

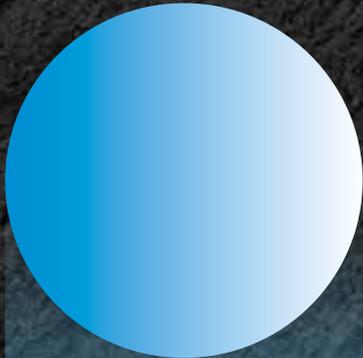


FONDAZIONE  
**Links**  
PASSION FOR INNOVATION

---

**FONDAZIONE LINKS**

# rapporto annuale di attività.



**20  
21**

---

Relazione di gestione e risultati raggiunti



# Sommario.

2021

<b>introduzione</b>	<b>4</b>	Lettera del Presidente.
	<b>6</b>	2021: un anno di trasformazione strutturale.
<b>obiettivi</b>	<b>10</b>	Accelerare la Competitività (ACO)
	<b>12</b>	Accelerare il Bene Comune (ABC)
	<b>15</b>	Accelerare l'Ecosistema Innovativo (AEI)
<b>CTO</b>	<b>18</b>	Trend di innovazione digitale del 2021 e principali risultati delle attività di ricerca di LINKS.
<b>domini di ricerca</b>	<b>22</b>	Advanced Computing, Photonics and Electromagnetics (CPE) <ul style="list-style-type: none"><li>• <a href="#">High Performance Computing</a></li><li>• <a href="#">Tecnologie e materiali per la Fotonica</a></li><li>• <a href="#">Elettromagnetismo Computazionale e Progettazione di Antenne Speciali</a></li></ul>
	<b>27</b>	AI, Data & Space (ADS) <ul style="list-style-type: none"><li>• <a href="#">AI e Data Science</a></li><li>• <a href="#">Space Applications</a></li><li>• <a href="#">Gestione delle emergenze</a></li></ul>
	<b>30</b>	Connected Systems & Cybersecurity (CSC) <ul style="list-style-type: none"><li>• <a href="#">Sistemi di Mobilità Connessa e Autonoma</a></li><li>• <a href="#">Cyber Physical Systems e Industrial IoT</a></li><li>• <a href="#">Cybersecurity</a></li></ul>
	<b>33</b>	Future Cities & Communities(FCC) <ul style="list-style-type: none"><li>• <a href="#">Mobilità e logistica</a></li><li>• <a href="#">ICT per l'energia e le persone</a></li><li>• <a href="#">Climate change, città e ambiente</a></li></ul>
<b>approfondimenti</b>	<b>36</b>	L'Internet del Valore e l'Economia dei Token.
	<b>39</b>	Quantum Computing, la nuova frontiera del HPC.

3

Rapporto annuale attività 2021

# Lettera del Presidente.

4 Il 2021 è stato per LINKS un anno di cambiamenti, quasi di rifondazione. In particolare l'approvazione del **nuovo Statuto**, da parte dei soci, ha delineato con precisione "chi siamo e dove andiamo".

Sofferamoci un attimo su quanto recita l'**art. 3** del nuovo Statuto, che qui riporto per facilità di lettura:

***"La Fondazione ha come obiettivo la ricerca applicata e il Trasferimento Tecnologico per perseguire, attraverso l'impiego diffuso e pervasivo delle tecnologie digitali, l'innovazione e la trasformazione digitale della società, in coerenza con le linee guida dell'Unione Europea orientate alla metamorfosi digitale della società e con particolare attenzione alle ricadute e allo sviluppo dei territori di riferimento in termini di innovazione".***

Da questa formulazione deriva che LINKS è un ente di ricerca e che l'**innovazione basata sulla ricerca** è il suo mandato fondamentale, ma in un contesto ben preciso. Il consolidamento dello scenario internazionale, in particolare europeo, deve rimanere un riferimento rilevante. E non solo come fonte significativa di finanziamento, ma come necessità di un confronto internazionale che è alla base del valore della scienza e della tecnologia.

A ciò si aggiunge la necessità di essere un attore rilevante della **trasformazione digitale**. Dall'esplosione di Internet, alla fine degli anni '90, ai social come nuovo paradigma di comunicazione globale e al recente Metaverso, che ci proietta in un mondo in cui è difficile distinguere tra il reale (materiale) e il virtuale, stiamo vivendo una entusiasmante, e per certi versi drammatica, rivoluzione della società. Pari, se non ancora più rilevante, della rivoluzione industriale a cavallo tra l'ottocento e il novecento, che ha e avrà influenze notevoli sulla società da un punto di vista economico, sociale e, forse, di paradigma etico. Tocca agli scienziati e ai ricercatori, e quindi a noi, accompagnare questa veloce transizione cercando di garantire il bene e il futuro dell'umanità.

La visione globale dei processi di innovazione e di trasformazione non deve farci perdere di vista il **contesto territoriale**. Essere un soggetto di sviluppo del territorio è ben delineato nell'art. 3, e questo ci impone un'attenzione particolare al mondo produttivo e alle imprese, con cui dobbiamo rafforzare i legami e le collaborazioni.

Consolidare e aumentare il rapporto con imprese piccole, medie e grandi è un obiettivo fondamentale per LINKS, non solo per garantire maggiori sostenibilità e autofinanziamento, obiettivo necessario e doveroso, ma per ricoprire primariamente il ruolo di acceleratore di sviluppo, fondamentale nella trasformazione industriale in atto. Tanto più rilevante nel nostro territorio da tempo basato su una industria manifatturiera legata al comparto automobilistico che sta subendo trasformazioni profonde.

A tal proposito pare opportuno citare lo stesso art. 3 dello Statuto al punto e), che elencando gli scopi di LINKS, recita: **“gestire l’indirizzamento, il coordinamento e la realizzazione di iniziative finalizzate all’innovazione della società nell’ambito delle linee di azione della Compagnia di San Paolo e del Politecnico”**, indicando esplicitamente il ruolo di LINKS nella filiera dell’innovazione che si è tradotta in questi ultimi anni anche nell’acquisizione di quote in i3P, in 2i3T, in Torino Wireless, nella costituzione di LIFTT e, a partire dal 1 gennaio 2022, nel controllo di ITHACA srl.

LINKS: non solo un soggetto legato alla ricerca applicata e al Trasferimento Tecnologico, ma un ente strumentale dei Soci Fondatori per presidiare la filiera dell’innovazione.

  
Presidente  
**Marco Mezzalama**



# 2021: un anno di trasformazione strutturale.

6 Nessuno avrebbe potuto immaginare che, dopo aver commentato nel 2020 i drammatici effetti della pandemia, anche il bilancio del 2021 si sarebbe aperto con un richiamo ad altri tragici eventi: quelli della guerra in Ucraina, iniziata il 24 febbraio 2022 ma che non possiamo non citare in questo rapporto annuale. È un segno che i “cigni neri” stanno diventando purtroppo realtà ordinaria e che il mondo occidentale - e in particolare europeo - sta assistendo, spettatore spesso impotente, ad un susseguirsi di avvenimenti drammatici nel mondo, l’inizio dei quali, in epoca recente, può essere ascritto alla prima Guerra del Golfo, iniziata nel gennaio 1991.

Nonostante il perdurare degli ostacoli della pandemia, il 2021 può essere definito un anno di trasformazione strutturale per la Fondazione LINKS, un anno durante il quale sono state assunte decisioni importanti che incideranno profondamente sul suo futuro sviluppo: nel mese di maggio è stato infatti stilato un nuovo **Statuto** e, sempre nel primo semestre, è stato varato il nuovo **Piano Strategico 2021-2024** che ha comportato una profonda riorganizzazione interna spalancando le porte anche a nuovi valori guida, nuovi obiettivi e a una nuova vision di LINKS.

## Statuto

Il nuovo Statuto stabilisce con maggior precisione gli obiettivi della Fondazione e ne ribadisce la strumentalità nei confronti dell’ecosistema Compagnia di San Paolo e Politecnico di Torino. Sulla base di questo nuovo Statuto (che prevede un aumento del numero dei consiglieri), il Presidente Marco Mezzalama è stato rieletto nel giugno 2021 e sono stati nominati altri 6 Consiglieri di Amministrazione, di cui due già presenti nella precedente Consiliatura e tre indipendenti (cioè non facenti parte dello staff di Compagnia di San Paolo o del Politecnico).

Sono entrati a far parte della compagine consiliare la dott.ssa Paola Bosso e i dott. Paolo Bonassi e Giovanni Tesoriere che affiancano i membri già presenti: i proff. Marco Mezzalama e Stefano Corgnati nominati dal Politecnico, la dott.ssa Carla Ferrari e il dott. Maurizio Vanotti nominati dalla Compagnia di San Paolo.

Il nuovo Statuto prevede inoltre l’istituzione di un Comitato Scientifico e la possibilità di ingresso di Soci Sostenitori, in grado di apportare competenze, attività professionali e beni materiali e immateriali: dispositivi ai quali il Consiglio di Amministrazione non ha per ora ancora dato seguito. È importante sottolineare come quelli citati non siano meri adempimenti giuridici formali, ma misure volte a dare maggiore rappresentanza

e voce presso LINKS ad una pluralità di soggetti provenienti dal mondo sociale, economico e scientifico e, al tempo stesso, a radicare maggiormente la Fondazione nella comunità scientifica e nella realtà territoriale.

### Piano Strategico 2021-2024

Il Piano individua la necessità di affiancare al team di ricerca della Fondazione uno strumento organizzativo che permetta di indirizzare l'operato scientifico, facendo "atterrare" i risultati presso gli stakeholder territoriali e mantenendo un livello importante di dialogo e ascolto.

Il Piano, così come il "Documento Programmatico Pluriennale 2021-2024" del socio Compagnia di San Paolo (CSP), trae il proprio indirizzamento dagli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs) delle Nazioni Unite e dalle Politiche UE. Dal punto di vista del modello organizzativo, in modo simile a quanto proposto da Compagnia di San Paolo, LINKS articola la propria attività su Obiettivi e Domini Tecnologici.

Nascono così le **tre** unità organizzative denominate **Obiettivi**, che permetteranno di dare una forte direzionalità all'azione della Fondazione. Gli Obiettivi si propongono di:

- 1. Accelerare la Competitività** del sistema aziendale, portando l'innovazione dentro le imprese e migliorando il lavoro di trasferimento del know-how di LINKS.
- 2. Accelerare il "Bene Comune"**, generando innovazione e impatto presso la Pubblica Amministrazione, nel sistema educativo, nel mondo dell'imprenditoria e degli investimenti a impatto sociale e nel settore culturale. Tramite questo Obiettivo, LINKS istituzionalizza il suo ruolo di partner di ricerca e innovazione anche per il mondo non profit e per quello della PA attraverso i laboratori Social Tech e Culture Tech e grazie all'Osservatorio PNRR.
- 3. Arricchire l'ecosistema innovativo**, favorendo la nascita di nuove start-up, aumentando il numero di accordi di HUB, gestendo in modo proattivo l'ecosistema dei talenti.

Ai tre Obiettivi si affiancano **quattro Domini Tecnologici**:

- 1.** Advanced Computing, Photonics and Electromagnetics.
- 2.** AI, Data and Space.
- 3.** Connected Systems and Cybersecurity.
- 4.** Future Cities and Communities.

I Domini Tecnologici sono il risultato dell'accorpamento di alcune delle "Aree di Ricerca" che esistevano in precedenza, ma il loro valore va oltre la semplice razionalizzazione organizzativa: sono state infatti costruite sulla base del principio di **ibridazione tra "competenze tecnologiche"**, caratterizzate da valore di TRL basso e tematiche emergenti ancora lontane dal mercato, e **"domini applicativi"**, dove valori di TRL più elevati confermano la maggiore vicinanza ai mercati di riferimento.

L'applicazione del principio dell'ibridazione ha consentito, prima di tutto, di semplificare la precedente struttura organizzativa che era costruita su più di 15 "Aree di Ricerca", ma soprattutto permetterà di realizzare una gestione del personale più virtuosa in termini di contaminazione di competenze, di capacità di allocare effort sui progetti, di creazione di un forte spirito di gruppo, segnando un miglioramento significativo rispetto alle consuetudini gestionali sedimentate negli anni. Il nuovo assetto organizzativo, a pochi mesi dalla sua introduzione, sta già dimostrando tutta la sua forza sinergica e dirompente, superando le poche incertezze iniziali - tipiche per altro degli schemi fortemente innovativi.

Il Piano Strategico indica anche esplicitamente che Fondazione LINKS si dota di una missione **"Marketing Strategico"**, attiva una missione **"Ed-Tech 4.0"** per sviluppare programmi di ricerca sull'innovazione in ambito Education e introduce una **gestione proattiva delle risorse umane**, al fine di contrastare l'obsolescenza delle competenze e reclutare in modo strutturato talenti che potranno essere poi trattieneuti oppure restituiti - dopo qualche anno di formazione sul campo - al territorio.

### LIFTT e ITHACA srl

Il nuovo Statuto e il Piano delineano altresì un ruolo della Fondazione come **promotore di iniziative** volte alla valorizzazione delle attività di ricerca e innovazione dell'ecosistema di riferimento, anche tramite l'acquisizione

di partecipazioni. In quest'ottica, la Fondazione ha acquisito in passato delle quote negli incubatori i3P e 2i3T, ha aderito nel primo trimestre del 2022 all'aumento di capitale di LIFTT e, a partire da gennaio 2022, ha acquisito la totalità delle quote di ITHACA srl.

### Soci Fondatori

Nel 2021 sono significativamente aumentate e migliorate **le sinergie con i Soci Fondatori**. Innanzitutto, LINKS ha condiviso con i Soci sia la pianificazione dello Statuto sia l'impostazione, redazione e attuazione del Piano Strategico. In particolare, per quest'ultimo sono state trasmesse a LINKS a inizio 2021 le **linee guida che hanno indirizzato la scrittura del Piano**. Quest'ultimo, inoltre, è stato allineato e riletto con Compagnia di San Paolo nel quadro del tavolo di **"Comitato di Indirizzo e Coordinamento"** che coinvolge tutti gli enti del Gruppo.

Nei **rapporti con il Politecnico**, LINKS si configura sempre più come Ente Strumentale dell'Ateneo, analogamente a quanto avviene con la Compagnia di San Paolo: la Fondazione ha infatti partecipato e contribuito, nel 2021, al progetto volto al potenziamento delle Piattaforme di Ateneo. Inoltre, sono state attivate recentemente nuove collaborazioni scientifiche in aggiunta a quelle consuete stabilite con i dipartimenti ICT (Dipartimento di Automatica e Informatica - DAUIN e Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - DET): in particolare sono stati attivati contatti nei settori dell'energia, delle infrastrutture, dell'urbanistica e dell'architettura.

Con **riferimento alla Compagnia di San Paolo**, la Fondazione ha prima di tutto condiviso con il Socio Fondatore l'impostazione del Piano: in particolare, LINKS afferisce all'**"Obiettivo Pianeta"**, con il quale condivide numerosi KPI (circa 40). Inoltre, proprio in allineamento con la Compagnia di San Paolo è stato creato, nel corso del 2021, il già citato laboratorio Ed-Tech 4.0.

Le strutturali modifiche interne e nei piani di crescita non hanno impedito di continuare a sviluppare l'**attività della Fondazione LINKS**. Tra le varie iniziative merita di essere menzionata l'assegnazione alla nostra città dell'ESA BIC - Business Incubation Center - Turin, progetto portato avanti da una cordata formata da i3P, Politecnico e LINKS. Da rilevare inoltre l'attivazione del progetto CTE Next - Casa delle Tecnologie Emergenti, di cui LINKS fa parte.

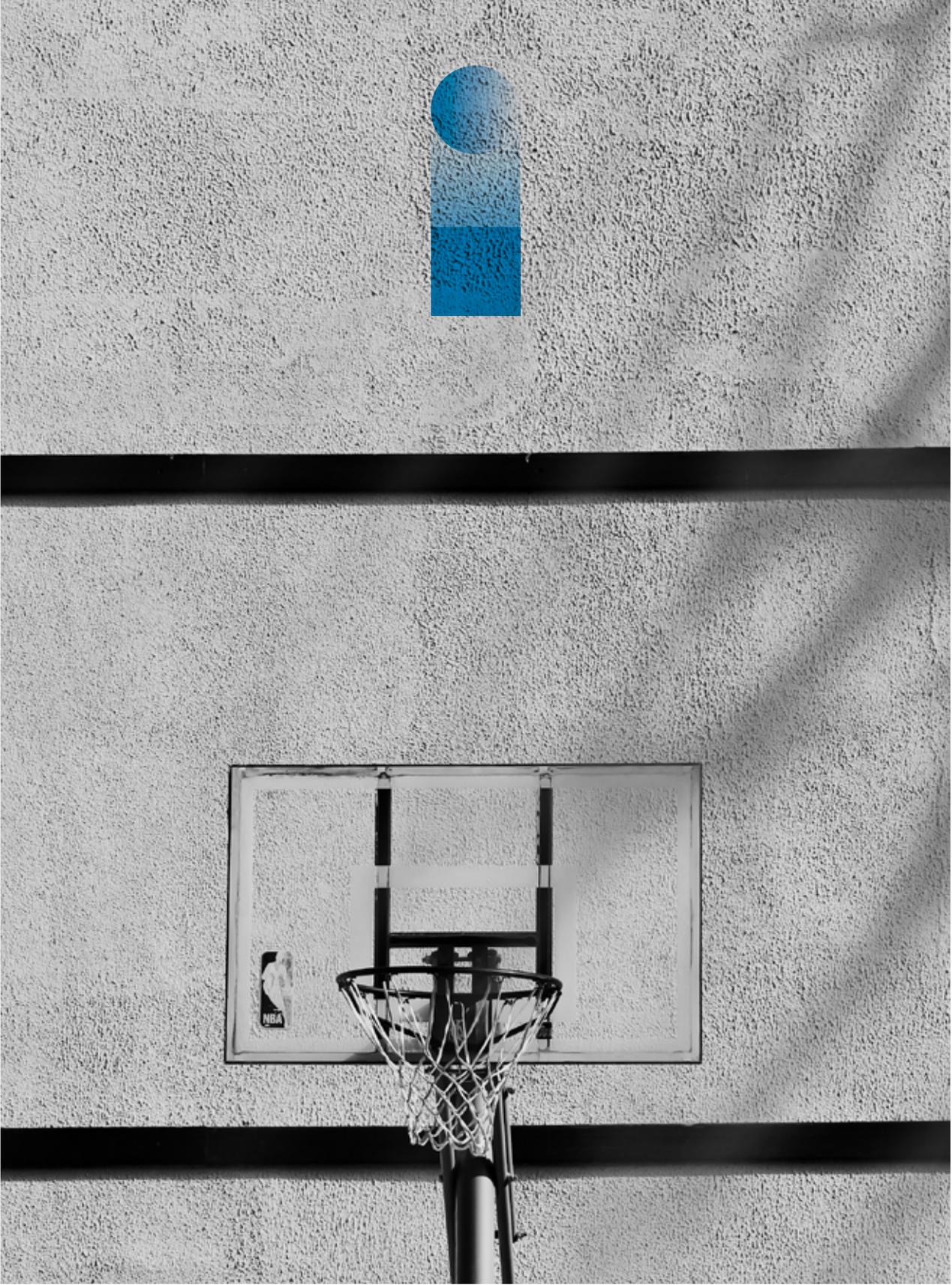
Sono stati anche siglati molti **accordi di collaborazione**, tra i quali quelli con l'Unione Industriali di Torino sull'EIC Instrument con Confindustria Cuneo e con la Provincia di Alessandria.

Numerosi sono stati i **progetti condotti** nel corso del 2021: fra i tanti si possono ricordare il successo della candidatura UNESCO dei Portici di Bologna, il progetto 5G-IANA che potenzierà l'infrastruttura 5G abilitando lo sviluppo di servizi chiave per la mobilità cooperativa connessa e autonoma, il FET B-CRATOS per la progettazione di un braccio bionico con tecniche innovative di interazione tra il cervello e l'arto meccanico, i progetti Starlight e Appraise da ascrivere alla filiera dell'intelligenza Artificiale legata alla sicurezza e al Law Enforcement, l'assegnazione di call ESA nell'ambito del programma Navisp che porterà LINKS a lavorare con le PMI del settore spazio, il progetto SEPROM volto a sviluppare nuove misure di protezione elettronica, le commesse di IREN sulle energy community e nuovi progetti sulle fibre ottiche sviluppati con CISCO e SM Optics, nonché l'interessante analisi strategica sulla potenziale infrastruttura autostradale Carcare Predosa.

Resa più resiliente dalle trasformazioni strutturali apportate nel corso dell'ultimo anno e consapevole dei buoni risultati progettuali ottenuti, LINKS continuerà ad estendere la propria presenza e l'operatività nell'ecosistema innovativo del Piemonte e, più in generale, del Nord Ovest. Questo perché non c'è alcun dubbio che l'improcrastinabile rilancio dell'economia torinese e le necessarie trasformazioni che deriveranno dai nuovi equilibri geo-politici internazionali passeranno necessariamente da un rinnovato impegno di innovazione, di Trasferimento Tecnologico e di conoscenza verso il settore sociale produttivo.

Direttore  
Stefano **Buscaglia**





# Accelerare la Competitività.

**10** L'Obiettivo Accelerare la Competitività (ACO) ha ricevuto il mandato di accentrare alcune competenze e servizi di interesse per tutti i team della Fondazione LINKS proponendo metodologie, strumenti e identificando best practice relative a tematiche trasversali rispetto al presidio delle tecnologie, compito che rimane affidato ai quattro Domini Tecnologici. In particolare, ad ACO è stato chiesto di mettere a punto proposte per l'organizzazione e la metodologia di gestione del **Marketing Strategico**, del **Trasferimento Tecnologico** e della **Progettazione Congiunta**.

Le tre Missioni affidate ad ACO fanno parte in realtà di un tema più ampio e generale che è quello della valorizzazione dei risultati della ricerca e, per questa ragione, hanno numerose interazioni le une con le altre, operando verso un risultato complessivo comune.

Precedentemente alla riorganizzazione, le attività alle quali fanno riferimento le tre Missioni erano svolte dalle singole Aree di Ricerca ma in assenza di una strategia formalizzata e condivisa. Sebbene questo approccio abbia comunque portato risultati positivi, si è preso atto che la dimensione raggiunta da LINKS, la complessità dei temi di ricerca presidiati e la recente spinta a migliorare le relazioni con il mercato, richiedono ora un'organizzazione più strutturata delle azioni corrispondenti alle tre Missioni.

Nel 2021 è stata innanzitutto definita un'articolata proposta di organizzazione delle tre Missioni, corredata dall'individuazione di attività di maggior dettaglio tra le quali sono state identificate le relazioni e le dipendenze reciproche. Ne è risultata una proposta di organizzazione completata nel 2021 e sottomessa a valutazione interna, che prevede attività quali:

- La ricognizione e organizzazione, in collaborazione con i Domini Tecnologici e gli altri Obiettivi, degli asset sviluppati dai singoli team e l'identificazione, tra questi, di quelli che meglio si prestano ad un percorso di valorizzazione (verso altri progetti finanziati o verso il mercato). È stata anche discussa a lungo l'opportunità / necessità di favorire l'adozione in LINKS di metodologie di progetto orientate alla valorizzazione degli asset e al loro riuso.
- L'identificazione dei **principali stakeholder** di LINKS, classificati per tipologia. È stato anche proposto di realizzare un sistema informativo (o un'estensione di un sistema esistente) che raccolga queste

informazioni, messe a disposizione dei colleghi che spesso hanno necessità di identificare end user o partner di nuove proposte di progetto.

- L'identificazione di **best practice** di valorizzazione di prototipi di soluzioni ICT, attingendo alla vasta esperienza che LINKS ha accumulato partecipando a progetti finanziati e a progetti di ricerca commissionata.
- La raccolta di semilavorati, template di documenti, esempi di metodologie derivanti da progetti di successo.
- La redazione di una proposta di regolamento brevettuale, parte importante per l'organizzazione delle attività di Trasferimento Tecnologico.

Al fine di dare concretezza alla missione generale di rappresentare un punto di riferimento e un team di supporto a disposizione dei Domini Tecnologici e degli Obiettivi anche nella loro operatività, alcuni membri del team ACO hanno offerto, negli ultimi mesi del 2021, sostegno a colleghi per la redazione di parti di proposte di progetto relative alla identificazione e descrizione di asset e alle relative attività di exploitation da prevedere. In alcuni casi hanno anche supportato l'operatività sugli stessi temi in progetti già acquisiti da LINKS per i quali si era presentata una situazione di scarsità di risorse e competenze disponibili.

Un tema che nel 2021 ha avuto impatto su tutte le attività dei team di ricerca di LINKS è stato l'avvio del nuovo programma europeo Horizon Europe (HE) che ha introdotto, come già avvenuto in corrispondenza dell'avvio di programmi precedenti, alcune differenze nei requisiti, criteri e modalità da utilizzare per la redazione di proposte di progetto. Nel corso del 2021 sono state organizzate iniziative di informazione e formazione sulla nuova programmazione, e sono state completate azioni in risposta a nuovi requisiti posti da Horizon Europe per poter partecipare alle opportunità di finanziamento, quali la redazione della prima versione del Piano per la Gender Equality (GEP).

Alcune delle attività affidate ad ACO richiedono un rafforzamento di competenze per poter essere affrontate con la corretta professionalità. Per questo motivo, all'interno di ACO è stata avviata anche una ricognizione delle opportunità di formazione specifica disponibili. Tali opportunità, relative ad esempio al settore del Marketing Strategico, verranno attivate nel 2022 quando sarà consolidato il quadro organizzativo delle attività corrispondenti.

  
Edoardo  
**Calia**

# Accelerare il Bene Comune.

**12** L'Obiettivo Accelerare il Bene Comune (ABC) prende origine dall'aggregazione delle numerose competenze che la Fondazione LINKS ha maturato negli anni nel gestire interazioni con la Pubblica Amministrazione (PA) e nel progettare servizi dedicati ad uno dei principali stakeholder della Fondazione.

Nel team ABC operano sia esperti di Dominio che supportano Enti Pubblici nella predisposizione e redazione dei dossier di candidatura ai riconoscimenti dell'**UNESCO**, sia esperti di tecnologie che si sono dimostrate nel tempo particolarmente adatte a supportare la valorizzazione dei beni culturali, quali ad esempio la **Realtà Virtuale e Aumentata**.

Nel settore della valorizzazione dei beni culturali non legata a soluzioni tecnologiche, anche nel 2021 sono stati ottenuti significativi risultati dalla collaborazione con enti pubblici interessati a candidare beni del proprio territorio all'ottenimento di riconoscimenti UNESCO: il progetto di maggior successo è stata l'iscrizione dei **Portici di Bologna** alla UNESCO World Heritage List. L'esperienza maturata lavorando a queste candidature è di interesse per LINKS anche dal punto di vista di ulteriori opportunità di collaborazione con gli enti proponenti: per i beni oggetto di riconoscimento occorre infatti un impegno del proponente a gestirli mediante progetti di valorizzazione/conservazione, nei quali la Fondazione può intervenire con supporto metodologico, di pianificazione o anche tecnologico.

Nel 2021 Fondazione LINKS è stata impegnata nella preparazione della candidatura di **Civita di Bagnoregio**, contribuendo anche alla pianificazione delle azioni da programmare per la valorizzazione e conservazione del sito. Altri progetti svolti nel 2021 includono la revisione e aggiornamento dei Piani di Gestione (PdG) UNESCO per i siti Longobardi in Italia: i Luoghi del Potere e Crespi d'Adda.

Anche nell'ambito del progetto **Paesaggi Vitivinicoli del Piemonte: Langhe - Roero e Monferrato**, LINKS ha lavorato ad azioni successive alla candidatura, e la stessa prospettiva sta maturando per i Portici di Bologna: in particolare, è allo studio un progetto di crowdsourcing per la segnalazione della presenza di graffiti, per il quale LINKS potrebbe offrire contributi grazie alle proprie competenze nel settore del riconoscimento ed elaborazione di immagini.

Un ulteriore contributo significativo che LINKS offre in questo ambito è rappresentato da attività formative

e informative sulle tipologie di riconoscimento UNESCO meno note: attività di questo tipo sono state commissionate nel 2021, ed è prevista la loro prosecuzione anche nel 2022.

L'obiettivo ABC ha inoltre approfondito l'**ambito del well being**, centrale nell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite, con attività di ricerca riguardanti il benessere e la promozione di azioni che contribuiscono all'adozione stili di vita sani e sostenibili e pratiche di inclusione.

Sono state sviluppate progettualità che hanno approfondito tematiche come:

- le forme di welfare territoriale, inteso come modello di sussidiarietà volto a sperimentare e adottare servizi finalizzati a incrementare la consapevolezza in merito alla salute e ai corretti stili di vita e a migliorare il benessere in campo lavorativo, con particolare attenzione agli strumenti tecnologici e ai comportamenti sostenibili del lavoratore. Questi temi sono stati centrali nel progetto WE WIN Together, cofinanziato dalla Regione Piemonte, con fondi FSE e FESR;
- lo sport inteso come vettore di sviluppo territoriale ed inclusione sociale. Il progetto europeo STAR ha contribuito all'approfondimento di questo tema;
- la sostenibilità, nell'ambito della redazione di un piano propedeutico al report di sostenibilità per LINKS, finalizzato a valorizzare il benessere del personale, coltivare e stimolare la responsabilità ambientale e collaborare con attori territoriali, portando valore aggiunto al contesto locale.

Nel 2021 LINKS ha inoltre redatto un **documento propedeutico al report di sostenibilità**, con l'intento di raccontare le azioni che la Fondazione ha avviato nel 2021 - e che intende perseguire in futuro - rispetto ai temi della sostenibilità e del benessere, tracciando le basi di una rendicontazione non finanziaria capace di fare emergere il valore sociale e ambientale generato. Tali azioni sono ispirate e orientate dalle traiettorie dello sviluppo sostenibile tracciate dai Sustainable Development Goals (SDGs) dell'ONU, dagli standard della Global Reporting Initiative (GRI) e dalle indicazioni dei Soci Fondatori, Compagnia di San Paolo e Politecnico di Torino.

Attraverso questo documento, LINKS intende riflettere sul proprio impatto sul territorio, orientando e pianificando il proprio operato con gli obiettivi di:

- valorizzare il benessere psico-fisico del personale interno;
- coltivare e stimolare la responsabilità ambientale, contenendo la propria impronta ecologica;
- nutrire il territorio diventando valore aggiunto per il contesto in cui si opera.

Per delineare le azioni necessarie al raggiungimento degli obiettivi sopra descritti, è stato implementato un processo di coinvolgimento del personale interno, in particolare attraverso la sperimentazione, nell'ambito del **progetto WE WIN Together**, cofinanziato dalla Regione Piemonte con fondi FSE e FESR. Il progetto ha previsto un'accurata analisi dei bisogni iniziale e la realizzazione di servizi nell'ambito della formazione sui temi della salute, del benessere e della sostenibilità, del disability e care management e del coaching. Si è inoltre avviato un percorso partecipativo con i dipendenti che, attraverso un ciclo di incontri sul tema della sostenibilità, ha fatto emergere alcune riflessioni in merito all'impatto ambientale e alle azioni che LINKS potrebbe mettere in pratica al fine contenere la propria impronta ecologica.

Tenendo in considerazione gli impact statement e le esigenze emerse nel processo di coinvolgimento degli stakeholder, sono state configurate alcune azioni che concorrono al raggiungimento degli obiettivi di impatto. Alcune sono state in parte sperimentate nel 2021 e potrebbero proseguire in futuro, come le attività di formazione/informazione sui temi del benessere e della sostenibilità, le misure di conciliazione vita privata-lavoro, la progettazione di spazi di sostenibilità, relazione e convivialità sul luogo di lavoro e le attività di volontariato aziendale.

Altre azioni, come quelle legate alle misure per la promozione della mobilità sostenibile o i laboratori per la riparazione e la rigenerazione di beni elettronici, potrebbero essere messe in pratica a partire dal 2022, anche costituendo un comitato interno di riflessione sui temi. Per ogni azione sono state ipotizzate le metriche di misurazione e, per le attività che sono già state parzialmente sperimentate nel 2021, sono stati descritti i risultati ottenuti.

Come già accennato, LINKS collabora da lungo tempo anche con la **Pubblica Amministrazione**, con associazioni di categoria e altri enti che possono trarre benefici significativi da interventi di supporto alla progettualità o mirati alla progettazione e adozione di servizi digitali. Nel 2021 sono state definite le normative e le modalità operative legate all'accesso alle ingenti risorse messe a disposizione dal PNRR: in particolare è stato costituito all'interno della Fondazione un Osservatorio dedicato, che vede la partecipazione di sei tra esperti e ricercatori. Nato per fornire supporto prevalentemente ai colleghi di Obiettivi e Domini, l'Osservatorio interagisce anche con attori esterni quali soci, enti locali e altri stakeholder di LINKS.

Le attività di presidio e indagine sono state concentrate prevalentemente sulla Missione 4 - Componente 2 (che include, ad esempio, le opportunità legate alla attivazione dei Centri Nazionali) e sulla Missione 1 - Componente 3 (relativa ai beni culturali).

Il lavoro che era iniziato nel 2020 con Confcommercio e Camera di Commercio di Torino (che aveva come target il quartiere Borgo San Paolo) ha ampliato il proprio ambito di impatto nel 2021 con un diverso progetto sul distretto del Commercio, svolto con ASCOM e Confesercenti, al quale ha partecipato anche la Città di Torino.

Infine, l'Obiettivo ABC ha offerto nel 2021 - in collaborazione con IRES Piemonte - supporto alla redazione dell'Agenda per la Sostenibilità della Città Metropolitana di Torino e dell'Agenda per lo Sviluppo Regionale sulla sostenibilità per gli Enti Pubblici di riferimento (prevalentemente dal punto di vista ambientale).

Passando a temi di collaborazione con partner del settore PA e beni culturali più orientate all'utilizzo di tecnologie, nel 2021 sono stati organizzati presso LINKS eventi legati al **progetto INVENTA**, finanziato da ESA (European Space Agency):

14

1. Il primo con lo scopo di dimostrare per la prima volta in Piemonte un servizio di visita di gruppo virtuale: una guida della Fondazione Musei ha condotto un gruppo di visitatori - connessi da remoto e dotati di dispositivi di realtà virtuale - all'interno della ricostruzione virtuale di Palazzo Madama.
2. Il secondo evento aveva invece come oggetto tematiche di neuroscienze e neuroriabilitazione ed è stato organizzato in collaborazione con il CTO e la Città Della Salute: è stata dimostrata la validità della Realtà Virtuale nel rendere accessibile il mondo dei beni culturali alle persone fragili che, per ragioni di salute, non possono recarsi fisicamente presso i siti di interesse.

Altri progetti come **VR4CBRN2** e **VERTIGO**, che hanno visto nel 2021 una consistente operatività, sono rivolti a temi quali la realizzazione di programmi di formazione basati su tecniche di VR che "riproducono" condizioni complesse (come nel caso di interventi presso luoghi nei quali si verificano incidenti).

Si segnala infine che, grazie alle competenze dell'Obiettivo ABC in materia di beni culturali, valutazione di impatto ambientale e impatto dei cambiamenti climatici, la nostra Fondazione nel 2021 è stata eletta per il terzo anno consecutivo membro del **gruppo internazionale E-STAG** (European Science & Technology Advisory Group), supervisionato dalle Nazioni Unite (in particolare l'United Nation Office for Disaster Risk Reduction - UNDRR), il cui obiettivo è supportare gli stati membri dell'Unione Europea nel rafforzare le proprie strategie di prevenzione e mitigazione dei rischi derivanti da disastri naturali e cambiamenti climatici. Particolare rilevanza ha avuto il nostro supporto nel far emergere e trattare il tema legato alla conservazione dei beni culturali.

# Accelerare l'Ecosistema dell'Innovazione.

All'Obiettivo Accelerare l'Ecosistema Innovativo (AEI) è stato chiesto di lavorare per un posizionamento di LINKS come attore dell'accompagnamento tecnologico e come generatore di idee, di visione e di talenti al servizio degli attori del territorio, agevolando lo sviluppo e stimolando dinamismo all'interno dell'ecosistema dell'innovazione.

La capacità di creare un reale collegamento fra tecnologie innovative e il contesto socioeconomico di un territorio richiede un approccio multidisciplinare, in modo simile a quanto avviene per l'Obiettivo Accelerare la Competitività.

L'Obiettivo ha iniziato nel 2021 a lavorare alla costruzione di questo tipo di collegamento agendo come **"ecosystem builder"** e, inoltre, supporta LINKS nel suo nuovo ruolo di holding, in virtù del quale la nostra Fondazione ha recentemente acquisito partecipazioni in enti e società funzionali allo sviluppo dell'ecosistema dell'innovazione e strumentali all'azione dei Soci.

All'Obiettivo Accelerare l'Ecosistema Innovativo sono state affidate due Missioni.

## **Missione Piattaforma Open Innovation e Start-up Support**

La Missione favorisce un approccio collaborativo attraverso accordi internazionali, supporto alla creazione di start-up innovative, partnership con Università, centri di ricerca e incubatori per innovare specifici settori. Il 2021 ha visto il team di AEI coinvolto in attività su progetti di Open Innovation e supporto e accompagnamento alla crescita di start-up e spin-off aventi attività e profilo deep tech. L'esperienza del gruppo favorisce lo sviluppo e il consolidamento di queste attività imprenditoriali ad alto tasso di innovazione attraverso consulenze specifiche per la creazione di Business Plan e la valorizzazione imprenditoriale di prodotti e applicazioni ad elevato contenuto tecnologico.

Le attività sono realizzate in stretta collaborazione con gli attori più rilevanti dell'ecosistema dell'innovazione in cui opera LINKS, primi tra i quali gli incubatori del Politecnico e dell'Università di Torino e l'Unione Industriali di Torino. Con quest'ultima, a fine 2021, è stato siglato un accordo attuativo per il **programma InnovEIC** il cui obiettivo è accompagnare le start-up e le PMI innovative del territorio sulla misura di finanziamento European Innovation Council - EIC Accelerator. Il 2022 vedrà il team di AEI impegnato nel supporto alle imprese

interessate a proporre progetti di scaling-up.

Il mandato conferito all'Obiettivo richiede che esso mantenga contatti con gli attori dell'ecosistema dell'innovazione torinesi e italiani, monitorando l'evoluzione dei trend tecnologici e di mercato. Nell'ambito della collaborazione pluriennale con l'Innovation Center di Intesa Sanpaolo, AEI ha lavorato a numerosi materiali divulgativi finalizzati all'analisi di mega-trend (mercato, consumi, investimenti), dei trend di innovazione riferiti a settori industriali e tecnologie specifiche, e di scouting delle start-up con maggiore potenziale.

2021

Nel corso del 2021 il team ha coordinato la produzione e la stesura dell'**Innovation Trend Report 2021 "Persone e tecnologia"**, finalizzato ad approfondire il tema della valorizzazione e dello sviluppo del capitale umano e del contributo della tecnologia per la gestione delle risorse umane, i nuovi modelli organizzativi e il benessere organizzativo in azienda.

AEI ha inoltre lavorato all'**Innovation Trend Report 2022 sul tema Aerospace**, con l'obiettivo di presentare un inquadramento sulle tecnologie aerospaziali, l'offerta dell'ecosistema italiano dell'aerospazio e le sue potenziali ricadute su altri settori industriali. Il report sarà finalizzato e pubblicato entro il primo semestre del 2022.

In sinergia con il CTO, con l'Obiettivo Accelerare la Competitività e i ricercatori di LINKS, l'Obiettivo ha inoltre facilitato incontri tematici con manager di prestigio del panorama internazionale della tecnologia, dell'innovazione e dell'imprenditoria.

### **Missione Talenti**

16

La seconda Missione nasce invece per gestire i talenti che entrano a far parte della Fondazione fin dal primo passo del loro percorso. Questo approccio, che mette il collaboratore al centro e lo considera una vera e propria risorsa, si rivolge anche a tutti coloro che collaborano con LINKS da più tempo. Il percorso parte dal considerare l'ecosistema dell'innovazione locale come un soggetto in costante evoluzione, che necessita di nuove figure professionali e di competenze aggiornate.

Nel corso del 2021 AEI ha lavorato alla progettazione di un percorso strutturato per l'attrazione, la valorizzazione e la retention dei ricercatori presso LINKS e, più in generale, all'interno dell'ecosistema territoriale, che sarà avviato nel 2022. Tra le azioni pianificate o messe a punto nei primi mesi del 2021 sono stati coinvolti anche il Politecnico di Torino e l'Università di Torino, nonché aziende del territorio e pubbliche amministrazioni con le quali saranno definiti nel corso del 2022 veri e propri laboratori congiunti.



Elena  
**Cigliano**



# Trend di innovazione digitale del 2021 e principali risultati delle attività di ricerca di LINKS.

**18** Come ormai consuetudine, nel corso degli ultimi 12 mesi abbiamo assistito a grandi progressi ed evoluzioni delle tecnologie digitali, nonostante i rallentamenti conseguenti alla pandemia che anche nel 2021, come già avvenuto nell'anno precedente, hanno avuto un impatto significativo sulle attività (soprattutto quelle sperimentali).

Nella sezione introduttiva è stato già fatto cenno ad alcuni importanti risultati scientifici e tecnologici ottenuti nel corso dell'anno dai team di ricerca di LINKS. Altrettanto numerosi e degni di nota sono stati i casi in cui la nostra Fondazione ha accompagnato con successo aziende e partner industriali nel percorso di trasformazione digitale, che è ora entrata nella roadmap di quasi tutte le imprese.

Tra i **fenomeni più rilevanti** che hanno agito come driver della innovazione digitale e che hanno quindi influenzato gli studi e i progetti della nostra Fondazione figurano:

## Oggetti connessi

La crescente diffusione di oggetti connessi in rete e, in generale, delle architetture di tipo Internet of Things: nel 2021 il numero di oggetti connessi alla rete globale ha continuato la sua crescita arrivando a superare i 12 miliardi, contribuendo in modo significativo all'aumento del traffico sulla rete e - come diretta conseguenza - all'aumento della richiesta di prestazioni per i sistemi preposti al trasporto dei dati (che includono sia le reti cablate e wireless periferiche, sia le dorsali in fibra ottica) e alla loro elaborazione (con i rafforzarsi del paradigma del Continuum Computing, descritto nella sezione dedicata al Dominio "Advanced Computing, Photonics and Electromagnetics").

## Guida Autonoma

Il progresso delle tecnologie legate alla guida autonoma e la contemporanea diffusione dei veicoli a trazione elettrica hanno costretto i pianificatori della mobilità pubblica e privata a ripensare i sistemi e le infrastrutture per poter ospitare nuove tipologie di veicoli, con nuovi requisiti sia dal punto di vista tecnologico (connettività, architetture di rete e di sistemi di elaborazione, reti energetiche per la ricarica) sia da quello normativo.

## Tecnologie spaziali e satellitari

È sempre più rilevante il ruolo delle tecnologie spaziali e satellitari nelle comunicazioni Internet e nell'

osservazione della terra anche per il mass market: la progettazione e il lancio di satelliti per la offerta di servizi innovativi, storicamente riservati a grandi aziende e agenzie governative, hanno raggiunto un livello di maturità che li rende accessibili anche per start-up e aziende private. Iniziative come Starlink, il progetto di SpaceX diventato operativo nel 2021 e destinato a crescere come capillarità negli anni a venire, pongono nuove sfide dal punto di vista - ad esempio - della progettazione di antenne per la ricezione del segnale, che devono essere in grado di "inseguire" i satelliti, che non si trovano più in orbita geostazionaria.

### Osservazione della terra

La disponibilità di basi dati sempre più estese e accurate relative alla osservazione della terra, come i data set forniti dal progetto Copernicus (ESA), è preziosa per la costruzione di servizi a valore aggiunto che aziende anche nascenti possono progettare e offrire al mercato

### Adozione di tecnologie decentralizzate

La crescita esponenziale dell'adozione di tecnologie decentralizzate - Distributed Ledger Technologies (DLT) - alla base di una Internet del valore. L'evoluzione verso il Web 3.0, nel 2021 ha iniziato a manifestarsi in modo concreto, dando vita a numerose sperimentazioni di gestione e governance innovativa (di aziende o altre community pubbliche o private) basata su paradigmi socio-economici partecipativi e orientati all'equità.

### Paradigma del digital twin

La disponibilità di sistemi di elaborazione e di reti di telecomunicazioni sempre più performanti ha favorito il diffondersi di particolari sistemi di simulazione e co-simulazione che convergono verso il paradigma del digital twin, ovvero il gemello digitale di un oggetto o di un sistema fisico. Unendo la capacità di simulazione / emulazione (oggi possibile in real time) con la connessione digitale verso l'oggetto rappresentato, si ottengono strumenti sofisticati in grado di monitorare quanto accade nel mondo fisico e, allo stesso tempo, fare previsioni e altre sofisticate elaborazioni sul comportamento futuro dei sistemi. Nel corso del 2021, in LINKS sono stati condotti o avviati progetti di realizzazione di digital twin di sistemi di telecomunicazioni (reti in fibra ottica), sistemi logistici (filiera agroalimentare), reti di energia, veicoli, macchinari e motori avanzati nel settore aerospaziale.

19

### Quantum Computing

I progressi compiuti nel settore tecnologico del Quantum Computing (QC), che si sta avvicinando ad uno stadio di maturità che lo renderà applicabile a casi e sistemi reali di calcolo e di telecomunicazioni sicure. Le applicazioni che richiedono grande potenza di calcolo devono essere riprogettate per poter beneficiare a pieno del cosiddetto Quantum Advantage. Nel 2021, LINKS ha rafforzato la propria rete di contatti nel settore QC grazie a progetti che hanno consentito di avviare collaborazioni con il Consorzio CINECA (Bologna) e la piattaforma quantistica proposta dalla società PASQAL (Parigi).

### Autenticazione dell'utente

Si stanno rapidamente diffondendo servizi digitali che richiedono autenticazione dell'utente: il numero dei portali che offrono tali servizi è in crescita da molti anni. Alcuni di questi servizi richiedono un'autenticazione certa degli utenti (ad esempio servizi finanziari, banking online, servizi offerti dalla Pubblica Amministrazione). Ancora oggi l'accesso a questi servizi "critici" richiede il riconoscimento dell'utente da parte di un operatore: per l'abilitazione ai portali corrispondenti è quindi normalmente necessario recarsi presso una filiale bancaria, un ufficio postale o altro ufficio pubblico, con possibili disagi e inefficienza. Si rende quindi necessario automatizzare il processo di riconoscimento degli utenti, operazione oggi possibile grazie alle tecniche di Machine Learning applicate al riconoscimento facciale che garantiscono risultati ottimali dal punto di vista della cosiddetta fraud detection. Le competenze sviluppate in LINKS negli ultimi anni ci hanno consentito di rispondere a questa esigenza e, nel 2021, è stato attivato un progetto importante dedicato a questo tipo di servizio innovativo.

### Tecnologie digitali nel settore medicale

La crescente affidabilità delle tecnologie digitali ne ha ulteriormente stimolato la adozione nel settore medicale: in LINKS nel 2021 abbiamo studiato sia servizi avanzati per il paziente e per gli operatori sanitari, sia applicazioni sofisticate come quella già citata in apertura mirata alla progettazione di un arto robotico

resa possibile dalla collaborazione di tecnologie robotiche, di sensoristica, di trasmissione di dati avanzate e di elaborazione sofisticata basata su paradigmi tipici della Intelligenza Artificiale.

Alcune delle attività condotte con i nostri partner di ricerca e allineate alle tendenze tecnologiche sopra elencate, hanno ottenuto nel 2021 riconoscimenti importanti:

- 1.** Per il terzo anno consecutivo i ricercatori di LINKS, in collaborazione con colleghi dell'Università di Southampton, hanno realizzato un dimostratore che ha battuto il record di distanza per la trasmissione in fibra ottica, raggiungendo (e superando, in particolari condizioni) i 4.000 Km (maggiori dettagli nella sezione dedicata al settore High Performance Computing - HPC). Il successo è stato ratificato in occasione della conferenza OFC (Optical Fiber Communications) tenutasi a Washington, DC. Nel 2020 il record - stabilito dallo stesso team e riconosciuto nello stesso evento OFC a San Diego - era stato di "soli" 600 Km.
- 2.** I dispositivi OBU (On Board Unit) e RSU (Road Side Unit), sviluppati negli anni passati in LINKS, hanno raggiunto una stabilità tale da consentire di valutarne l'impiego in installazioni per casi d'uso reali: tre installazioni sono operative da diversi mesi sull'autostrada italiana A32 e, nel 2021, è entrato nella fase operativa il progetto 5G-IANA (guida autonoma, 5G, veicolo connesso), che prevede molti use case presso partner internazionali che saranno basati sugli apparati progettati e sviluppati da LINKS (grazie alla natura open di quei dispositivi, che ne consentono adattabilità e interoperabilità con altri sistemi).
- 3.** Nel settore HPC, LINKS ha approfondito nel 2021 - costruendo sulle competenze accumulate lavorando a progetti di ricerca negli anni precedenti - il tema della orchestrazione delle risorse di calcolo in sistemi complessi (anche di tipo Computing Continuum). Questa competenza ci è stata riconosciuta tramite l'approvazione del progetto ACROSS (partito nel 2021), per il quale LINKS ricopre il ruolo di coordinatore e che include partner prestigiosi come il Cineca, il CINI, il Max Planck Institute, INRIA, Bull, GE-Avio.

A due settori tecnologici emergenti che si sono recentemente aggiunti a quelli già presidiati dai ricercatori di LINKS sono dedicate due sezioni di approfondimento a fine report: la prima presenta il nuovo paradigma del Web 3.0 e della cosiddetta Internet del Valore e alcune sue applicazioni concrete, mentre la seconda descrive i principali ambiti di ricerca nei quali Fondazione LINKS è attiva nel settore del Quantum Computing.



CTO  
Edoardo **Calia**



# Advanced Computing, Photonics and Electromagnetics.

**22** Il Dominio Advanced Computing, Photonics and Electromagnetics (CPE) racchiude competenze tra loro complementari nei settori dell'High Performance Computing (HPC), delle applicazioni fotoniche (non limitate a quelle classiche per Telecomunicazioni, ma anche riferite a settori come lo studio di nuovi materiali per la realizzazione di sensori e strumenti biomedicali) e della progettazione di antenne per applicazioni speciali (anche in questo caso non limitate alla trasmissione dei dati).

Nelle sezioni seguenti viene proposta una panoramica delle principali attività di ricerca condotte nel 2021 da questo gruppo altamente multidisciplinare.

## HIGH PERFORMANCE COMPUTING

Il team di ricerca impegnato su tematiche di Advance Computing presidia dal punto di vista tecnologico e scientifico quattro macro temi:

- Studio di modelli e applicazioni e convergenza tra Big Data e HPC.
- Architetture di Computing Continuum, per il quale le competenze hanno avuto origine dallo studio dei sistemi Cloud per poi evolvere includendo la parte Edge. Questo tema include anche attività e competenze nel settore del low-power computing, acquisite negli anni e utilizzate - ad esempio - nelle attività congiunte con STMicroelectronics.
- Orchestrazione delle risorse in sistemi complessi nei quali obiettivi e requisiti sono eterogenei e, in alcuni casi, contrastanti (ottimizzazione consumo energetico, gestione ottimale della capacità di calcolo, etc.).
- Quantum Computing.

### Progetto ACROSS

I quattro temi sono ben rappresentati nel progetto ACROSS, coordinato da LINKS e iniziato nel mese di marzo 2021, che ha anche rappresentato un'ottima occasione per l'estensione della rete di contatti, considerando la partecipazione di grandi aziende al Consorzio. Il progetto è una Innovation Action, nella quale i ricercatori di LINKS sono riusciti a proporre anche tematiche avanzate di ricerca (tra cui spiccano attività dedicate alla valutazione di soluzioni di calcolo basate su architetture neuromorfiche). Tra i temi importanti trattati nel progetto, figurano l'orchestrazione delle risorse nel contesto del Computing Continuum e il contestuale superamento del paradigma

di lavoro a batch, che richiede di essere rivisitato alla luce dei nuovi trend. Uno dei fattori che sta promuovendo questa evoluzione è il vantaggio che deriva dalla interazione tra HPC e AI, conseguenza diretta della grande popolarità che stanno assumendo le tematiche di Machine Learning e Deep Learning. In questo nuovo modo di operare, è necessaria una interazione tra algoritmi e tool diversi, con tecniche di feedback che nel modello a batch portano a grande inefficienza. Le moderne applicazioni sono costituite da diversi job che richiedono di essere eseguiti in concorrenza interagendo gli uni con gli altri, e che hanno esigenze diverse anche in termini di risorse di calcolo (ad esempio per la fase di training l'architettura migliore è quella basata su GPU, mentre task di simulazione come quelli di fluidodinamica - CFD - beneficiano maggiormente di architetture diverse).

ACROSS, che ha come macro tema di ricerca la **convergenza di Big Data, AI e HPC**, si occupa di queste tematiche e considera anche la necessità di rispettare la presenza di sistemi legacy che non possono essere facilmente aggiornati o sostituiti.

Nell'orchestrazione delle risorse e delle applicazioni in un sistema distribuito e complesso occorre anche tener presente altri trend che impongono requisiti specifici:

- alcune risorse si trovano in Cloud: il tool di orchestrazione deve quindi essere in grado di interfacciarsi con quel tipo di architetture;
- tra le risorse di calcolo più avanzate ci sono anche quelle che implementano il paradigma del Neuromorphic Computing. I dispositivi corrispondenti richiedono di utilizzare toolchain specifiche, e l'orchestratore deve essere in grado di offrirle. Un ulteriore tema nello studiare le tecniche di Neuromorphic Computing è la difficoltà di accedere ad architetture di quel tipo, e/o dei relativi chip. Per ovviare a questa problematica è stata attivata una collaborazione interna con il team di fotonica per la progettazione di sistemi FPGA che replichino le architetture neuromorfiche. L'obiettivo finale è rendere l'orchestratore capace di gestire anche questo tipo di risorse.

23

Il progetto ACROSS gestisce l'accesso alle risorse di calcolo in modo stratificato, abilitando di volta in volta i sistemi migliori in base alle disponibilità (HW neuromorfico, GPU, FPGA, ecc.): l'obiettivo generale include inoltre di riuscire a inserire HW eterogeneo nelle logiche di orchestrazione, tenendo conto anche dell'ecosistema legacy, se esistente.

Un risultato già ottenuto nel progetto è un significativo speed up (30x) di codice originariamente scritto per architetture tradizionali (CPU) portandolo su GPU. Il codice originale implementava in Matlab un processo di elaborazione legato alla simulazione CFD di pale della turbina di un motore aeronautico: la sua riscrittura in Python usando una libreria specializzata per trattare matrici distribuite ha permesso di ridurre il tempo di esecuzione e l'uso di risorse, passando da 1 ora su 25 nodi a 23 minuti su due nodi.

Altri temi di interesse nell'evoluzione dell'HPC sono le comunicazioni tra nodi che collaborano alla soluzione di un problema e la riduzione dei consumi (macchine sofisticate consumano anche 50MW!). Le competenze di HPC si applicano anche a problemi diversi, come accade per il già citato progetto B-CRATOS, nel quale si rende necessario tradurre segnali elettrici generati nel cervello in segnali adatti ad azionare un arto meccatronico.

Il sistema è basato su algoritmi di AI/ML: per il loro training si utilizza una architettura HPC, mentre per il funzionamento (inferenza) è sufficiente una board che consuma 5W. La trasmissione dei segnali avviene utilizzando il tessuto adiposo dell'utente: arrivati ad un end point predefinito, i segnali vengono elaborati dalla scheda elettronica dedicata all'AI che li traduce rendendoli adatti all'azionamento. Il feedback viene generato prelevando segnali dai sensori a bordo dell'arto robotico (inclusa una pelle artificiale che ricopre l'arto) e inviandoli al cervello mediante una tecnica di impianto.

### Quantum Computing

L'attività iniziata tre anni fa come investigazione tecnologica e scientifica si è consolidata con una collaborazione con la start-up Pasqal, fornitore di una soluzione Quantistica basata su Neutral Atoms dove il team è coinvolto nella formulazione di problemi di interesse industriale riconducibili a problemi di ottimizzazione complessi come ad esempio il graph coloring e la loro risoluzione tramite implementazione di algoritmi quantistici. Inoltre l'attività con Pasqal sta evolvendo nello sviluppo congiunto di ulteriori algoritmi/metodologie applicate ai settori dell'aerospazio, life sciences e additive manufacturing.

### Quantum Key Distribution

Nell'era di Internet è diventato fondamentale lo sviluppo di sofisticati sistemi crittografici che siano capaci di garantire un elevato livello di protezione dei dati e che non diventino presto vulnerabili alle soluzioni offerte dal progresso tecnologico. Se, infatti, un computer convenzionale impiega oggi degli anni per intercettare un messaggio crittografato, lo scenario sarà destinato a cambiare con l'avvento dei computer quantistici che saranno in grado di rompere chiavi complesse in pochi secondi. L'arma di difesa non può che essere, a sua volta, un **sistema di crittografia quantistica** (QKD) che codifica l'informazione su stati quantistici della luce e consente di rivelare una potenziale intrusione grazie alle leggi fondamentali della fisica quantistica.

Cogliendo questa sfida, la Fondazione LINKS e l'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRIM) di Torino hanno dato vita ad una collaborazione scientifica che conferisce loro un ruolo fondamentale nello sviluppo delle tecnologie quantistiche su fibra ottica e che, ambiziosamente, contribuirà a colmare il divario tecnologico che separa il Piemonte dalle aziende e centri di ricerca italiani ed europei che da tempo lavorano ed investono in soluzioni di Cybersecurity basate sulla meccanica quantistica. Obiettivi fondamentali della collaborazione saranno lo sviluppo e la sperimentazione di sistemi QKD su fibra ottica, l'ingegnerizzazione delle soluzioni tecnologiche già esistenti in INRIM e la loro integrazione con le reti e infrastrutture in fibra già installate e quotidianamente utilizzate per telecomunicazioni.

### Collegamenti in fibra ad altissima capacità e lunga distanza

L'uso di sistemi ottici coerenti per la trasmissione su lunghe tratte e ad altissima capacità si è dimostrata una scelta tecnologica di successo fin dalla sua prima implementazione, poco più di un decennio fa. Tuttavia, esiste ancora margine per miglioramenti sostanziali che sono, in primis, resi possibili da una modellazione del livello fisico in tempo reale, realizzando di fatto un digital twin della rete ottica. Nel 2021 il Politecnico di Torino, la Fondazione LINKS e CISCO Photonics hanno proseguito la loro collaborazione tesa a formulare e verificare sperimentalmente modelli analitici approssimati in grado di stimare correttamente gli effetti detti di non linearità che caratterizzano la fibra ottica e favorire il controllo e l'ottimizzazione in tempo reale del livello fisico. Lo studio mira a perfezionare tali modelli in modo da renderli utilizzabili anche per sistemi ottici di prossima generazione, caratterizzati da una banda di trasmissione almeno doppia rispetto a quella attuale. Per una riconfigurazione a bassa complessità e in tempo reale di questi nuovi sistemi ottici occorre un apprendimento automatico e continuo delle condizioni di propagazione: a questo fine, nel 2021 sono stati condotti esperimenti per progettare e validare reti neurali artificiali in grado di predire l'evoluzione della potenza ottica dei segnali che si propagano nelle fibre.

### Studio di fibre innovative hollow-core

Le reti ottiche in tutto il mondo si basano oggi su un particolare tipo di fibra detta monomodale, che è in grado di trasportare rapidamente le informazioni incanalando la luce emessa da un laser attraverso un filamento di vetro. Tuttavia, per la natura stessa del vetro e per le sue caratteristiche fisiche, il segnale ottico si propaga in quel materiale più lentamente rispetto alla trasmissione in aria.

Per ovviare a queste limitazioni, la tecnologia ottica ha recentemente proposto l'uso di fibre particolari dette **hollow-core (a nucleo vuoto)** che rappresentano un salto tecnologico significativo. Caratterizzate da una struttura interna progettata in modo da forzare la propagazione della luce attraverso un nucleo riempito di sola d'aria, le fibre hollow-core sono in grado di abbattere il ritardo di propagazione del segnale del 50%. Tra le numerose potenziali applicazioni di questa tecnologia, la trasmissione di dati a banda ultra-larga è probabilmente quella di maggior impatto scientifico e industriale. In tal senso, esperimenti trasmissivi su fibre hollow-core di ultima generazione sono oggetto di una collaborazione tra la nostra Fondazione, Southampton University, Lumenicity, CISCO Photonics e Politecnico di Torino. Nei laboratori di LINKS è stato ottenuto un significativo incremento della distanza trasmissiva e polverizzato il precedente record di 75 km risalente al 2015. Gli esperimenti in Fondazione hanno infatti dimostrato collegamenti su distanze record utilizzando hollow-core fiber, passando dai 340 km del 2019, ai 620 km del 2020 fino al record attuale di 4000 km. Il prossimo obiettivo della collaborazione è dimostrare un aumento della capacità trasmissiva della fibra sfruttando bande ottiche non accessibili utilizzando fibra in vetro.

### La fibra come sensore distribuito

Nel corso del 2021 ha avuto inizio l'esplorazione di un tema destinato a ricevere sempre maggiore interesse: il cosiddetto Fiber Sensing, che utilizza le fibre ottiche come una sorta di sistema nervoso sul territorio. La fibra ottica, in questo caso, viene utilizzata non solo come mezzo per la trasmissione dei dati ma diventa un sensore distribuito in grado di rilevare le vibrazioni, le perturbazioni e i cambiamenti dell'ambiente in cui si trova. Utilizzando cavi ottici è possibile, ad esempio, monitorare e studiare i terremoti o le condizioni del traffico. Primi esperimenti in tal senso sono già stati avviati nei laboratori di LINKS e nuove collaborazioni stanno prendendo forma.

### Fibre realizzate con vetri speciali

Grazie alla collaborazione con il DISAT - Dipartimento Scienza Applicata e Tecnologia del Politecnico, questa attività si estende sulla intera catena di valore che parte dal materiale e si estende fino al dispositivo: i ricercatori di LINKS e del Politecnico lavorano alla progettazione, allo sviluppo e alla caratterizzazione di fibre ottiche speciali per la realizzazione di componenti per le telecomunicazioni e la sensoristica. Nel 2021 si è concluso un progetto di ricerca biennale con il Laser Zentrum di Hannover nell'ambito dello sviluppo della nuova generazione dei laser per la rilevazione di onde gravitazionali (LIGO) in cui è stato progettato, realizzato e caratterizzato un amplificatore in fibra ottica a 1.5  $\mu\text{m}$  basato su una composizione di vetri fosfati drogati con Erblio, realizzati ad hoc per questa ricerca.

### Fibre ottiche multifunzionali per applicazioni biomediche

Fibre ottiche particolarmente innovative trovano applicazione nel settore biomedicale: un esempio significativo oggetto di studio in LINKS è rappresentato da fibre in grado di combinare il trasporto e la raccolta di segnali luminosi, il rilascio di farmaci o altre sostanze chimiche e funzionalità di sensing. In questo settore si sviluppa il **progetto EU-MSc PHAST** ("Photonics for Healthcare: multiscAle cancer diagnosiS and Therapy") che studia l'impiego della biofotonica per la diagnosi dei tumori. Guidato dall'Università di Parma, il progetto è condotto da un gruppo di 22 partner, tra i quali anche due ospedali e otto aziende, (Philips, Zeiss, etc). Il progetto (che dura quattro anni) prevede attività di istruzione e formazione di alto livello per 15 giovani ricercatori attraverso un percorso di dottorato multidisciplinare di eccellenza. Uno di questi dottorandi è un ricercatore in organico presso LINKS, supportato dalle risorse economiche portate dal progetto.

### Materiali speciali ottenuti tramite uso di Laser

Nel settore dello studio di materiali innovativi particolare interesse è legato all'uso di sorgenti laser per la marcatura, la colorazione e la texturizzazione di materiali metallici, polimerici e ceramici. Grazie alla sinergia con l'azienda Datalogic e alla disponibilità di finanziamento regionale, nel corso del 2021 è stato possibile procurare diverse tipologie di sorgenti ad impulsi ultracorti nell'infrarosso, nel visibile e nell'ultravioletto. Utilizzando queste tecniche basate su laser è possibile progettare e ottenere superfici che presentano specifiche funzionalità (superfici idrofobiche, autopulenti, decorative, etc.), oltre a microlavorazioni di precisione.

Un'attività di questo tipo avviata nel 2021 è stata la realizzazione di **LIG - Laser Induced Graphene** - a partire da materiali polimerici: un metodo rapido ed economico per ottenere una "schiuma di grafene", materiale tridimensionale con caratteristiche tipiche di questo materiale. Su questo argomento è stata avviata una collaborazione con i ricercatori di LINKS che studiano l'impiego del grafene per realizzare micro-antenne, dispositivi elettronici e sensori indossabili.

## ELETTROMAGNETISMO COMPUTAZIONALE E PROGETTAZIONE DI ANTENNE SPECIALI

### Progetti e attività di ricerca

Nel settore dell'Elettromagnetismo Computazionale e della Progettazione di Antenne Speciali, il 2021 ha visto consolidarsi la collaborazione sia con il Politecnico, sia con alcuni partner industriali. In particolare si è rafforzato il rapporto con IDS, una delle aziende con cui LINKS ha da lungo tempo progetti in collaborazione per lo sviluppo di moduli software per l'estensione dei loro strumenti di modellazione e simulazione elettromagnetica. Nel settembre 2021 IDS è stata acquisita da Fincantieri, e il cambio di strategia ha favorito la negoziazione di nuove attività di collaborazione che ora includono anche la progettazione di antenne speciali.

Un trend che si è manifestato con chiarezza nel 2021 e che dominerà le attività di innovazione nel settore delle antenne per i prossimi anni è lo studio di soluzioni tecnologiche per il puntamento di **satelliti non geostazionari (GEO e LEO)** dedicati al supporto di connettività Internet. Per tali satelliti si pone un problema tecnico importante, in quanto l'antenna deve "inseguire" il satellite che si muove nel piano orbitale e, quindi, si sposta sia come latitudine sia come longitudine.

A questa tematica è dedicato il progetto ESA sottomesso dal Consorzio 5GEmerge, un Consorzio molto ampio (circa 40 partner) al quale partecipano diversi broadcaster e industrie. LINKS è l'unico ente di ricerca che ne fa parte, portando la sua competenza nel settore delle smart antennas.

L'obiettivo del progetto è la progettazione e realizzazione prototipale di antenne in grado di eseguire le operazioni di steering utilizzando la tecnica del beam forming (senza parti meccaniche in movimento), per ora limitato alle basse velocità e al piano verticale. La rotazione nel piano azimutale (ortogonale al piano gravitazionale) è al momento eseguito ancora meccanicamente.

Una ragione importante che giustifica l'attenzione della ricerca a queste tematiche è la prevedibile diffusione, nei prossimi anni, di soluzioni che richiedono connettività anche su sistemi in movimento (veicoli, velivoli, imbarcazioni etc), complicando ulteriormente il problema. La realizzazione di antenne con queste prestazioni utilizzando tecnologie tradizionali (movimento meccanico) avrebbe un costo elevato, non sostenibile per installarle - ad esempio - su veicoli. Le antenne realizzate con tecniche di beam forming potrebbero invece rientrare nei costi tollerabili per installazioni nel mondo automotive, che ritiene accettabile per strumentazioni di questo tipo un costo dell'ordine di poche centinaia di euro.

Tra le tecnologie più innovative per la realizzazione di antenne con capacità di beam forming figurano anche le cosiddette **metasuperfici**, ovvero superfici realizzate con materiali le cui caratteristiche fisiche possono essere controllate elettricamente (ad esempio i cristalli liquidi, tecnologia oggetto del nuovo contratto con IDS). La crescente complessità della tecnologia delle antenne rende anche necessario lo studio di sistemi e strumenti per la loro progettazione automatica, partendo dalle prestazioni attese (diagramma di irradiazione).

Si tratta di un problema estremamente complesso, al momento ancora oggetto di attività di ricerca a TRL piuttosto basso ma, non per questo, di scarso interesse per aziende di telecomunicazioni anche molto importanti che iniziano a porsi il problema della realizzazione delle nuove stazioni BTS - Base Transceiver Station - per la connettività radiomobile.

Nel 2021 è entrato nel vivo un altro progetto importante finanziato da ESA, del quale una parte è stata commissionata a LINKS dalla società Spidercam. Si tratta di un progetto per la realizzazione di un sistema per la validazione di antenne di grandi dimensioni destinate alla connettività verso i satelliti. Realizzato completamente all'interno della grande camera anecoica del centro tecnologico di ESA a Noordwijk (Paesi Bassi), il sistema consiste in una sofisticata infrastruttura motorizzata (prodotta da Spidercam) che consente lo spostamento nelle tre direzioni del sensore ("probe") che rileva il campo emesso dall'antenna installata sul satellite, che è invece fisso.

L'obiettivo è ottenere un sistema ad elevata precisione e costo contenuto che sia in grado di "posizionare" il probe nello spazio di misura con estrema precisione per valutarne le prestazioni. Sistemi esistenti per questo tipo di misure ma basati su tecnologie differenti hanno costi dell'ordine del milione di euro, mentre il target del progetto è realizzare un sistema innovativo che abbia un costo pari a un quarto di quel valore. L'accuratezza nel posizionamento della antenna da misurare è tanto maggiore quanto maggiore è la frequenza di lavoro dell'antenna stessa, e in questo caso deve essere inferiore al centimetro. A 10GHz la tolleranza deve essere pari a circa 3 mm.

# Artificial Intelligence, Data and Space.

2021

Il Dominio AI, Data and Space (ADS) nasce, a valle della recente riorganizzazione, dall'integrazione dell'area di ricerca AI e da quella dedicata alle applicazioni satellitari quali la navigazione e l'osservazione della terra. In linea con le nuove linee guida, nel 2021 è stata posta particolare attenzione all'identificazione di asset per i quali sia possibile, in sinergia con l'Obiettivo Accelerare la Competitività (ACO), prevedere un percorso di valorizzazione verso partner interessati.

27

## AI E DATA SCIENCE

La competenza sui sistemi relazionali e sulla loro capacità di supportare gli utenti con una User Experience sofisticata e gradevole è stata perfezionata grazie a progetti come **Easy Rights**, focalizzato sulla inclusione sociale. Nel caso specifico, il target di utenza è rappresentato da soggetti migranti ai quali il progetto intende offrire un sistema in grado di assisterli eseguendo la sintesi di alcune delle principali procedure amministrative di loro interesse. Nel 2021 è stato rilasciato un chatbot dedicato, una tipologia di strumento che sta riscuotendo successo crescente in diversi contesti presso una popolazione ormai abituata a interagire utilizzando canali di chat sulle reti sociali.

La capacità di analizzare testi prelevati da social network per estrarne informazioni riassuntive relative all'oggetto al quale si riferiscono trova applicazione in numerosi progetti: tra questi figura **MEDIAVERSE**, nel quale vengono studiate tecniche di annotazione del testo utili per implementare servizi di ricerca e indicizzazione che ne consentono un migliore e più efficiente utilizzo. Il progetto fa riferimento ad una architettura decentralizzata nella quale i contenuti rimangono su elaboratori degli utenti (o comunque su un numero elevato di nodi distribuiti), implementando un paradigma teso a sperimentare il superamento del modello centralizzato proposto dalle grandi aziende che gestiscono le piattaforme social che conosciamo. L'indicizzazione e la ricerca di contenuti sarà anch'essa innovativa con accesso multicanale utilizzando, ad esempio, anche immagini oltre al testo. Il progetto è entrato nella sua fase operativa nel 2021 e sarà completato nel corso del 2023.

Tra i progetti attivati grazie alle competenze su tematiche di AI e Data Science figura anche la collaborazione con CREDITSAFE, che ha costituito una occasione per il team di LINKS di valorizzare la conoscenza del tema specifico delle **"time series"**, ovvero la raccolta di dati storici e la loro elaborazione per studiare la evoluzione nel

Rapporto annuale attività 2021 **Dominio ADS**

tempo di specifici fenomeni - includendo anche funzionalità di forecasting sull'andamento futuro. Il progetto è dedicato all'elaborazione di informazioni relative al rischio creditizio, valutando l'andamento dei principali parametri economici e finanziari delle imprese che hanno ricevuto finanziamenti.

Alcuni dei risultati ottenuti nei progetti di ricerca ai quali il Dominio ha lavorato negli anni passati sono stati oggetto di analisi per valutarne la possibilità di trasferire il loro valore a partner anche esterni ai Consorzi dei progetti stessi. È il caso di alcuni risultati ottenuti nei progetti condotti sul tema della gestione delle emergenze: anche in questo caso, tecnologie come l'analisi delle immagini satellitari oppure dei testi pubblicati dagli utenti (crowdsourcing) e i chatbot sono state alla base di soluzioni sviluppate e per le quali si sta valutando l'adozione da parte di organizzazioni quali la Protezione Civile della nostra Regione oppure il CSI Piemonte.

In generale, i ricercatori del Dominio hanno rafforzato nel 2021 la capacità di progettare soluzioni tenendo conto della loro valorizzazione di mercato.

## SPACE APPLICATIONS

Tra le fonti di dati più rilevanti per i progetti relativi alla gestione di emergenze figurano certamente le informazioni provenienti da satelliti, quali informazioni di tempo fornite dal sistema Galileo (indispensabili per la valutazione della posizione dei ricevitori) o dati relativi alla Osservazione della Terra.

All'interno del Dominio è confluito il team di ricerca che storicamente si dedica alle tecnologie di Navigazione Satellitare, che ha seguito il progetto Galileo fin dalle fasi di progettazione e che, negli anni, ha raggiunto un livello di competenze e una reputazione che gli consentono di partecipare con un ruolo di protagonista tecnico-scientifico in attività di interesse anche per grandi aziende. In questo contesto e, in particolare, relativamente a tematiche che ricadono nell'ambito della seconda generazione dei sistemi basati su Galileo (G2G – Galileo Second Generation), si colloca un importante progetto con Leonardo e diverse attività condotte con ESA.

Le tecniche di calcolo della posizione e le informazioni accurate di tempo ricavate dal sistema Galileo sono anche alla base di una significativa attività di collaborazione con il team di Cybersecurity di LINKS nell'ambito del **progetto europeo ROOT**: in questo caso, la sinergia si concentra sulla progettazione sicura (security by design) dei dispositivi che ricevono segnali dal sistema Galileo che, con un approccio collaborativo e decentralizzato, riescono a contrastare attacchi cyber mirati a modificare strumentalmente le informazioni di tempo e posizione (spoofing).

Anche per quanto riguarda le tematiche di Osservazione della Terra il Dominio ha proseguito nel 2021 attività che valorizzano le competenze maturate negli anni passati sull'utilizzo di immagini - e altri dati - prelevate dal sistema satellitare Copernicus.

Questo tema è di grande interesse anche per ITHACA srl, che si posiziona nei confronti del Dominio ADS con un doppio ruolo: da un lato fornitore di grandi quantità di dati utili per eseguire il training degli algoritmi di Intelligenza Artificiale e, dall'altro, potenziale target di Trasferimento Tecnologico di soluzioni che fanno uso degli stessi algoritmi.

## GESTIONE DELLE EMERGENZE

Il team che studia soluzioni per la gestione delle emergenze ha iniziato ad esplorare settori applicativi aggiuntivi rispetto a quello consolidato degli interventi a fronte di calamità naturali quali incendi (progetto **SAFERS**) o alluvioni: nel 2021 sono stati acquisiti due progetti (**APPRAISE** e **STARTLIGHT**) dedicati alla gestione della sicurezza nelle città e alla lotta contro la microcriminalità. STARLIGHT è particolarmente rilevante, essendo un progetto flagship per la Commissione Europea sul tema AI for Security.

Come per tutti i team di ricerca della nostra Fondazione, la progettualità europea continua a ricoprire un ruolo molto importante nel Dominio ADS: i ricercatori perseguono sia opportunità di procurare attività scientifiche in quel contesto, sia di proporsi con ruolo di guida di progetti anche di grandi dimensioni, come nel caso di SAFERS, coordinato da uno dei Program Manager del Dominio.

Anche la collaborazione con le aziende ha visto nel 2021 importanti risultati per i gruppi di ricerca di ADS: oltre al progetto condotto con Leonardo citato in precedenza, è stata avviata una importante collaborazione con ARUBA sul tema del remote on-boarding, ovvero il riconoscimento - basato su tecniche di AI e Machine Learning - dell'identità degli utenti che sottoscrivono servizi online. Il servizio di riconoscimento è gestito dall'utente in autonomia con meccanismo guidato ma automatico, al fine di limitare l'intervento di operatori umani.

Passando ad attività interne condotte al fine di sviluppare o rafforzare settori specifici di applicazione delle tecnologie AI, nel 2021 sono state organizzate due dimostrazioni di grande successo del progetto future driven (progetto interno) **MusicAI**, che nel 2020 era stato attivato raccogliendo la sfida di istruire un sistema di intelligenza artificiale sulle emozioni suscitate da un brano musicale, riproponendole sotto forma di opere pittoriche digitali. Le due dimostrazioni si sono tenute al Castello di Guarene (CN) e al Politecnico di Torino.

Il Dominio è anche molto attivo nella collaborazione con Politecnico e Università di Torino: all'interno di questa collaborazione si collocano sia attività di docenza, sia il supporto prestato ogni anno a diversi candidati a tesi o programmi di Dottorato di Ricerca. Nel 2021, due ricercatori appartenenti all'organico di LINKS hanno completato o proseguito il loro percorso di PhD presso i due Atenei torinesi. Alcuni dei corsi ai quali i nostri ricercatori partecipano come docenti prevedono anche progetti per gli studenti presso aziende, come Accenture Labs Francia nel 2020 e In-Recruiting di Torino nel 2021. Più di 10 studenti sono stati impegnati in iniziative di questo tipo, alcuni provenienti dal Politecnico e altri da agenzie formative con le quali LINKS ha da tempo rapporti di collaborazione.



Fabrizio  
**Dominici**

# Connected Systems and Cybersecurity.

In occasione della riorganizzazione del luglio 2021, le competenze relative alle tecnologie pervasive, alla Cybersecurity degli oggetti connessi e alle tecnologie abilitanti per sistemi di mobilità connessa e autonoma sono state aggregate dando origine al Dominio Connected Systems and Cybersecurity (CSC), portando a importanti sinergie sia nello studio di componenti tecnologiche sia nel loro riutilizzo in settori diversi. Le sezioni seguenti presentano le principali attività e risultati ottenuti nel corso del 2021 in queste tre macro-aree di ricerca.

## SISTEMI DI MOBILITÀ CONNESSA E AUTONOMA

### Progetto ICT4CART

Un progetto di rilievo che ha dominato il 2021 e che ha impegnato in modo importante il team di ricerca è ICT4CART, con evento finale che si è tenuto all'ITS European Council di ottobre. Grazie alle attività di questo progetto, LINKS ha esteso in modo significativo la rete di partner e di esperti nel settore della **Mobilità Connessa**. È stata consolidata una importante relazione di fiducia con ICCS (centro di ricerca greco), il coordinatore del progetto, con il quale sono state preparate altre tre proposte di progetti europei, due delle quali sono già state finanziate.

Le tematiche trattate nel progetto includono le comunicazioni cooperative nel contesto della guida autonoma. Il progetto ha anche consentito di sviluppare un'evoluzione importante per due dispositivi (OBU e RSU) progettati e realizzati in LINKS che rappresentano due asset strategici per la nostra Fondazione. I dispositivi erano stati utilizzati in progetti precedenti (ad es. **AUTOPILOT**) ma erano ancora in uno stato prematuro, e occorreva molta personalizzazione per poterli adattare ad uno specifico contesto. Oggi il loro livello di stabilità è molto superiore: due RSU sono installate da ottobre sull'Autobrennero per condurre i test previsti dal progetto, equipaggiate con videocamere e schede elettroniche per la gestione delle comunicazioni sia di corto raggio (WiFi e CV2X) sia di lungo raggio (5G).

Un dimostratore basato sui nostri dispositivi è stato anche installato in ambito urbano a Verona per il riconoscimento della presenza di pedoni e dei veicoli in arrivo ad un incrocio nel quale non risultano visibili: la RSU, in questo caso, rileva pedoni e veicoli in arrivo e informa il guidatore e i sistemi di guida autonoma (ADAS).

La flessibilità con la quale sono stati progettati i dispositivi rende anche possibile prevedere la dotazione di una GPU a bordo, abilitando test che consentano di confrontare scenari nei quali il calcolo viene eseguito a bordo dei dispositivi, oppure in Edge o in Cloud.

Tra i partner del progetto figura anche WINDTRE, che ha messo a disposizione sia l'elettronica per i server Edge che nel progetto sono connessi alla loro rete commerciale, sia le SIM card necessarie per la connessione dei dispositivi IoT. Le prestazioni ottenute sono significative, con un RTT garantito inferiore ai 30ms.

Agli use case sopra descritti, che fanno parte delle sperimentazioni previste da ICT4CART in Italia, se ne aggiungono altri in altri paesi come Germania e Austria. In particolare, con partner austriaci la collaborazione verte su soluzioni cross-border: in questo caso l'architettura prevede che la On Board Unit si connetta a un dispositivo broker in Italia e uno in Austria, utilizzando la tecnologia 5G.

### Collaborazione con ETSI

Nei settori dell'automotive e della mobilità connessa è fondamentale il riferimento agli standard: da questo punto di vista è prezioso il rapporto stabilito negli anni con ETSI, con cui è in corso una discussione per la standardizzazione delle comunicazioni cross-border. Questa collaborazione, nel 2021 ha consentito a LINKS di fornire importanti contributi allo **standard MEC30** (Multiaccess Edge Computing), in collaborazione con Intel. La partecipazione alle sessioni di interoperabilità presso ETSI (plug-test), alle quali LINKS partecipa con le schede OBU e RSU, hanno sempre dato risultati positivi assicurando che i nostri dispositivi sono pronti per una reale valorizzazione di mercato.

### Progetto 5G-IANA

Ancora per il 2021 è da segnalare l'avvio operativo del progetto 5G-IANA, nel quale i nostri dispositivi hanno ottenuto un riconoscimento importante: gli use case previsti dal progetto saranno basati, ove possibile, sulle nostre OBU e RSU. Il vantaggio che ci viene riconosciuto risiede anche nella flessibilità e riconfigurabilità ottenute grazie ad una progettazione ispirata a principi open.

Nell'architettura di riferimento di LINKS per la mobilità connessa sono state inserite funzionalità di Cybersecurity (embedded trusted computing), attivando una collaborazione con il team di LINKS che si occupa di quel settore: le OBU e le RSU si autenticano con remote attestation verso i server Edge, che a loro volta eseguono la remote attestation verso il Cloud.

## CYBER PHYSICAL SYSTEMS E INDUSTRIAL IOT

Uno degli asset principali di LINKS, derivante da studi e ricerche iniziate diversi anni fa, è rappresentato dalla applicazione delle tecnologie emergenti di **radiocomunicazione alla localizzazione indoor**. Si tratta di un tema in continua evoluzione, al quale i ricercatori di LINKS lavorano valorizzando le evoluzioni delle tecnologie abilitanti per il miglioramento delle prestazioni del sistema. Il 2021, ad esempio, ha visto l'estensione delle competenze sulla tecnologia UWB, applicando al sistema di localizzazione la tecnica Angle of Arrival in aggiunta a quella più classica del ToA (Time of Arrival). Questa tecnologia è stata applicata al progetto SHELLO per la sicurezza degli operatori che utilizzano camion con pianale posteriore mobile.

Su un altro fronte il tema della localizzazione è stato anche esteso con l'uso di **tecniche collaborative**, già sperimentate in altri progetti (ad esempio CPSwarm): in questo caso, la collaborazione tra droni o veicoli diversi si manifesta nel "portare" il segnale di localizzazione in luoghi nei quali non esiste visibilità diretta dei satelliti (tunnel e simili). Un veicolo rimane in zona di copertura GNSS, mentre quello impegnato nelle operazioni unisce e correla le informazioni provenienti dal nodo GNSS e quelle derivanti dai sensori inerziali installati a bordo (principio della "ancora mobile"). La soluzione sviluppata in LINKS è stata proposta nel progetto SENECA, che ha come obiettivo il Trasferimento Tecnologico di soluzioni di localizzazione indoor estesa su ampia scala.

Queste attività sono condotte anche in collaborazione con aziende del settore ICT con le quali LINKS ha siglato

un accordo di non concorrenza limitata a specifici settori applicativi, mantenendo la possibilità di continuare a sviluppare il sistema in successivi progetti di ricerca.

Tra le applicazioni delle tecniche di localizzazione indoor figura quella di dotare rover e altri veicoli della capacità di eseguire in autonomia la mappatura dell'ambiente nel quale si muovono, ponendo rimedio a situazioni nelle quali i mezzi perdono il riferimento della loro posizione esatta. Anche in questo caso, il servizio di mapping può essere reso collaborativo e la tecnologia UWB può essere utilizzata dai diversi veicoli per ricostruire una mappa complessiva (conoscendo la propria posizione relativa gli uni verso gli altri).

Il tema della collaborazione tra **sistemi robotici** oppure tra robot e operatori ha visto ulteriori sviluppi nel 2021: l'interesse principale della Fondazione è relativo al punto di vista dell'operatore, con studio di soluzioni basate su dispositivi indossabili per rilevare la posizione, prevedere i movimenti ecc. In questo caso, sensori indossabili e altri installati a bordo del robot comunicano le informazioni ad un sistema centrale che esegue le elaborazioni e restituisce informazioni, avvertimenti, ecc.

Il tema della collaborazione è anche molto importante per scenari realizzati utilizzando sciame di droni o di rover, nei quali i veicoli devono raggiungere il consenso su come gestire determinate operazioni dialogando gli uni con gli altri (ad esempio quali parti del compito complesso assegnare a ciascuno dei droni/robot, come suddividere l'area di lavoro tra diversi droni/robot ecc.). Queste applicazioni pongono anche come sfida aggiuntiva la necessità di "tradurre" un compito espresso in un linguaggio ad alto livello in azioni elementari che possono poi essere assegnate a diversi robot / droni.

La progettazione e l'utilizzo di sistemi autonomi richiede grande attenzione al tema della Cybersecurity: questo tema, trattato in modo più approfondito da un team dedicato, è comunque tenuto in considerazione nei progetti che prevedono l'uso di robot e dispositivi IoT.

## CYBERSECURITY

Il 2021 è stato un anno di consolidamento per il gruppo di ricerca dedicato alla Cybersecurity degli oggetti connessi in rete, che ha rafforzato da una parte le competenze interne e la collaborazione con il Politecnico e con il CINI e, dall'altra quella con partner esterni.

Gli studi avviati a partire dal 2019 sul tema delle comunicazioni sicure, della gestione della identità degli oggetti e della loro integrazione all'interno di Trusted Execution Environment, sono stati valorizzati realizzando dimostratori che consentono di toccare con mano i contributi delle diverse componenti del sistema.

La collaborazione con il Politecnico e con il CINI si è concretizzata con il supporto a diversi programmi di tesi (alcune da attivare nel prossimo anno), proponendo agli studenti la possibilità di lavorare su temi sfidanti inseriti in una roadmap di medio-lungo periodo e su sistemi di Cybersecurity estremamente innovativi, per il quali è chiaro anche l'interesse del mercato.

Sul fronte della collaborazione con le aziende, è stato rinnovato l'accordo con STMicroelectronics per lo sviluppo delle soluzioni studiate in LINKS sulle loro schede di prototipazione rapida.

Significativo anche l'accordo siglato con la IOTA Foundation, l'organizzazione che ha progettato e sviluppato IOTA, la Distributed Ledger Technology (DLT) dedicata in modo specifico alla gestione di dati e comunicazioni relativi all'IoT: in questo caso, il SW progettato e sviluppato in LINKS che utilizza la architettura IOTA per la gestione in sicurezza delle comunicazioni e per gestire la identità degli oggetti è stato integrato nelle librerie rese disponibili agli utenti della community di IOTA.



# Future Cities and Communities.

2021

Il Dominio Future Cities and Communities (FCC) studia processi e soluzioni innovative dedicati alla gestione di città e comunità del futuro. Queste soluzioni derivano dalla convergenza di competenze tecnologiche (modellazione, simulazione, DLT- Distributed Ledger Technologies) di pianificazione territoriale (mobilità, logistica, ambiente, energia), di valutazione di impatto e di sostenibilità. Alcune delle attività di ricerca rappresentano la naturale prosecuzione di progetti già avviati in precedenza, mentre altre si riferiscono a nuove attività e competenze acquisite a valle della riorganizzazione del luglio 2021.

33

## MOBILITÀ E LOGISTICA

Nel 2021 si è svolta la seconda fase del **progetto MobItaly** nella quale si è sviluppata la Proof of Concept di un tool che abilita l'offerta di trasporto collettivo dedicato e on demand, con programmazione flessibile sia di orari sia di percorsi. Il Dominio si è occupato della definizione dell'algoritmo di ottimizzazione volto a creare in modo automatico orari, percorsi e fermate di servizi di trasporto adattabili sulla base delle prenotazioni degli utenti, volto a massimizzare l'utenza servita con il minor numero di veicoli e chilometri percorsi.

Il team di ricerca ha anche lavorato su temi di Mobilità Autonoma con il **progetto SHOW**, in cui FCC è coordinatore del pilota di Torino, prima esperienza in Italia in cui navette autonome circoleranno su strada aperta al traffico. Oltre a disegnare il caso studio, coordinare il lavoro di circa 10 partner (tra cui GTT, Navya, Swarco, 5T, Reale Mutua, Città di Torino, loki) e gestire i rapporti con il Ministero dello Sviluppo Economico - MISE e il Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili - MIMS, il Dominio ha definito i requisiti del pilota e valuterà l'accettazione di questa nuova tecnologia da parte dei cittadini. Nello stesso contesto, saranno condotte analisi di interazione tra veicolo autonomo e altri utenti della strada (auto non connesse, pedoni e ciclisti) in collaborazione con il team del Dominio Connected Systems and Cybersecurity, che si occupa delle corrispondenti tecnologie abilitanti.

Il tema della mobilità nel Dominio FCC viene affrontato anche nei suoi aspetti energetici, in particolare con attività rivolte allo studio di soluzioni per favorire lo sviluppo della mobilità elettrica. Il **progetto INCIT-EV**, avviato nel 2020 e che ha visto numerose attività anche nel 2021, prevede lo studio e l'implementazione di innovative colonnine di ricarica per migliorare l'esperienza dell'utente. Il contributo di questo Dominio ha riguardato la definizione dei requisiti delle colonnine mediante un'indagine rivolta ai cittadini e la realizzazione di un Decision Support System

Rapporto annuale attività 2021 **Dominio FCC**

per aiutare i decision makers nel posizionamento e dimensionamento delle infrastrutture di ricarica in città. Il progetto prevede anche la sperimentazione di un HUB di ricarica in Piazzale Caio Mario, a Torino, per auto e mezzi commerciali leggeri con 10 colonnine low power, 1 ultra high power di nuova concezione e 2 piastre per la ricarica wireless, tutte connesse DC-DC alla rete di alimentazione dei tram per sfruttare l'energia recuperata dalle frenate dei veicoli. FCC sta sviluppando l'algoritmo di controllo dei power flow di questa micro grid.

Il progetto principale che ha visto il Dominio impegnato su tematiche di logistica è **TYPICALP**, che nel 2021 è entrato nel suo quarto anno di operatività e ha tra i suoi obiettivi quello di ottimizzare la gestione della logistica nel trasporto dei prodotti tipici della filiera lattiero-casearia in una zona transfrontaliera Italia - Svizzera. Al progetto partecipa anche il Dominio CPE, che si occupa invece della parte relativa ai sistemi informativi a supporto dei servizi previsti. L'ottimizzazione della logistica, in questo caso, prevede la realizzazione di una piattaforma che integri un marketplace per la vendita di prodotti tipici e la gestione efficiente e sostenibile delle conseguenti spedizioni mediante la condivisione di mezzi di trasporto e l'ottimizzazione dei carichi e dei percorsi. Il progetto affronta anche tematiche di Change Management nell'operatività di questo settore, nel quale spesso la parte di trasporto viene intenzionalmente gestita dai singoli produttori in modo indipendente, perché la logistica e le consegne costituiscono anche veicoli di messaggi di marketing e di ricerca di nuovi clienti.

## ICT PER L'ENERGIA E LE PERSONE

Nel settore dell'energia, nel 2021 il Dominio è stato impegnato nello studio e realizzazione di un digital twin della rete di distribuzione elettrica di un'intera valle della Provincia autonoma di Bolzano per l'applicazione di algoritmi di controllo per il cosiddetto islanding ovvero la possibilità, per una comunità in possesso di sufficienti fonti di generazione e immagazzinamento di energia, di sconnettersi temporaneamente dalla rete del distributore (progetto **FLEXIGRID**). L'operatore interessato, che ha supportato la sperimentazione, è in questo caso l'azienda EDYNA di Bolzano.

In ambito Distributed Ledger Technologies ed Energia è in avvio il **progetto Data-Cellar**, che ha l'obiettivo di sviluppare il futuro Data Space Energetico per la piattaforma Cloud Europea GAIA-X al fine di promuovere lo sviluppo di Energy Communities. In questo ambito, FCC realizzerà un marketplace per dati energetici e modelli di Intelligenza Artificiale basato sulla tecnologia Blockchain. Sfruttando i meccanismi di tokenizzazione, la Blockchain permetterà di mettere in pratica una sistema premiante per gli Enti Pubblici e i soggetti privati che fanno parte della comunità energetica. Tutti coloro che contribuiscono con i dati o i modelli di AI verranno remunerati con un certo numero di token, incoraggiando in questo modo le comunità ad agire per il benessere dell'ecosistema stesso, fornendo dati e modelli di qualità. Prosegue inoltre il **progetto Mediaverse**, dove FCC ha utilizzato la tecnologia Blockchain per semplificare il processo di registrazione e tracciamento dei diritti su contenuti media pubblicati dai cittadini, attraverso lo sviluppo di Smart Contract (SC) che rendono automatica la gestione delle licenze.

Inoltre, sono state sviluppate applicazioni di **telemedicina** per il monitoraggio dei pazienti e per la semplificazione dell'interazione paziente-medico tra cui IBD Tool, per il monitoraggio dei pazienti che soffrono di malattie croniche intestinali IBD (Inflammatory Bowel Diseases) e SINTEC, per stimare la Pressione Sistolica e Diastolica in modo non invasivo attraverso l'analisi e l'elaborazione dei segnali fisiologici elettrocardiografico e foto pletismografico derivati da dispositivi indossabili.

## CLIMATE CHANGE, CITTA' E AMBIENTE

Un ulteriore tema di studio e ricerca presidiato dal Dominio è quello dell'ambiente e della pianificazione territoriale sostenibile che sempre più spesso interessa in modo trasversale iniziative diverse. Di particolare interesse sono, da questo punto di vista, le tecniche Nature Based Solutions (NBS), ovvero soluzioni progettuali che sfruttano i fenomeni naturali per mitigare gli impatti del climate change. Gli interventi di questo tipo, che spesso riguardano la gestione del verde pubblico e degli spazi resi disponibili ai cittadini, vanno sotto il nome

di “agopuntura urbana” per sottolineare la loro focalizzazione su zone ben definite.

Al fine di co-progettare gli interventi più adatti, la base informativa di partenza è costituita dai dati forniti dalle città e relativi - ad esempio - alla qualità dell'aria o alla presenza di isole di calore. Attività di questo tipo sono incluse anche nel progetto Central Europe denominato **Salute4CE**, che nel 2021 è entrato nel terzo anno, o - in un contesto diverso da quello urbano - il progetto di monitoraggio di parametri relativi alla qualità della viticoltura condotto nell'ambito del sito UNESCO Paesaggi Vitivinicoli del Piemonte: Langhe - Roero e Monferrato: in questo secondo caso le attività di monitoraggio sono svolte dal Dominio CPE, mentre il Dominio FCC propone le attività di analisi dei rischi e degli impatti del cambiamento climatico e la definizione di misure di prevenzione e mitigazione sia nel breve sia nel lungo termine.

Il settore della sostenibilità delle città è invece oggetto di un laboratorio congiunto con il dipartimento di ENERGIA - DENERG IEEM del Politecnico di Torino, il **laboratorio LEEI - Lab for Environment and Energy Innovation**, dove sviluppare metodi e processi innovativi per la valutazione della sostenibilità di trasformazioni urbane e territoriali su diversa scala (dagli edifici ai quartieri alle aree urbane e metropolitane fino agli interventi di area vasta) lungo tutto il loro ciclo di vita (progettazione, costruzione e manutenzione) e per il supporto alle decisioni per l'individuazione di azioni di miglioramento delle prestazioni energetiche e ambientali degli edifici.



Maurizio  
**Arnone**



Approfondimento di Enrico Ferro e Alfredo Favenza.

## L'Internet del Valore e l'Economia dei Token

36

Le tecnologie dell'informazione e delle telecomunicazioni (ICT) vengono frequentemente citate come uno dei principali driver di innovazione all'interno dell'economia globale. Questo, spesso, porta a focalizzare l'attenzione più sugli impatti che tali tecnologie permettono di generare nei vari settori in cui vengono applicate, piuttosto che sul processo di cambiamento che esse stesse subiscono.

Lo stesso World Wide Web ha subito negli ultimi 30 anni diversi cambiamenti di paradigma. La sua prima iterazione (indicata con il termine **Web 1.0**) ha rappresentato, per la maggioranza degli utenti, uno strumento per il reperimento di informazioni attraverso una fruizione passiva di pagine web statiche. In questa fase, il web veniva utilizzato principalmente come sistema di comunicazione monodirezionale da uno a molti, una sorta di riproposizione di brochure aziendali e giornali adattati al nuovo strumento digitale: il sito web.

Nella fase successiva, l'introduzione del cosiddetto **Web 2.0** ha abilitato un processo diffuso di creazione di contenuti in cui l'utente svolge un ruolo attivo nella creazione e nella propagazione del contenuto generato. Tale paradigma è stato abilitato dalla nascita della economia delle piattaforme (Facebook, Twitter, eBay, Youtube, Spotify, Airbnb, etc.) che, nel corso degli ultimi vent'anni, hanno raggiunto una diffusione capillare in termini sia geografici, sia demografici. Se da un lato l'economia delle piattaforme ha dato una voce ed ha rappresentato un'opportunità per migliaia di persone, dall'altro essa ha portato con sé effetti collaterali indesiderati quali il consolidamento di rapporti di potere asimmetrici tra il gestore della piattaforma e i generatori di contenuti, modelli di business basati sulla pubblicità che portano ad una spasmodica guerra per accaparrarsi l'attenzione degli utenti (attraverso l'amplificazione di messaggi spesso divisivi e basati sulla paura), il trasferimento della proprietà dei contenuti prodotti dai creatori al gestore della piattaforma, ecc.

Fino all'avvento del Web 2.0, il graduale percorso di digitalizzazione ha coinvolto prevalentemente testi, suoni e immagini portando alla cosiddetta Internet dell'Informazione. Un paradigma all'interno del quale tutto ciò che viene digitalizzato subisce un forte abbattimento nei costi di riproduzione e distribuzione, generando da un lato una democratizzazione all'accesso e, dall'altro, una demonetizzazione dei contenuti e del lavoro connesso alla loro generazione.

Nel 2008 hanno iniziato a diffondersi le tecnologie a registri distribuiti (**Distributed Ledger Technologies** o DLT), le quali hanno permesso di estendere il processo di digitalizzazione alle infrastrutture finanziarie grazie

alla rivoluzionaria introduzione della scarsità digitale, ovvero la possibilità di creare beni digitali non duplicabili. È nata così l'**Internet del Valore** per la gestione di beni digitali attraverso strumenti chiamati smart contract: programmi software che, sulla base di dichiarazioni firmate crittograficamente, permettono di attribuire in maniera deterministica e trasparente i diritti di proprietà di uno specifico bene digitale.

Ma cosa sono i **beni digitali**? Si tratta di rappresentazioni di diverse tipologie di valore, quali ad esempio risparmi energetici, attenzione o fedeltà degli utenti, diritti di voto, di proprietà o di accesso. Tali beni vengono rappresentati attraverso strumenti detti token che fungono da unità di conto. Volendo utilizzare una metafora familiare ai più, li si può immaginare come "appartamenti digitali" frazionabili in maniera infinitesimale, alienabili senza bisogno di intermediari e fruibili da qualsiasi luogo.

L'Internet del Valore rappresenta quindi una nuova infrastruttura globale per stoccare e trasferire ogni forma di valore, basata su codice aperto sopra la quale è possibile costruire in maniera libera e autonoma. La facilità nella creazione di nuovi servizi attraverso il riuso e la combinazione di elementi esistenti porta con sé un'importante accelerazione nel tasso di innovazione, anche rispetto a settori di mercato a forte intensità tecnologica ma caratterizzati da maggiori gradi di chiusura e protezione della proprietà intellettuale. Inoltre, contrariamente a quanto è avvenuto per il Web2.0, in cui il valore generato è stato prevalentemente internalizzato da un limitato numero di grandi intermediari, l'Internet del Valore permette di porre le basi per la costruzione di una rete sociale globale posseduta dagli sviluppatori dei servizi e dai generatori dei contenuti, che fa leva sui token come strumento di incentivo e di coordinamento. In tale contesto è possibile implementare logiche di distribuzione del valore più ampie e capillari, con una maggiore coerenza tra remunerazione e contributo effettivamente offerto.

La terza fase di sviluppo del Web sopra descritta pone le fondamenta per la nascita di un nuovo modello di economia in cui i token acquisiscono un ruolo centrale: la **Token Economy**. Al fine di poter cogliere le opportunità ad essa correlate, è importante comprendere con maggiore profondità gli elementi di novità che l'utilizzo di questi strumenti introducono nella formazione e nella gestione delle catene del valore.

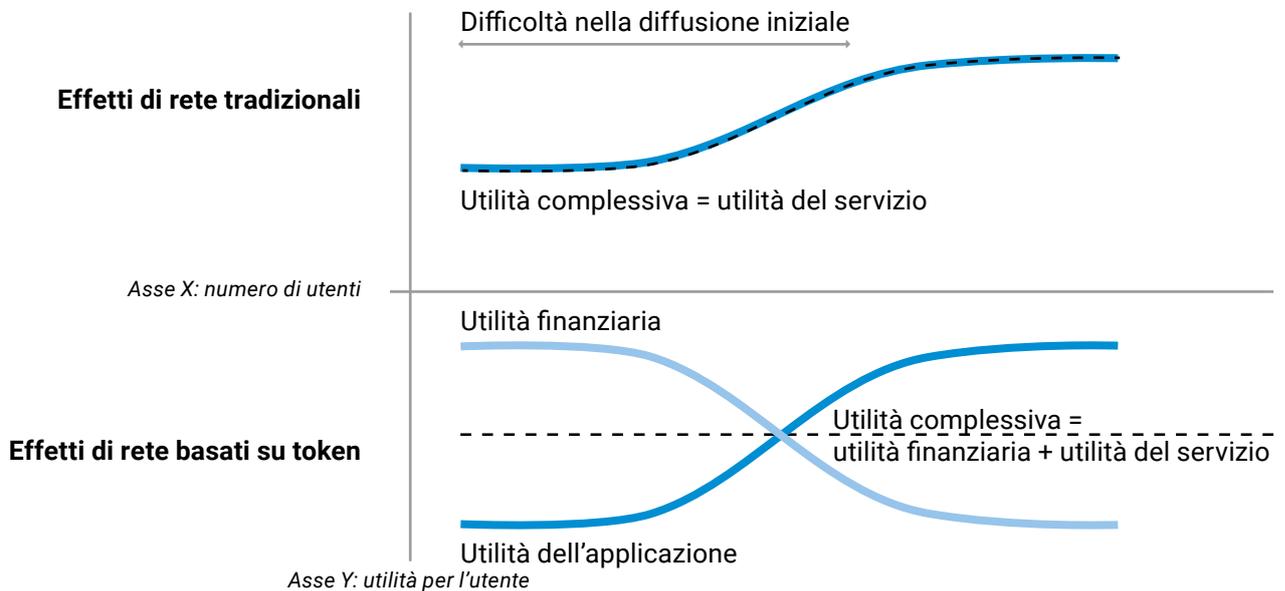
In primo luogo, i token possono essere utilizzati come sistema di incentivo e coordinamento tra gli stakeholder che gravitano intorno alla costruzione di un'attività imprenditoriale (tipicamente: investitori, dipendenti, azionisti e terze parti con ruoli complementari) attraverso la creazione di un allineamento di interessi verso un obiettivo comune: la crescita dell'ecosistema e il conseguente apprezzamento del token.

In uno degli esempi citati di questo report dedicata alle Città e Comunità del Futuro (Future Cities and Communities), la **Blockchain** - la prima e più famosa delle DLT - è risultata essere la scelta tecnologica vincente per realizzare un meccanismo di allineamento di incentivi tra i diversi partecipanti ad una comunità energetica. Sfruttando meccanismi tipici dei token, la Blockchain permette in quel caso di mettere in pratica un sistema premiante per gli enti pubblici ed i soggetti privati che fanno parte della comunità energetica. Tutti coloro che contribuiscono con i dati o i modelli di AI verranno infatti equamente remunerati con un certo numero di token, incoraggiando in questo modo le comunità ad agire per il benessere dell'ecosistema stesso, fornendo dati e modelli di qualità.

In un altro esempio di progetto condotto nel 2021, sfruttando ancora meccanismi di incentivo basati su token, si giunge di fatto alla gestione di una comunità rurale, verificando gli impatti delle azioni sostenibili prodotte dai cittadini e fornendo una misura trasparente e certificata del livello di sostenibilità raggiunto dalle aree rurali coinvolte.

Un diverso uso dei token è quello che sfrutta la loro caratteristica di riuscire a raggiungere con facilità il mercato globale dei capitali al fine di raccogliere i fondi necessari al finanziamento di nuove attività imprenditoriali. Gli **utility token** si stanno infatti gradualmente affermando come terzo pilastro nel processo di capitalizzazione delle attività imprenditoriali in aggiunta al debito (diritto sui cespiti) e alle azioni (diritto sui profitti), rappresentando un diritto sulla crescita futura del network. Un aspetto interessante collegato all'utilizzo degli utility token, consiste nella possibilità di socializzare fin dalle prime fasi i benefici degli effetti di rete che caratterizzano l'economia delle piattaforme e che ne guidano la crescita di valore nel tempo.

Come ulteriore esempio di uso dei token citiamo il fatto che essi possono essere utilizzati per ridurre l'attrito di primo distacco tipicamente presente nelle fasi iniziali dei processi di diffusione dell'innovazione, come mostrato nell'immagine di seguito.



L'utilizzo dei token nella progettazione del processo di crescita dei network permette di bilanciare la limitata utilità iniziale dovuta alle dimensioni ridotte del network con un incentivo finanziario connesso al potenziale di apprezzamento del token al crescere della base installata di utenti che adottano il servizio in questione.

In ultimo, vale la pena citare l'utilizzo dei token come strumento per la protezione e la valorizzazione della **proprietà intellettuale inerente al patrimonio artistico**. Nello specifico, una particolare tipologia di token chiamata non fungibile (o Non-Fungible Token - NFT) permette di creare delle opere digitali originali, la cui relazione con l'autore e provenienza viene certificata tramite tecnologie a registri distribuiti. Questa innovazione ha dato vita, nel corso degli ultimi anni, a svariate sperimentazioni nel campo delle industrie creative che hanno permesso agli artisti di esplorare nuovi modelli di business grazie alla possibilità di creare una relazione diretta con i propri fan e permettere loro di partecipare al successo delle opere realizzate, oltre che beneficiare del mercato secondario grazie all'inserimento all'interno del contratto dell'NFT di una clausola che riconosce una commissione ogni volta che l'opera viene venduta.

La carrellata di esempi sopra proposta è lontana dal rappresentare in maniera esaustiva lo spazio di opportunità introdotto dall'Economia dei Token. Nonostante ciò, è importante evidenziare come questo nuovo paradigma permetterà all'innovazione aperta di fare un passo in avanti promuovendo un utilizzo combinato e diffuso di attività di co-creazione, crowdfunding e crowdsourcing. Pratiche precedentemente disponibili attraverso piattaforme dedicate, ma raramente inserite in maniera sinergica in un'unica strategia. Ulteriore valore può giungere dall'impiego di tecnologie decentralizzate quando sono utilizzate in sinergia le tecniche di Intelligenza Artificiale: nel 2021, LINKS ha messo a punto un quadro di riferimento tecnologico proponendo due stack di alto livello che evidenziano potenziali aree di applicazione dove Blockchain ed AI possono mettere a fattor comune le rispettive caratteristiche per risolvere problemi comuni.

In conclusione, l'Internet del Valore e l'Economia dei Token rappresentano due fenomeni emergenti che richiederanno alcuni anni prima di permeare in maniera capillare nel tessuto produttivo italiano. Nonostante ciò, per una realtà come la Fondazione LINKS che fa delle reti informatiche il focus della propria attività di ricerca ed innovazione, risulta fondamentale presidiare in maniera anticipatoria l'evolvere di tali fenomeni al fine di permettere agli attori del territorio di cavalcare il cambiamento senza venirsene travolti. Da un punto di vista operativo, questo significa investire per costruire le competenze multidisciplinari che sono necessarie per catturare la complessità degli impatti che questi nuovi paradigmi genereranno al livello economico e sociale.



Approfondimento di Giacomo Vitali e Paolo Viviani.

## Quantum Computing, una nuova frontiera tecnologica

L'esplorazione di tematiche di ricerca nel settore del Quantum Computing (QC) rappresenta una delle nuove frontiere dell'ampio tema del calcolo ad elevate prestazioni, o **High Performance Computing** (HPC).

In questo settore stiamo assistendo ad un'evoluzione che ricalca quella avvenuta con l'ingresso di acceleratori specializzati (GPU, FPGA) nei data center, seguita all'esplosione delle metodologie legate al Machine Learning. Anche in questo caso, si prevede di accoppiare i computer quantistici ai supercomputer classici per sfruttare la loro capacità di risolvere in modo estremamente efficiente alcuni problemi specifici attualmente intrattabili, accelerando globalmente l'esecuzione di complesse applicazioni HPC.

In particolare, i filoni applicativi più promettenti sono la simulazione di materiali o di sistemi complessi, la chimica quantistica e le sue applicazioni alle scienze della vita, l'ottimizzazione combinatoria e la sicurezza informatica.

La Fondazione LINKS propone ai propri partner le competenze che occorrono per potersi orientare in questo settore complesso e in continua, rapida evoluzione: in questa direzione va la partecipazione a progetti in partenariato con altri centri di ricerca e di calcolo, industrie e imprese di piccole o grandi dimensioni che si stanno posizionando in questo campo o che intendono farlo al fine colmare (o aumentare) il gap tecnologico con i propri competitor internazionali, ottenendo vantaggi competitivi nel loro mercato.

Occorre infatti tenere presente che, nonostante alcune soluzioni siano già disponibili sul mercato, si tratta di una tecnologia di frontiera che pone un'importante barriera d'entrata in termini di competenze necessarie ad un suo efficace utilizzo e ad una costante e rapida evoluzione delle tecnologie sottostanti.

In questo momento, la varietà di tecnologie utilizzate dai produttori non permette di identificare immediatamente un preciso riferimento tecnologico. Ogni piattaforma disponibile differisce infatti in maniera sostanziale dalle altre sotto molti aspetti, rendendo perciò necessaria una chiara identificazione del problema applicativo in modo da effettuare la scelta della soluzione tecnologica più adatta (best match). Per lo stesso motivo, in questo momento la definizione stessa di quantum advantage, così come la standardizzazione dei modelli di benchmark è in fase evolutiva. Proprio in questo contesto si inserisce LINKS, sviluppando soluzioni applicative specifiche e indirizzando e favorendo l'attività di sviluppo dei

partner industriali tramite il necessario knowledge transfer.

Interessante per LINKS anche la sinergia tra il team dei ricercatori nel settore della Fotonica e il gruppo di Advance Computing che studia le tecniche quantistiche sul tema della comunicazione quantistica e, in particolare, sulla **Quantum Key Distribution** (QKD), ovvero lo studio di tecniche basate sulla fisica quantistica per la distribuzione di chiavi crittografiche tra partner di comunicazioni ottiche cifrate.

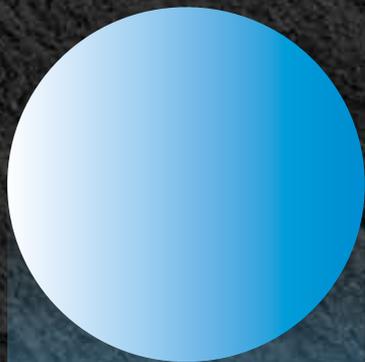
Il successo del team dedicato al QC è confermato dalla reputazione che la nostra Fondazione ha guadagnato presso player importanti del settore (PASQAL) e grandi aziende portatrici di problemi complessi come le simulazioni fluidodinamiche: questi problemi, che notoriamente pongono requisiti molto sfidanti in termini di potenza di calcolo, possono trovare nel Quantum Computing un significativo miglioramento delle prestazioni. Con partner di questo livello si è iniziato a studiare, in questa fase di rapido sviluppo tecnologico, quali siano le architetture quantistiche più adatte ai diversi contesti applicativi.

L'obiettivo (e la missione) della nostra Fondazione è, in casi come questi, intercettare la domanda di prestazioni di calcolo e incrociarla con l'offerta tecnologica, aiutando i nostri partner ad effettuare scelte complesse in un contesto caratterizzato da elevata dinamicità e velocità di evoluzione.









20  
21

FONDAZIONE  
**Links**  
PASSION FOR INNOVATION

---

## FONDAZIONE LINKS

FONDAZIONE LINKS

Via Pier Carlo Boggio 61  
10138 Torino TO

Telefono  
011 2276 150

E-mail  
[info@linksfoundation.com](mailto:info@linksfoundation.com)

Sito Web  
[linksfoundation.com](http://linksfoundation.com)

---

## RAPPORTO ANNUALE DI ATTIVITÀ

Relazione di gestione e risultati raggiunti