



Piattaforma SGIA (Smart Grid Innovation Accelerator): potenziamento e sviluppo di nuove funzionalità

Mattia Cabiati, Enea Bionda, Francesca Soldan



Report MI21-24/18

PIATTAFORMA SGIA (SMART GRID INNOVATION ACCELERATOR): POTENZIAMENTO E SVILUPPO DI NUOVE FUNZIONALITÀ

Mattia Cabiati, Enea Bionda, Francesca Soldan

Maggio 2022

Ministero della Transizione Ecologica - ENEA
Mission Innovation 2021-2024 - I annualità

Progetto: MISSION

Work package: Analisi preliminare e progettazione infrastrutture e sistemi di controllo delle microreti

Linea di attività: Nuove funzionalità e operatività della piattaforma semantica SGIA. Incremento base documentale e aggiornamento addestramento algoritmi di IA

Responsabile del Progetto: Maria Valenti

Responsabile della LA: Carlo Tornelli

Indice

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE.....	5
2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E DEI RISULTATI RAGGIUNTI	6
2.1 SVILUPPO E ADDESTRAMENTO DEGLI ALGORITMI DI IA	6
2.1.1 <i>Modello in lingua inglese</i>	6
2.1.2 <i>Modello in lingua italiana</i>	9
2.2 CARICAMENTO DI NUOVI DOCUMENTI SULLA PIATTAFORMA E MONITORAGGIO DELLE RICERCHE	10
2.2.1 <i>Monitoraggio delle ricerche</i>	11
2.3 FUNZIONALITÀ A SUPPORTO DEGLI UTENTI FINALI.....	12
2.3.1 <i>Funzionalità di workspace personale</i>	12
2.3.2 <i>Feedback e gestione del profilo da parte degli utenti</i>	15
2.4 RICERCA, VISUALIZZAZIONE E NAVIGAZIONE BASATA SULLA SEMANTICA DELLE ENTITÀ	15
2.5 GESTIONE DI ALTRE LINGUE OLTRE L'INGLESE	19
2.6 COLLEGAMENTO CON ALTRE PIATTAFORME E COLLABORAZIONE CON ISGAN	20
2.6.1 <i>Connessione di SGIA con altre piattaforme</i>	20
2.6.2 <i>Supporto alle organizzazioni: integrazione IEA TCP ISGAN</i>	20
2.7 SOLUZIONI TECNICHE PER LA GESTIONE DEL KNOWLEDGE GRAPH	21
2.7.1 <i>Servizio SPARQL</i>	21
2.7.2 <i>Sviluppo di soluzione di cache</i>	22
2.7.3 <i>Disambiguazione delle entità</i>	22
2.7.4 <i>Arricchimento semi-automatico</i>	23
2.7.5 <i>Completamento semi-automatico con tecniche di machine learning</i>	23
3 CONCLUSIONI	24
4 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	25
5 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI	26
6 ELENCO ALLEGATI	27

Sommario

La SGIA (*Smart Grids Innovation Accelerator*) è una piattaforma *on-line* basata su servizi *cloud* finalizzata alla condivisione ed alla ricerca di informazioni su iniziative di ricerca e applicative relative al settore energetico. Attraverso un motore di ricerca semantico, SGIA offre funzionalità di ricerca avanzata nei documenti presenti all'interno del suo database. SGIA è stata ideata e proposta da RSE nell'ambito della *Innovation Challenge 1 Smart Grids* (IC1) di *Mission Innovation* per favorire lo scambio di informazioni, la collaborazione tra pubblico e privato e la cooperazione internazionale. Il rapporto descrive le attività svolte per completare (finalizzare) le principali funzionalità di SGIA, sviluppate nel contesto della Ricerca di Sistema, e garantire il supporto per il funzionamento della piattaforma per quanto riguarda l'utilizzo di servizi commerciali (es. servizi *cloud*).

Più in dettaglio sono stati migliorati gli algoritmi di intelligenza artificiale utilizzati per il riconoscimento delle entità, delle relazioni semantiche e per la classificazione dei documenti. Questo si è concretizzato sia nel miglioramento degli algoritmi, sia nel lavoro di addestramento (fase di *training*) degli stessi. È infatti necessario che una persona fisica, attraverso *tool* informatici, selezioni le entità semantiche presenti in un set di documenti campione in modo che gli algoritmi di intelligenza artificiale possano prendere esempio e replicare quanto "appreso" su tutti i documenti che saranno successivamente inseriti nella piattaforma. Nell'ottica di fornire all'utente la possibilità di cercare informazioni in un database completo, contenente potenzialmente tutte le informazioni richieste, è stata ampliata la base documentale di SGIA. I servizi di SGIA sono inoltre stati estesi a documenti in lingua italiana (precedentemente erano disponibili solo per la lingua inglese). Sono state inoltre implementate numerose nuove funzionalità per il *workspace* personale che gli utenti di SGIA hanno a disposizione. In particolare: la gestione e la condivisione di gruppi di documenti (*collections*), la possibilità di effettuare annotazioni all'interno dei documenti e di condividerle con altri utenti, la condivisione privata di documenti con altri utenti senza doverli necessariamente condividere pubblicamente sulla piattaforma. È stata inoltre introdotta la possibilità di eseguire ricerche semantiche basate sul *knowledge graph* costruito dagli algoritmi di intelligenza artificiale. Nel report vengono anche evidenziati gli aspetti tecnici più rilevanti alla base delle nuove funzionalità introdotte sulla piattaforma.

SGIA nasce in un contesto di collaborazione internazionale e la sua vocazione a favorire la collaborazione con altre iniziative è stata sostenuta sia con l'implementazione del collegamento con la piattaforma EIRIE (*European Interconnection for Research Innovation & Entrepreneurship*), sviluppata del progetto europeo PANTERA, sia implementando la possibilità creare spazi di lavoro distinti per differenti organizzazioni che utilizzano la piattaforma SGIA per le loro attività.

È infine importante citare che sebbene siano terminate le attività dell'*Innovation Challenge 1 on Smart Grids*, all'interno della quale SGIA è stata sviluppata, SGIA sarà parte integrante della nuova *Green Powered Future Mission* in cui sono confluite le collaborazioni e gli sforzi dei membri di IC1.

1 Introduzione

Il presente Rapporto è parte integrante della documentazione delle attività di progetto MISG afferente al WP1 “Analisi preliminare e progettazione infrastrutture e sistemi di controllo delle microreti” LA1.06 “Nuove funzionalità e operatività della piattaforma semantica SGIA. Incremento base documentale e aggiornamento addestramento algoritmi di IA”.

SGIA (*Smart Grids Innovation Accelerator*) è una piattaforma *on-line* basata su servizi *cloud* finalizzata alla condivisione di documenti inerenti alle *smart grid* ed al settore energetico nel suo complesso. È disponibile al pubblico al link: www.mi-sgiaplatform.net.

SGIA, attraverso un motore di ricerca semantico, offre funzionalità di ricerca avanzata nei documenti presenti nel suo database. SGIA è stata ideata, proposta e sostenuta dall’Italia nell’ambito della *Innovation Challenge 1 on Smart Grids* (IC1) [1] al fine favorire lo scambio di informazioni, la collaborazione tra pubblico e privato e la cooperazione internazionale. Il suo *database* documentale è costituito da documenti selezionati a livello globale riguardanti politiche, strategie energetiche nazionali, *roadmaps*, *position papers*, rapporti tecnici, casi di studio, *best practices* e video a tema *Smart Grids* o correlati.

In ambito internazionale, all’interno dell’iniziativa *Mission Innovation*, dopo la fine delle attività di IC1 (Giugno 2021), l’Italia ha proseguito il suo impegno nella nuova *Green Powered Future Mission* volta a dimostrare che i sistemi elettrici possono integrare fino al 100% di fonti rinnovabili non programmabili nel loro mix di generazione [2]. È all’interno di questa *Mission* (della quale l’Italia detiene la direzione) che SGIA è stata proposta e verrà utilizzata come strumento per la condivisione di informazioni e per facilitare la ricerca in documenti chiave.

Le principali funzionalità della piattaforma sono state sviluppate durante le precedenti annualità della Ricerca di Sistema [1] ma non finalizzate in molti loro aspetti. La presente linea di attività aveva quindi l’obiettivo di proseguirne lo sviluppo oltre che supportare il mantenimento della piattaforma per quanto riguarda l’uso dei servizi commerciali necessari al suo funzionamento (es. servizi *cloud*).

In particolare, l’attività è stata svolta con il supporto di aziende del settore, alle quali sono stati commissionati dei pacchetti di servizi adottando la seguente procedura:

- RSE ha realizzato delle specifiche tecniche contenenti i requisiti e le azioni a carico di ciascun fornitore (file NN_nomefornitore_Specifica tecnica);
- RSE ha verificato il soddisfacimento delle richieste con delle sessioni di collaudo (file NN_nomefornitore_Verbale-collaudo);
- i fornitori, laddove necessario, hanno fornito delle relazioni tecniche con il dettaglio delle attività svolte (file NN_nomefornitore_Z_Relazioni tecniche).

Tale documentazione è riportata in allegato al presente deliverable e in particolare nel capitolo 6 sono puntualmente elencati i documenti allegati per ogni fornitore.

2 Descrizione delle attività svolte e dei risultati raggiunti

In questo capitolo vengono descritte le attività svolte nel proseguimento dello sviluppo della piattaforma e i principali risultati raggiunti. In particolare, vengono descritte le azioni di addestramento degli algoritmi di intelligenza artificiale, ne vengono riportati i risultati, vengono descritte le funzionalità della *workspace* personale introdotte in supporto dell'analisi dei documenti e della collaborazione tra gli utenti della piattaforma SGIA. Infine, sono riportate alcune soluzioni tecniche per migliorare la gestione del *knowledge graph*.

2.1 Sviluppo e addestramento degli algoritmi di IA

A partire dal modello addestrato negli anni scorsi [1], è proseguita l'attività relativa all'addestramento di algoritmi di intelligenza artificiale per il riconoscimento automatico di entità e relazioni semantiche presenti nei documenti caricati all'interno di SGIA. Il riconoscimento delle entità è particolarmente importante per le funzionalità avanzate della piattaforma SGIA, in particolare per la ricerca semantica, che permette di effettuare ricerche esprimendo i concetti in linguaggio "naturale", quindi con frasi di senso compiuto che si è soliti utilizzare nelle normali conversazioni. L'algoritmo di ricerca è infatti in grado di riconoscere e dare significato al contesto nel quale sono inserite le parole. Alla base della possibilità di sfruttare ricerche di tipo semantico vi è il riconoscimento di entità semantiche nella base documentale su cui effettuare la ricerca, ovvero il riconoscimento di cosa viene descritto in un determinato contesto. Le entità sono inoltre alla base dei *knowledge graph*, rappresentazioni delle relazioni semantiche tra le entità all'interno dei vari documenti. Questo lavoro di addestramento degli algoritmi di intelligenza artificiale è stato realizzato tramite il prodotto *Watson Knowledge Studio*¹ di IBM, una applicazione web in grado di permettere all'utente di insegnare al motore semantico *Watson* mediante l'operazione di *tagging*, la modalità del dominio di interesse per identificare le entità e le relazioni tra loro, presenti all'interno dei documenti. Lo scopo finale è creare un modello di *machine learning* in grado di individuare in modo automatico le entità e le loro relazioni semantiche all'interno dei nuovi documenti che di volta in volta vengono caricati in SGIA.

L'attività si è articolata in due principali sotto-attività:

- ❖ il miglioramento del modello in lingua inglese;
- ❖ l'inizio dell'addestramento di un modello in italiano.

Inoltre, i risultati dei due modelli sono stati validati tramite il caricamento di nuovi documenti sulla piattaforma. Sfruttando la potenzialità fornita dall'architettura *cloud*, basata sui *container*² e gestita in ambiente *Kubernetes*³, il test del modello in italiano è stato realizzato in un ambiente software parallelo a SGIA, senza interferire con il corpo documentale ufficiale in inglese. Nei successivi paragrafi sono riportati i risultati raggiunti per entrambi i modelli.

2.1.1 Modello in lingua inglese

Il modello in inglese è stato raffinato con l'aggiunta di alcune relazioni significative per la creazione del *knowledge graph* della conoscenza estratta dai documenti. È stata quindi realizzata una revisione dell'ontologia, che ha permesso di ampliare il numero di relazioni tra le entità presenti nel *knowledge graph*, favorendo la creazione di conoscenza.

In Figura 1, si riportano tutte le relazioni che sono state definite. Ciascuna di esse (colonna "Relation Type") mette in relazione una prima entità con una seconda. Le tipologie di entità che possono essere collegate da una specifica relazione sono riportate nella seconda e terza colonna ("First Entity Type/Role" e "Second Entity Type/Role"). Per facilitare l'addestramento degli algoritmi di intelligenza artificiale e poter valutare meglio il

¹ <https://www.ibm.com/it-it/cloud/watson-knowledge-studio>

² <https://www.docker.com/resources/what-container/>

³ <https://kubernetes.io/it/docs/concepts/overview/what-is-kubernetes/>

loro apprendimento si è scelto di creare una ontologia semplice definendo le relazioni più significative per la tipologia di documenti contenuti in SGIA. In particolare, le relazioni più significative che si è scelto di definire riguardano l'area di interesse di persone e organizzazioni, il tema dei documenti e progetti oppure relazioni temporali, spaziali o di inclusione.

Relation Type	First Entity Type / Role	Second Entity Type / Role
isDeveloperOf	Organization , Person	GridArchitecture , RegulationStandard , DigitalizationICT , RenewableEnergy , InitiativeFundProject , EnergyStorageMultienergy , Organization , CustomersMarket , FossilNuclearEnergy , EconomicsSociety , DecarbonizationEnvironment
includes	CustomersMarket , RenewableEnergy , InitiativeFundProject , Organization , EnergyStorageMultienergy , DecarbonizationEnvironment , EconomicsSociety , Location , RegulationStandard , DigitalizationICT , GridArchitecture , FossilNuclearEnergy , Mobility	DigitalizationICT , Mobility , DecarbonizationEnvironment , CustomersMarket , RenewableEnergy , RegulationStandard , InitiativeFundProject , EconomicsSociety , GridArchitecture , EnergyStorageMultienergy , Organization , Location , FossilNuclearEnergy
fieldOfInterest	Organization , Person	DecarbonizationEnvironment , CustomersMarket , GridArchitecture , FossilNuclearEnergy , InitiativeFundProject , EnergyStorageMultienergy , RegulationStandard , RenewableEnergy , DigitalizationICT , Mobility , EconomicsSociety
locationReference	Organization , InitiativeFundProject , DigitalizationICT , Mobility , DecarbonizationEnvironment , FossilNuclearEnergy , EnergyStorageMultienergy , EconomicsSociety , CustomersMarket , Person , GridArchitecture , RenewableEnergy , RegulationStandard	Location
organizationWorksIn	Organization	InitiativeFundProject
relatedTo	InitiativeFundProject , RegulationStandard	RenewableEnergy , EconomicsSociety , FossilNuclearEnergy , Mobility , GridArchitecture , DigitalizationICT , EnergyStorageMultienergy , DecarbonizationEnvironment , CustomersMarket
personWorksIn	Person	Organization , InitiativeFundProject
timeReference	EnergyStorageMultienergy , FossilNuclearEnergy , GridArchitecture , InitiativeFundProject , RegulationStandard , DecarbonizationEnvironment , Mobility , RenewableEnergy , DigitalizationICT	Date

Figura 1. Relazioni definite nel modello di intelligenza artificiale e utilizzate per l'addestramento di Watson riguardo al settore elettro-energetico.

Il processo di addestramento dell'algorithmo di intelligenza artificiale inizia con la ricerca e la selezione manuale delle entità, delle loro relazioni e delle coreferenze (ovvero forme molteplici della stessa entità, es. nome completo ed acronimo) su un numero adeguato di documenti. Si procede quindi con l'addestramento e aggiornamento del modello. Lo strumento *Knowledge Studio* permette di visualizzarne le prestazioni tramite gli indici di *precision* e *recall* che rappresentano, rispettivamente, gli indicatori di accuratezza e completezza del modello. L'indice *F1-score* è invece una media armonica di *precision* e *recall* e riassume il risultato dei due indici. È possibile visualizzare sia i risultati complessivi, sia i risultati separati per tipologia di entità o di relazione; questo permette di individuare le aree tematiche su cui si è più carenti e di intervenire con addestramenti mirati. Come esempio si riportano in Figura 2 gli indici ottenuti per alcune entità. Il valore massimo dell'*F1-score* è pari a 1 e indica precisione e *recall* perfette, mentre un *F1-score* pari a 0 indica che precisione e *recall* sono entrambe nulle. Si può considerare di aver raggiunto un buon modello a partire da valori di *F1-score* pari a 0.7.

Tra i casi riportati in Figura 2, la tipologia di entità riconosciuta in modo peggiore è "*GridArchitecture*": un *training* mirato richiede quindi una selezione di documenti relativi a questa categoria ed un successivo *tagging* di numerosi termini afferenti a questa area tematica. Il processo di miglioramento degli algoritmi è un processo continuo, che deve essere ripetuto nel tempo per raggiungere un buon livello di riconoscimento delle entità per ciascuna tipologia. Un supporto a questo processo di costante e continuo miglioramento del modello è fornito dalla matrice di confusione che rappresenta, per ciascuna tipologia di entità, la frequenza di corretti riconoscimenti, la frequenza di non riconoscimento e quella di scambio con le altre entità separatamente. Questo permette di individuare eventuali ambiguità tra due o più gruppi di entità.

Entity Types	F1	Precision	Recall
CustomersMarket	0.75	0.77	0.74
Date	0.9	0.9	0.91
DecarbonizationEnvironment	0.77	0.81	0.74
DigitalizationICT	0.76	0.86	0.67
EconomicsSociety	0.61	0.7	0.54
EnergyStorageMultienergy	0.63	0.66	0.6
FossilNuclearEnergy	0.8	0.81	0.78
GridArchitecture	0.5	0.63	0.41
InitiativeFundProject	0.65	0.71	0.59
Location	0.86	0.86	0.87
Mobility	0.73	0.76	0.7
Organization	0.72	0.76	0.69
Person	0.69	0.83	0.59
RegulationStandard	0.64	0.68	0.6
RenewableEnergy	0.77	0.76	0.77
Overall Statistics	0.74	0.77	0.71

Figura 2. Indici di precision, recall e F1-score per ciascuna tipologia di entità definita nel modello in inglese.

La Figura 3 mostra le prime colonne della matrice di confusione: ogni intestazione di riga rappresenta la classe di entità taggata manualmente sui documenti di *training*, mentre sulle colonne è indicato come le stesse classi di entità sono state annotate automaticamente da Watson. Per esempio, l'incrocio della prima riga e della prima colonna, "CustomersMarket", conferma il riconoscimento di 483 entità appartenenti alla classe identificata in fase di *training*. Tra le entità riportate, "InitiativeFundProject" è quella che presenta maggiore ambiguità: in 18 casi è scambiata con "Date", in 24 casi con "Decarbonization" e in 68 con "EnergyStorageMultiEnergy". Si osserva inoltre che con "O", sulla colonna delle "Entity Types", sono indicate le entità non taggate nei documenti di *training*, ma riconosciute come entità da Watson.

Entity Types	CustomersMarket	Date	Decarbonization...	DigitalizationICT	EconomicsSociety	EnergyStorageM...	FossilNuclearEne...
CustomersMarket	483	0	0	1	3	0	0
Date	0	688	0	0	0	0	0
Decarbonization...	0	0	679	0	0	31	0
DigitalizationICT	0	0	0	251	1	3	0
EconomicsSociety	5	0	0	0	157	0	0
EnergyStorageM...	0	0	0	0	0	1215	4
FossilNuclearEn...	0	0	0	0	0	0	265
GridArchitecture	9	0	0	3	0	1	6
InitiativeFundPr...	0	18	24	3	3	68	0
Location	1	1	0	0	0	0	0
Mobility	0	0	0	0	0	2	1
O	95	27	64	22	48	79	30
Organization	1	0	2	0	1	9	2
Person	0	0	0	0	0	0	0
RegulationStand...	0	3	0	0	0	10	0
RenewableEnergy	1	0	2	0	0	5	1

Figura 3. Prime colonne della matrice di confusione per il modello semantico addestrato. Ogni intestazione di riga rappresenta la classe di entità taggata manualmente nella fase di training mentre le colonne rappresentano le

entità individuate automaticamente da Watson. “O” rappresenta le entità non taggate manualmente nella fase di *training* ma riconosciute come entità da Watson.

Per quanto riguarda le relazioni, la fase di *training* effettuata ha permesso un netto miglioramento dei risultati rispetto a quanto ottenuto precedentemente.

Da quanto appena riportato risulta evidente l'importanza della componente umana nel processo di addestramento del modello di Watson (*human in the loop*). Oltre alla fase “manuale” di annotazione dei documenti, infatti, è necessario un opportuno ragionamento per la scelta mirata dei documenti più opportuni per il *training*, sulla base dei risultati ottenuti e delle tabelle di confusione.

2.1.2 Modello in lingua italiana

La seconda parte dell'attività ha riguardato l'addestramento di un modello in italiano, che è stato definito tramite le stesse entità e relazioni considerate per il modello in inglese.

Per agevolare l'addestramento del nuovo modello, è stato utilizzato il pre-annotatore in italiano sviluppato appositamente. A partire dal modello definito, il pre-annotatore ha permesso di evidenziare un primo insieme di entità sui documenti in modo automatico agevolando la prima fase di *training* del nuovo modello: si parte infatti dal correggere o modificare le entità già annotate, per poi aggiungere tutti gli altri concetti da insegnare a Watson.

Il numero di documenti taggati in italiano non risulta ancora sufficiente per avere un modello completo ed efficace (810 pagine annotate in inglese contro 302 in italiano), inoltre non tutte le aree tematiche di interesse sono state ben affrontate. Nonostante i risultati del modello siano ampiamente migliorabili tramite una maggiore azione di *tagging* possiamo notare, in Figura 4, come gli indici introdotti nel paragrafo precedente abbiano già buoni valori (*F1-score* pari a 0.6 per le entità e pari a 0.15 per le relazioni). Per quanto riguarda le entità, le classi che necessitano ancora un miglioramento sono indicate in giallo (in Figura 4). Si specifica che la classe “*KeyEntity*” è stata utilizzata nella fase di pre-annotazione per indicare termini generici non classificabili in alcuna delle tipologie di entità. Nella successiva annotazione le entità “*KeyEntity*” sono convertite in altre tipologie oppure cancellate, se troppo generiche e non di interesse strategico.







Entity Types	F1	Precision	Recall
CustomersMarket	0.54	0.68	0.46
Date	0.85	0.86	0.83
DecarbonizationEnvironment	0.54	0.66	0.46
 DigitalizationICT	0.25	0.39	0.19
 EconomicsSociety	0.24	0.27	0.21
EnergyStorageMultienergy	0.58	0.7	0.49
ExternalDefinition	N/A	N/A	N/A
FossilNuclearEnergy	0.53	0.67	0.43
 GridArchitecture	0.4	0.56	0.31
 InitiativeFundProject	0.35	0.41	0.3
 KeyEntity	0	0	0
Location	0.74	0.75	0.73
 Mobility	0.37	0.69	0.26
Organization	0.65	0.69	0.62
Person	0.75	0.88	0.66
RegulationStandard	0.5	0.74	0.38
RenewableEnergy	0.56	0.69	0.47
Overall Statistics	0.59	0.69	0.52

Figura 4. Indici di *precision*, *recall* e *F1-score* per ciascuna tipologia di entità definita nel modello in italiano.

2.2 Caricamento di nuovi documenti sulla piattaforma e monitoraggio delle ricerche

È proseguita l'azione di caricamento di documenti sulla piattaforma (Figura 5). Questo, oltre ad ampliare l'offerta documentale, ha permesso di valutare l'addestramento degli algoritmi di intelligenza artificiale, di osservare come gli utenti della piattaforma visualizzino i documenti taggati e quali termini vengano effettivamente individuati in modo corretto e quali no. Lo scopo del *training* è infatti proprio quello di offrire una migliore esperienza agli utenti.

Il caricamento di nuovi documenti ha previsto, per quanto riguarda la lingua inglese, una continua ricerca di nuove pubblicazioni da inserire nel database documentale. In primo luogo, si è cercato di mantenere aggiornata la piattaforma con le nuove pubblicazioni di organizzazioni di cui SGIA già comprende molti documenti (ad esempio *International Energy Agency*, *International Renewable Energy Agency*, *European Energy Research Alliance*, etc.).

Sono state inoltre cercate nuove fonti documentali dalle quali selezionare i documenti di maggiore interesse. Lo scopo è infatti quello di coprire tutti i settori più importanti relativi al dominio elettro-energetico e di fornire all'utente la possibilità di cercare informazioni in un *database* completo.

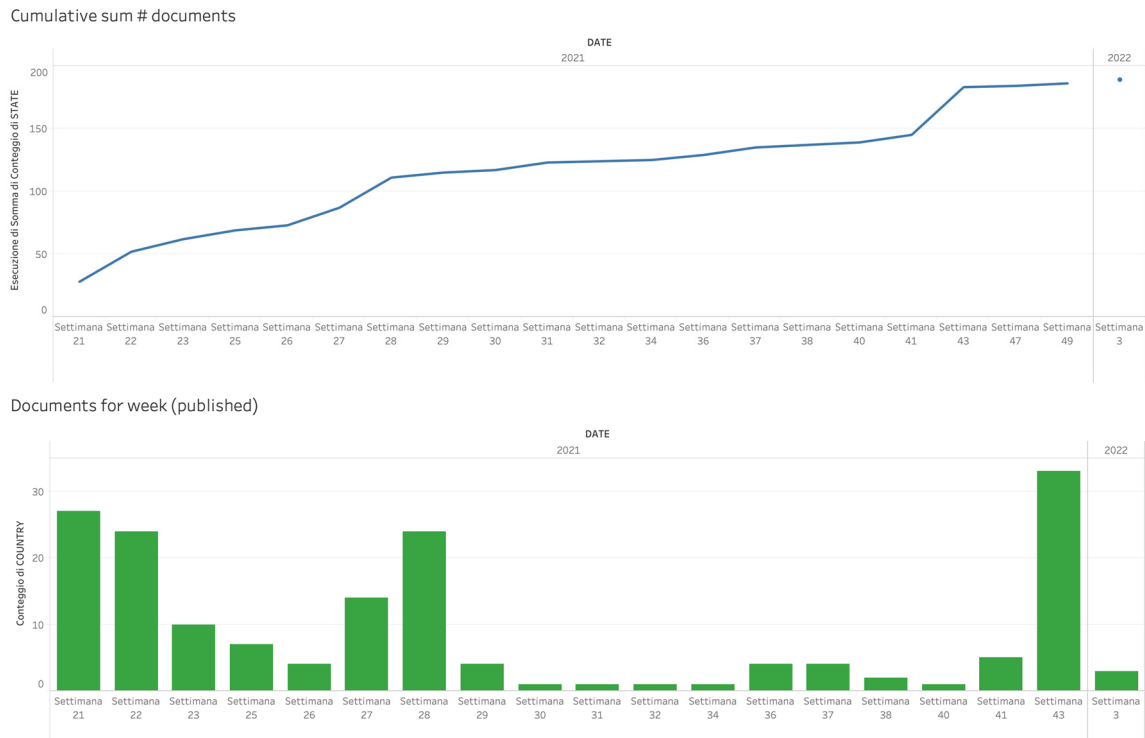


Figura 5. Documenti caricati in SGIA nel periodo 05/2021-01/2022, per ogni settimana. In alto è mostrata la visione cumulativa, in basso è rappresentato il numero di documenti caricati per singola settimana.

2.2.1 Monitoraggio delle ricerche

Tramite le *dashboard* di Matomo⁴, è possibile visualizzare le ricerche effettuate e le ricerche più frequenti sulla piattaforma in un determinato periodo temporale. Ad esempio, nel mese di gennaio 2022 le ricerche più frequenti sono mostrate in Figura 6. Questo risulta utile per indirizzare il caricamento dei documenti sulla base delle ricerche che vengono fatte dagli utenti. Anche in questo caso il concetto di *human in the loop* è fondamentale: l'esperto umano verifica le frequenze delle ricerche e decide di istruire Watson con le domande più richieste dagli utenti di SGIA.

⁴ Matomo è un software libero per fornire report dettagliati e in tempo reale sui visitatori di un sito web, tra cui i motori di ricerca di provenienza, parole chiave, la lingua di utilizzo e le pagine più visitate (<https://matomo.org/>).

PAROLA CHIAVE	▼ RICERCHE	PAGINE DI RISULTATI	% ESITI RICERCA
smart grid	5,6%	1,5	25%
canada	4,2%	5,7	33%
who is Luciano Martini?	4,2%	4,3	0%
Decarbonization	2,8%	1	50%
what is Ofgem?	2,8%	1,5	50%
artificial intelligence	1,4%	1	0%
candata	1,4%	1	0%
car sharing	1,4%	1	0%

Figura 6. Ricerche più frequenti da parte degli utenti sulla piattaforma SGIA, nel periodo gennaio 2022.

Dai risultati rappresentati, è evidente che la maggior parte delle ricerche a gennaio 2022 ha riguardato le *smart grid*. Inoltre, sono stati ricercati documenti specifici su regolatori (Ofgem), organizzazioni (CanDATA), persone (Luciano Martini) e nazioni (Canada). Sulla base dei risultati che danno queste ricerche su SGIA, si può decidere se rafforzare la piattaforma con documenti riguardanti queste tematiche, in modo di essere in grado di soddisfare al meglio gli utenti.

2.3 Funzionalità a supporto degli utenti finali

Durante questa annualità sono state aggiunte o migliorate alcune funzionalità. Nei prossimi sotto-paragrafi vengono descritti in dettaglio tali funzionalità.

2.3.1 Funzionalità di workspace personale

Ogni utente registrato alla piattaforma ha a disposizione un *workspace* personale. Nella attività rendicontate nella LA1.6 sono state implementate nel *workspace* nuove funzionalità volte a facilitare l'utente nell'utilizzare a pieno le potenzialità offerte da SGIA. In particolare, sono state introdotte funzionalità che permettono di facilitare l'analisi dei documenti presenti sulla piattaforma e di collaborare con altri utenti di SGIA:

Currently reading:

raccoglie i documenti che l'utente ha visionato. Questo lo facilita nel ritrovare i documenti aperti in seguito ad una ricerca anche qualora non fossero stati salvati tra i documenti preferiti o all'interno delle *collection*. È poi possibile eliminare, anche singolarmente, i documenti dalla lista.

Favorite documents:

rende possibile salvare i documenti di maggiore interesse che saranno visibili tramite il menu "My documents" (Figura 7). All'interno della stessa scheda sono presenti anche le "collections" che permettono invece di creare delle raccolte di documenti organizzandole secondo i criteri che si ritengono più utili. Ad esempio, la Figura 7 mostra il caso di un'utente che ha creato tre *collection*: una tematica con documenti inerenti alla flessibilità del sistema elettrico, una che colleziona i documenti IEA di maggiore interesse ed una che colleziona standard di interesse per l'utente. Ciascuna *collection* può essere condivisa con altri utenti della piattaforma al momento della sua creazione (vedi Figura 8) oppure attraverso l'opzione di modifica.

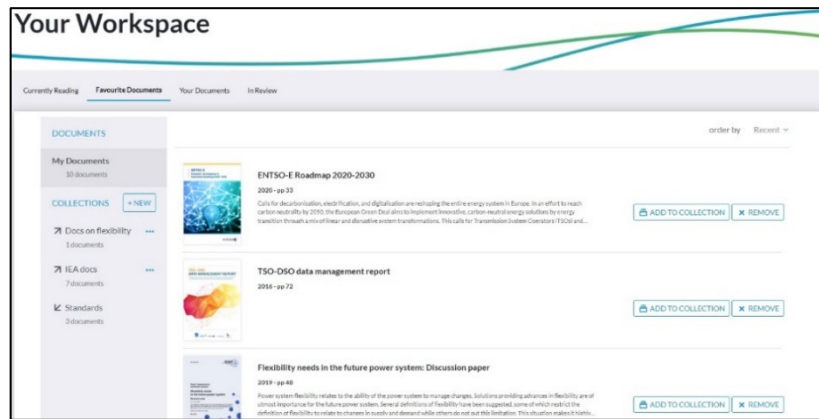


Figura 7. Sezione “Favourite Documents” del workspace personale.

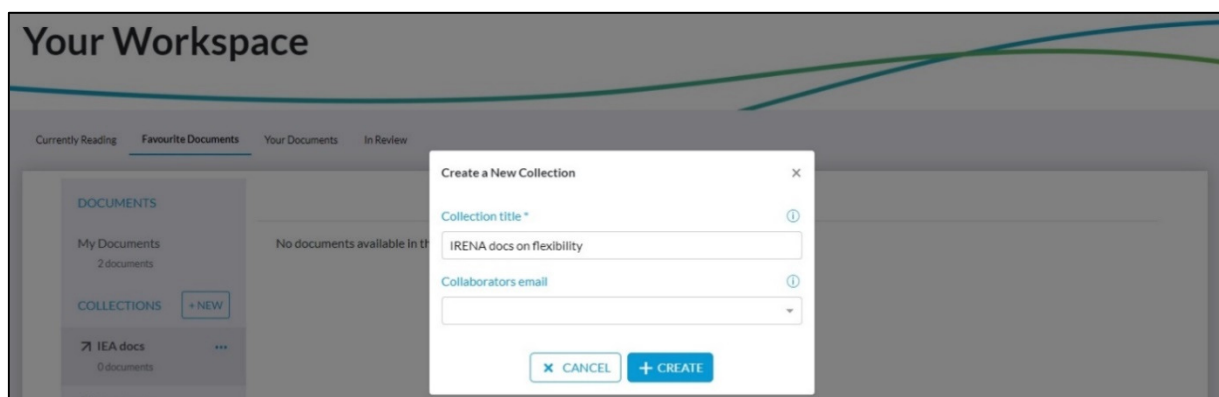


Figura 8. Creazione di una *collection* e possibilità di aggiungere utenti SGIA con i quali condividere la *collection* ed i documenti in essa raccolti.

Salvare i documenti in una collection:

abilita la possibilità di utilizzare differenti strumenti a supporto della lettura e dell’analisi del documento stesso. Come è possibile vedere in Figura 9, aprendo un documento contenuto in una *collection* l’utente può effettuare le proprie annotazioni sottolineando o evidenziando il testo, può inserire collegamenti a pagine web e può inserire i propri commenti (sia in forma compatta che in sovrapposizione nel documento). È inoltre possibile inserire annotazioni “manuali” tramite lo strumento “matita”. Tutte le annotazioni inserite nel documento sono riassunte nel pannello a lato, accessibile tramite la voce di menù dedicata in alto a destra, tramite il quale è possibile anche effettuare ricerche testuali all’interno dei commenti utilizzando il campo di ricerca (visibile in Figura 9).

Annotazioni e commenti inseriti su un documento contenuto in una *collection* vengono automaticamente condivisi con gli altri utenti con i quali la *collection* è stata condivisa. Come è possibile vedere, sempre in Figura 9, un utente può visualizzare anche annotazioni e commenti inseriti da altri utenti che collaborano all’analisi del documento. È inoltre possibile (Figura 9) rispondere ai commenti fatti da altri utenti ed esprimere la propria approvazione.

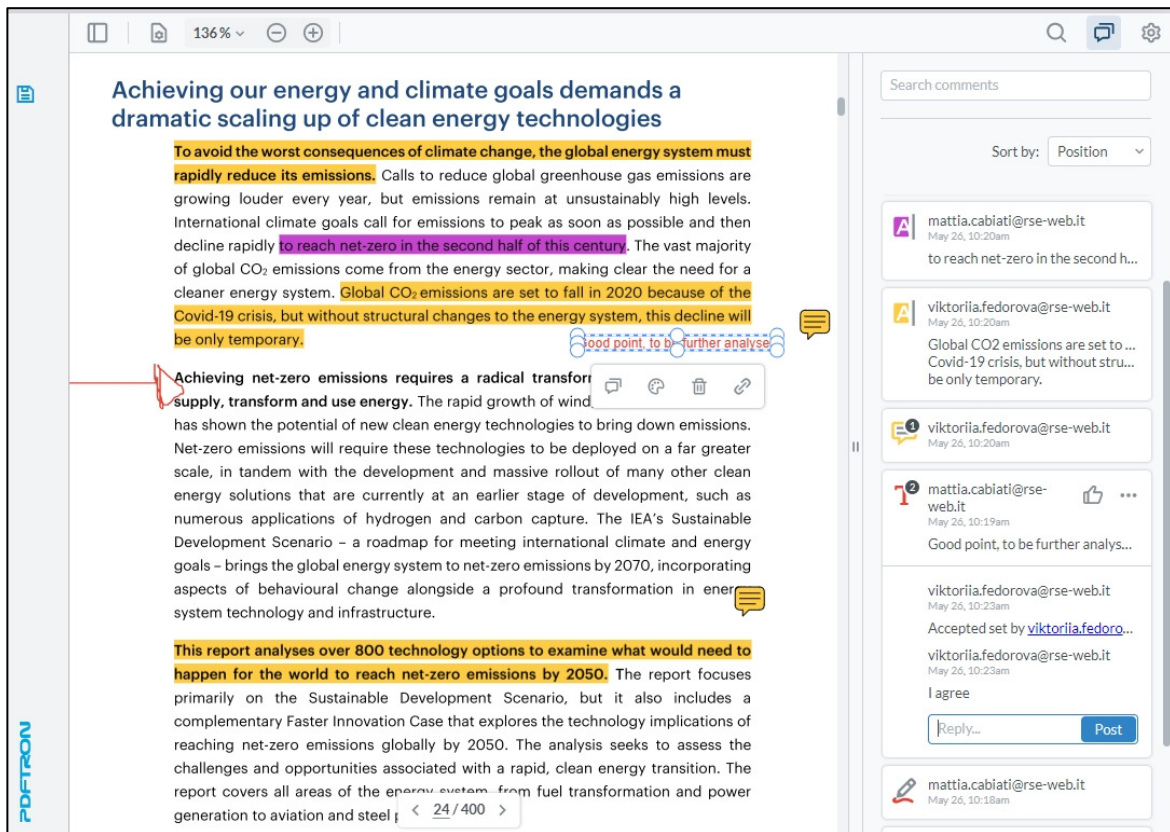


Figura 9. Possibilità di salvare le proprie annotazioni in documenti presenti nelle collections.

Tutte queste funzionalità sono state sviluppate ed implementate nell’ottica di favorire la collaborazione tra gli utenti e promuovere l’utilizzo della piattaforma SGIA non solo come strumento di ricerca ma anche come strumento di lavoro quotidiano.

All’interno del *workspace* personale è stata implementata la possibilità condividere documenti con singoli utenti, senza che il documento in questione sia necessariamente inserito pubblicamente sulla piattaforma. In Figura 10 è visibile il comando “*upload to share*” che permette questa operazione.

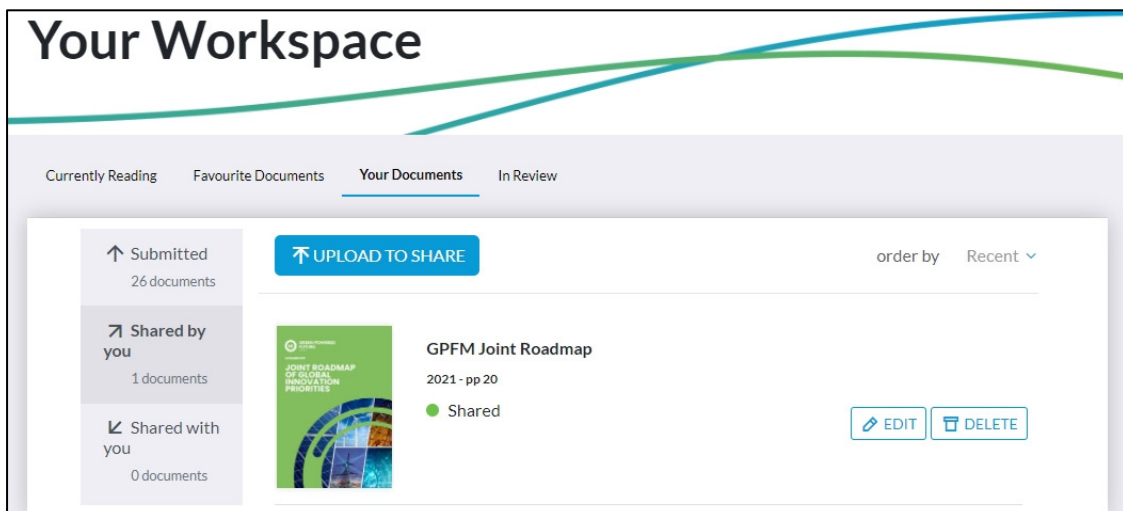


Figura 10. Possibilità di condivisione privata di singoli documenti.

Una volta condiviso con altri utenti, il documento comparirà nella sezione “*shared with you*” del loro *workspace*. Aprendolo, gli utenti coi quali il documento è condiviso, avranno a disposizione le stesse funzionalità descritte nel paragrafo 2.3.

2.3.2 Feedback e gestione del profilo da parte degli utenti

È stata introdotta la possibilità di raccogliere *feedback* dagli utenti (Figura 11) e questo riveste un ruolo molto importante nel processo di perfezionamento della piattaforma SGIA.

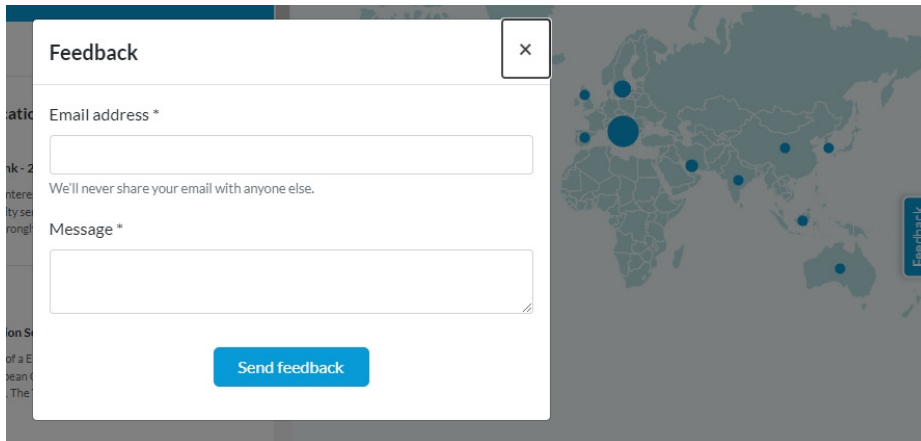


Figura 11. Raccolta di feedback da parte degli utenti di SGIA.

Inoltre, è stata introdotta la possibilità per l’utente di gestire le informazioni del proprio profilo, tra cui la modifica della *password* (Figura 12) e la gestione dei dati riguardanti la *privacy*.

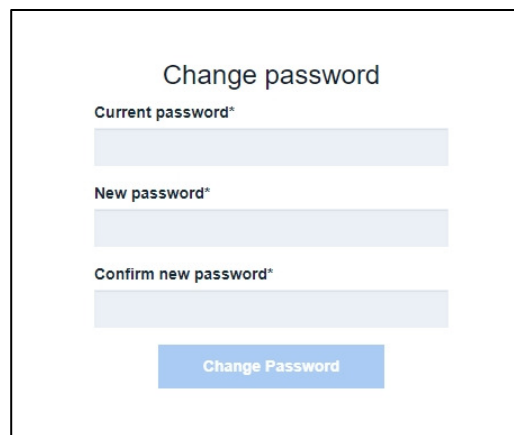


Figura 12. Schermata di cambio *password*.

2.4 Ricerca, visualizzazione e navigazione basata sulla semantica delle entità

Come già descritto in [1], grazie all’addestramento degli algoritmi di intelligenza artificiale, SGIA è in grado di riconoscere e categorizzare le entità presenti nel testo. È stata implementata la visualizzazione delle definizioni delle entità che le funzionalità di intelligenza artificiale riconoscono all’interno dei documenti. In Figura 13 è possibile vedere un esempio delle entità che possono essere visualizzate.

Executive Summary

Calls for decarbonisation, electrification, and digitalisation are reshaping the entire energy system in Europe. Innovation is key to accompany the energy industry through this profound transformation.

In an effort to reach carbon neutrality by 2050, the European Green Deal aims to implement innovative, carbon-neutral energy solutions by energy transition through a mix of linear and disruptive system transformations. As Europe's energy system integrates ever-increasing shares of renewable energy, electrification of end-uses and sectoral integration will play important roles in reaching this target^{1,2,3} by placing the electrical grid at the core of an integrated, decarbonised energy system. This calls for **Transmission System Operators (TSOs)** and **Distribution System Operators (DSOs)** to fast-track the integration of clean energy solutions into the electrical grid, to develop bold and agile strategies with policy-makers and stakeholders, to fast-track the integration of clean energy solutions.

In this context, and as required by the Clean Energy Package,⁴ **ENTSO-E** has developed a Research, Development, and Innovation Roadmap for 2020–2030 (RDI Roadmap) based on a use-case approach to target challenges which need to be solved before 2030. This RDI Roadmap strives to address challenges to reaching the 2030 goals identified in the **ENTSO-E** Vision for Market Design and System Operation.⁵ It prioritises key RDI activities for power transmission in the coming decade. The RDI Roadmap integrates the opportunities provided by technological trends, the needs of **TSOs** arising from system operations and market evolution, policy objectives of the **European Commission (EC)** and inputs from external stakeholders.

Figura 13. Visualizzazione delle entità all'interno di un documento.

Come possiamo vedere in Figura 14 è possibile scegliere quali categorie di entità visualizzare.

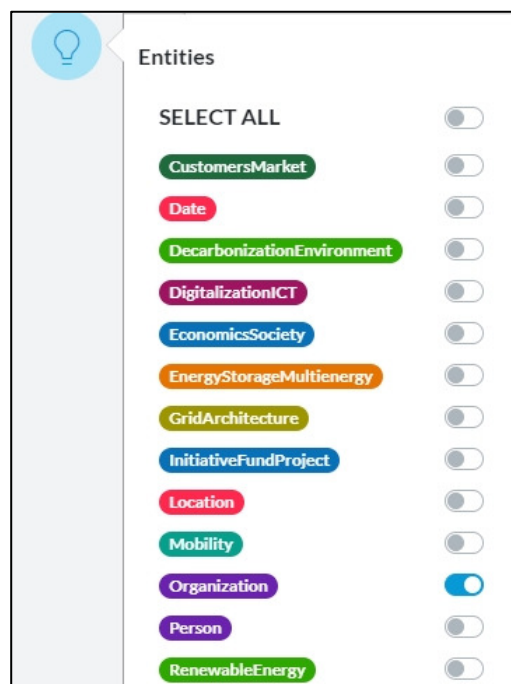


Figura 14. Categorie di entità visualizzabili nel testo.

Le entità sono alla base della nuova funzionalità di navigazione del *knowledge graph* introdotta in SGIA e nel seguito descritta. In Figura 15 è riportato un esempio di visualizzazione delle entità ed in particolare è stata selezionata l'entità "IEE CAS" riconosciuta come "Organizzazione".

Dr. Yibo Wang is employed as a professor by Institute of Electrical Engineering, Chinese Academy of Science (IEE CAS). He serves as the Chinese co-Lead of the "Smart Grids Innovation Challenge" in IEE CAS. He also serves as the Chinese expert of IEA TCP PVPS, member of Organization and on smart grids of the MoST of China, and member of the of CRES. His research interests includes renewable energy system and smart grids. He has participated as the main scientist or a primary member in 13 national RDD projects in field of renewable system and smart grids. Now, his contribution on MI is under support of the national key RDD project on "technologies and equipments for DC-DC grid integration of large-scale PV system" (2016YFB0900200).

Figura 15. Visualizzazione delle entità all'interno di un documento.

Cliccando su un'entità è possibile accedere alle informazioni che gli algoritmi SGIA le associano. In Figura 16 è riportato un esempio inerente all'istituto cinese IEE CAS. Gli utenti possono inserire ulteriori definizioni delle entità, tramite una apposita schermata (Figura 17).

Figura 16. Visualizzazione delle entità all'interno di un documento.

Figura 17. Aggiunta di una nuova definizione per una entità.

Tramite il simbolo in alto a destra visibile in Figura 16 è possibile accedere al *knowledge graph* per l'entità presa in considerazione (si veda come esempio il grafo visualizzato in Figura 18 per il centro di ricerca CSIRO). Come già introdotto in [1] è possibile navigare il *knowledge graph*, questa volta visualizzando i documenti che contengono l'entità indicata al centro del grafo.

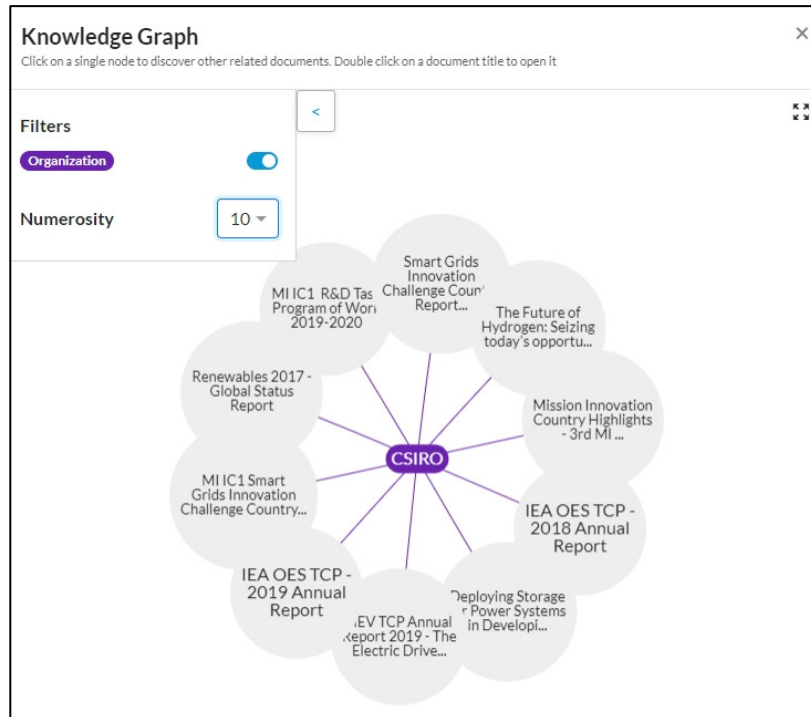


Figura 18. Visualizzazione della entità del *knowledge graph* con i documenti contenenti tale entità.

È stata inoltre introdotta la possibilità di ricerca semantica che sfrutta il *knowledge graph* creato dagli algoritmi di intelligenza artificiale. Come possiamo vedere in Figura 19, una volta inserita una chiave di ricerca riconosciuta da SGIA come entità, si può scegliere di eseguire una ricerca semantica che porta a risultati come quelli mostrati in Figura 20. Questa funzionalità abilita di fatto due tipi di ricerche semantiche: quelle basate su linguaggio naturale e quelle legate alle entità e alle loro classi, compresa di definizioni inserite in modo collaborativo da parte degli utenti di SGIA.

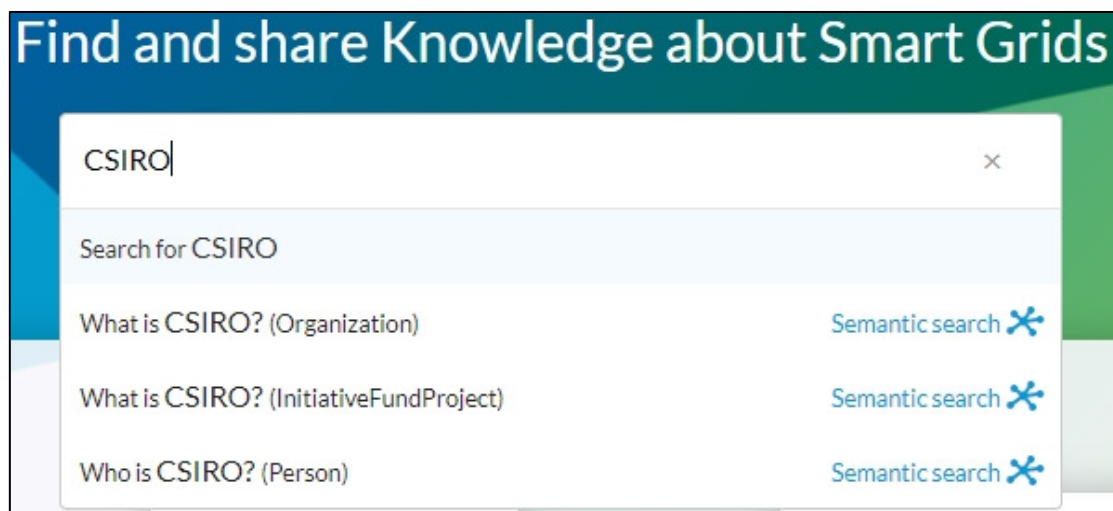


Figura 19. Possibilità di ricerca semantica offerta dalla piattaforma SGIA.

Attraverso l'interfaccia mostrata in Figura 20, oltre alla possibilità di navigazione del *knowledge graph* sono visualizzabili, sulla destra, le frasi dei documenti nei quali l'entità in questione viene citata e tutti i riassunti automatici inerenti all'entità in questione.

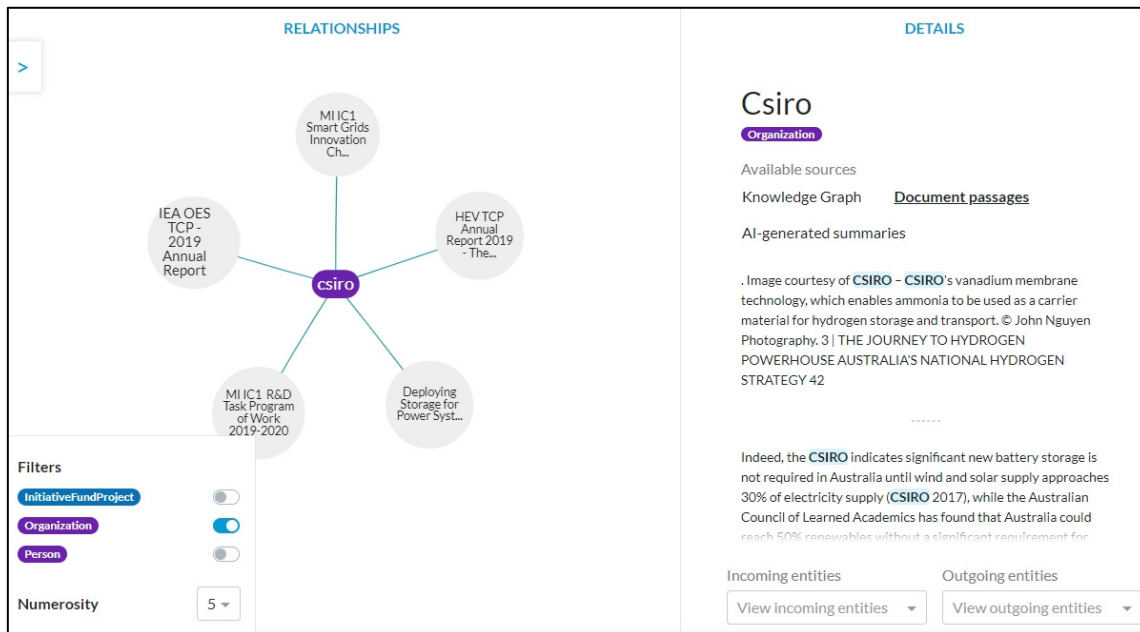


Figura 20. Possibilità di ricerca semantica offerta dalla piattaforma SGIA.

2.5 Gestione di altre lingue oltre l'inglese

Considerando che molti documenti strategici relativi al dominio elettro-energetico sono disponibili solo in lingua originale, si è scelto di implementare la possibilità di gestire documenti anche in lingue diverse dall'inglese.

Una prima soluzione implementativa presa in considerazione è stata quella dello sviluppo di algoritmi di traduzione automatica che permettessero di convertire i documenti dalla lingua originale all'inglese. Tuttavia, una valutazione dello stato dell'arte dei traduttori esistenti ha portato alla conclusione che questa soluzione non avrebbe fornito risultati soddisfacenti, soprattutto per quanto riguarda il riconoscimento semantico dei concetti. Infatti, nella traduzione automatica viene spesso persa l'informazione semantica e questo non permette un funzionamento adeguato delle funzionalità fornite da SGIA con i *knowledge graph*.

Si è quindi pensato di replicare la piattaforma e la sua architettura per ciascuna lingua di interesse, partendo con la lingua italiana. È stato pertanto sviluppato un modello semantico specifico per la lingua italiana, come già spiegato nel paragrafo 2.1.2, e sono stati selezionati e caricati documenti in italiano su una piattaforma che replica esattamente quella per la lingua inglese. L'ambiente è pubblicamente raggiungibile, ma al momento l'accesso è riservato solamente ad utenti autorizzati.

A supporto di utenti che desiderano utilizzare la piattaforma in una lingua diversa dall'inglese è stata inoltre implementata la funzionalità di traduzione automatica delle ricerche: è possibile, infatti, effettuare ricerche in oltre 20 lingue e automaticamente la risposta viene fornita nella lingua di default per la piattaforma in cui si sta lavorando (inglese o italiano). In questo caso, infatti, le frasi da tradurre sono più corte e in genere prive di complessità semantica e il risultato di un traduttore automatico risulta soddisfacente.

2.6 Collegamento con altre piattaforme e collaborazione con ISGAN

2.6.1 Connessione di SGIA con altre piattaforme

Per fornire all'utente la possibilità di effettuare ricerche su un ampio database documentale e favorire la collaborazione di SGIA con altre realtà internazionali, è stata introdotta la possibilità di collegare SGIA con altre piattaforme che raccolgono documenti inerenti al sistema energetico.

In quest'ottica, durante l'attività è stato introdotto il collegamento con la piattaforma EIRIE (*European Interconnection for Research Innovation & Entrepreneurship*) – www.eirie.eu, sviluppata dal progetto europeo PANTERA (www.pantera-platform.eu).

L'integrazione tra SGIA e la piattaforma EIRIE prevede che:

- 1) i metadati dei documenti all'interno di SGIA siano accessibili attraverso la piattaforma EIRIE;
- 2) da SGIA sia possibile effettuare ricerche anche su contenuti della piattaforma EIRIE.

Per quanto riguarda il primo aspetto, l'architettura di SGIA è stata predisposta per il caricamento automatico dei metadati dei singoli documenti sulla piattaforma EIRIE: quando un documento viene approvato in SGIA, automaticamente i suoi metadati confluiscono, tramite API, nel *database* della piattaforma EIRIE.

Riguardo al secondo aspetto, l'interfaccia e l'architettura di SGIA sono state predisposte per mostrare anche i risultati di ricerche effettuate tramite SGIA sulla piattaforma EIRIE, tale modalità è in corso di sviluppo (quindi non è ancora disponibile a tutti gli utenti).

2.6.2 Supporto alle organizzazioni: integrazione IEA TCP ISGAN

Nella linea di attività è stata progettata e sviluppata la possibilità di creare spazi di lavoro distinti per differenti "organizzazioni" che utilizzano la piattaforma SGIA per le loro attività, questo nell'ottica di favorire anche la collaborazione di SGIA con altre iniziative. Sono stati quindi realizzati ambienti di gestione dei documenti separati da quello nativo di *Mission Innovation*, utilizzabili da organizzazioni internazionali che desiderano avere le funzionalità di SGIA a disposizione per la condivisione di documenti. È offerta alle "organizzazioni" la possibilità di creare spazi di lavoro privati, dove poter condividere documenti tra utenti della stessa "organizzazione" e sfruttando le potenzialità di SGIA quali, ad esempio, il *tagging* automatico di Watson e le definizioni a disposizione durante la lettura dei documenti (Figura 21).

Come esempio di caso d'uso esemplificativo si è considerata una eventuale integrazione del *Technology Collaboration Programme* dell'*International Energy Agency* relativo alle Smart Grids: l'*International Smart Grids Action Network* (ISGAN) (Figura 21).

Your Workspace

Figura 21. Visualizzazione (in alto a destra) di due differenti “organizzazioni” a cui un singolo utente appartiene.

2.7 Soluzioni tecniche per la gestione del knowledge graph

Vengono riportati nel seguito alcuni aspetti tecnici più rilevanti introdotti nella piattaforma SGIA per la migliore gestione del *knowledge graph*.

2.7.1 Servizio SPARQL

Il *back-end* semantico di SGIA è composto da due componenti: la parte gestita dai servizi IBM Watson e il *knowledge graph* semantico delle entità e relazioni. Quest’ultimo memorizza sia la conoscenza creata dai servizi Watson, tramite conversione in RDF, sia la conoscenza creata dall’azione collaborativa degli utenti finali e dagli algoritmi di *machine learning* realizzati ad hoc. Per interagire con il *knowledge graph* negli anni precedenti è stato realizzato il servizio SPARQL. In questa annualità tale servizio è stato migliorato, introducendo anche nuovi componenti (Figura 22). Il servizio SPARQL, dopo la reingegnerizzazione di quest’anno, è composto da quattro componenti:

- ❖ Apache Jena Fuseki che funge da *triple store* ed *endpoint* per eseguire *query* SPARQL sul grafo RDF.
- ❖ Knowledge Graph Web Proxy, un’applicazione Flask che fa da *proxy* verso Apache Jena, permettendo di interrogare e modificare il *knowledge graph* tramite richieste HTTP senza usare SPARQL.
- ❖ RDF Converter, un modulo Python che prende le *answer unit* generate dal servizio IBM Watson e le converte in RDF per poter essere salvate nel *knowledge graph*.
- ❖ Cache service: un servizio di *caching*, utilizzando Redis, che permette di salvare risposte a *query* verso il *knowledge graph* e altre sorgenti dati esterne (DBPedia/Electropedia), che permette di ottimizzare i tempi di risposta e il carico computazionale del sistema.

Nei prossimi sotto-paragrafi vengono descritte in dettaglio alcune novità introdotte relative al servizio SPARQL.

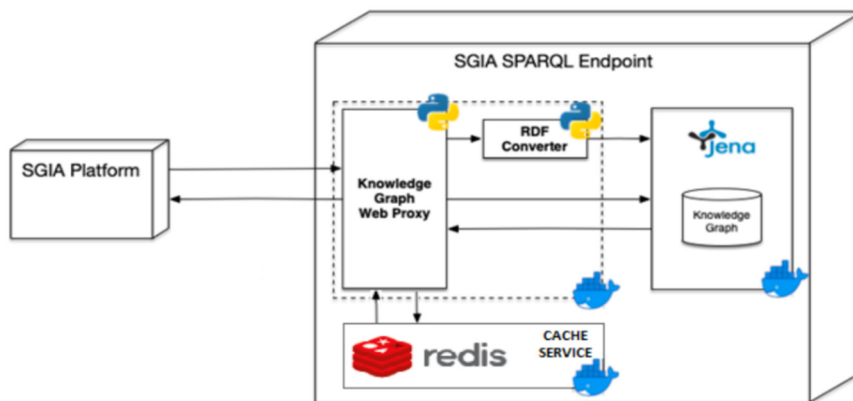


Figura 22. Architettura servizio SPARQL.

2.7.2 Sviluppo di soluzione di *cache*

Durante la lettura dei documenti da parte degli utenti finali viene fornita una funzionalità di visualizzazione delle definizioni delle entità. Questa semplifica la lettura da parte del lettore ma sovraccarica a livello di chiamate *web* il *back-end* di SGIA, in particolare il *triple store* Apache Jena Fuseki. Tale componente, pur essendo un prodotto *open source* con buone prestazioni, è un tipo di *database* “nuovo” rispetto ai *database* tradizionali e per essere sufficientemente scalabile richiederebbe buona parte del *budget* dedicato ai servizi *cloud*. Per limitare tale spesa si è optato per un *trade off* tra costi e prestazioni sviluppando una soluzione di *cacheing*: il *Knowledge Graph Web Proxy*. Tale servizio permette di memorizzare temporaneamente:

- ❖ risposte al *knowledge graph* interno di SGIA, contenente informazioni estratte dai documenti (formato RDF), mediante l’uso di *query* SPARQL;
- ❖ risposte a *query* provenienti da *knowledge graph* esterni (DBPedia), mediante l’uso di *query* SPARQL;
- ❖ dati provenienti da risorse esterne in formato non a grafo, come ad esempio definizioni del dominio elettrico ottenute da Electropedia.

Per l’implementazione è stato utilizzato Redis⁵: un archivio dati in memoria di tipo chiave-valore, aggiornato allo stato dell’arte, veloce, *open source*. Offre tempi di risposta inferiori al millisecondo, consentendo la gestione di migliaia di richieste al secondo, ideale per lo sviluppo di soluzioni di *cacheing* ad alta efficienza.

I tempi di *cacheing* per fonti dati interne (*knowledge graph* SGIA) ed esterne (DBPedia⁶/Electropedia⁷) sono differenziati e configurabili. In questo modo è possibile impostare tempi di *cacheing* maggiori per le interrogazioni a fonti dati esterne e rispettare le limitazioni di servizio dei *provider* di terze parti.

In caso di aggiornamento del *knowledge graph* dovuto all’aggiornamento/eliminazione di definizioni, è stato implementato un meccanismo di *cache invalidation* capace di rilevare la definizione oggetto della modifica ed eliminare una eventuale vecchia versione della definizione presente in *cache*.

2.7.3 Disambiguazione delle entità

Altra sfida da affrontare nell’ambito della gestione del *knowledge graph* è la disambiguazione delle entità [3, 4]. Molte definizioni sono sinonimi oppure acronimi che identificano la stessa entità. Per questa ragione è stato sviluppato un semplice servizio di disambiguazione delle entità.

Dato in input l’identificativo univoco di un documento/video, la chiamata recupera tutte le entità che sono oggetto del predicato specificato, individuando (ed accorpando) contenuti semantici analoghi in base ai seguenti criteri:

⁵ <https://redis.io/>

⁶ <https://www.dbpedia.org/>

⁷ <https://www.electropedia.org/>

3 Conclusioni

Questo rapporto descrive i risultati dell'attività con l'obiettivo di migliorare e/o aggiungere alcune principali funzionalità della piattaforma SGIA, il cui sviluppo è stato avviato nel contesto della Ricerca di Sistema [1].

In particolare, sono stati migliorati (sia dal punto di vista informatico che per quanto riguarda il loro addestramento) gli algoritmi di intelligenza artificiale utilizzati per il riconoscimento delle entità, delle relazioni semantiche e per la classificazione dei documenti. È stata inoltre ampliata la base documentale della piattaforma al fine di fornire all'utente la possibilità di cercare informazioni in un database completo.

Sono state inoltre implementate numerose funzionalità del *workspace* personale che ciascun utente della piattaforma ha a disposizione. Più in dettaglio sono state implementate la gestione e la condivisione di gruppi di documenti (*collections*), la possibilità di effettuare annotazioni all'interno dei documenti e di condividerle con altri utenti, la condivisione in forma privata di documenti con altri utenti della piattaforma.

Sulla base degli algoritmi di intelligenza artificiale e del loro addestramento è stata introdotta la possibilità di eseguire ricerche semantiche basate sul *knowledge graph*.

Per favorire la fruizione dei documenti e dei servizi di SGIA anche da parte di utenti non di lingua inglese è stato introdotto il pieno supporto della lingua italiana ed è stata implementata la traduzione automatica delle chiavi di ricerca da 20 lingue.

Nell'ottica di ampliare ulteriormente la base documentale della piattaforma e favorire la collaborazione con altre iniziative è inoltre stato implementato il collegamento di SGIA con la piattaforma EIRIE sviluppata dal progetto EU PANTERA ed è stata introdotta la possibilità creare spazi di lavoro distinti per differenti organizzazioni che utilizzano la piattaforma SGIA per le loro attività.

SGIA, sviluppata all'interno dell'*Innovation Challenge 1 on Smart Grids* che ha ufficialmente terminato le attività nel 2021, sarà parte integrante della nuova *Green Powered Future Mission* all'interno della quale sono confluite le collaborazioni e gli sforzi dei membri di IC1.

4 Riferimenti bibliografici

- [1] M. Cabiati, I. M. Gianinoni, S. Caccini, L. Serri e M. D. Nigris, «Sintesi delle attività svolte in supporto delle istituzioni nazionali nel contesto internazionale in ambito Smart Grids e sistema energetico,» *Ricerca di Sistema, RSE*, n. 20010142, Milano, 2020.
- [2] M. Cabiati; I. M. Gianinoni; M. De Nigris; L. Serri, «Sintesi delle attività sulle Smart Grid e il sistema energetico, a supporto delle istituzioni in ambito nazionale e internazionale per la definizione dei piani strategici e d'implementazione di R&I, per la promozione della ricerca e innovazione italiana,» *RSE*, n. 21009193, Milano, 2021.
- [3] D. Damljanovic; K. Bontcheva, «Named entity disambiguation using linked data,» *Proceedings of the 9th extended semantic web conference*, 2012.
- [4] G. Zhu; C. A. Iglesias, «Exploiting semantic similarity for named entity disambiguation in knowledge graphs,» *Expert Systems with Applications*, vol. 101, pp. 8-24, 2018.
- [5] S. Auer et al., «Dbpedia: A nucleus for a web of open data,» *The semantic web. Springer*, pp. 722-735, 2007.
- [6] G. Vandewiele et al., «pyRDF2Vec: A Python Implementation and Extension of RDF2Vec,» *arXiv preprint arXiv:2205.02283*, 2022.
- [7] «pyRDF2Vec,» [Online]. Available: <https://github.com/IBCNServices/pyRDF2Vec> .
- [8] P. Ristoski et al., «RDF2Vec: RDF graph embeddings and their applications,» *Semantic Web*, vol. 10, n. 4, pp. 721-752, 2019.
- [9] P. Ristoski; H. Paulheim, «Rdf2vec: Rdf graph embeddings for data mining,» *International Semantic Web Conference. Springer*, 2016.
- [10] T. Mikolov et al., «Efficient estimation of word representations in vector space,» *arXiv preprint arXiv:1301.3781*, 2013.
- [11] Q. Wang; Z. Mao; B. Wang; L. Guo, «Knowledge Graph Embedding: A Survey of Approaches and Applications,» *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 29, n. 12, pp. 2724-2743, 2017.

5 Abbreviazioni ed acronimi

Abbreviazione	Descrizione
EIRIE	<i>European Interconnection for Research Innovation & Entrepreneurship</i>
IA	<i>Intelligenza Artificiale</i>
IC1	<i>Innovation Challenge 1</i>
ISGAN	<i>International Smart Grid Action Network</i>
MI	<i>Mission Innovation</i>
PANTERA	<i>PAN European Technology Energy Research Approach</i>
SGIA	<i>Smart Grids Innovation Accelerator</i>
SPARQL	<i>Simple Protocol and RDF Query Language</i>

6 Elenco allegati

01_LA1.6_IBM_Specifica Tecnica.pdf
01_LA1.6_IBM_Verbale-collaudato.pdf
01_LA1.6_IBM_Z_Relazioni tecniche.zip

02_LA1.6_ELIFLAB_Specifica Tecnica.pdf
02_LA1.6_ELIFLAB_Verbale-collaudato.pdf

03_LA1.6_QUANTIA_Specifica Tecnica.pdf
03_LA1.6_QUANTIA_Verbale-collaudato.pdf
03_LA1.6_QUANTIA_Z_Relazione Tecnica.zip

04_LA1.6_CEFRIEL_Specifica Tecnica.pdf
04_LA1.6_CEFRIEL_Verbale-collaudato.pdf
04_LA1.6_CEFRIEL_Z_Relazioni tecniche.zip