Sistemi di Elaborazione dell'informazione II

Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Telematica
II anno – 4 CFU
Università Kore – Enna – A.A. 2008-2009

Alessandro Longheu
http://www.diit.unict.it/users/alongheu
alessandro.longheu@diit.unict.it

Dati Non Strutturati: Information Retrieval

Information Retrieval (IR): definizione

- **L'Information Retrieval** (IR) si occupa della rappresentazione, memorizzazione e organizzazione dell'informazione testuale (che per una macchina è non strutturata), al fine di rendere agevole all'utente il soddisfacimento dei propri bisogni informativi.
- Data una collezione di documenti e un bisogno informativo dell'utente, lo scopo di un sistema di IR è di trovare informazioni che potrebbero essere utili, o rilevanti, per l'utente.
- Un esempio di "**bisogno informativo**": *trova tutti i documenti che contengono informazioni sui libri che sono stati scritti durante il 1800, o raccontano una storia d'amore e contengono riferimenti a città italiane.*
- Rispetto alla teoria classica delle basi di dati, l'enfasi non è quindi sulla ricerca di dati ma sulla ricerca di informazioni.
- Le tecniche di Information Retrieval, nate per dati testuali sono state in seguito estese ed applicate anche a dati multimediali (immagini, audio, video) e semi-strutturati.

Information Retrieval (IR): definizione

- Il settore dell'Information Retrieval è stato studiato fin dagli anni `70. Negli anni `90, l'esplosione del Web ha moltiplicato l'interesse per IR.
- Il Web infatti non è altro che un'enorme collezione di documenti, sui quali gli utenti vogliono fare ricerche.
- Il problema è che non è semplice caratterizzare esattamente i bisogni informativi dell'utente. Ciò deriva **dall'ambiguità e complessità** dei linguaggi naturali.

Information Retrieval vs Data Retrieval

- Un sistema di Data Retrieval (ad esempio un DBMS) gestisce dati che hanno una struttura ben definita.
- Un sistema di Information Retrieval gestisce testi scritti in linguaggio naturale, spesso non ben strutturati e semanticamente ambigui.
- Di conseguenza:
  - Un linguaggio per Data Retrieval permette di trovare tutti gli oggetti che soddisfano esattamente le condizioni definite. Tali linguaggi (algebra relazionale, SQL) garantiscono una **risposta corretta e completa** e di manipolare la risposta.
  - Un sistema di IR, invece, potrebbe restituire anche oggetti non esatti (**risultati non pertinenti**); l'importante è che siano piccoli errori accettabili per l'utente.

Tecniche di IR: inverted index

- I sistemi di IR non operano sui documenti originali, ma su una vista logica degli stessi. Tradizionalmente i documenti di una collezione vengono rappresentati tramite un insieme di keyword.
- La capacità di memorizzazione dei moderni elaboratori permette talvolta di rappresentare un documento tramite l'intero insieme delle parole in esso contenute; si parla allora di **vista logica full text**.
- Per collezioni molto grandi **tale tecnica può essere inutilizzabile**; si utilizzano allora tecniche di modifica del testo per ridurre la dimensione della vista logica, che diventa un insieme di **index term**.
- Il modulo di gestione della collezione si occupa di creare gli opportuni indici, contenenti tali termini.

Tecniche di IR: inverted index

- Le tecniche di indicizzazione studiate per le basi di dati relazionali (ad es. B-Tree) non sono adatte per i sistemi di Information Retrieval.
- L'indice più utilizzato è l'indice invertito **(inverted index)**:
  - Viene memorizzato l'elenco dei termini contenuti nei documenti della collezione;
  - Per ogni termine, viene mantenuta una lista dei documenti nei quali tale termine compare.
- Tale tecnica è valida per query semplici (insiemi di termini); modifiche sono necessarie se si vogliono gestire altre tipologie di query (frasi, prossimità ecc.).

Tecniche di IR: inverted index

- Il numero di termini indicizzati viene ridotto utilizzando una serie di tecniche, tra cui:
- **Eliminazione delle stopword**: articoli, congiunzioni ecc.;
  - "Il cane di Luca" -> "cane Luca"
- **De-hyphenation**: divisione di parole con trattino;
  - "Sotto-colonnello" -> Sotto colonnello
- **Stemming**: riduzione alla radice grammaticale;
  - "Mangiano, mangiamo, mangiassi" -> "Mangiare"
- **Thesauri**: gestione dei sinonimi, omonimi, ipernonimi
  - "Casa" -> "Casa, magione, abitazione, …"
- L'utilizzo di tali tecniche non sempre migliora la qualità delle risposte ad una query.

Tecniche di IR: inverted index

- Avendo quindi non i documenti ma i loro inverted index, il processo di ricerca di informazioni viene riformulato:
  1. L'utente specifica un bisogno informativo.
  2. La query viene eventualmente trasformata…
  3. …per poi essere eseguita, utilizzando indici precedentemente costruiti, al fine di trovare documenti rilevanti;
  4. I documenti trovati vengono ordinati in base alla (presunta) rilevanza e ritornati in tale ordine all'utente;
  5. L'utente esamina i documenti ritornati ed eventualmente raffina la query, dando il via ad un nuovo ciclo.

Modelli per IR

- Formalmente un **modello di Information Retrieval** è una quadrupla (D, Q, F, R), dove:
  - D è un insieme di viste logiche dei documenti della collezione;
  - Q è un insieme di viste logiche (dette query) dei bisogni informativi dell'utente;
  - F è un sistema per modellare documenti, query e le relazioni tra loro;
  - R(qi, dj) è una funzione di ranking che associa un numero reale non negativo ad una query qj e un documento dj, definendo un ordinamento tra i documenti con riferimento alla query qj.
- I due modelli classici di Information Retrieval sono il **Modello booleano e quello vettoriale**.

Modelli per IR

- Il **modello booleano** è il modello più semplice; si basa sulla teoria degli insiemi e l'algebra booleana. Storicamente, è stato il primo ed il più utilizzato per decenni.
- I documenti vengono rappresentate come insiemi di termini.
- Le query vengono specificate come espressioni booleane, cioè come un elenco di termini connessi dagli operatori booleani AND, OR e NOT.
- La strategia di ricerca è basata su un criterio di decisione binario, senza alcuna nozione di grado di rilevanza: un documento è considerato rilevante oppure non rilevante.

Modelli per IR

- Il modello vettoriale è giustificato dall'osservazione che assegnare un giudizio binario ai documenti (1=rilevante, 0=non rilevante) è troppo limitativo.
- Nel modello vettoriale ad ogni termine nei documenti o nelle query viene assegnato un peso (un numero reale positivo).
- I documenti e le query sono rappresentati come vettori in uno spazio n-dimensionale (n = # di termini indicizzati).
- La ricerca viene svolta calcolando il grado di similarità tra il vettore che rappresenta la query e i vettori che rappresentano ogni singolo documento: i documenti con più alto grado di similarità con la query hanno più probabilità di essere rilevanti per l'utente.
- Il grado di similarità viene quantificato utilizzando una qualche misura, ad esempio il coseno dell'angolo tra i due vettori (che esprime la "vicinanza" fra i vettori).

Valutazione di un sistema di IR

- Come è possibile rispondere alla domanda "quale di questi due sistemi di IR funziona meglio"?
- Un sistema tradizionale di Data Retrieval può essere valutato oggettivamente, sulla base delle performance (velocità di indicizzazione, ricerca ecc.).
- In un sistema di IR tali valutazioni sono possibili, ma a causa della soggettività delle risposte alle query, le cose si complicano. Quello che si vorrebbe in qualche modo misurare è la "soddisfazione" dell'utente.
- Esistono delle misure standard per valutare la bontà delle risposte fornite da un sistema di IR: precision e recall

Web search

- L'IR è nata per gestire collezioni statiche e ben conosciute: testi di legge, enciclopedie ecc.
- Quando la collezione di riferimento diventa il Web, le cose cambiano completamente:
- La collezione è dinamica, molto variabile nel tempo;
- Le dimensioni sono enormi;
- I documenti non sono sempre disponibili;
- Le query degli utenti sono ancora più imprecise e vaghe.
- Le tecniche utilizzate dai motori di ricerca possono quindi differire, ad esempio Pagerank (una cui variante è usata da Google) utilizza criteri diversi dalla IR standard

Structured IR

- L'IR nasce per dati non strutturati. Tuttavia, negli ultimi anni sta emergendo la necessità di applicare tecniche di IR anche a dati semistrutturati, in particolare a documenti XML; si parla allora allora di Structured Information Retrieval (SIR).
- Molte cose cambiano. Ad es. in IR la risposta ad una query è un elenco di documenti; in SIR, la risposta è un elenco di documenti XML? O frammenti di documenti XML? O singoli elementi?
- Ultimamente sono state avanzate proposte per estendere XQuery con capacità di ricerca full-text.

Schema

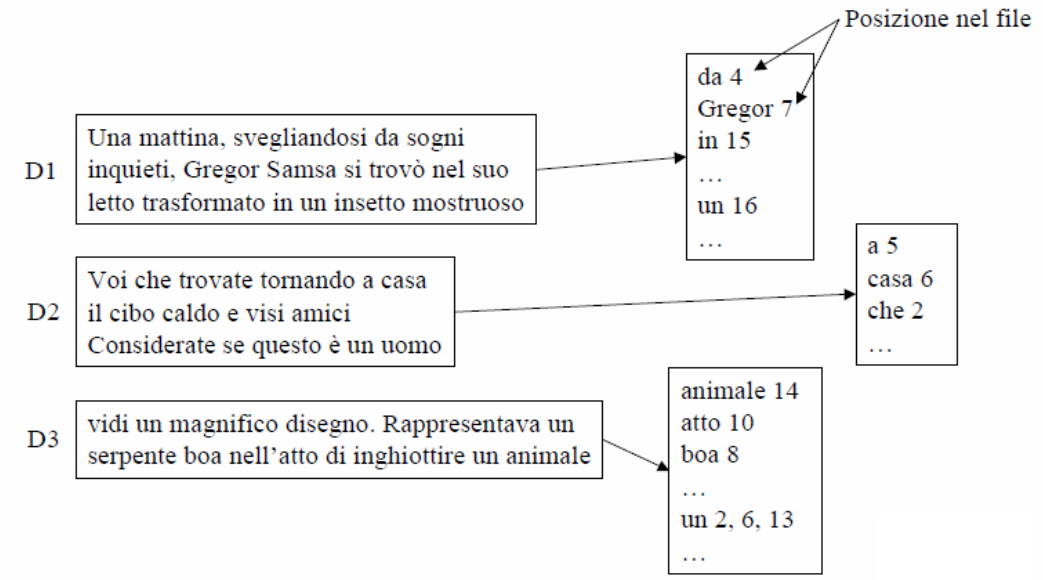
- Tecniche di IR: indicizzazione full text
- Modelli di IR: booleano e vettoriale
- Valutazione IR: precision e recall
- Web search

Indicizzazione full-text: inverted indexes

- Nei sistemi relazionali gli indici permettono di recuperare efficientemente da una relazione i record contenenti uno o più valori di interesse. Analogamente, possiamo utilizzare indici per recuperare efficientemente documenti testuali di interesse. In questo caso, le interrogazioni che vogliamo supportare sono del tipo:
  - Ritornare i documenti che contengono l'insieme di keyword k1, …, kN.
  - Ritornare i documenti che contengono la sequenza di keyword k1, …, kN.
- Indici che supportano queste operazioni **si chiamano invertiti**, in quanto invece di rappresentare tutte le parole presenti in documento (indici) rappresentano tutti i documenti in cui appare una specifica parola.

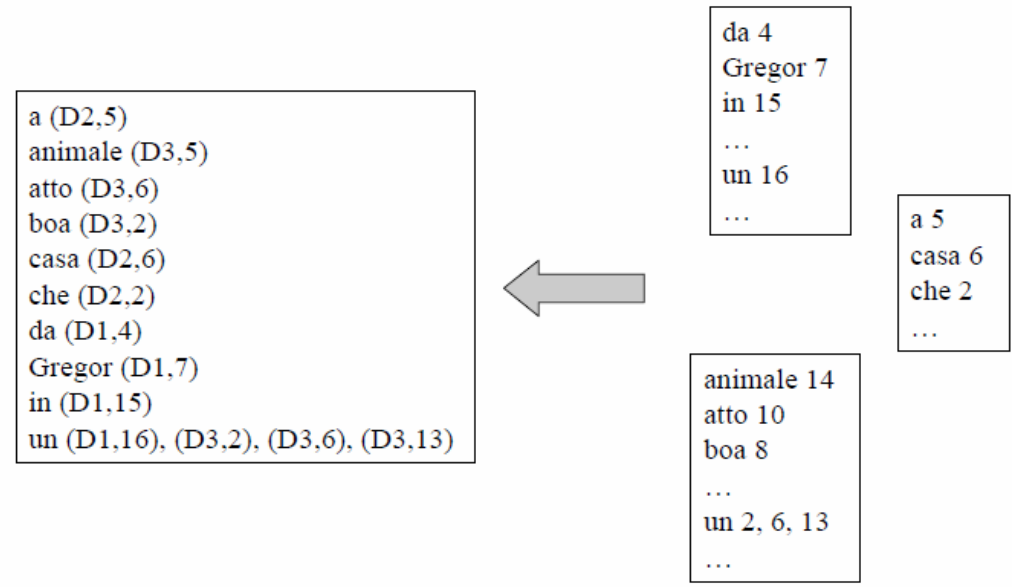
Indicizzazione full-text: inverted index

- Generazione degli indici: rilevamento della posizione dei terms



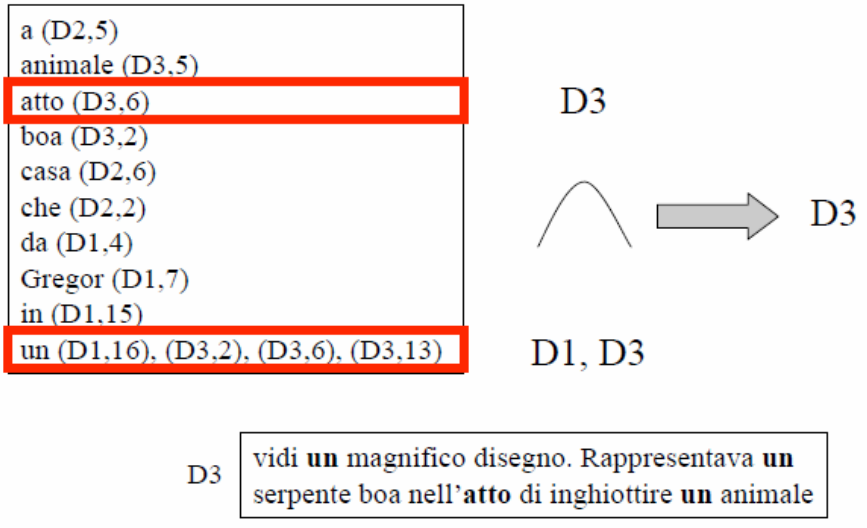
Indicizzazione full-text: inverted index

- Generazione degli indici: creazione dell'inverted index



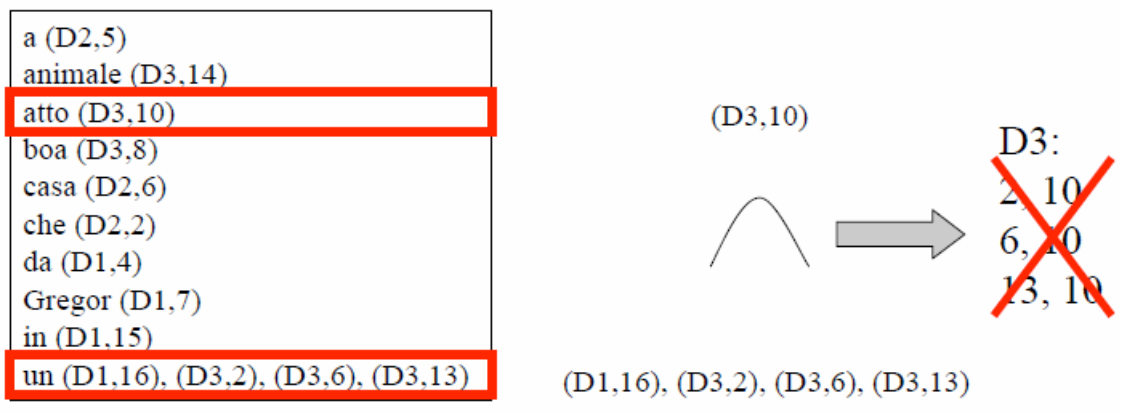
Indicizzazione full-text: inverted index

- E' successivamente possibile effettuare delle interrogazioni:
  - Ritornare i documenti che contengono "un" e "atto".



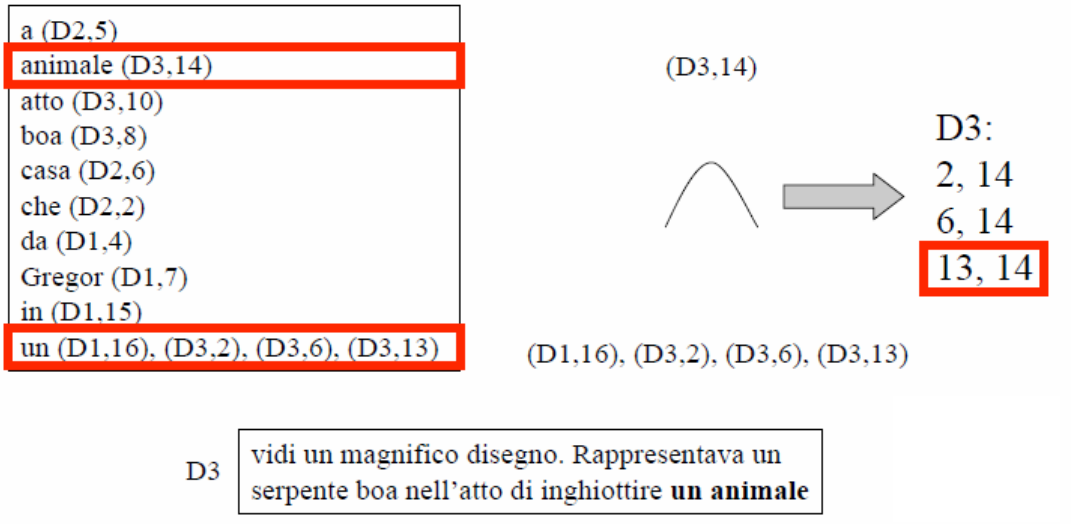
Indicizzazione full-text: inverted index

- E' successivamente possibile effettuare delle interrogazioni:
  - Ritornare i documenti che contengono "un atto".



Indicizzazione full-text: inverted index

- E' successivamente possibile effettuare delle interrogazioni:
  - Ritornare i documenti che contengono "un animale".

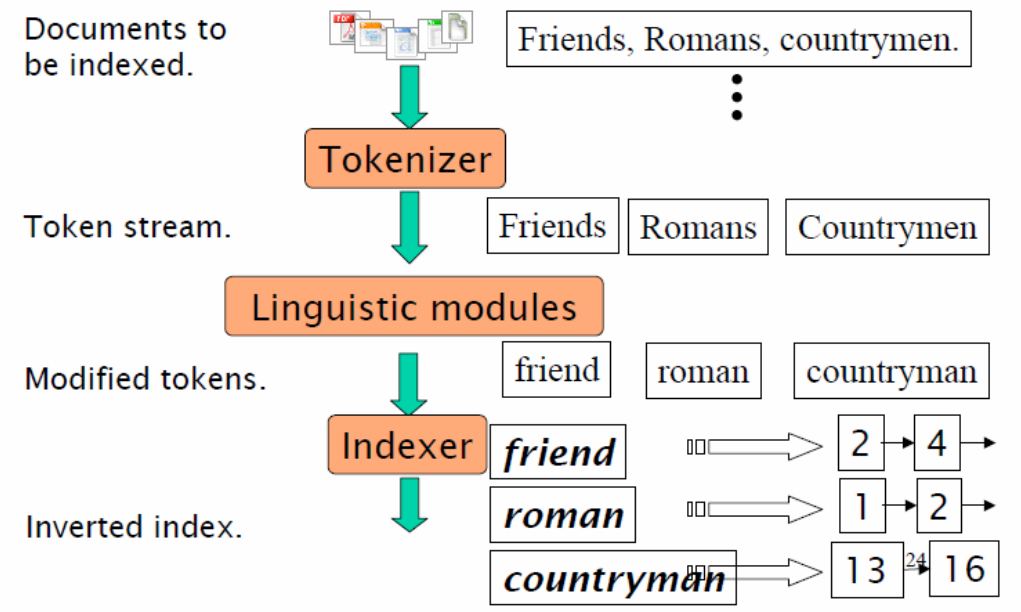


Indicizzazione full-text: inverted index

- La **costruzione dell'inverted index è più complessa**, come visto infatti, gli indici invertiti lavorano su "termini", ma **cos'è un termine**?
  - Principi → Prìncipi? Princìpi?
  - Cordon Bleu → un termine o due?
  - Semi-structured → Semistructured? Semi-structured? Semi e Structured?
  - La, e, and, or, 192.168.0.1, 25/12/2004… → vanno indicizzati?
  - Auto e Automobile → lo stesso termine o due termini diversi?
  - Sono, Siamo, E' → lo stesso termine o tre termini diversi?
- Prima della fase di costruzione dell'indice, si devono quindi trasformare i documenti della collezione in un elenco di termini.

Indicizzazione full-text: inverted index

- Il processo di indicizzazione consta di diverse fasi:



Indicizzazione full-text: inverted index

- La prima fase è quella di tokenizzazione, in cui il tokenizer trasforma uno stream di testo ("Friends, Romans, Countrymen") in un elenco di token ("Friends", "Romans", "Countrymen") **candidati** a diventare entry dell'indice. **Tipiche trasformazioni** effettuate durante la tokenizzazione:
  - Eliminazione delle parole contenenti cifre;
  - Divisione in più parole dove è presente un trattino (de-hyphenation);
  - Trasformazione delle maiuscole in minuscole;
  - Eliminazione della punteggiatura.
- Ma è necessario **gestire alcune eccezioni**:
  - Trattini che sono parti integranti di una parola (es. B-49);
  - Parole che se scritte in maiuscolo assumono un diverso significato (es. MIT vs la parola tedesca mit);
  - Punteggiatura che è parte integrante di una parola (es. 510D.C.).

Indicizzazione full-text: inverted index

- Successivamente, entrano in azione i moduli linguistici, il cui scopo è prendere i token e validarli, operazione che dipende dalla lingua utilizzata (anche se alcuni criteri sono generali). Le operazioni effettuate dai moduli sono:
  - Eliminazione delle stopword
  - Stemming
  - Thesauri
  - Lemmatization

Indicizzazione full-text: inverted index

- **Eliminazione delle stopwords**: alcune parole sono più importanti di altre per comprendere il contenuto di un documento. Le parole che non hanno un significato proprio e sono eliminate sono le stopwords: articoli, congiunzioni, particelle pronominali, verbi frequenti ecc.
- Eliminare le stopwords attenua il rumore che disturba la ricerca di informazioni e riduce la dimensione dell'indice.
- Lo **stemming** riduce i termini alla loro "radice", rimuovendo prefissi e suffissi, ad esempio:
  - automate, automatic, automation → automat;
  - "for example compressed and compression are both accepted as equivalent to compress" → "for example compres and compres are both accept as equival to compres".
- Esistono vari algoritmi di stemming; il più comune per l'inglese è l'algoritmo di Porter, che opera trasformazioni come:
  - sses → ss (witnesses → witness);
  - s → Ø (cars → car);
  - tional → tion (national → nation).

Indicizzazione full-text: inverted index

- Con i **thesauri** si gestiscono i sinonimi tramite classi di equivalenza predefinite, ad esempio car = automobile. Due possibili tecniche:
  - **Espansione dell'indice**: se un documento contiene car, lo inseriamo nei posting sia di car che di automobile;
  - **Espansione della query**: se una query contiene car, cerchiamo anche i documenti contenenti automobile (preferibile).
  - L'utilizzo delle classi di equivalenza può però portare a risultati scorretti; ad es. puma e jaguar sono sinonimi, ma rischio di trovare informazioni relative alle automobili piuttosto che all'animale…
- La **lemmatization** riduce una parola alla sua radice grammaticale, ad esempio:
  - am, are, is → be;
  - car, cars, car's, cars' → car;
  - the boy's cars are different colors → the boy car be different color.

Indicizzazione full-text: inverted index

- Come visto, i moduli linguistici sono dipendenti dal linguaggio usato nel testo.
- **Possono crearsi problemi** se il testo contiene parole scritte in diversi linguaggi. Alcuni linguaggi creano inoltre problemi aggiuntivi: pensiamo al giapponese, cinese, arabo etc.
- Danno dei benefici in termini di precisione della ricerca e dimensione dell'indice.
- Ma trasformare il testo può rendere più difficile la ricerca all'utente: pensiamo alla ricerca "to be or not to be".
- Per questo motivo non tutti sono concordi sull'opportunità di usarli (molti Web Search Engine non lo fanno).

Schema

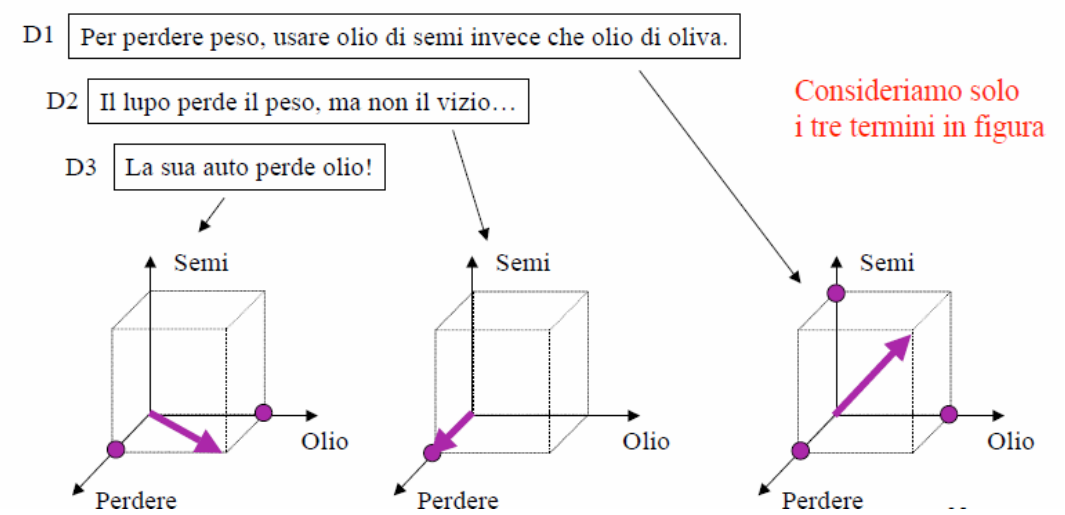
- Tecniche di IR: indicizzazione full text
- Modelli di IR: booleano e vettoriale
- Valutazione IR: precision e recall
- Web search

Modelli di IR

- Nel modello booleano, un documento soddisfa le condizioni oppure no.
- Questo modello può essere ragionevole solo per degli utenti esperti che conoscano perfettamente la collezione di documenti e le proprie necessità.
- Una query può ritornare migliaia di risultati, ma la maggior parte degli utenti non vogliono scorrere migliaia di voci.
- Inoltre una eventuale riformulazione della query provoca il ricalcolo dell'intero risultato, con evidenti problemi prestazionali.
- Per questa serie di motivi, il modello booleano di fatto NON viene utilizzato, preferendo in sua vece quello vettoriale

Modelli di IR

- Ogni documento può essere visto come un vettore di valori in uno spazio vettoriale (n-dimensionale), i cui assi sono i termini, contenente i documenti. Le query possono essere viste come dei brevi documenti, e quindi anch'esse sono dei vettori appartenenti a questo spazio, esempio:



Modelli di IR

Modello vettoriale:

D1 Per perdere peso, usare olio di semi invece che olio di oliva.

Semi	Perdere	Olio
1	1	1

D2 Il lupo perde il peso, ma non il vizio…

Semi	Perdere	Olio
0	1	0

D3 La sua auto perde olio!

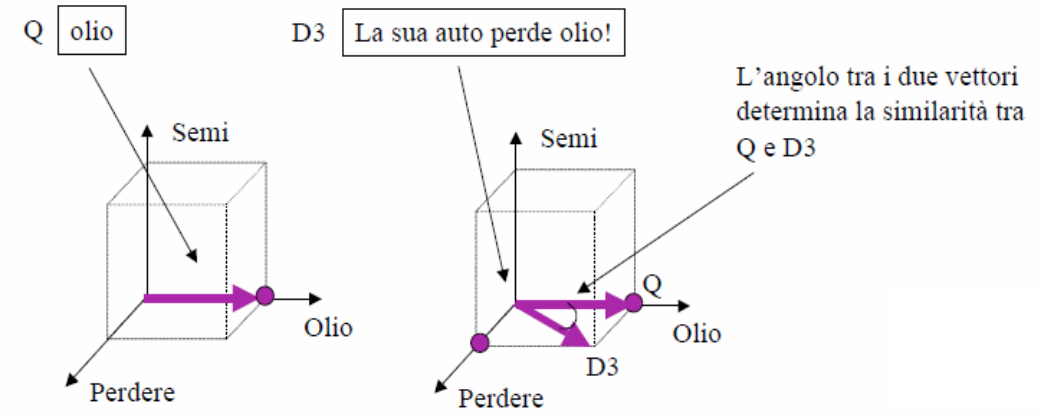
Semi	Perdere	Olio
0	1	1

Q olio

Semi	Perdere	Olio
0	0	1

Modelli di IR

- Per esprimere il concetto di similitudine fra documenti e la query, quindi per rispondere ad una query, si introduce una **metrica**, ossia una **distanza fra vettori**, che banalmente potrebbe essere quella degli spazi lineari, ossia il **coseno dell'angolo** fra i vettori, che di fatto viene calcolato usando le coordinate. I documenti saranno poi ordinati (**ranking**) in base alla minore distanza dalla query



Modelli di IR

- Similarità fra i documenti dj e dk (uno dei quali solitamente è la query):

Prodotto scalare

$$sim(d_j, d_k) = \frac{\vec{d}_j \cdot \vec{d}_k}{\left|\vec{d}_j\right| \left|\vec{d}_k\right|} = \frac{\sum_{i=1}^{n} w_{i,j} w_{i,k}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} w_{i,j}^2} \sqrt{\sum_{i=1}^{n} w_{i,k}^2}}$$

Prodotto della lunghezza dei due vettori

Modelli di IR

- Esempio:

	Semi	Perdere	Olio
D1	1	1	1
D2	0	1	0
D3	0	1	1
Q	0	0	1

$$\text{Sim}(D1, Q) = \frac{1*0 + 1*0 + 1*1}{\sqrt{3} * \sqrt{1}} = .577$$

$$\text{Sim}(D2, Q) = \frac{0*0 + 1*0 + 0*1}{\sqrt{1} * \sqrt{2}} = 0$$

$$\text{Sim}(D3, Q) = \frac{0*0 + 1*0 + 1*1}{\sqrt{2} * \sqrt{1}} = .707$$

Modelli di IR

- I problemi principali di questo approccio sono:
  - Olio appare due volte nel primo documento, il che può indicare una maggiore importanza della parola.
  - Perdere appare in tutti i documenti, per cui non serve a discriminare tra più o meno rilevanti.
- Invece di segnalare la presenza o meno di un termine in un documento, vogliamo dunque assegnarvi un **peso**. Un approccio tipico consiste nell'utilizzare pesi ottenuti dal prodotto tra la **term frequency** (tf, ovvero, quante volte o in che percentuale un termine appare nel documento) e **l'inverse document frequency** (idf, ovvero, quanto è rara l'occorrenza di un termine).

Modelli di IR

- Per **Document Frequency** si intende il numero di documenti che contengono un certo termine.
- L'inverso del Document Frequency (**Inverse Document Frequency**, idf), cioè la rarità di un termine all'interno della collezione, è una buona misura della significatività di un termine.
- Solitamente viene usata la seguente formula: $idf_i = \log (N/df_i)$
- Dove N = numero totale di documenti della collezione e dfi = numero di documenti che contengono il termine i.
- Ad ogni termine della query viene assegnato un peso in base ad una misura combinata di tf e idf (tf / idf):
- $w_{i,d} = tf_{i,d} \times \log (N / df_i)$

Modelli di IR

- Esempio:

D1 | Per **perdere** peso, usare **olio** di **semi** invece che **olio** di oliva.

Semi	Perdere	Olio
[1 * log(3/1)	1 * log(3/3)	2 * log(3/2)]

Perdere appare 1 volta in D1

Perdere appare in 3 documenti su 3

Olio appare 2 volte in D1

Olio appare in 2 documenti su 3

D2 | Il lupo **perde** il peso, ma non il vizio…

D3 | La sua auto **perde olio**!

Modelli di IR

- Esempio:

	Semi	Perdere	Olio
D1	.477	0	.252
D2	0	0	0
D3	0	0	.176
Q	0	0	.176

$$Sim(D1, Q) = \frac{.447*0 + 0*0 + .252*.176}{.512 * .176} = .492$$

$$Sim(D2, Q) = \frac{0*0 + 0*0 + 0*.176}{0 * .176} = 0$$

$$Sim(D3, Q) = \frac{0*0 + 0*0 + .176*.176}{.176 * .176} = 1$$

Modelli di IR

- Problemi dell'approccio vettoriale:
- La lunghezza dei documenti incide sul calcolo della rilevanza.
- Il numero di documenti incide sul calcolo della rilevanza.
- Non viene considerato l'ordine dei termini.

Schema

- Tecniche di IR: indicizzazione full text
- Modelli di IR: booleano e vettoriale
- Valutazione IR: precision e recall
- Web search

Valutazione IR

- Un sistema tradizionale di Data Retrieval può essere valutato utilizzando **svariate misure**:
  - Velocità di indicizzazione (numero di documenti indicizzati all'ora);
  - Velocità di ricerca (in funzione della dimensione dell'indice);
  - Espressività del linguaggio di interrogazione.
- Tutte queste proprietà (performance evaluation) sono misurabili.
- Ma la vera e più importante misura delle prestazioni di un motore di IR è un'altra: la "soddisfazione" dell'utente (retrieval performance evaluation), visto il meccanismo ranking based
- **Come misurare la soddisfazione di un utente**? La velocità di ricerca è sicuramente un fattore importante, ma una risposta velocissima ma inutile non renderà felice l'utente!

Valutazione IR

- Misurare il grado di soddisfazione di un utente tuttavia **non è cosa facile**, la scelta più valida infatti dipende dal tipo di utente e di applicazione:
- **Motore di ricerca**: se un utente è soddisfatto delle prestazioni di un motore di ricerca tornerà ad utilizzarlo, quindi potremmo misurare la percentuale di utenti che "tornano";
- **Sito di e-commerce**: dal punto di vista dell'utilizzatore del sito, il motore è valido se il tempo necessario per effettuare un acquisto è basso; dal punto di vista del proprietario del sito, il motore è buono se un'alta percentuale di ricerche si concludono con un acquisto;
- **Azienda**: una valida misura può essere il tempo risparmiato dai dipendenti nella ricerca di informazioni.

Valutazione IR

- In generale allora il modo migliore per valutare un motore di IR è considerare la **rilevanza dei risultati**. Occorre definire una metodologia ed abbiamo bisogno di una serie di strumenti:
- Una **collezione di documenti di test**; esistono diverse collezioni, tra cui ricordiamo la collezione TREC, sviluppata da NIST (National Institute of Standards and Technology): circa 700K documenti, dimensione 2GB
- **Un elenco di esempi** di richieste di informazioni (query), solitamente definite informalmente, in linguaggio naturale (si parla perciò più precisamente di retrieval task), e da esperti del settore
- **Una valutazione di rilevanza**, cioè un giudizio rilevante / non rilevante per ogni coppia query / documento, definita da esperti del settore
- Data una strategia di IR, la misura della valutazione quantifica la similarità tra l'insieme dei documenti ritornati e l'insieme dei documenti classificati come rilevanti.

Valutazione IR

- La metodologia di valutazione più utilizzata si basa su due misure:
- **Precision**: percentuale di documenti ritornati (in risposta ad una query) che sono rilevanti;
- **Recall**: percentuale di documenti rilevanti che sono ritornati.

$$\text{Precision} = \frac{|\{\text{Documenti Rilevanti}\} \cap \{\text{Documenti Ritornati}\}|}{|\{\text{Documenti Ritornati}\}|}$$

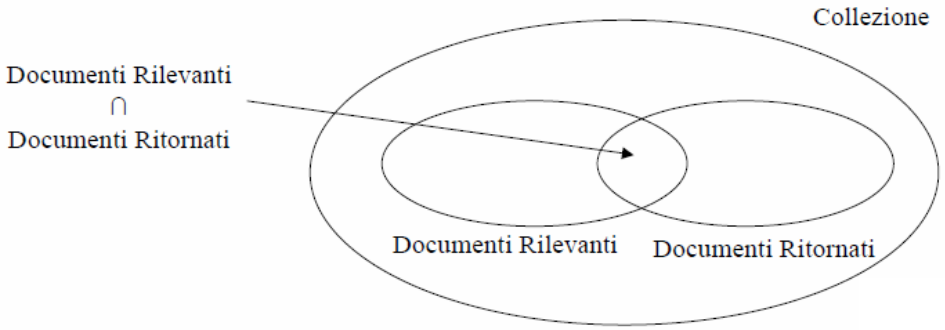
$$\text{Recall} = \frac{|\{\text{Documenti Rilevanti}\} \cap \{\text{Documenti Ritornati}\}|}{|\{\text{Documenti Rilevanti}\}|}$$

Valutazione IR

- Precision e recall:

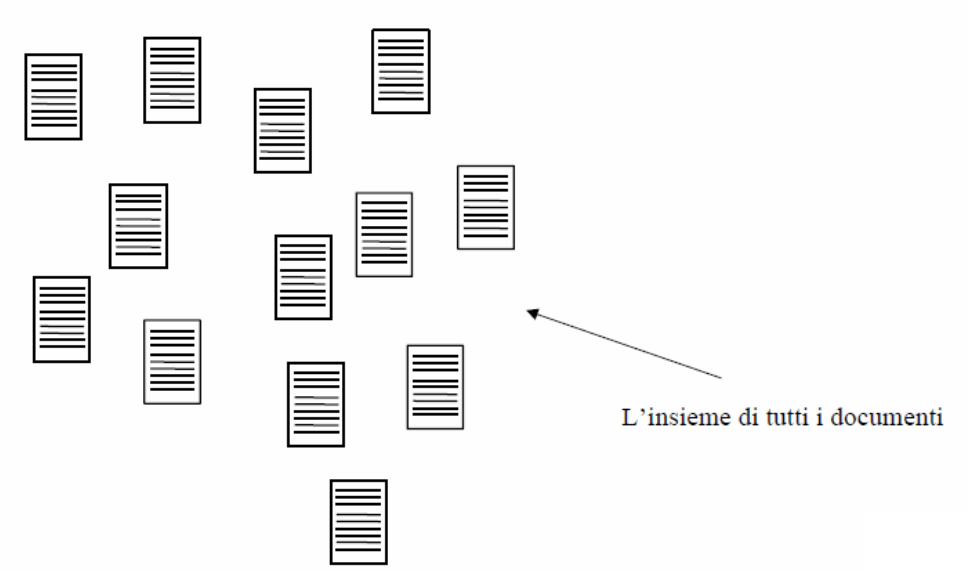
$$\text{Precision} = \frac{|\{\text{Documenti Rilevanti}\} \cap \{\text{Documenti Ritornati}\}|}{|\{\text{Documenti Ritornati}\}|}$$

$$\text{Recall} = \frac{|\{\text{Documenti Rilevanti}\} \cap \{\text{Documenti Ritornati}\}|}{|\{\text{Documenti Rilevanti}\}|}$$



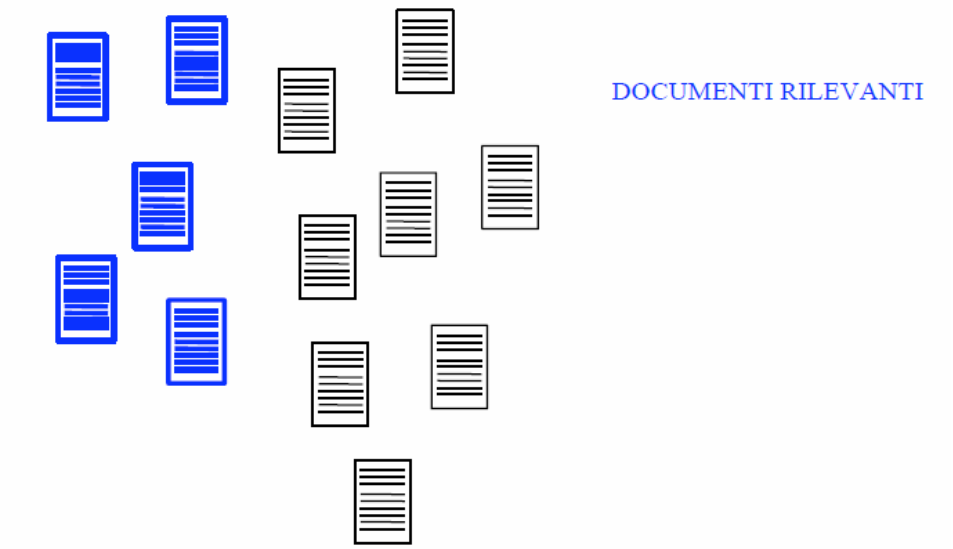
Valutazione IR

- Precision e recall:



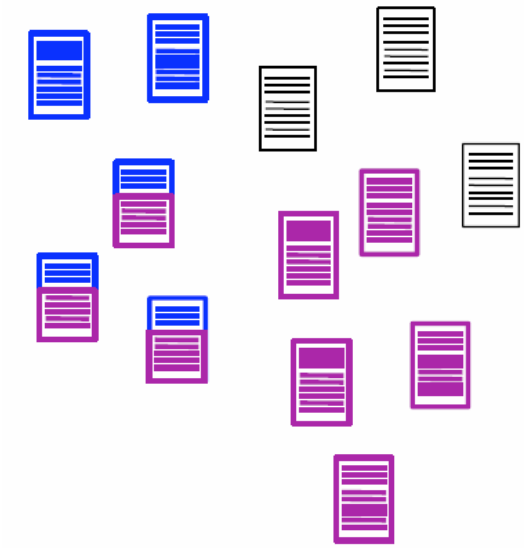
Valutazione IR

- Precision e recall:



Valutazione IR

- Precision e recall:



DOCUMENTI RILEVANTI

RISULTATO DELLA QUERY
(DOCUMENTI RITORNATI)

Valutazione IR

- Precision e recall:

DOCUMENTI RILEVANTI

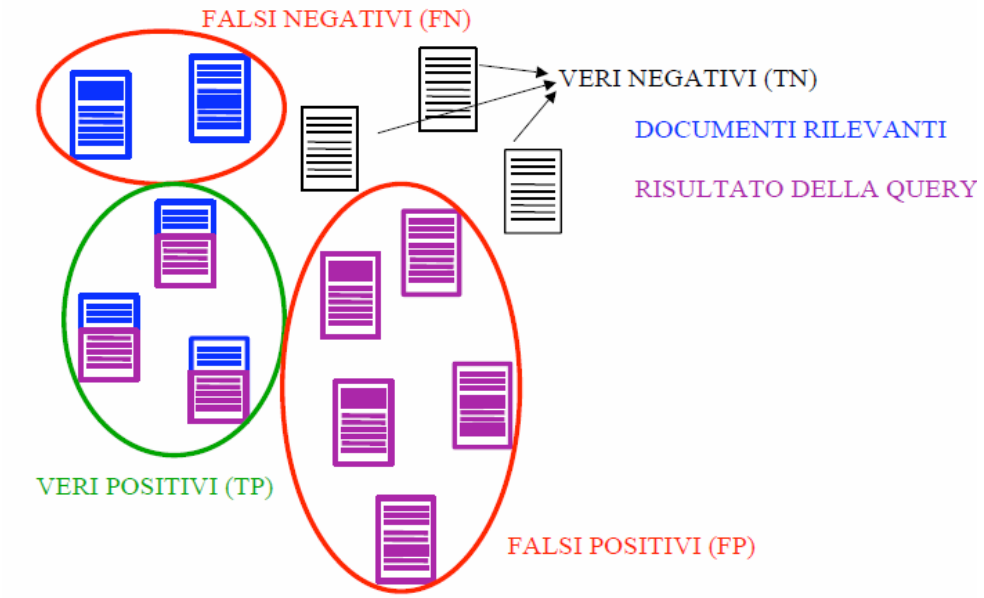
RISULTATO DELLA QUERY
(DOCUMENTI RITORNATI)

$$\text{Precision} = \frac{|\{\text{Rilevanti}\} \cap \{\text{Ritornati}\}|}{|\{\text{Ritornati}\}|} = 3/8$$

$$\text{Recall} = \frac{|\{\text{Rilevanti}\} \cap \{\text{Ritornati}\}|}{|\{\text{Rilevanti}\}|} = 3/5$$

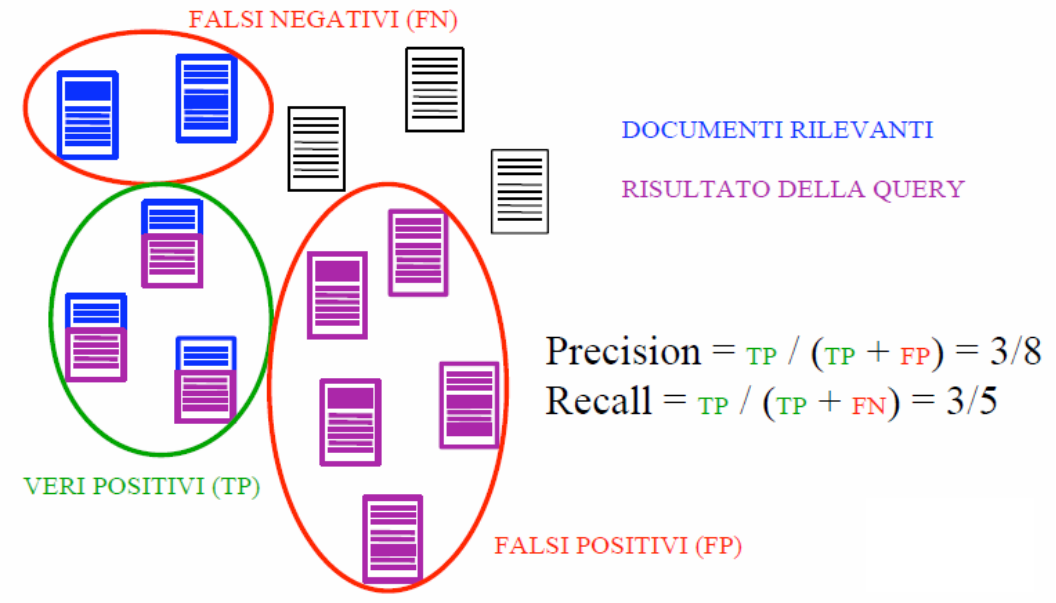
Valutazione IR

- Precision e recall:



Valutazione IR

- Precision e recall



Valutazione IR

- Precision e recall: riassumendo

Precision $P = tp / (tp + fp)$.
Recall $R = tp / (tp + fn)$.

	Rilevanti	Non rilevanti
Ritornati	*tp* (True Positive)	*fp* (False Positive)
Non ritornati	*fn* (False Negative)	*tn* (True Negative)

O, EQUIVALENTEMENTE,

$$\text{Precision} = \frac{|\{\text{Documenti Rilevanti}\} \cap \{\text{Documenti Ritornati}\}|}{|\{\text{Documenti Ritornati}\}|}$$

$$\text{Recall} = \frac{|\{\text{Documenti Rilevanti}\} \cap \{\text{Documenti Ritornati}\}|}{|\{\text{Documenti Rilevanti}\}|}$$

Valutazione IR

- **Perché utilizzare due misure?**
- Se considerassimo solo la misura Recall, un motore che (in risposta a qualsiasi query) ritorna tutti i documenti della collection sarebbe considerato perfetto (Recall = 1).
- Se considerassimo solo la misura Precision, un motore che ritorna solo un documento (che sicuramente viene considerato rilevante) sarebbe considerato perfetto (Precision = 1).
- Precision e Recall, considerate come due funzioni del numero di documenti ritornati, hanno un andamento opposto:
- Recall è non decrescente;
- Precision è solitamente decrescente.
- Usando questi comportamenti, nel valutare le prestazioni di un motore di ricerca che restituisce un elenco di documenti ordinati per similarità con la query, possiamo valutare Precision e Recall a vari livelli di Recall, cioè variando il numero di documenti ritornati. Otteniamo così delle curve di Precision e Recall

Valutazione IR

- **Combinando precision e recall**, si ha F, che è una misura combinata che bilancia l'importanza di Precision e Recall.
- Solitamente viene usata la misura bilanciata F1 (cioè con β = 1 o α = ½). In questa misura combinata si assume che l'utente bilanci l'importanza di Precision e Recall.

$$F = \frac{1}{\alpha\frac{1}{P} + (1-\alpha)\frac{1}{R}} = \frac{(\beta^2+1)PR}{\beta^2 P + R}$$

Valutazione IR

- **In conclusione**, l'utilizzo di Precision e Recall per la valutazione di un motore di IR pone **alcuni problemi**:
- I documenti della collezione devono essere valutati manualmente da persone esperte: non sempre il giudizio è completamente veritiero;
- La valutazione dei documenti è binaria (rilevante / non rilevante): non sempre è facile catalogare così nettamente un documento;
- Le misure sono pesantemente influenzate dal dominio di applicazione, cioè dalla collezione e dalle query: un motore di IR potrebbe avere delle ottime prestazioni in un determinato dominio ma non in un'altro.

Schema

- Tecniche di IR: indicizzazione full text
- Modelli di IR: booleano e vettoriale
- Valutazione IR: precision e recall
- Web search

Web Search

- L'IR può coinvolgere il Web, in questo caso la collezione è la parte "visibile" (cioè pubblica) del Web.
- Obiettivo: trovare risultati di qualità e rilevanti per i bisogni dell'utente.

Bisogni dell'utente:

- **Informazionali**: l'utente vuole sapere qualcosa su un certo argomento (~40%); ad es.: "diabete";
- **Navigazionali**: l'utente vuole andare ad un certa pagina (~25%); ad es.: "Alitalia";
- **Transazionali**: l'utente vuole eseguire una certa operazione con la mediazione del web (~35%); ad es. accedere ad un servizio ("Previsioni meteorologiche Marche"), scaricare degli oggetti ("Immagini Marte"), effettuare un acquisto ("Nokia 8310");
- **Misti**: ad es. cercare un buon punto di partenza per ricerche su un certo argomento ("Bed and Breakfast London")

Web Search

- Nel Web IR si pongono **diverse difficoltà:**
- **Dimensione**: il contenuto su cui effettuare la ricerca è immenso: oltre 25 miliardi di pagine statiche, e tale numero raddoppia ogni 8-12 mesi. Il dizionario è composto da decine di milioni di termini.
- Il contenuto è estremamente **variabile** (oltre il 50% delle pagine vengono modificate almeno una volta al mese).
- Centinaia di **linguaggi** e codifiche diverse utilizzate.
- **Diversificazione**: i contenuti vengono prodotti da una moltitudine di autori, ognuno con il proprio stile, grammatica, dizionario, opinioni, falsità…; non tutti vogliono proporre contenuti di qualità: motivazioni commerciali portano al fenomeno dello "spamming". In effetti, la parte pubblica del Web è in buona parte uno strumento di marketing.

Web Search

- Le query poste sono scarsamente definite:
  - Corte (in media 2.54 termini/query);
  - Imprecise (errori ortografici);
  - Con una sintassi povera (80% delle query senza operatori).
- Scarsa disponibilità a "perdere tempo" nel cercare la risposta più valida:
  - l'85% degli utenti cercano solo nella prima pagina ritornata;
  - il 75% delle query non vengono raffinate dopo il risultato iniziale.

Web Search

- Ricerca basata solo sul contenuto testuale delle pagine (frequenza dei termini, linguaggio utilizzato).
- In questo caso, si applicano con qualche variante le tecniche mostrate precedentemente, in particolare utilizzo di dati specifici del Web (analisi dei link, dati sul clickthrough, testo degli anchor).
- Queste tecniche si basano su alcune assunzioni: i link solitamente collegano pagine il cui contenuto è correlato; un link è una sorta di **raccomandazione** fatta da un autore relativa al contenuto di un'altra pagina: i produttori di contenuti utilizzano i link per votare le pagine che ritengono interessanti.

Web Search

- **PageRank:** immaginiamo di avere un browser che naviga in maniera casuale nel web.
- La navigazione parte da una pagina casuale.
- Ad ogni passo, viene seguito (con uguale probabilità) uno dei link contenuti nella pagina.
- E' possibile dimostrare che prima o poi si arriva ad uno stato stabile, in cui ad ogni pagina è associato un tasso di visita a lungo termine.
- Il tasso di visita a lungo termine di una pagina viene utilizzato come score della pagina per effettuare il ranking.

Web Search

- Un'altra tecnica, adatta soprattutto per query informazionali: Hyperlynk-Induced Topic Search (**HITS**).
- In **risposta ad una query**, invece di una lista ordinata di pagine rispondenti alla query, vengono cercate due liste di pagine:
- **Hub**: pagine che contengono una valida lista di link a pagine relative all'argomento;
- **Authority**: pagine che ricorrono frequentemente negli Hub.
- Tra Hub e Authority esiste una relazione circolare:
  - Buoni Hub puntano a molte buone Authority;
  - Buone Authority sono puntate da molti buoni Hub.

Web Search

- **Esempio**: Conderiamo tre pagine, ognuna con un link in uscita. Non consideriamo eventuali self-link. Assumiamo che ogni pagina contenga lo stesso testo, ad esempio la parola: Ugo