

Progetto e Piano di Formazione

“Tecnologie middleware per la realizzazione di dataspace sicuri e interoperabili”

L'attività di questo assegno di ricerca, della durata di 12 mesi, si concentrerà sull'applicazione del paradigma del Digital Twin (DT) a processi produttivi, con particolare attenzione all'implementazione di un modello di economia circolare, abilitato grazie allo scambio sicuro di dati e informazioni. Mentre l'applicazione del concetto di DT a singole fasi del processo produttivo è una pratica relativamente consolidata, ottenere una visione accurata complessiva del processo/prodotto si scontra con i problemi di caratterizzazione delle miriadi di eventi che si verificano durante il suo' ciclo di vita. Una sfida importante nella realizzazione di un DT affidabile non riguarda solo la caratterizzazione delle singole fasi, ma è piuttosto collegata al flusso di informazioni che deve essere armonizzato, protetto e diffuso per fornire una rappresentazione significativa.

L'assegnista dovrà progettare, sviluppare e validare sperimentale delle componenti middleware per la realizzazione del concetto di *dataspace* sicuri e interoperabili. Gli obiettivi principali comprendono infatti la gestione sicura dei dati e facilitare l'interoperabilità tra diversi sistemi, promuovendo un scambio e utilizzo efficiente delle informazioni condivise in ambienti distribuiti. In particolare, l'assegnista valuterà le potenzialità di alcune tecnologie chiave, come i *Decentralized Identifier* (DID), le *Verifiable Credential* (VC) e le *Distributed Ledger Technology* (ad esempio, Blockchain). Le componenti progettate diventeranno parte integrante dell'architettura funzionale del progetto PRIN PNRR 2022 Digit4Circle, di cui il responsabile dell'assegno è il *principal investigator*. Le responsabilità specifiche dell'assegnista includono: (i) l'analisi standard e pratiche: esaminare e analizzare gli standard esistenti relativi a DID, VC e tecnologie blockchain per identificare le migliori pratiche e le linee guida nella gestione decentralizzata dei dati; (ii) progettazione componenti s/w: sviluppare componenti middleware che integrino i concetti di DID, VC e Blockchain per garantire la sicurezza e la gestione efficiente dei *dataspace*. Questi componenti devono favorire l'interoperabilità tra sistemi eterogenei; (iii) sperimentazione e validazione, conducendo test sperimentali per validare l'efficacia e la robustezza dei componenti middleware sviluppati in scenari realistici di utilizzo. La sperimentazione dovrebbe includere casi d'uso specifici e simularne l'implementazione pratica; (iv) valutazione delle tecnologie emergenti: monitorare e valutare le nuove tecnologie emergenti nel campo della gestione decentralizzata dei dati, al fine di integrare eventuali miglioramenti o nuovi sviluppi nei componenti middleware progettati.

L'assegnista si dedicherà ai temi succitati attraverso un piano delle attività articolato in quattro fasi, temporalmente successive e ciascuna delle quali della durata di tre mesi. Nella prima fase si valuteranno soluzioni open-source e standard del campo (ess. *International Data Space Association*) e si identificheranno i requisiti tecnici specifici per la realizzazione del sistema. Nella seconda fase si determinerà l'architettura dei componenti middleware da sviluppare, in forte integrazione e sinergia con l'architettura complessiva Digit4Circle. Nella terza fase si svilupperanno i componenti middleware e applicativi individuati nelle fasi precedenti e se ne verificherà la risposta ai requisiti funzionali e non funzionali in modo isolato, mentre l'ultima fase sarà dedicata alla loro integrazione nel dimostratore e alla sua validazione integrata. Sono

inoltre previste attività di gruppo orientate alla predisposizione di materiali e report, da presentare anche ad altre aziende interessate del settore.

Project and Training Plan

“Middleware Technologies for the Implementation of Secure and Interoperable Dataspaces”

The activity of this research grant will focus on the application of the Digital Twin (DT) paradigm to production processes, with particular attention to the implementation of a circular economy model, enabled by the secure exchange of data and information. While the application of the DT concept to individual stages of the production process is a relatively established practice, achieving an accurate overall view of the process/product is challenged by the characterization of the myriad events that occur during its life cycle. A significant challenge in creating a reliable DT is not only the characterization of individual stages but also the information flow that must be harmonized, protected, and disseminated to provide a meaningful representation.

The research fellow will design, develop, and experimentally validate middleware components for the realization of secure and interoperable dataspaces. The main objectives include ensuring secure data management and facilitating interoperability between different systems, promoting the efficient exchange and use of shared information in distributed environments. Specifically, the research fellow will evaluate the potential of key technologies such as Decentralized Identifiers (DID), Verifiable Credentials (VC), and Distributed Ledger Technology (e.g., Blockchain). The designed components will become an integral part of the functional architecture of the PRIN PNRR 2022 Digit4Circle project, for which the grant supervisor is the principal investigator. The specific responsibilities of the research fellow include: (i) Standards and Practices Analysis: Examine and analyze existing standards related to DID, VC, and blockchain technologies to identify best practices and guidelines in decentralized data management. (ii) Software Component Design: Develop middleware components that integrate DID, VC, and Blockchain concepts to ensure the security and efficient management of dataspaces. These components should promote interoperability between heterogeneous systems. (iii) Experimentation and Validation: Conduct experimental tests to validate the effectiveness and robustness of the developed middleware components in realistic use scenarios. The experimentation should include specific use cases and simulate their practical implementation. (iv) Evaluation of Emerging Technologies: Monitor and assess emerging technologies in the field of decentralized data management to integrate potential improvements or new developments into the designed middleware components.

The research fellow will engage with the aforementioned research topics through an activity plan divided into four sequential phases, each lasting three months. In the first phase, open-source solutions and standards in the field (e.g., International Data Space Association) will be evaluated, and the specific technical requirements for the system will be identified. In the second phase, the architecture of the middleware components to be developed will be determined, ensuring strong integration and synergy with the overall Digit4Circle architecture. In the third phase, the identified middleware and application components will be developed and tested to verify their response to both functional and non-functional requirements in isolation. The final phase will focus on their integration into the demonstrator and its integrated validation. Additionally, group activities are planned to prepare materials and reports, which will also be presented to other interested companies in the sector.