



Corso di Laurea Magistrale in Informatica

Exploring the Potential of Quantum NLP for Non-Functional Requirements Classification

Prof. Fabio Palomba

Dott. Francesco Casillo

Marco Calenda

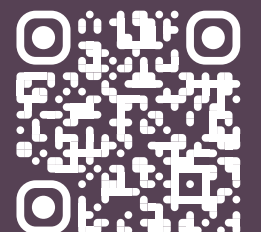
Mat.: 0522501165

✉ m.calenda10@studenti.unisa.it

🌐 mcalenda.github.io

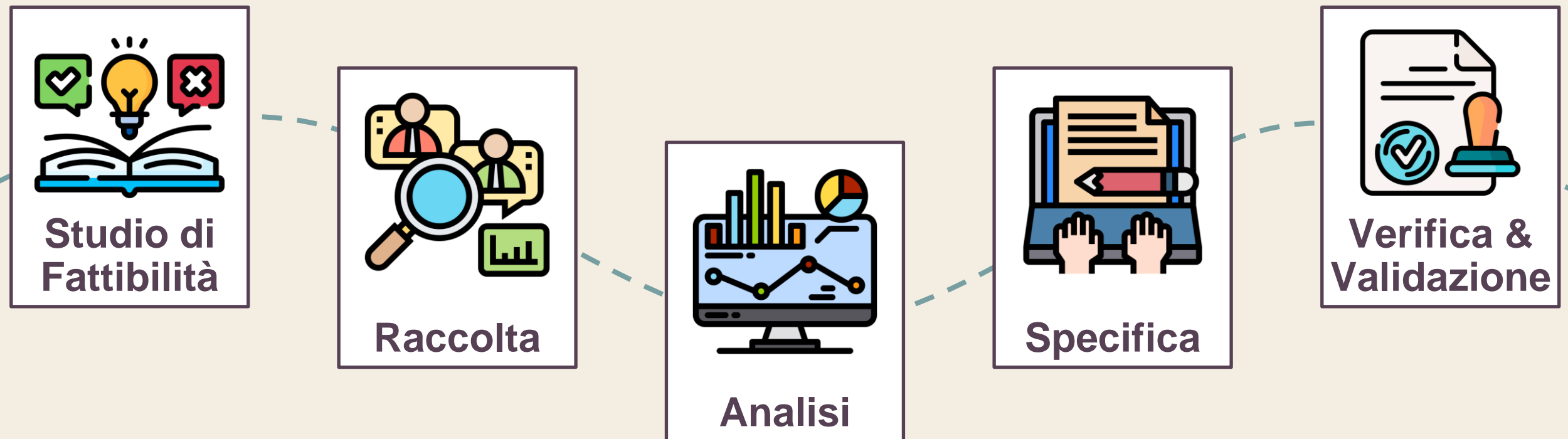
in @mcalenda

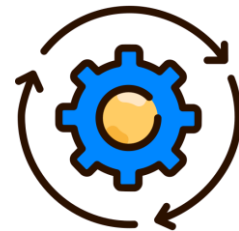
Scansiona il QR-code
per consultare la tesi
completa online



Ingegneria dei Requisiti

Fase del processo di sviluppo software che comprende tutte le attività connesse alla **gestione dei requisiti**.





Necessità di **automatizzare l'individuazione e classificazione** degli NFR tramite tecniche di *Natural Language Processing (NLP)*.

Requisiti Funzionali

Funzionalità specifiche che un sistema software deve possedere.



Generalmente, ben definiti e documentati.

Requisiti Non-Funzionali (NFR)

Attributi e vincoli del sistema di varia tipologia (*qualità, performance, etica, sicurezza, ...*).



Nascosti in frasi *ambigue* dei documenti o gestiti *implicitamente*.



Grande impatto sul tasso di *fallimento* dei progetti IT

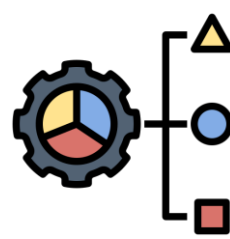
Quantum Natural Language Processing (QNLP)

- Area emergente che sfrutta principi della *Meccanica Quantistica* per modellare il *linguaggio naturale*.

- Combina la *semantica*:



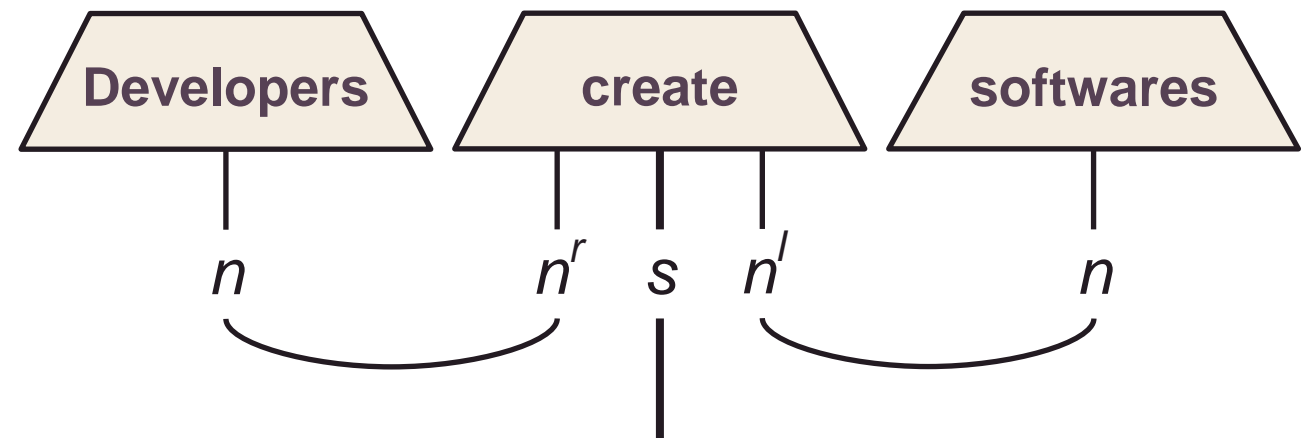
Distribuzionale



Composizionale

DisCoCat

- Framework *de-facto* in QNLP introdotto da **Coecke et.al.**
- Permette di modellare frasi sottoforma di **string-diagram** basati su una *grammatica pre-gruppo*.





Obiettivo Principale

Fornire una visione pratica di come un modello di QNLP basato su string-diagram può essere utilizzato per modellare e classificare NFR.

1



Valutare l'efficacia nella **classificazione degli NFR** rispetto a soluzioni classiche (*BoW*, *TF-IDF* e *Word2Vec*).

2



Analisi empirica sul **valore della grammatica** confrontando DisCoCat con altri *lettori lineari*.

Tecniche di vettorizzazione

Basate su frequenze



Bag-of-Words



TF-IDF

Basate su reti neurali

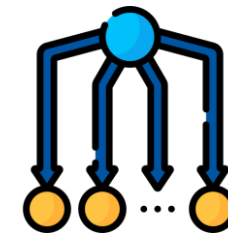


Word2Vec

google-news-300

Allenato sul dataset *Google News*,
contenente circa 100 miliardi di parole.

Shallow Machine Learning



Naive Bayes



Decision Tree



SVC

...altri

Collezione dei
dati

Preprocessing
del testo

Pipeline di
QNLP

Validazione

PROMISE NFR Dataset di Dalpiaz et al.



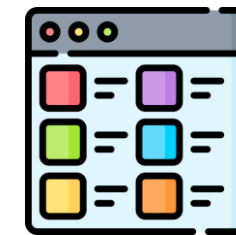
48

Progetti



525

NFR



11

Sottocategorie NFR



Sicurezza



Usabilità



Operazionali



Performance



Filtraggio Manuale

- *Termini tecnici* poco frequenti per ridurre la grandezza del vocabolario.
- Requisiti molto grandi e/o composti da più frasi.
- Struttura grammaticale complessa o errata.



Preservare la struttura grammaticale.



Normalizzazione



Tokenizzazione



Lemmatizzazione



Rimozione stop-words

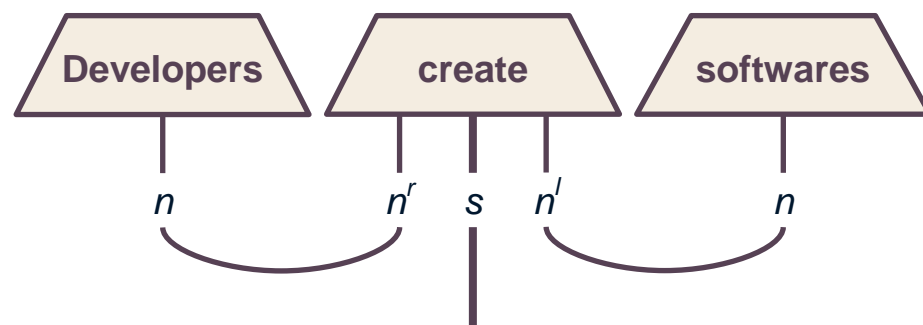
Collezione dei
dati

Preprocessing
del testo

Pipeline di
QNL

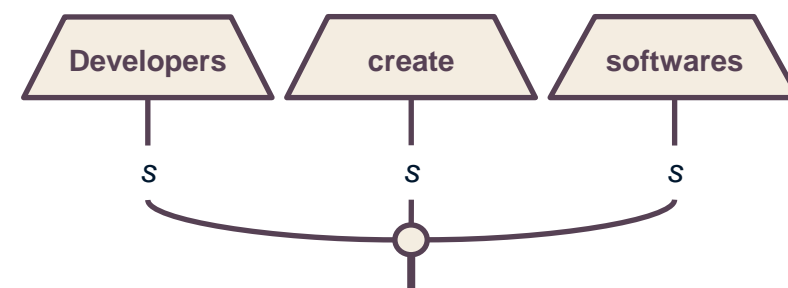
Validazione

DisCoCat

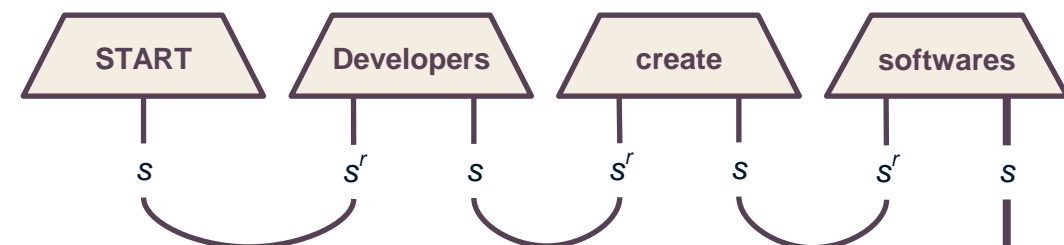


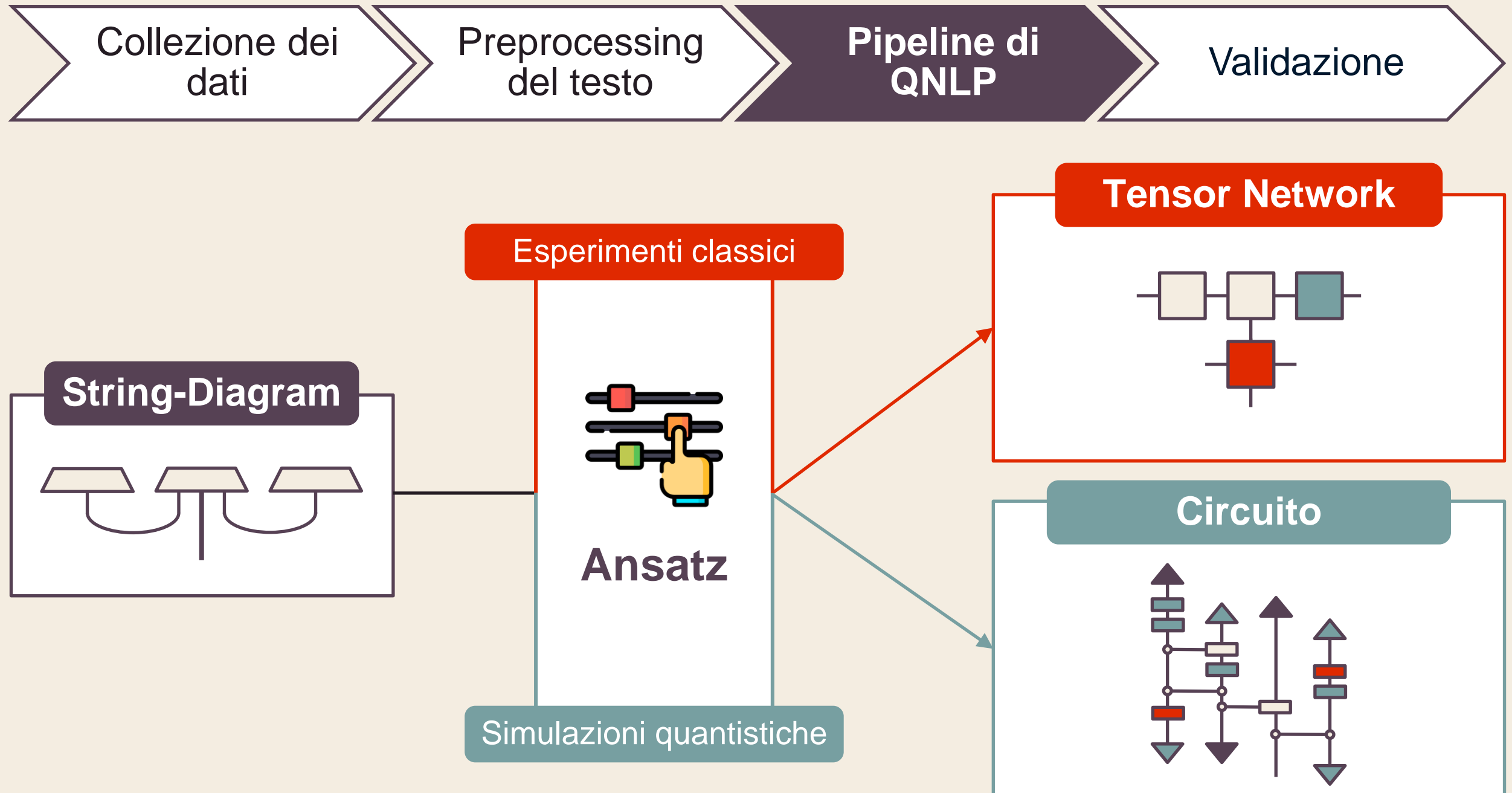
Lettori Lineari

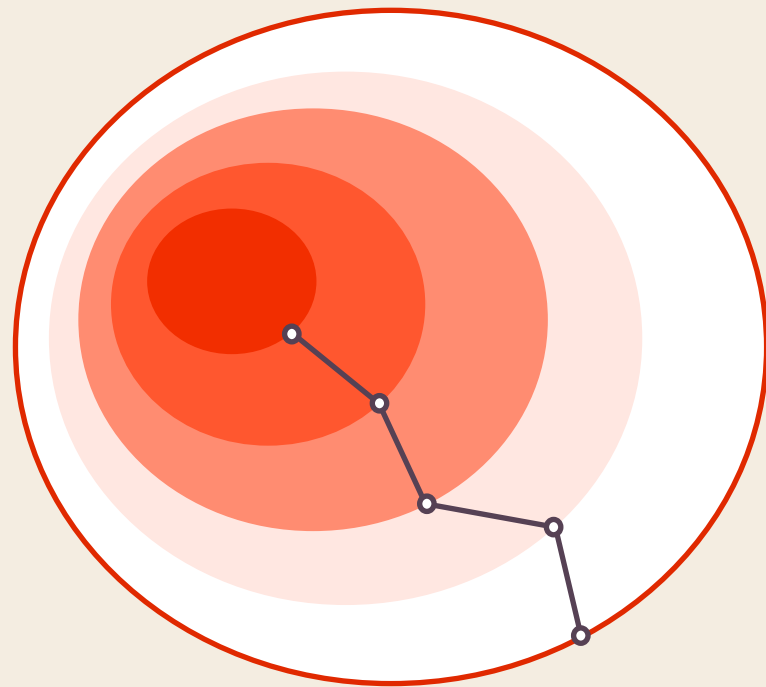
Spiders Reader



Cups Reader







Discesa del Gradiente



Esperimenti classici



PENNYLANE

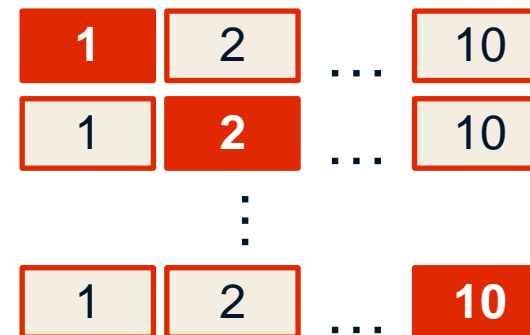
Simulazioni quantistiche



Grid-Search



10-fold Stratified Cross Validation







Metriche di Valutazione

- Precision
- Recall
- Accuracy
- F1-Score





Shallow Machine Learning





Risultati

		Binaria				Multi-Classe
		 Sicurezza	 Usabilità	 Operazionali	 Performance	
Word2Vec google-news-300	Precision	0.96	0.92	0.98	0.92	0.78
	Recall	0.95	0.89	0.95	0.89	0.75
	Accuracy	0.95	0.90	0.95	0.91	0.75
	F1-Score	0.95	0.91	0.95	0.92	0.75
TF-IDF	Precision	0.87	0.75	0.86	0.80	0.70
	Recall	0.84	0.70	0.83	0.77	0.65
	Accuracy	0.83	0.70	0.83	0.77	0.68
	F1-Score	0.83	0.71	0.84	0.77	0.68
BoW	Precision	0.77	0.70	0.80	0.76	0.65
	Recall	0.78	0.69	0.77	0.75	0.62
	Accuracy	0.77	0.68	0.77	0.74	0.65
	F1-Score	0.76	0.68	0.77	0.75	0.65

Shallow Machine Learning





Risultati

		Binaria				Multi-Classe
		 Sicurezza	 Usabilità	 Operazionali	 Performance	
Word2Vec google-news-300	Precision	0.96	0.92	0.98	0.92	0.78
	Recall	0.95	0.89	0.95	0.89	0.75
	Accuracy	0.95	0.90	0.95	0.91	0.75
	F1-Score	0.95	0.91	0.95	0.92	0.75
TF-IDF	Precision	0.87	0.75	0.86	0.80	0.70
	Recall	0.84	0.70	0.83	0.77	0.65
	Accuracy	0.83	0.70	0.83	0.77	0.68
	F1-Score	0.83	0.71	0.84	0.77	0.68
BoW	Precision	0.77	0.70	0.80	0.76	0.65
	Recall	0.78	0.69	0.77	0.75	0.62
	Accuracy	0.77	0.68	0.77	0.74	0.65
	F1-Score	0.76	0.68	0.77	0.75	0.65





		Binaria				Multi-Classe	
		 Sicurezza	 Usabilità	 Operazionali	 Performance		
Classico	Precision	0.86	0.78	0.84	0.81	0.66	
	Recall	0.80	0.76	0.80	0.79	0.62	
	Accuracy	0.85	0.76	0.82	0.81	0.65	
	F1-Score	0.84	0.78	0.84	0.80	0.64	
Quantum	d = 1	Precision	0.98	0.95	0.97	0.90	0.70
		Recall	0.89	0.85	0.90	0.90	0.68
		Accuracy	0.93	0.88	0.94	0.88	0.68
		F1-Score	0.94	0.91	0.96	0.90	0.68
	d = 5	Precision	0.90	0.89	0.93	0.86	0.80
		Recall	0.86	0.85	0.85	0.84	0.71
		Accuracy	0.93	0.87	0.88	0.89	0.76
		F1-Score	0.88	0.88	0.91	0.86	0.74

Il parametro d (depth) è il numero di IQP-layers dei circuiti quantistici.





Risultati simili a quelli ottenuti con **TF-IDF**.

Risultati simili a quelli ottenuti con TF-IDF.		Binaria				Multi-Classe	
		 Sicurezza	 Usabilità	 Operazionali	 Performance		
Classico	Precision	0.86	0.78	0.84	0.81	0.66	
	Recall	0.80	0.76	0.80	0.79	0.62	
	Accuracy	0.85	0.76	0.82	0.81	0.65	
	F1-Score	0.84	0.78	0.84	0.80	0.64	
Quantum	d = 1	Precision	0.98	0.95	0.97	0.90	0.70
		Recall	0.89	0.85	0.90	0.90	0.68
		Accuracy	0.93	0.88	0.94	0.88	0.68
		F1-Score	0.94	0.91	0.96	0.90	0.68
	d = 5	Precision	0.90	0.89	0.93	0.86	0.80
		Recall	0.86	0.85	0.85	0.84	0.71
		Accuracy	0.93	0.87	0.88	0.89	0.76
		F1-Score	0.88	0.88	0.91	0.86	0.74

Il parametro d (depth) è il numero di IQP-layers dei circuiti quantistici.

		Binaria				Multi-Classe
		 Sicurezza	 Usabilità	 Operazionali	 Performance	
DisCoCat	Precision	0.98	0.95	0.97	0.90	0.80
	Recall	0.89	0.85	0.90	0.90	0.71
	Accuracy	0.93	0.88	0.93	0.88	0.76
	F1-Score	0.94	0.91	0.96	0.90	0.74
Spiders	Precision	0.94	0.91	0.93	0.90	0.78
	Recall	0.89	0.82	0.88	0.85	0.70
	Accuracy	0.89	0.92	0.91	0.89	0.72
	F1-Score	0.94	0.90	0.92	0.88	0.73
Cups	Precision	0.90	0.86	0.91	0.89	0.75
	Recall	0.84	0.86	0.90	0.83	0.73
	Accuracy	0.85	0.89	0.91	0.85	0.70
	F1-Score	0.89	0.86	0.91	0.87	0.74

La grammatica
migliora la
classificazione.

		Binaria				Multi-Classe
		 Sicurezza	 Usabilità	 Operazionali	 Performance	
DisCoCat	Precision	0.98	0.95	0.97	0.90	0.80
	Recall	0.89	0.85	0.90	0.90	0.71
	Accuracy	0.93	0.88	0.93	0.88	0.76
	F1-Score	0.94	0.91	0.96	0.90	0.74
Spiders	Precision	0.94	0.91	0.93	0.90	0.78
	Recall	0.89	0.82	0.88	0.85	0.70
	Accuracy	0.89	0.92	0.91	0.89	0.72
	F1-Score	0.94	0.90	0.92	0.88	0.73
Cups	Precision	0.90	0.86	0.91	0.89	0.75
	Recall	0.84	0.86	0.90	0.83	0.73
	Accuracy	0.85	0.89	0.91	0.85	0.70
	F1-Score	0.89	0.86	0.91	0.87	0.74



DisCoCat classico

- Risultati simili ai modelli di shallow-ML che utilizzano **BoW** e **TF-IDF**.

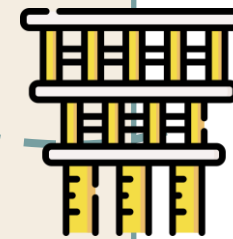
DisCoCat Quantistico



- Risultati simili a **Word2Vec** riducendo significativamente il numero di parametri.
- Prestazioni leggermente superiori rispetto ai **lettori lineari** suggerendo che la **grammatica** è un valore aggiunto in questo contesto.



Validare ulteriormente i risultati ottenuti utilizzando diversi **dataset**.



Verificare i risultati del modello di QNLP su **hardware quantistico**.



Espandere QNLP ad **altri linguaggi** oltre quello naturale (e.g. linguaggi di programmazione).

Contesto e Motivazioni

Introduzione e Background

sesa^{lab}
SOFTWARE ENGINEERING
SALERNO

Necessità di automatizzare l'individuazione e classificazione degli NFR tramite tecniche di Natural Language Processing (NLP).

Requisiti Funzionali

Funzionalità specifiche che un sistema software deve possedere.



Generalmente, ben definiti e documentati.

Requisiti Non-Funzionali (NFR)

Attributi e vincoli del sistema di varia tipologia (*qualità, performance, etica, sicurezza, ...*).



Nascosti in frasi ambigue dei documenti o gestiti implicitamente. Grande impatto sul tasso di fallimento dei progetti IT.

m.calenda10@studenti.unisa.it
mcalenda.github.io
@mcalenda

Exploring the Potential of Quantum NLP for NFRs Classification
Marco Calenda
Università degli Studi di Salerno

Collezione dei Dati

Metodologia

sesa^{lab}
SOFTWARE ENGINEERING
SALERNO

Collezione dei dati → Preprocessing del testo → Pipeline di QNLP → Validazione

PROMISE NFR Dataset di Dalpiaz et al.



48
Progetti



525
NFR



11
Sottocategorie NFR



Sicurezza



Usabilità



Operazionali



Performance

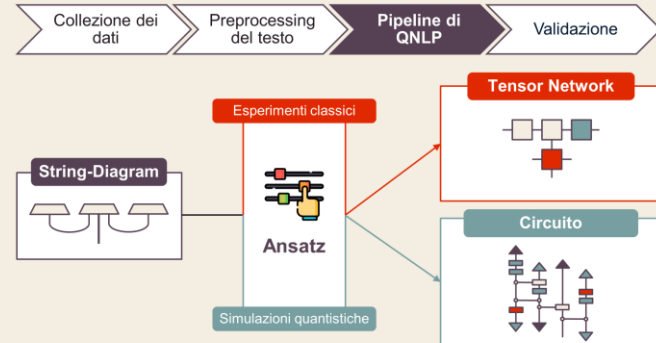
m.calenda10@studenti.unisa.it
mcalenda.github.io
@mcalenda

Exploring the Potential of Quantum NLP for NFRs Classification
Marco Calenda
Università degli Studi di Salerno

Parametrizzazione

Metodologia

sesa^{lab}
SOFTWARE ENGINEERING
SALERNO



m.calenda10@studenti.unisa.it
mcalenda.github.io
@mcalenda

Exploring the Potential of Quantum NLP for NFRs Classification
Marco Calenda
Università degli Studi di Salerno

Lettori Lineari

Risultati

sesa^{lab}
SOFTWARE ENGINEERING
SALERNO

La grammatica migliora la classificazione		Binaria				Multi-Classe
		Sicurezza	Usabilità	Operazionali	Performance	
DisCoCat	Precision	0.98	0.95	0.97	0.90	0.80
	Recall	0.89	0.85	0.90	0.90	0.71
	Accuracy	0.93	0.88	0.93	0.88	0.76
	F1-Score	0.94	0.91	0.96	0.90	0.74
Spiders	Precision	0.94	0.91	0.93	0.90	0.78
	Recall	0.89	0.82	0.88	0.85	0.70
	Accuracy	0.89	0.92	0.91	0.89	0.72
	F1-Score	0.94	0.90	0.92	0.88	0.73
Cups	Precision	0.90	0.86	0.91	0.89	0.75
	Recall	0.84	0.86	0.90	0.83	0.73
	Accuracy	0.85	0.89	0.91	0.85	0.70
	F1-Score	0.89	0.86	0.91	0.87	0.74

m.calenda10@studenti.unisa.it
mcalenda.github.io
@mcalenda

Exploring the Potential of Quantum NLP for NFRs Classification
Marco Calenda
Università degli Studi di Salerno

Exploring the Potential of Quantum NLP for NFRs Classification

Grazie!



Questa tesi ha contribuito a piantare un albero di caffè in **Kenya**



Marco Calenda

m.calenda10@studenti.unisa.it

mcalenda.github.io

@mcalenda

