



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO - BICOCCA

Scuola di Scienze

Dipartimento di Informatica, Sistemistica e Comunicazione

Corso di Laurea Magistrale in Informatica

## Tecniche di Record Linkage

Alberici Federico - 808058

Bettini Ivo Junior - 806878

Cocca Umberto - 807191

Traversa Silvia - 816435

**Anno Accademico 2019 - 2020**

---

# Indice

<b>Ricerca</b> . . . . .	<b>2</b>
Data Quality . . . . .	2
Metodologia Data Quality . . . . .	4
Miglioramento . . . . .	4
Standardizzazione . . . . .	4
Comparazione stringhe . . . . .	5
Record Linkage . . . . .	5
Metodologie di Record Linkage . . . . .	6
Tools usati . . . . .	8
Python Record Linkage Toolkit . . . . .	8
<b>Esperimenti</b> . . . . .	<b>8</b>
Dataset . . . . .	8
Data preprocessing . . . . .	9
Risultati . . . . .	12
Record Linkage . . . . .	12
Gold Standard . . . . .	12

---

# Ricerca

## Data Quality

La consapevolezza del peso che dati di alta qualità hanno nel supportare decisioni informate e, viceversa, delle conseguenze disastrose cui dati inaccurati possono portare, è cresciuta di pari passo con il diffondersi delle fonti informative a disposizione delle organizzazioni, creando sempre più forte l'esigenza di una gestione adeguata della qualità dei dati aziendali. La ricerca sulla qualità dei dati è iniziata correttamente negli anni '90 e varie definizioni di ciò sono state definite nel corso degli anni.

Un gruppo di ricerca del MIT, guidato dal professor Wang, ha definito la qualità dei dati come condizione per il loro utilizzo e ha proposto il loro giudizio dipendente dai consumatori finali. Allo stesso tempo, hanno definito una "dimensione della qualità dei dati" come un insieme di attributi che rappresentano un singolo aspetto o costrutto della qualità dei dati.

Sono necessarie tecniche di misurazione completa per consentire alle organizzazioni di valutare lo stato della qualità delle informazioni organizzative e monitorarne il miglioramento.

Ma cosa si intende quando si parla di qualità dei dati e come si misura? La qualità dei dati è una caratteristica dei dati che ha a che fare con la loro abilità di soddisfare le esigenze e le aspettative implicite o esplicite dell'utente.

Per quanto riguarda la definizione di metrica ci riferiamo alle definizioni all'interno dello standard ISO 9126-1 e framework ISM3:

- una procedura (o metodo) di misurazione, cioè un algoritmo che prende l'elemento per misurare e lo associa a misura (sia esso valore ordinale o intervallo);
- una corretta unità di misura (o scala), ovvero di dominio di valori restituiti dalla procedura di misurazione. In generale, è possibile associare diverse metriche a cias-

---

cuna dimensione di qualità;

Questa può essere espressa attraverso molteplici dimensioni

Le best practice in questo ambito suggeriscono l'utilizzo di opportune metriche per la definizione e la misurazione. Tra le metriche più comuni troviamo:

- **completezza**: i dati raccolti bastano per rappresentare l'informazione necessaria;
- **accuratezza**: la precisione dei dati;
- **tempestività**: i tempi di acquisizione dei dati sono utili per il processo;
- **coerenza**: i dati non sono contraddittori tra di loro;
- **univocità**: i dati rappresentativi della stessa informazione presenti in diversi componenti del sistema informativo assumono lo stesso valore;
- **integrità**: i dati presenti nel sistema informativo corrispondono a quelli originariamente immessi;
- **conformità formale**: i dati immessi nel sistema informativo rispettano gli standard formali appositamente definiti.

Il punto focale rimane sempre il dominio sul quale si vuole effettuare un processo di miglioramento dei dati. In base alla finalità delle informazioni e alle caratteristiche dei loro consumatori l'attenzione si rivolge ad un sottoinsieme di tale metriche.

In tempi attuali, è emerso un altro tipo problema: i big data. Analisi e ricerca complete di standard di qualità e metodi di valutazione della qualità per questo tipo di informazioni attualmente manca o non è completa. Questo topic pone una serie di nuove sfide, dettate dalle caratteristiche intrinseche dei big data, riassumibili in quelle che sono chiamate "le 5 V":

- **Volume**: ingente massa di informazioni, in crescita vertiginosa, che non è possibile raccogliere con tecnologie tradizionali;
- **Velocity**: i dati nascono e vengono acquisiti sempre più rapidamente, con necessità di analisi in tempo reale;
- **Variety**: differenti tipologie di dati disponibili, provenienti da un numero crescente

---

di fonti eterogenee;

- **Veracity:** i dati devono essere affidabili, raccontare il vero;
- **Value:** abilità di trasformare una grande mole di dati in business.

## Metodologia Data Quality

Il professor Batini definisce la metodologia di qualità dei dati come un insieme di linee guida e tecniche che, a partire dalle informazioni di input che descrivono un determinato contesto applicativo, ne deriva un processo razionale per valutare e migliorare la qualità dei dati [10.1145/1541880.1541883]. Ci sono tre fasi principali per tale attività:

- **ricostruzione dello stato**, al fine di ottenere due informazioni contestuali, facoltative se sono già disponibili per l'uso;
- **valutazione e misurazione**, misurazione della qualità lungo dimensioni della qualità pertinenti o valutazione, quando tali misurazioni vengono confrontate con i valori di riferimento;
- **miglioramento**, attività che mirano per raggiungere nuovi obiettivi di qualità dei dati.

## Miglioramento

Il miglioramento della qualità dei dati può essere effettuato attraverso strategie basate sui dati o sui processi. Nel primo caso, le tecniche più diffuse sono quella di standardizzazione (o normalizzazione), il record linkage e l'integrazione degli schemi e dei dati, mentre nel secondo caso si adotta un processo di ricostruzione. Nel caso del nostro progetto, per poter migliorare la qualità del dato abbiamo deciso di utilizzare la tecnica del record linkage.

## Standardizzazione

Questo processo, chiamato anche normalizzazione, sostituisce per esempio una diversa ortografia di una parola con una sola ortografia.

---

## Comparazione stringhe

Gli errori tipografici rendono impossibile confrontare esattamente tra di loro le stringhe. Per poter fare ciò, quindi, serve una funzione che cerca di trovare un punto di accordo tra i dati. Ci sono stati diversi tentativi di fornire questa funzione:

- Jaro [**census/jaro76**] nel 1976 ha proposto un comparatore di stringhe che tiene conto di inserimenti, eliminazioni e trasposizioni necessarie per abbinare le due stringhe;
- Winkler [**winkler90**] nel 1990 ha proposto una variante della distanza Jaro (Jaro-Winkler);
- la distanza q-gram conta il numero di q caratteri consecutivi che concordano tra due corde;
- la distanza di edit classica, che conta il numero di operazioni (inserimenti, eliminazioni, modificazioni) necessarie per abbinare le due stringhe

## Record Linkage

Il record linkage (conosciuto anche come data matching) è l'operazione che consiste nel trovare "records" che si riferiscono alla stessa entità, in dataset presi da differenti risorse (come ad esempio file, libri, siti e database). Questa operazione diventa necessaria quando vogliamo unire dei dataset differenti basati su dati simili che potrebbero avere o non avere lo stesso identificativo.

L'idea moderna di record linkage nasce alla fine degli anni cinquanta e viene formalizzata qualche tempo dopo da Ivan Fellegi e Alan Sunter [**fellegi69**] che, attraverso il loro lavoro, hanno dimostrato che le regole di decisione probabilistiche sono ottimali quando i dati che vengono confrontati sono condizionatamente indipendenti.

A partire dalla fine degli anni novanta, differenti tecniche di machine learning sono state sviluppate per poter capire, con condizioni favorevoli, la probabilità condizionata richiesta dalla teoria Fellegi-Sunter.

Il record linkage può essere interamente eseguito senza l'aiuto di un computer, ma il motivo principale per cui esso viene utilizzato è perchè si vuole ridurre o eliminare le

---

modifiche "fatte a mano" e per rendere più facile l'ottenimento del risultato. L'utilizzo del computer ha anche il vantaggio di utilizzare un processo di supervisione centrale, miglior qualità di controllo, velocità, consistenza e migliore riproducibilità dei risultati.

## Metodologie di Record Linkage

Il record linkage si divide generalmente nei seguenti step:

1. vengono dati in input dei dataset;
2. viene definito uno spazio iniziale di ricerca;
3. si cerca di ridurre lo spazio di ricerca tramite un processo di "blocking" ;
4. viene definito lo spazio ridotto di ricerca;
5. vengono comparati i dati e viene presa una decisione;
6. vengono definite le regole di matching, possibile matching o se i dati non sono collegabili;
7. secondo le regole definite è generato il dataset di output.

**Data preprocessing** Il record linkage è molto sensibile alla qualità dei dati che devono essere collegati, quindi idealmente prima di svolgere questa operazione ogni dataset deve essere controllato affinché la qualità sia delle migliori. Avvengono delle operazioni di standardizzazione, che consistono nel trasformare i dati o procedure più complesse, come ad esempio la tokenizzazione.

**Entity resolution** L'entity resolution è un processo di operazioni intelligenti che permettono alle organizzazioni di connettere i dati più disparati attraverso la possibilità di capire i matches tra le entità e le relazioni non ovvie fra i diversi dati. Essa analizza tutte le informazioni collegate ad una entità prese da diverse sorgenti e cerca, attraverso un calcolo probabilistico, di determinare quali entità sono collegate e quali collegamenti (non ovvi) esistono fra loro.

**Deterministic record linkage** La metodologia più semplice di record linkage è chiamata "deterministica".

Essa genera collegamenti basati sul numero di singoli identificatori che hanno una

---

corrispondenza fra i dati dei dataset.

Due record si dicono *collegati* con una procedura di record linkage deterministico se tutti o alcuni degli identificatori sono identici.

Questo metodo è una buona opzione se si stanno utilizzando dei dataset con delle entità che sono identificate da un id comune.

**Probabilistic record linkage** Il record linkage probabilistico, chiamato anche *fuzzy matching*, utilizza un approccio differente per poter collegare i dati. Viene tenuto conto di una gamma più ampia di potenziali identificatori, calcolando i pesi per ciascun identificatore in base alla sua capacità stimata di identificare correttamente una corrispondenza o una non corrispondenza. Questi pesi sono dunque usati per calcolare la probabilità che due dati registrati si riferiscano alla stessa entità. Le coppie di record con probabilità al di sopra di una determinata soglia sono considerate corrispondenze, viceversa le altre sono considerate non corrispondenze. Le coppie che rientrano tra queste due soglie sono considerate "possibili corrispondenze" e possono essere trattate di conseguenza (ad esempio, revisioni umane, collegate o non collegate, a seconda dei requisiti). Mentre il collegamento deterministico dei record richiede una serie di regole potenzialmente complesse da programmare in anticipo, i metodi probabilistici di collegamento dei record possono essere "addestrati" per funzionare bene con un intervento molto meno umano.

**Machine learning** Negli ultimi anni, sono state utilizzate varie tecniche di apprendimento automatico per collegamento automatico. È stato riconosciuto che l'algoritmo classico per il collegamento probabilistico dei record sopra descritto è equivalente all'algoritmo Naive Bayes nel campo dell'apprendimento automatico, e utilizza la stessa assunzione dell'indipendenza delle sue caratteristiche (un presupposto che in genere non è vero).

È possibile ottenere una maggiore precisione utilizzando varie altre tecniche di apprendimento automatico, incluso un perceptrone a strato singolo. Insieme alle tecnologie distribuite, l'accuratezza e la scala per il collegamento dei record possono essere ulteriormente migliorate.



---

## Tools usati

### Python Record Linkage Toolkit

Python Record Linkage Toolkit è una libreria che permette di effettuare record linkage sia in una sola fonte di dati che in multiple. Il package contiene metodi di indexing, come blocking e sorted neighbourhood indexing, funzioni per il confronto con diverse misure di similarità possibili e diversi algoritmi di classificazione, sia supervisionati che non.

## Esperimenti

### Dataset

Il dataset su cui sono stati effettuati gli esperimenti è un elenco di ristoranti di Manhattan, estratti settimanalmente da Gennaio a Marzo 2009 da 12 siti web. Le informazioni base presenti in ogni dataset comprendono il nome del ristorante, l'indirizzo e la città. I dati sono messi a disposizione in sette file di testo, uno per ogni settimana considerata, ciascuno contenente dati appartenenti a tutti i siti web. In totale sono presenti 215555 record, suddivisi come illustrato nella tabella:

file	records
restaurants_2009_1_22.txt	30401
restaurants_2009_1_29.txt	30775
restaurants_2009_2_05.txt	30805
restaurants_2009_2_12.txt	30863
restaurants_2009_2_19.txt	30876
restaurants_2009_2_26.txt	30898
restaurants_2009_3_12.txt	30937

Table 1: Record presenti nei file txt forniti

In particolare, per ogni ristorante è presente il seguente numero di record:

---

restaurant	records
ActiveDiner	6184
DiningGuide	814
FoodBuzz	2079
MenuPages	13143
NewYork	1774
NYPmag	5124
NYTimes	3095
OpenTable	1539
SavoryCities	4536
TasteSpace	3635
TimeOut	14007
VillageVoice	2684

Table 2: Record per ristorante

## Data preprocessing

Una prima analisi mostra come le modalità di recupero dei dati da parte dell'autore abbiano generato dei dataset differenti per schema e per frammentazione verticale, anche sulle stesse fonti. Dunque, prima di applicare le tecniche di record linkage, i dati sono stati standardizzati, eseguendo operazioni di riallineamento dello schema, rimozione dei duplicati ed infine join dei dataset per fonte.

In dettaglio le fasi del preprocessing sono state:

1. **Separazione e raggruppamento dei dati per fonte.**

Ciò ha mostrato le differenze sullo schema, utilizzate nelle fasi successive per migliorare il raggruppamento dei dati.

2. **Separazione dei dati per fonte e data.**

Utilizzando regex ad hoc per ogni fonte i dati sono stati separati per fonte e data, con drop dei duplicati, standardizzazione dell'encoding del testo (da *windows-1252* a *UTF-8*) e formato csv.

3. **Merge dei dataset per fonte.**

I vari dataset risultanti dalla fase 2 sono stati riuniti per fonte con un join applicato su colonne definite a priori.

4. **Pulizia finale.**

I dataset dunque sono stati ripuliti utilizzando delle funzioni specifiche per ogni fonte, con il compito di riallineare lo schema, rimuovere duplicati e caratteri superflui dai valori (es spazi e tabulazioni in testa e in coda, caratteri speciali ecc.).

Di seguito mostriamo alcuni risultati ottenuti attraverso il lavoro di preprocessing.

Nel caso di MenuPages, per esempio, inizialmente avevamo i dati in questo formato:

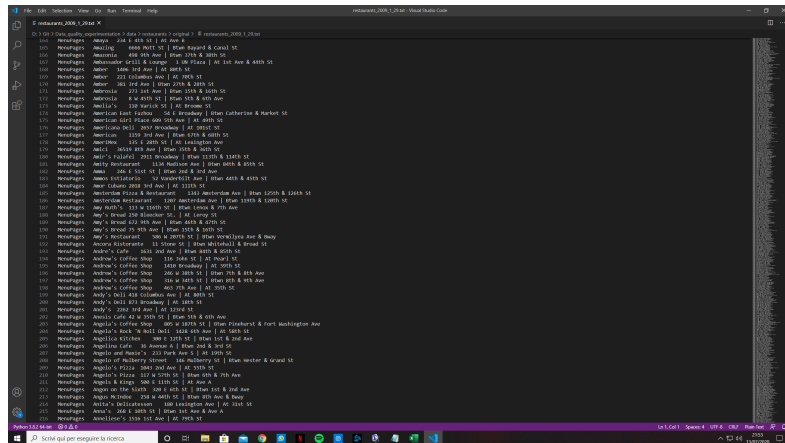


Fig. 1: *Dati di partenza di MenuPages*

a seguito del preprocessing invece otteniamo informazioni più chiare, unendo l'informazione sull'indirizzo proveniente da Google come segue:

File	Home	Insert	Layout of page	Formulas	Data	References	Visualizza	Guida	Cerca														Condizioni	Commenti																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio										Noleggio									

Fig. 2: *Dati dopo il preprocessing di MenuPages*

---

Risultati

Record Linkage

Gold Standard