione di chi istruisce le macchine che producono tali decisioni.

Bibliografia

- R. G. Avanzini, Decisioni amministrative e algoritmi informatici, Napoli, 2019
 B. Marchetti, Amministrazione digitale, in Enc. dir., I tematici, Milano, 2022, 75 ss. L. Previti, La decisione amministrativa robotica, Napoli, 2022
 L. Torchia, Lo stato digitale, Bologna, 2023

AGENDA 2030

Obiettivo 11: Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili

11.1

Entro il 2030, garantire a tutti l'accesso ad alloggi adeguati, sicuri e convenienti e ai servizi di base e riqualificare i quartieri poveri

11.2

Entro il 2030, garantire a tutti l'accesso a un sistema di trasporti sicuro, conveniente, accessibile e sostenibile, migliorando la sicurezza delle strade, in particolar modo potenziando i trasporti pubblici, con particolare attenzione ai bisogni di coloro che sono più vulnerabili, donne, bambini, persone con invalidità e anziani

11.3

Entro il 2030, potenziare un'urbanizzazione inclusiva e sostenibile e la capacità di pianificare e gestire in tutti i paesi un insediamento umano che sia partecipativo, integrato e sostenibile

11.4

Potenziare gli sforzi per proteggere e salvaguardare il patrimonio culturale e naturale del mondo

11.5

Entro il 2030, ridurre in modo significativo il numero di decessi e il numero di persone colpite e diminuire in modo sostanziale le perdite economiche dirette rispetto al prodotto interno lordo globale causate da calamità, comprese quelle legate all'acqua, con particolare riguardo alla protezione dei poveri e delle persone più vulnerabili

11.6

Entro il 2030, ridurre l'impatto ambientale negativo pro-capite delle città, prestando particolare attenzione alla qualità dell'aria e alla gestione dei rifiuti urbani e di altri rifiuti

11.7

Entro il 2030, fornire accesso universale a spazi verdi e pubblici sicuri, inclusivi e accessibili, in particolare per donne, bambini, anziani e disabili

11.a

Supportare i positivi legami economici, sociali e ambientali tra aree urbane, periurbane e rurali rafforzando la pianificazione dello sviluppo nazionale e regionale

11.b

Entro il 2020, aumentare considerevolmente il numero di città e insediamenti umani che adottano e attuano politiche integrate e piani tesi all'inclusione, all'efficienza delle risorse, alla mitigazione e all'adattamento ai cambiamenti climatici, alla resistenza ai disastri, e che promuovono e attuano una gestione olistica del rischio di disastri su tutti i livelli, in linea con il Quadro di Sendai per la Riduzione del Rischio di Disastri 2015-2030

11.c

Supportare i paesi meno sviluppati, anche con assistenza tecnica e finanziaria, nel costruire edifici sostenibili e resilienti utilizzando materiali locali

ALLOGGIO E SERVIZI DI BASE

Obiettivo 11: Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili

TARGET

Entro il 2030, garantire a tutti l'accesso a un alloggio e a servizi di base adeguati, sicuri e convenienti e riqualifica dei quartieri poveri

INDICATORE

11.1.1 - Percentuale di popolazione che vive in baraccopoli urbane, insediamenti informali o alloggio inadeguato

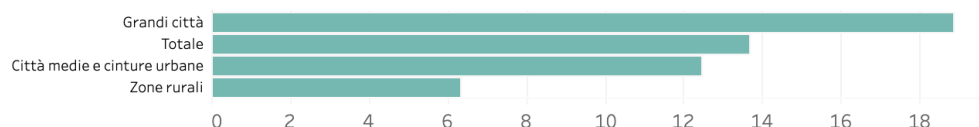
MISURA STATISTICA

- Percentuale di persone che vivono in abitazioni con problemi strutturali o problemi di umidità - Valori percentuali
- Percentuale di persone che vivono in abitazioni sovraffollate - Valori percentuali
- Percentuale di persone che vivono in abitazioni con rumore dai vicini o dalla strada - Valori percentuali

Collegamento Dati ISTAT

Seleziona le modalità da rappresentare nel grafico

(Tutti) ▼



TARGET - Entro il 2030, garantire a tutti l'accesso a un alloggio e a servizi di base adeguati, sicuri e convenienti e riqualifica dei quartieri poveri

INDICATORE - 11.1.1 - Percentuale di popolazione che vive in baraccopoli urbane, insediamenti informali o alloggio inadeguato

MISURA STATISTICA - SDG-224, Percentuale di persone che vivono in abitazioni con rumore dai vicini o dalla strada - Valori percentuali

DIMENSIONE - Grado di urbanizzazione (Eurostat DEGURBA)

SISTEMI DI TRASPORTO SICURI E SOSTENIBILI

Obiettivo 11: Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili

TARGET

Entro il 2030, fornire l'accesso a sistemi di trasporto sicuri, sostenibili e convenienti per tutti, migliorare la sicurezza stradale, in particolare ampliando i mezzi pubblici, con particolare attenzione alle esigenze di chi è in situazioni vulnerabili, alle donne, ai bambini, alle persone con disabilità e agli anziani

INDICATORE

11.2.1 - Percentuale di popolazione che ha un accesso comodo al trasporto pubblico, per sesso, età e persone con disabilità

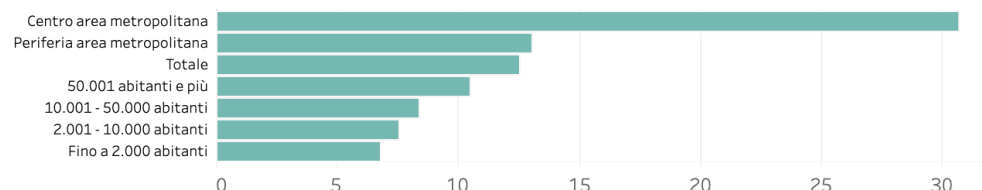
MISURA STATISTICA

- Posti-km offerti dal Tpl - Valori per abitante
- Utenti assidui dei mezzi pubblici - Valori percentuali
- Famiglie che dichiarano difficoltà di collegamento con mezzi pubblici nella zona in cui risiedono - Valori percentuali
- Studenti che si spostano abitualmente per raggiungere il luogo di studio solo con mezzi pubblici - Valori percentuali
- Occupati che si recano abitualmente sul luogo di lavoro solo con mezzi privati - Valori percentuali

Collegamento Dati ISTAT

Seleziona le modalità da rappresentare nel grafico

(Tutti) ▼



TARGET - Entro il 2030, fornire l'accesso a sistemi di trasporto sicuri, sostenibili e convenienti per tutti, migliorare la sicurezza stradale, in particolare ampliando i mezzi pubblici, con particolare attenzione alle esigenze di chi è in situazioni vulnerabili, alle donne, ai bambini, alle persone con disabilità e agli anziani

INDICATORE - 11.2.1 - Percentuale di popolazione che ha un accesso comodo al trasporto pubblico, per sesso, età e persone con disabilità

MISURA STATISTICA - 12SER021, Utenti assidui dei mezzi pubblici - Valori percentuali

DIMENSIONE - Tipologia comunale

URBANIZZAZIONE INCLUSIVA E PARTECIPATA

Obiettivo 11: Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili

TARGET

Entro il 2030, promuovere un'urbanizzazione inclusiva e sostenibile e la capacità di pianificazione e gestione partecipata e integrata dell'insediamento umano in tutti i paesi.

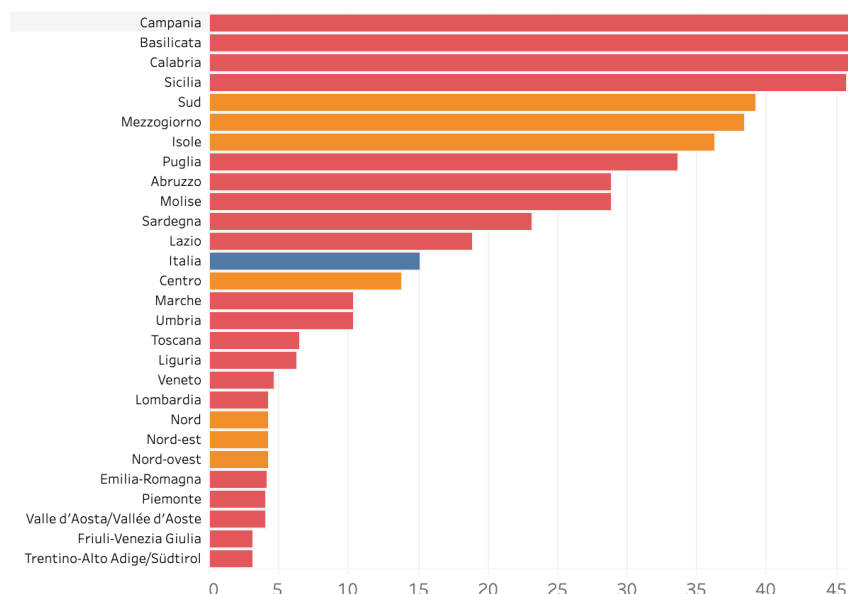
INDICATORE

11.3.1 - Rapporto tra tasso di consumo di suolo per tasso di crescita della popolazione

MISURA STATISTICA

- Impermeabilizzazione e consumo di suolo pro capite - m² per abitante
- Abusivismo edilizio - Per 100 costruzioni autorizzate

Collegamento Dati ISTAT



TARGET - Entro il 2030, promuovere un'urbanizzazione inclusiva e sostenibile e la capacità di pianificazione e gestione partecipata e integrata dell'insediamento umano in tutti i paesi.

INDICATORE - 11.3.1 - Rapporto tra tasso di consumo di suolo per tasso di crescita della popolazione

MISURA STATISTICA - 09PAE003, Abusivismo edilizio - Per 100 costruzioni autorizzate

DIMENSIONE - Territorio

SALVAGUARDARE IL PATRIMONIO

Obiettivo 11: Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili

TARGET

Rafforzare gli impegni per proteggere e salvaguardare il patrimonio culturale e naturale del mondo

INDICATORE

11.4.1 - Spesa totale pro capite per la conservazione, la protezione e la conservazione del patrimonio culturale e naturale, per fonte del finanziamento (pubblico, privato), tipo di patrimonio (culturale, naturale) e livello di governo (nazionale, regionale e locale/comunale)

MISURA STATISTICA

- Spesa pubblica pro capite a protezione delle biodiversità e dei beni paesaggistici - Euro (prezzi correnti)

Collegamento Dati ISTAT

Seleziona le modalità da rappresentare nel grafico

Italia ▼



TARGET - Rafforzare gli impegni per proteggere e salvaguardare il patrimonio culturale e naturale del mondo

INDICATORE - 11.4.1 - Spesa totale pro capite per la conservazione, la protezione e la conservazione del patrimonio culturale e naturale, per fonte del finanziamento (pubblico, privato), tipo di patrimonio (culturale, naturale) e livello di governo (nazionale, regionale e locale/comunale)

MISURA STATISTICA - SDG-50, Spesa pubblica pro capite a protezione delle biodiversità e dei beni paesaggistici - Euro (prezzi correnti)

DIMENSIONE - Territorio

RIDUZIONE DI MORTI O INCIDENTI PER CALAMITÀ

Obiettivo 11: Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili

TARGET

Entro il 2030, ridurre in modo significativo il numero di morti e il numero di persone colpite da calamità, compresi i disastri provocati dall'acqua, e ridurre in modo sostanziale le perdite economiche dirette in termini di prodotto interno lordo globale dovute ai disastri naturali, con una particolare attenzione alla protezione dei poveri e delle persone in situazioni di vulnerabilità

INDICATORE

11.5.1 - Numero di morti, dispersi e delle persone direttamente colpite, attribuito a disastri per 100.000 abitanti

Seleziona le modalità da rappresentare nel grafico

Italia



MISURA STATISTICA

- Numero di morti e persone disperse per frane - N.
- Numero di morti e persone disperse per alluvioni/allagamenti - N.
- Numero di feriti per frane - N.
- Popolazione esposta al rischio di frane - Valori percentuali
- Popolazione esposta al rischio di alluvioni - Valori percentuali
- Numero di feriti per alluvioni/allagamenti - N.

Collegamento Dati ISTAT

TARGET - Entro il 2030, ridurre in modo significativo il numero di morti e il numero di persone colpite da calamità, compresi i disastri provocati dall'acqua, e ridurre in modo sostanziale le perdite economiche dirette in termini di prodotto interno lordo globale dovute ai disastri naturali, con una particolare attenzione alla protezione dei poveri e delle persone in situazioni di vulnerabilità

INDICATORE - 11.5.1 - Numero di morti, dispersi e delle persone direttamente colpite, attribuito a disastri per 100.000 abitanti

MISURA STATISTICA - SDG-269, Numero di morti e persone disperse per frane - N.

DIMENSIONE - Territorio

RIDUZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE

Obiettivo 11: Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili

TARGET

Entro il 2030, ridurre l'impatto ambientale negativo pro capite delle città, in particolare riguardo alla qualità dell'aria e alla gestione dei rifiuti

INDICATORE

11.6.2 - Livelli annuali medi di particolato sottile (PM 2,5 e PM 10) nelle città (ponderato sulla popolazione)

MISURA STATISTICA

- Qualità dell'aria - PM2.5 - Valori percentuali
- Esposizione della popolazione urbana all'inquinamento atmosferico da particolato <2.5 Micro g/m³ - Microgrammi per m³

- Esposizione della popolazione urbana all'inquinamento atmosferico da particolato <10 Micro g/m³ - Microgrammi per m³
- Superamenti del valore limite giornaliero previsto per il PM10 nei comuni capoluogo di provincia/città metropolitana - Numero di giorni
- PM10 Concentrazione media annuale nei comuni capoluogo di provincia/città metropolitana - Microgrammi per m³
- PM2.5 Concentrazione media annuale nei comuni capoluogo di provincia/città metropolitana - Microgrammi per m³
- O3 Ozono. Numero di giorni di superamento dell'obiettivo nei comuni capoluogo di provincia/città metropolitana - Numero di giorni
- NO2 Biossido di azoto. Concentrazione media annuale nei comuni capoluogo di provincia/città metropolitana - Microgrammi per m³

Collegamento Dati ISTAT

Seleziona le modalità da rappresentare nel grafico

Italia



TARGET - Entro il 2030, ridurre l'impatto ambientale negativo pro capite delle città, in particolare riguardo alla qualità dell'aria e alla gestione dei rifiuti

INDICATORE - 11.6.2 - Livelli annuali medi di particolato sottile (PM 2,5 e PM 10) nelle città (ponderato sulla popolazione)

MISURA STATISTICA - SDG-10, Esposizione della popolazione urbana all'inquinamento atmosferico da particolato <2.5 Micro g/m³ - Microgrammi per m³

DIMENSIONE - Territorio

ACCESSO A SPAZI VERDI PUBBLICI E SICURI

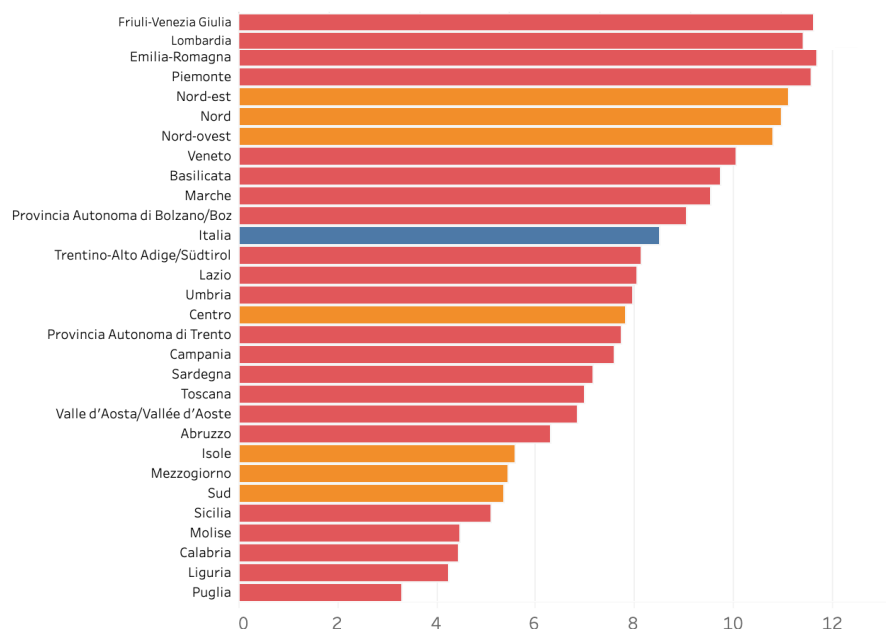
Obiettivo 11: Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili

TARGET

Entro il 2030, fornire l'accesso universale a spazi verdi pubblici sicuri, inclusivi e accessibili, in particolare per le donne e i bambini, gli anziani e le persone con disabilità

INDICATORE

11.7.1 - Percentuale media dell'area urbanizzata delle città che viene utilizzata come spazio pubblico, per sesso età e persone con disabilità



MISURA STATISTICA

Incidenza delle aree di verde urbano sulla superficie urbanizzata delle città - M2 per 100 m² di superficie urbanizzata

Collegamento Dati ISTAT

TARGET - Entro il 2030, fornire l'accesso universale a spazi verdi pubblici sicuri, inclusivi e accessibili, in particolare per le donne e i bambini, gli anziani e le persone con disabilità

INDICATORE - 11.7.1 - Percentuale media dell'area urbanizzata delle città che viene utilizzata come spazio pubblico, per sesso età e persone con disabilità

MISURA STATISTICA - SDG-62, Incidenza delle aree di verde urbano sulla superficie urbanizzata delle città - M2 per 100 m2 di superficie urbanizzata

DIMENSIONE - Territorio