

ATTI E MEMORIE DELL'ACCADEMIA GALILEIANA DI SCIENZE LETTERE ED ARTI IN PADOVA

GIÀ DEI RICOVRATI E PATAVINA

ANNO ACCADEMICO 2021-2022 - CCCCXXIII DALLA FONDAZIONE
VOLUME CXXXIV - PARTE II

MEMORIE

DELLA CLASSE DI SCIENZE MATEMATICHE
FISICHE E NATURALI



PADOVA
PRESSO LA SEDE DELL'ACCADEMIA

Le attività dell'Accademia Galileiana e la stampa del presente volume
hanno il sostegno della



Fondazione
Cassa di Risparmio di Padova e Rovigo

ATTI E MEMORIE DELL'ACCADEMIA GALILEIANA DI SCIENZE LETTERE ED ARTI IN PADOVA

GIÀ DEI RICOVRATI E PATAVINA

ANNO ACCADEMICO 2021-2022 - CCCXXIII DALLA FONDAZIONE
VOLUME CXXXIV - PARTE II

MEMORIE

DELLA CLASSE DI SCIENZE MATEMATICHE
FISICHE E NATURALI



PADOVA
PRESSO LA SEDE DELL'ACCADEMIA

© Copyright ACCADEMIA GALILEIANA DI SCIENZE, LETTERE ED ARTI IN PADOVA
Via Accademia, 7 – 35139 Padova
Tel. 049.655.249 - Fax 049.875.2696
e-mail: galileiana@libero.it - www.accademiagalileiana.it

XXII SEMINARIO DI TECNOLOGIE
DELL'INFORMAZIONE

12 ottobre 2022

LINGUAGGIO E INFORMAZIONE: SFIDE TECNOLOGICHE E IMPATTO SOCIALE

L'articolo 19 della *Dichiarazione Universale dei Diritti dell'Uomo* dice che ognuno ha il diritto alla libertà di opinione e di espressione e che tale libertà si esercita anche attraverso la possibilità di cercare, ricevere e comunicare informazioni tramite ogni media, ad esempio testo, audio, immagini e video.

Questa libertà è oggi mediata dalle tecnologie di accesso all'informazione che comprendono un ampio spettro di metodologie e ambiti di ricerca che vanno dall'elaborazione automatica del linguaggio naturale al reperimento dell'informazione e ai sistemi di raccomandazione. Questi metodi vengono utilizzati per sviluppare e offrire sistemi e servizi che sono ormai pervasivi nella nostra quotidianità come, ad esempio, i motori di ricerca, i social media, i sistemi di commercio elettronico, i sistemi di traduzione automatica, e molto altro.

Questo seminario ha introdotto i principali concetti riguardanti i sistemi di accesso all'informazione, i loro principi di funzionamento e le sfide tecnologiche che si trovano ad affrontare. Nel fare questo sono state messe in evidenza le limitazioni, conseguenze e ripercussioni a livello sociale derivanti dall'uso di queste tecnologie come, ad esempio, problemi nell'addestramento automatico di questi sistemi o loro applicazioni al problema della mis-informazione.

NICOLA FERRO

L'accesso all'informazione: i sistemi, le tecnologie, le sfide

1 L'ACCESSO ALL'INFORMAZIONE

1.1 UNA VISIONE ISPIRATA AI DIRITTI UMANI

Dopo la Seconda Guerra Mondiale, l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite approvò, il 10 dicembre 1948, la “Dichiarazione Universale dei Diritti Umani”,¹ con la finalità di stabilire i diritti umani fondamentali e definire una base di obiettivi comuni per tutti i popoli e le nazioni, contribuendo così ad ispirare nel tempo la scrittura e l'adozione di oltre settanta trattati sui diritti umani, applicati sia su base globale che nazionale.

L'articolo 19 della Dichiarazione Universale dei Diritti Umani recita:

Ogni individuo ha diritto alla libertà di opinione e di espressione incluso il diritto di non essere molestato per la propria opinione e quello di cercare, ricevere e diffondere informazioni e idee attraverso ogni mezzo e senza riguardo a frontiere.

Nell'introdurre il diritto alla libertà di opinione ed espressione, l'articolo 19 fornisce anche una definizione di cosa sia l'accesso all'informazione (*information access*), definizione che racchiude già tutti i semi di quello che esso è diventato nell'odierna società digitale e nella nostra esperienza quotidiana. La capacità di (ri)cercare ogni genere di contenuti nel Web tramite i motori di ricerca è considerata una cosa ormai scontata. Allo stesso modo, è naturale poter ricevere informazioni attraverso i più diversi canali, dalle testate giornalistiche ai *social*

⁽¹⁾ Sito ufficiale: <https://www.un.org/en/about-us/universal-declaration-of-human-rights>; traduzione in italiano: <https://www.ohchr.org/en/human-rights/universal-declaration/translations/italian>

media, così come poter diffondere informazioni attraverso i *social media*, i *blog*, o i canali tradizionali. È importante osservare come tutto questo quotidianamente avvenga tramite mezzi (*media*) diversi, che vanno dal testo, alle immagini, all'audio e al video e senza limitazioni dovute a frontiere o confini nazionali, almeno nelle nazioni che non lo impediscano per ragioni politiche o di autoritarismo. Inoltre, la possibilità di cercare, ricevere e diffondere informazioni non è limitata agli organismi ufficiali, alle grandi organizzazioni o ai professionisti ma è alla portata del grande pubblico, sia per la fruizione che per la creazione di contenuti multimediali.

Questa visione dell'accesso all'informazione non è nata con la finalità di definire gli obiettivi per la creazione e sviluppo di diverse tipologie di sistemi informatici. D'altra parte, la sua ampiezza di respiro e la sua lungimiranza le hanno consentito di comprendere e abbracciare, per oltre 70 anni, la nascita, sviluppo e progresso di molti dei sistemi e delle tecnologie informatiche che usiamo quotidianamente.

1.2 ALCUNI ESEMPI DI SISTEMI DI ACCESSO ALL'INFORMAZIONE

Tra gli esempi più conosciuti di sistemi di accesso all'informazione vi sono i motori di ricerca (Büttcher *et al.*, 2010; Croft *et al.*, 2009) sul Web. Alcuni dei più famosi ed utilizzati a livello mondiale sono Google², Microsoft Bing³, ma ve ne sono molti altri che detengono la maggioranza del mercato in diverse nazioni o aree geografiche come, ad esempio, Yandex⁴ in Russia, Seznam⁵ nella Repubblica Ceca, Baidu⁶ in Cina, o Naver⁷ in Corea del Sud. Tutti questi sistemi si focalizzano sulle risorse reperibili nel Web e quindi, principalmente, pagine e siti Web ma anche, e non solo, immagini, audio e video. Per migliorare la qualità dei risultati della ricerca, tutti questi sistemi cercano di profilare l'utente, i suoi interessi e i suoi comportamenti, tenendo traccia di tutte le interazioni dell'utente con il sistema come, ad esempio, le interrogazioni effettuate, i risultati visualizzati e quelli su cui un utente ha cliccato. La tematica della *privacy* riveste quindi un crescente interesse per gli utenti, che sentono la necessità di vederla sempre più garantita e preservata; per questa ragione, stanno riscuotendo sempre

(²) <https://www.google.com/>

(³) <https://www.bing.com/>

(⁴) <https://yandex.com/>

(⁵) <https://www.seznam.cz/>

(⁶) <https://www.baidu.com/>

(⁷) <https://www.naver.com/>

maggior attenzione motori di ricerca come DuckDuckGo⁸ o Qwant⁹ che fanno del rispetto della *privacy* e dell'assenza di profilazione utente la propria caratteristica distintiva, anche se questo può avere un impatto negativo sulla qualità dei risultati di una ricerca. Infine, come è facile immaginare, i motori di ricerca richiedono enormi risorse computazionali per operare, necessarie sia per la mole di informazioni che devono gestire che per la complessità degli algoritmi per la loro elaborazione, e tutto ciò pone il tema dell'impatto ambientale e della sostenibilità di tali sistemi. A tale proposito, sono nati progetti interessanti come Ecosia,¹⁰ un motore di ricerca che usa energie rinnovabili per alimentare la propria infrastruttura e si impegna ad utilizzare parte dei propri profitti per piantare alberi e in progetti di riforestazione.

I sistemi di biblioteche digitali (Agosti and Ferro, 2010; Agosti *et al.*, 2014b; Candela *et al.*, 2007) sono un altro importante esempio di sistemi di accesso all'informazione. In origine, il loro obiettivo era consentire la ricerca e l'accesso al catalogo di una o più biblioteche tramite un OPAC (*Online Public Access Catalog*; Agosti and Masotti, 1992a, b), federando sistemi geograficamente distribuiti, come nel caso del Sistema Bibliotecario Nazionale (SBN).¹¹ Oggigiorno, questi sistemi consentono di accedere non solo alle schede catalografiche di una biblioteca ma anche ad oggetti digitali veri e propri, come libri e riviste elettroniche o scansioni di volumi antichi o manoscritti miniati, svolgendo così un ruolo attivo nella conservazione e fruizione del nostro patrimonio culturale. Le biblioteche digitali sono quindi sistemi al servizio non solo delle biblioteche in senso stretto ma anche delle altre istituzioni del patrimonio culturale, come i musei e gli archivi (Agosti *et al.*, 2008). In questo contesto, Europeana,¹² iniziativa finanziata dalla Commissione Europea a partire dal 2007, federa diverse istituzioni culturali di tutta Europa e consente l'accesso al nostro patrimonio culturale – opere d'arte, libri, musica e video su arte, giornali, archeologia, moda, scienza, sport e molto altro – rendendo disponibili e ricercabili oltre 30 milioni di immagini, 23 milioni di testi, 600 mila audio e quasi 350 mila video. Nel contesto veneto, il Sistema Informativo Archivistico Regionale¹³ (SIAR), nato da una cooperazione tra

(⁸) <https://duckduckgo.com/>

(⁹) <https://www.qwant.com/>

(¹⁰) <https://www.ecosia.org/>

(¹¹) <https://www.iccu.sbn.it/it/SBN/>

(¹²) <https://www.europeana.eu/>

(¹³) <http://siar.regione.veneto.it/>

la Regione del Veneto e l'Università degli Studi di Padova, fornisce l'accesso agli archivi storici e alle fonti documentarie regionali (Agosti *et al.*, 2007, 2008, 2011). Imaginum Patavinae Scientiae Archivum (IPSA)¹⁴ è una biblioteca digitale sviluppata dall'Università degli Studi di Padova che fornisce l'accesso e la possibilità di studiare e arricchire con annotazioni i manoscritti miniati risalenti principalmente al tardo Medioevo e al Quattrocento e che sono di interesse per la botanica, la medicina, l'astronomia e l'antica astrologia (Agosti *et al.*, 2003, 2005, 2014a). Infine, le biblioteche digitali si stanno aprendo sempre più alla gestione, conservazione e accesso ai dati scientifici (Ferro, 2012), al fine di realizzare il paradigma della scienza aperta¹⁵ (*open science*) intesa come una scienza migliore attraverso modalità di ricerca aperte e collaborative basate sulla condivisione sia di conoscenze che di dati. La scienza aperta viene promossa dalla Commissione Europea con importanti iniziative come la *European Open Science Cloud* (EOSC),¹⁶ di cui è membro anche l'Università degli Studi di Padova.

Vi sono poi molti altri esempi di applicazioni dei sistemi di accesso all'informazione. Tutti i *social media* (ad esempio, Facebook,¹⁷ Twitter,¹⁸ Instagram¹⁹ o TikTok²⁰) offrono la possibilità di ricevere, creare, diffondere e ricercare contenuti multimediali e multilingue. I sistemi per il commercio elettronico (ad esempio, Amazon²¹ o Alibaba²²) e per l'intrattenimento (ad esempio, YouTube²³, Spotify²⁴ o Netflix²⁵) costituiscono un'importante categoria di sistemi di accesso all'informazione, in quanto non solo consentono di ricercare i contenuti al loro interno, di condividerli con altri utenti e arricchirli con commenti e recensioni ma forniscono anche funzionalità di suggerimento di contenuti agli utenti.

Infine, questo tipo di tecnologie non viene usato solo per realizzare i grandi sistemi distribuiti di cui abbiamo discusso sopra ma viene

⁽¹⁴⁾ <https://ipsa.beniculturali.unipd.it/>

⁽¹⁵⁾ https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-2020-2024/our-digital-future/open-science_en

⁽¹⁶⁾ <https://eosc.eu/>

⁽¹⁷⁾ <https://www.facebook.com/>

⁽¹⁸⁾ <https://twitter.com/>

⁽¹⁹⁾ <https://www.instagram.com/>

⁽²⁰⁾ <https://www.tiktok.com/>

⁽²¹⁾ <https://www.amazon.com/>

⁽²²⁾ <https://www.alibaba.com/>

⁽²³⁾ <https://www.youtube.com/>

⁽²⁴⁾ <https://www.spotify.com/>

⁽²⁵⁾ <https://www.netflix.com/>

impiegato anche localmente sui nostri calcolatori personali per offrire diversi tipi di funzionalità come, ad esempio, la possibilità di ricercare file e cartelle sul disco rigido di un calcolatore (Cohen et al., 2008) o messaggi di posta elettronica (Maarek, 2016).

1.3 LA VALUTAZIONE SPERIMENTALE

Tutti i sistemi informatici, sia durante la loro progettazione e sviluppo che durante il loro ciclo di vita, sono sottoposti a *debugging* (individuazione e correzione degli errori), a collaudo (verifica della correttezza, completezza e affidabilità) e benchmarking (misurazione delle prestazioni in termini di efficienza, ad esempio velocità di esecuzione), e in questo i sistemi di accesso all'informazione non fanno eccezione. Una caratteristica peculiare dei sistemi di accesso all'informazione è però la necessità di misurarne le prestazioni in termini di efficacia, cioè la capacità di fornire quanti più risultati rilevanti o utili per l'utente, al tempo stesso escludendo quelli non rilevanti o inutili ed evitando quindi di introdurre "rumore".

Si pensi, ad esempio, ad un motore di ricerca: le interrogazioni degli utenti sono spesso ambigue o vaghe ed è esperienza comune che non tutti i risultati restituiti siano rilevanti. Ad esempio, l'interrogazione "accademia padova" su Google restituisce (alla data odierna) in ordine: 1. il sito dell'Accademia Galileiana²⁶ di Padova; 2. il sito dell'Accademia delle Professioni²⁷ (un'organizzazione privata di formazione professionale a Padova); 3. la pagina Wikipedia riguardante l'Accademia Galileiana;²⁸ 4. Il sito dell'Autoscuola Accademia²⁹ a Padova; 5. Il sito dell'Accademia UAAMI³⁰ (una scuola di parrucchieri a Padova). Assumendo che l'utente stesse cercando informazioni sull'Accademia Galileiana di Padova, solo i risultati 1. e 3. sono rilevanti per l'interrogazione mentre gli altri non lo sono, fornendo un'efficacia del 40% (2/5) in termini di precisione. Queste prestazioni non sono dovute ad errori o *bug* negli algoritmi implementati da Google ma alla vaghezza dell'esigenza informativa espressa dall'utente e all'impossibilità di effettuare una corrispondenza esatta con le pagine Web. Inoltre, c'è un forte elemento soggettivo e dipendente dal contesto nella nozione stessa di rilevanza: un altro utente avrebbe potuto

⁽²⁶⁾ <https://www.accademiagalileiana.it/>

⁽²⁷⁾ <https://www.accademia.me/>

⁽²⁸⁾ https://it.wikipedia.org/wiki/Accademia_galileiana_di_sienze,_lettere_ed_arti

⁽²⁹⁾ <https://autoscuolaccademia.it/>

⁽³⁰⁾ <https://scuola-parrucchieri.org/>

essere in cerca di informazioni sull'Autoscuola Accademia e, in questo caso, solo il risultato 4. sarebbe stato rilevante, fornendo un'efficacia del 20% (1/5) in termini di precisione.

Risulta quindi chiaro che la misurazione dell'efficacia dei sistemi di accesso all'informazione richiede di condurre rigorosi esperimenti, basati su molteplici interrogazioni, collezioni di documenti e giudizi di rilevanza espressi dagli utenti. Per queste ragioni, la valutazione sperimentale (Ferro and Peters, 2019; Sanderson, 2010) ha da sempre rivestito un ruolo fondamentale per la ricerca e lo sviluppo di tali sistemi ma è anche una pratica imprescindibile durante il funzionamento dei sistemi in produzione, per verificare costantemente che il livello di prestazioni rimanga quello atteso e che non vi siano deviazioni nel loro comportamento.

1.4 UNA VISIONE ISPIRATA DAL PROGRESSO SCIENTIFICO

Questa breve carrellata sui diversi tipi di sistemi di accesso all'informazione illustra come l'articolo 19 della Dichiarazione Universale dei Diritti Umani possa essere preso a riferimento per definire le caratteristiche e finalità di tali sistemi. Se l'articolo 19 fornisce una definizione di accesso all'informazione dalla prospettiva dei diritti umani, Vannevar Bush (1890-1974), coordinatore dell'*Office of Scientific Research and Development* (OSRD) degli Stati Uniti durante la Seconda Guerra Mondiale, ne ha tratteggiato le caratteristiche tecniche in un celebre articolo in cui ha descritto il funzionamento del *Memex* (Bush, 1945), un sistema che avrebbe consentito di gestire risorse informative multimediali, di connetterle tra loro (come nel Web odierno), di ricercarle (come nei motori di ricerca odierni), e di arricchirle con note e contenuti generati dall'utente (come nei social media odierni) per dar forma a questa visione:

Wholly new forms of encyclopedias will appear, ready made with a mesh of associative trails running through them, ready to be dropped into the Memex and there amplified

[Compariranno forme di enciclopedie completamente nuove, enciclopedie preparate tramite una rete di percorsi associativi che le collegano, pronte ad essere inserite nel Memex e qui ampliate]

È interessante osservare come sia l'articolo 19 della Dichiarazione Universale dei Diritti Umani che il Memex siano stati concepiti al termine della Seconda Guerra Mondiale nel tentativo di immaginare un nuovo futuro per l'umanità e come le varie tipologie di sistemi di ac-

cesso all'informazione cui siamo abituati oggi ricadano nel solco ideale ed etico per l'articolo 19, scientifico e tecnico per il Memex tracciato da queste due visioni.

2. ALCUNE TECNOLOGIE PER L'ACCESSO ALL'INFORMAZIONE

2.1 RAPPRESENTAZIONE DELL'INFORMAZIONE E MODELLI PER IL SUO REPERIMENTO

La Figura 1 mostra l'architettura semplificata di un sistema di accesso all'informazione, in particolare per quanto riguarda le funzionalità di ricerca.

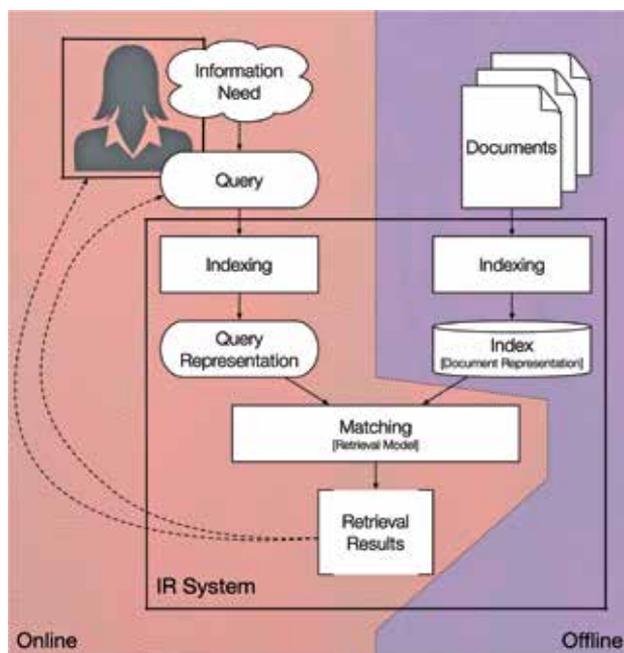


FIG. 1 - Architettura semplificata di un sistema di accesso all'informazione.

Possiamo distinguere due fasi: una *offline*, sulla destra della figura, che avviene in modo asincrono e indipendentemente dall'utente; l'altra *online*, sulla sinistra della figura, che avviene in modo sincrono

e interattivo con l'utente. Nella fase *offline* vengono indicizzati (*indexing*) i documenti di interesse a cui si desidera dare accesso, ad esempio pagine Web nel caso di un motore di ricerca o libri nel caso di una biblioteca digitale, e ne viene creata una rappresentazione (*document representation*) che viene memorizzata sul disco rigido del computer. Nella fase *online* l'utente esprime la propria esigenza informativa (*information need*) formulando un'interrogazione (*query*) al sistema, che la sottopone allo stesso processo di indicizzazione utilizzato per i documenti, al fine di produrne una rappresentazione (*query representation*) comparabile con quella dei documenti. A questo punto, la rappresentazione dell'interrogazione viene confrontata (*matching*) con la rappresentazione di ciascun documento, pre-calcolata e memorizzata durante la fase *offline*, utilizzando un apposito modello di reperimento (*retrieval model*) al fine di produrre una lista ordinata di risultati (*retrieval results*), in ordine decrescente di rilevanza di un documento per l'interrogazione. L'utente può quindi ispezionare i risultati restituiti e decidere se essere soddisfatto e aver trovato quanto gli serviva oppure se procedere a formulare un'altra interrogazione per affinare la ricerca e trovare risultati migliori.

Un aspetto fondamentale di questo processo è la rappresentazione dei documenti e delle interrogazioni. Preso atto del fatto che un computer non è in grado di comprendere (almeno nel senso umano del termine) il contenuto di un documento al fine di decidere se sia una risposta pertinente e rilevante per un'interrogazione, si tratta di determinare un surrogato del documento e dell'interrogazione che sia effettivamente trattabile ed elaborabile da un computer in modo che esso possa effettuare una stima della possibilità che un documento sia più rilevante di un altro per una data interrogazione. In particolare, sia i documenti che le interrogazioni vengono rappresentati dal computer come vettori numerici, in cui ogni elemento del vettore rappresenta una proprietà del documento o dell'interrogazione ed elementi corrispondenti in vettori diversi rappresentano la stessa proprietà. Questi vettori vengono confrontati, utilizzando una qualche operazione propria dell'algebra tra vettori, e il risultato di questo confronto produce un valore numerico che permette di ordinare i documenti in ordine decrescente di rilevanza stimata per l'interrogazione, dal più rilevante al meno rilevante.

Ad esempio, uno dei modelli di reperimento tradizionali è il modello vettoriale (Salton and Lesk, 1968; Salton et al., 1975), dove ogni elemento del vettore rappresenta un termine nella collezione, cioè un termine presente in almeno uno dei documenti indicizzati; un vettore ha tanti elementi quanti sono i termini distinti nella collezione. Il

valore numerico di ciascun elemento indica quanto rappresentativo e discriminativo sia un dato termine per un documento (o per l'interrogazione); ad esempio, il valore numerico può essere proporzionale alla frequenza del termine nel documento (più un termine è frequente in un documento, più è importante per quel documento) e inversamente proporzionale al numero di documenti che contengono quel termine (più un termine compare in pochi documenti, più serve a discriminare quei documenti dagli altri); nel caso il termine non appaia nel documento (o nell'interrogazione) il suo valore è zero.

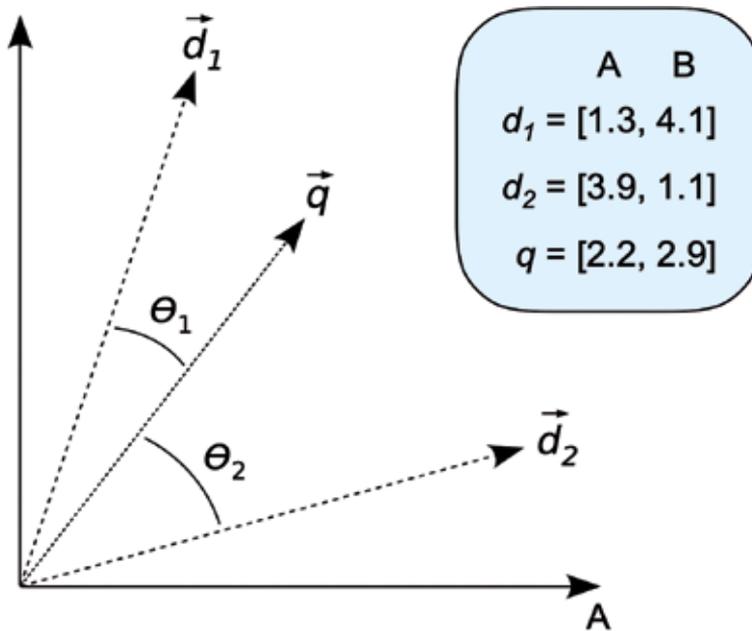


FIG. 2 - Il modello vettoriale con vettori di due dimensioni.

La Figura 2 fornisce un esempio semplificato del modello vettoriale dove assumiamo che vi siano solo due termini distinti nella collezione – A e B – e che quindi sia i documenti che le interrogazioni siano vettori di due elementi che possono essere rappresentati in uno spazio bi-dimensionale. Il modello vettoriale assume che, quanto più il vettore di un documento è “vicino” nello spazio al vettore dell'interrogazione, tanto più quel documento è rilevante per l'interrogazione.

Il coseno dell'angolo θ tra il vettore di ogni documento e dell'interrogazione viene usato per assegnare un valore che rappresenta la stima della rilevanza del documento per l'interrogazione e consente di ordinare i documenti in risposta all'interrogazione. Il coseno dell'angolo θ assume il valore massimo 1 quando $\theta = 0^\circ$, cioè quando il vettore del documento e dell'interrogazione sono sovrapposti e quindi massimamente simili; il coseno assume il suo valore minimo 0³¹ quando $\theta = 90^\circ$, cioè quando il vettore del documento e dell'interrogazione sono perpendicolari e quindi massimamente dissimili.

I modelli di reperimento più recenti rientrano nella famiglia dei modelli neurali (Lin et al., 2022; Tonello, 2022) e fanno uso di tecniche di apprendimento automatico basate sulle reti neurali.³² In questi modelli, i vettori non rappresentano più interi documenti, indicando la presenza (grado di) o l'assenza di ciascun termine in un documento, ma ogni vettore rappresenta un singolo termine e viene chiamato *word embedding*. I valori degli elementi di un *word embedding* vengono assegnati dalla rete neurale per fare in modo che risultino essere "più vicini" i vettori che rappresentano termini che occorrono negli stessi contesti linguistici, con l'idea che questo serva a catturare e rappresentare la similarità semantica tra i termini. L'insieme di tutti i *word embedding* costituisce un cosiddetto modello del linguaggio (*language model*) che, a sua volta, viene utilizzato per costruire i vettori di ciascun documento (o interrogazione), componendo i *word embedding* dei termini che appaiono in quel documento, e infine per ordinare i documenti in risposta ad un'interrogazione.

2.2 L'INTERAZIONE CON L'UTENTE

La Figura 3 mostra due aspetti fondamentali dello sviluppo dei sistemi di accesso all'informazione. Quanto abbiamo discusso finora corrisponde alla fase di sviluppo *offline*, sia per i modelli di reperimento tradizionali che per i modelli neurali, in quanto il sistema determina i vettori (e i valori in essi contenuti) usati per rappresentare i documenti e le interrogazioni a prescindere dagli utenti. D'altro canto, un sistema di accesso all'informazione viene poi utilizzato dagli utenti e, come abbiamo discusso, viene immerso nelle loro attività quotidiane. È quindi possibile raccogliere informazioni riguardanti l'interazione dell'utente

⁽³¹⁾ Gli elementi dei vettori hanno tutti valori non negativi, quindi non è possibile ottenere valori negativi del coseno e 0 è effettivamente il valore minimo.

⁽³²⁾ <https://news.mit.edu/2017/explained-neural-networks-deep-learning-0414>

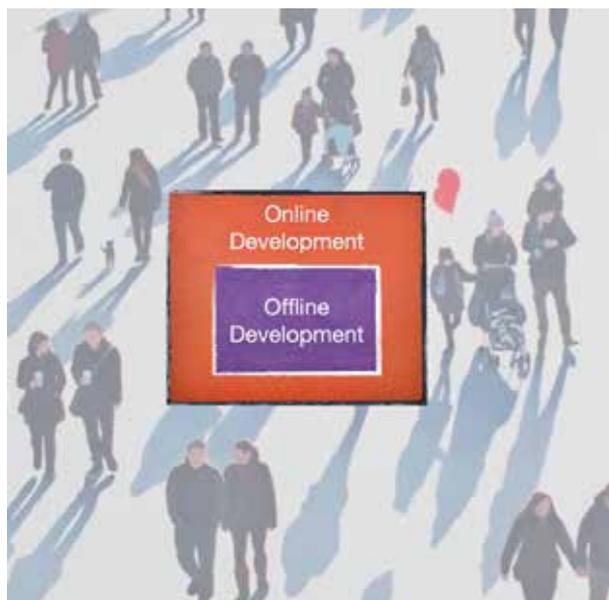


FIG. 3 - Sviluppo offline e online dei sistemi di accesso all'informazione.

con il sistema – ad esempio, l'interrogazione effettuata, i documenti restituiti, su quali documenti l'utente ha cliccato, per quanto tempo si è soffermato su ciascun documento e sull'intera lista, la riformulazione dell'interrogazione nel caso di una sessione di ricerca e molto altro. Tutte queste informazioni vengono costantemente rilevate e memorizzate dai sistemi di accesso all'informazione e usate per la fase di sviluppo *online* (Grotov and de Rijke, 2016; Odijk and Schuth, 2017), che utilizza tecniche di apprendimento automatico e intelligenza artificiale per imparare il comportamento dell'utente, i suoi interessi e le sue scelte così da modificare e adattare dinamicamente il modo di procedere del sistema al fine di aumentare le sue prestazioni in termini di efficacia nel soddisfare le richieste e necessità dell'utente.

2.3 UN'ARCHITETTURA COMPLESSIVA

La Figura 4 riassume i concetti principali discussi a proposito di sviluppo *offline*, sviluppo *online* e valutazione sperimentale, illustrando come essi entrino a far parte dell'architettura complessiva di un sistema di accesso all'informazione. Il riquadro in alto a sinistra mostra le varie

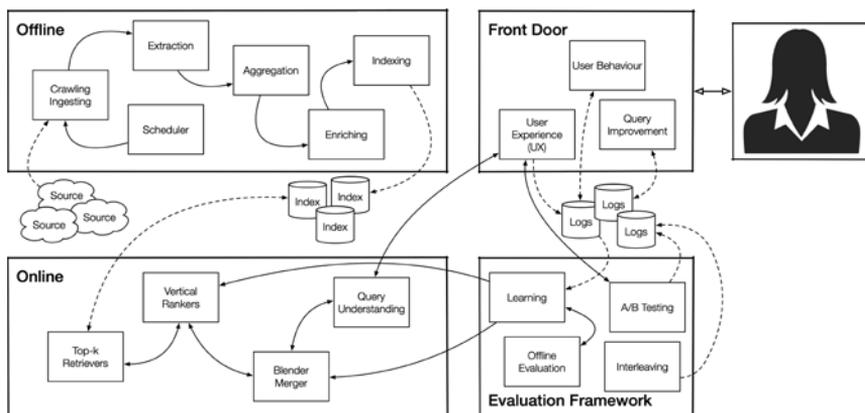


FIG. 4 - Architettura estesa di un sistema di accesso all'informazione.

fasi dello sviluppo *offline*, che corrispondono alla parte destra di Figura 1, che parte dall'acquisizione dei documenti a cui fornire accesso – ad esempio tramite *crawling* (recupero e scaricamento) di pagine Web nel caso di un motore di ricerca – e procede con la loro elaborazione ed indicizzazione al fine di crearne una rappresentazione che viene memorizzata nell'indice. Il riquadro in alto a destra rappresenta il punto di accesso al sistema da parte dell'utente, che corrisponde alla parte sinistra di Figura 1, e cioè l'interfaccia utente con cui l'utente interagisce e che si occupa non solo di ricevere le interrogazioni dall'utente e presentare i risultati ma anche di profilare l'utente e tracciare tutte le azioni e interazioni dell'utente con il sistema, memorizzandole nei *log* (registri) del sistema. Il riquadro in basso a sinistra rappresenta la fase di sviluppo *online*, in cui il sistema utilizza tecniche di apprendimento automatico e intelligenza artificiale per sfruttare i dati sull'interazione utente contenuti nei *log* per migliorare le prestazioni in termini di efficacia e produrre risultati di qualità migliore. Si può notare come la fase di sviluppo *online* dipenda e sia basata su un modello per la valutazione sperimentale, mostrato nel riquadro in basso a destra; questo modello di valutazione sperimentale viene utilizzato anche per affinare la fase di sviluppo *offline*, come discusso in precedenza.

3. ALCUNE SFIDE PER L'ACCESSO ALL'INFORMAZIONE

Anche se, come abbiamo detto, i sistemi di accesso all'informazione sono pervasivi nella nostra vita quotidiana e hanno delle prestazioni

così buone da considerarli quasi scontati, diversamente da quanto si potrebbe credere, non si tratta certamente di un “problema risolto” e vi sono ancora molte sfide di ricerca aperte.

3.1 PREGIUDIZI, AFFIDABILITÀ ED ETICA

Se da un lato la fase di sviluppo *online* consente al sistema di apprendere dall'interazione dell'utente e migliorare le prestazioni, dall'altro lato apre al rischio di deviazioni, anche inaspettate, del comportamento del sistema. Ad esempio, i motori di ricerca utilizzano i dati contenuti nei *log* di sistema sulle interrogazioni passate per suggerire all'utente, mentre sta digitando un'interrogazione, possibili termini aggiuntivi per completarla (Cai and de Rijke, 2016). Qualche anno fa, Microsoft Bing e Yahoo hanno avuto seri problemi con questa funzionalità in quanto, apprendendo dalle interrogazioni passate senza applicare specifici filtri di qualità, iniziarono a fornire suggerimenti antisemiti (ad esempio, *jews are liars* – gli ebrei sono bugiardi) o razzisti (ad esempio, *black people are criminals* – le persone di colore sono criminali).³³ Un problema simile si è verificato nel 2020 durante la recente pandemia dovuta al Covid-19, quando i suggerimenti forniti da Google per completare le interrogazioni potevano essere dannosi³⁴ (ad esempio, *hand sanitizer is bad* – l'igienizzante per le mani fa male) e questo avveniva più spesso per lo spagnolo che per l'inglese, evidenziando un'ulteriore criticità dovuta al contesto linguistico e culturale.

Nel 2018 Amazon sviluppò un sistema di accesso all'informazione che, utilizzando tecniche di apprendimento automatico applicate ai curriculum vitae ricevuti in passato e alle assunzioni effettuate, avrebbe dovuto imparare a identificare i candidati più qualificati. Poiché la maggior parte dei lavori tecnici in Amazon era ricoperta da uomini, lo strumento imparò non solo a identificare i candidati più promettenti ma anche a declassare sistematicamente qualsiasi curriculum vitae inviato da una donna, o anche solo che includesse la parola “donna”. Inoltre, se utilizzato sistematicamente, questo approccio non equo avrebbe portato ad assumere ancora più uomini e sempre meno donne, aggravando ulteriormente il problema. Amazon cercò di risolvere il problema, istruendo il sistema a trattare i termini di genere come

⁽³³⁾ <https://www.theverge.com/2018/10/10/17959328/bing-yahoo-offensive-search-suggestions-racism-antisemitism>

⁽³⁴⁾ <https://www.rutgers.edu/news/online-autocompletes-are-more-likely-yield-covid-19-misinformation-spanish-english>

neutri, ma la soluzione non funzionò e il sistema fu abbandonato (West et al., 2019).

Un altro esempio recente ha riguardato Amazon: una bambina di dieci anni ha chiesto ad Alexa una *challenge*, una sfida in cui cimentarsi tipicamente lanciata sui *social media*, e la risposta è stata il suggerimento di toccare con una moneta la parte esposta di una presa elettrica sotto tensione.³⁵ Anche se la risposta è stata potenzialmente rilevante, nel senso che si trattava di un *challenge*, chiaramente era inappropriata e non affidabile, in quanto ha messo a rischio l'incolumità della bambina.

Questi esempi illustrano alcune delle sfide tecnologiche e scientifiche principali per i sistemi di accesso all'informazione, e più in generale per l'apprendimento automatico e l'intelligenza artificiale: come affrontare il *bias* (pregiudizio), nei nostri esempi pregiudizi di tipo razzista, antisemita o di genere presenti nei dati, come realizzare sistemi che siano *fair* (equi) verso gruppi o minoranze, nel nostro caso disparità tra uomini e donne, e come fornire risultati che siano *trustworthy* (affidabili), nel nostro caso suggerimenti pericolosi per l'incolumità di una bambina o per la salute (Baeza-Yates, 2018; Devillers et al., 2021; Kaur et al., 2023; Li et al., 2023).

Questa è una sfida non solo tecnica e scientifica ma anche di tipo legislativo ed etico. La Commissione Europea sta definendo un insieme di norme a tale proposito, chiamate *The Artificial Intelligence Act*,³⁶ diventando così il primo regolatore al mondo ad introdurre regole riguardanti l'uso e applicazione dell'intelligenza artificiale (European Commission, 2021). Questa normativa categorizza le applicazioni dell'intelligenza artificiale in tre categorie di rischio. Le applicazioni e i sistemi che creano un rischio inaccettabile, come ad esempio il sistema di credito sociale³⁷ in fase di sviluppo in Cina, sono vietati. Le applicazioni e i sistemi ad alto rischio, come ad esempio gli strumenti di analisi dei curriculum vitae per la selezione dei candidati, sono soggetti a requisiti legali specifici. Infine, le applicazioni non esplicitamente vietate o elencate come ad alto rischio sono in gran parte lasciate non regolamentate.

⁽³⁵⁾ <https://www.theguardian.com/technology/2021/dec/29/amazons-alexa-child-penny-live-plug>

⁽³⁶⁾ <https://artificialintelligenceact.eu/>

⁽³⁷⁾ <https://www.bbc.com/news/world-asia-china-34592186> e <https://www.reuters.com/article/us-china-credit-idUSKCN1GS10S>

3.2 *FAKE NEWS* E DISINFORMAZIONE

I problemi legati alla diffusione delle *fake news*, della disinformazione, della propaganda tramite i *social media*, così come la necessità di arginarli, sono noti al grande pubblico e parte dell'esperienza quotidiana degli utenti. Queste problematiche scaturiscono da un utilizzo in qualche modo distorto e malevolo dei sistemi di accesso all'informazione e delle funzionalità da loro offerte.

Una consistente attività di ricerca si concentra quindi sullo sviluppare metodi per prevenire o almeno ridurre questi problemi, utilizzando tecniche basate sulla conoscenza, cioè la verifica automatica delle informazioni riportate (*fact checking*), sull'analisi del linguaggio e dello stile con cui è scritta una notizia, sulla analisi delle modalità con cui una notizia si propaga e viene diffusa sui *social media*, e sull'analisi della credibilità delle sorgenti da cui una notizia proviene (Alam *et al.*, 2022; Da San Martino *et al.*, 2020; Hardalov *et al.*, 2022; Shu and Liu, 2019; Zhou and Zafarani, 2020).

3.3 RISERVATEZZA E *PRIVACY*

I sistemi di accesso alle informazioni gestiscono sempre più informazioni sensibili sull'utente, come preferenze e gusti personali, acquisti precedenti, cronologia di navigazione, credenze religiose, opinioni politiche, dettagli medici o orientamento sessuale. Queste informazioni, se utilizzate in modo malevolo, divulgate o rubate, potrebbero mettere in pericolo la riservatezza, la *privacy* e anche la sicurezza degli utenti. Ancor prima dell'era dell'informazione, l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite, ben consapevole dei rischi che le fughe di informazioni potessero causare, ha dichiarato nell'articolo 12 della Dichiarazione Universale dei Diritti Umani il diritto alla *privacy*

Nessun individuo potrà essere sottoposto ad interferenze arbitrarie nella sua vita privata, nella sua famiglia, nella sua casa, nella sua corrispondenza, né a lesione del suo onore e della sua reputazione. Ogni individuo ha diritto ad essere tutelato dalla legge contro tali interferenze o lesioni.

Questo diritto fondamentale viene percepito oggi dagli utenti come un aspetto essenziale di una soluzione digitale. Tra gli intervistati nella *CISCO Consumer Privacy Survey 2019*,³⁸ 84% ha dichiarato di avere a cuore la *privacy* e ha espresso il desiderio di avere un maggiore

⁽³⁸⁾ https://www.cisco.com/c/dam/global/en_uk/products/collateral/security/cyber-security-series-2019-cps.pdf

controllo sui propri dati; inoltre, il 48% degli intervistati ha detto di aver deciso di cambiare servizio o azienda proprio a causa della politica sui dati o alle pratiche di condivisione dei dati percepite come non sicure. Queste tendenze sono state riconfermate anche nella recente *CISCO Consumer Privacy Survey 2022*.³⁹

Infine, la tutela della *privacy* svolge un ruolo fondamentale per garantire la legalità di un servizio. I quadri normativi, come il *General Data Protection Regulation* (GDPR) in Europa (European Commission, 2016), assicurano che i servizi digitali siano tenuti a gestire correttamente i dati, consentendo all'utente di rivalersi legalmente in caso di violazione della *privacy*. Proteggere i sistemi di accesso alle informazioni da violazioni dei dati sensibili e fughe di informazioni significa quindi evitare anche possibili azioni legali.

Risulta quindi evidente come garantire la *privacy* in tutte le sue forme, pur mantenendo le funzionalità offerte e la qualità delle prestazioni, sia un'area di ricerca estremamente attiva per i sistemi di accesso all'informazione e rappresenti anche una delle grandi sfide future (Bei and Liu, 2020; Yin *et al.*, 2022; Zhao and Chen, 2022).

3.4 LIMITAZIONI DELLA RICERCA SEMANTICA E DEI MODELLI NEURALI

Pur essendo i sistemi di accesso all'informazione una tecnologia matura, non sempre le soluzioni esistenti sono adatte per un contesto specifico e possono essere utilizzate in modo efficace. Durante la recente pandemia dovuta a Covid-19, Google ha sviluppato un sistema specifico per consentire la ricerca e accesso alla letteratura scientifica sull'argomento in quanto le tecnologie tipiche di un motore di ricerca non erano le più adatte per lo scopo.⁴⁰ In particolare, Google ha utilizzato tecniche di ricerca semantica basata su modelli neurali che, come discusso sopra, ambiscono non solo a catturare la sovrapposizione di termini tra una interrogazione e un documento ma anche a capire veramente se il significato di una frase sia rilevante per il vero intento dell'utente, espresso tramite la sua interrogazione.

Si consideri, ad esempio, un'interrogazione come: “*What regulates ACE2 expression?*” (“Cosa regola l'espressione di ACE2?”). Il termine “*regola*” può riferirsi diversi processi biologici e una ricerca basata

⁽³⁹⁾ https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/doing_business/trust-center/docs/cisco-consumer-privacy-survey-2022.pdf

⁽⁴⁰⁾ <https://ai.googleblog.com/2020/05/an-nlu-powered-tool-to-explore-covid-19.html>

semplicemente sulla corrispondenza tra termini non distinguerebbe tra di essi. D'altro canto, la ricerca semantica tenta di apprendere e considerare le relazioni esistenti tra i diversi concetti e, in questo caso, dovrebbe cercare di limitare la corrispondenza a quei processi biologici che effettivamente possono regolare l'espressione di un enzima. Inoltre, i modelli di reperimento tradizionale ignorano l'ordine delle parole in una frase, cioè operano considerando *bag-of-words*. In questo contesto non considerare l'ordine delle parole e la struttura della frase, potrebbe significare cambiare l'interrogazione da “*What regulates ACE2 expression?*” a “*What ACE2 expression regulates?*” cioè cambiare l'interrogazione da “cosa regola l'enzima ACE2?” a “cosa viene regolato dall'enzima ACE2?”, che ha un significato completamente diverso. Al contrario, le tecnologie di ricerca semantica tentano di mantenere il significato espresso dalla struttura di una frase.

Come spiegato in precedenza, la ricerca semantica e i modelli neurali si basano su modelli del linguaggio costituiti da *word embedding*, vettori che cercano di catturare la semantica dei termini. Tuttavia, per essere addestrati correttamente e produrre i benefici sperati, questi modelli richiedono enormi quantità di dati e di esempi annotati: questa quantità di dati può essere disponibile in un contesto generale e molto ampio come il Web ma non lo è altrettanto in un contesto più specialistico come l'ambito biomedico o, ancora meno, all'insorgere di qualche nuovo evento o fenomeno, come lo è stato l'inizio della pandemia. Inoltre, i modelli del linguaggio soffrono di altre problematiche (Bender et al., 2021), tra cui il costo e l'impatto ambientale dovuti alle enormi risorse computazionali necessarie per addestrarli, il fatto che apprendano diversi tipi di *bias* dai dati e tendano a sotto-rappresentare le minoranze o i concetti meno popolari, o il fatto che, richiedendo enormi quantità di dati e tempi di elaborazione, si adattino lentamente ai mutamenti del linguaggio e della società – si pensi, ad esempio, al repentino cambiamento nell'uso e nel contesto semantico del termine “maschera” prima e dopo il Covid-19.

3.5 LA VALUTAZIONE SPERIMENTALE: RIPRODUCIBILITÀ DEI RISULTATI E PREDIZIONE DELLE PRESTAZIONI

Oggi ci troviamo di fronte alla cosiddetta crisi di riproducibilità (Baker, 2016; Open Science Collaboration, 2015) in tutte le aree della scienza, a causa della quale i ricercatori faticano a riprodurre e confermare i risultati sperimentali precedenti. Questa crisi ovviamente coinvolge anche le più recenti scienze computazionali e data-intensive (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019),

comprese le aree come l'intelligenza artificiale e l'apprendimento automatico (Gibney, 2020). Ad esempio, Baker (2016) riferisce che circa il 70% dei ricercatori in fisica e ingegneria non riescono a riprodurre gli esperimenti altrui e circa il 50% non riesce a riprodurre nemmeno i propri esperimenti.

I sistemi di accesso all'informazione non sono un'eccezione e, in un'area di ricerca dove la valutazione sperimentale gioca un ruolo così prominente, il problema della riproducibilità e generalizzabilità dei risultati sperimentali sta assumendo sempre maggiore importanza (Ferrari Dacrema et al., 2021; Ferro et al., 2016; Ferro, 2017; Ferro and Kelly, 2018). Infatti, anche se si cerca sempre di effettuare gli esperimenti in modo rigoroso ed accurato, spesso non si riescono a replicare e riottenere gli stessi risultati sperimentali, rendendo difficile sia validare i risultati in modo indipendente sia confrontarsi con lo stato dell'arte quando viene proposto un nuovo metodo. Inoltre, i risultati ottenuti su un certo insieme di dati possono non valere o valere solo parzialmente su un altro insieme di dati. Questo rende le conclusioni sperimentali più fragili o le espone al rischio di non valere nel caso di un sistema reale, che si trovi ad operare con dati molto eterogenei o che cambino velocemente. Infine, la nozione stessa di quando un risultato sia stato riprodotto è vaga e spesso lasciata alla buona volontà del ricercatore che, dopo un certo numero di tentativi e di fronte a valori di prestazione "abbastanza simili", decide di aver riprodotto un esperimento. In questo contesto, la definizione di opportune misure per quantificare il grado a cui un esperimento è stato riprodotto, anche in base al contesto e a diversi obiettivi di riproducibilità, è solo agli inizi (Breuer *et al.*, 2020).

Come abbiamo discusso, la valutazione sperimentale svolge un ruolo fondamentale nel settore dei sistemi di accesso all'informazione. Tuttavia, essa avviene a posteriori e per iterazioni successive: si sviluppa un sistema, se ne misurano le prestazioni; se esse non sono soddisfacenti, si modifica il sistema e si procede a misurare le prestazioni del nuovo sistema, ripetendo questa procedura finché non si ottengono i risultati desiderati. In un certo senso è come se, per costruire un ponte, si dovesse provare a costruirlo, collaudarlo e, nel caso non regga il carico necessario, si dovessero aggiungere pilastri e poi ricollaudarlo e così via. Inoltre, i problemi di generalizzabilità discussi sopra fanno sì che sia molto difficile, se non impossibile, sapere a priori se una soluzione sviluppata per un certo contesto (ad esempio documenti legali) avrà prestazioni simili in un altro contesto (ad esempio documenti medici); un po' come se, costruito un ponte su un fiume, fosse difficile sapere se quel tipo di ponte possa essere adatto anche ad un altro fiume. Di

conseguenza, uno dei traguardi della ricerca futura è ideare metodi per predire le prestazioni di un sistema di accesso all'informazione, cercando sia di acquisire una maggiore comprensione dei fattori che le determinano e come essi si influenzino a vicenda, sia di sviluppare modelli formali e computazionali che consentano di effettuare la predizione vera e propria (Ferro *et al.*, 2018).

BIBLIOGRAFIA

- Agosti, M., Benfante, L., and Orio, N. (2003). IPSA: A Digital Archive of Herbals to Support Scientific Research. In Sembok, T. M. T., Zaman, H. B., Chen, H., Urs, S. R., and Myaeng, S. H., editors, *Proc. 6th International Conference on Asian Digital Libraries – Digital Libraries: Technology and Management of Indigenous Knowledge (ICADL 2003)*, pages 253–264. Lecture Notes in Computer Science (LNCS) 2911, Springer, Heidelberg, Germany.
- Agosti, M., Bonfiglio-Dosio, G., Ferro, N., and Silvello, G. (2008). Metodologie e percorsi interdisciplinari per la ideazione di un Sistema Informativo Archivistico. *Atti e Memorie dell'Accademia Galileana di Scienze Lettere ed Arti in Padova, gi' a Dei Ricoverati e Patavina. Parte III: Memorie della Classe di Scienze Morali, Lettere ed Arti*, CXX:261–287.
- Agosti, M. and Ferro, N. (2010). Interoperabilità tra sistemi di biblioteche digitali. *DigItalia, Rivista del digitale nei beni culturali*, 5(1):95–112.
- Agosti, M., Ferro, N., and Orio, N. (2005). Annotating Illuminated Manuscripts: an Effective Tool for Research and Education. In Marlino, M., Sumner, T., and Shipman, F., editors, *Proc. 5th ACM/IEEE-CS Joint Conference on Digital Libraries (JCDL 2005)*, pages 121–130. ACM Press, New York, USA.
- Agosti, M., Ferro, N., Orio, N., and Ponchia, C. (2014a). CULTURA Out-comes for Improving the User's Engagement with Cultural Heritage Collections. In Agosti, M., Catarci, T., and Esposito, F., editors, *Proc. 10th Italian Research Conference on Digital Libraries (IRCDL 2014)*, pages 34–39. Procedia Computer Science, Vol. 38.
- Agosti, M., Ferro, N., Rigon, A., Silvello, G., Terenzoni, E., and Tommasi, C. (2011). SIAR: A User-Centric Digital Archive System. In Agosti, M., Esposito, F., Meghini, C., and Orio, N., editors, *Digital Libraries and Archives - Proc. 7th Italian Research Conference (IRCDL 2011)*, pages 87–99. Communications in Computer and Information Science (CCIS) 249, Springer, Heidelberg, Germany.
- Agosti, M., Ferro, N., and Silvello, G. (2007). Proposta metodologica e architetturale per la gestione distribuita e condivisa di collezioni di documenti digitali. *Archivi*, 2(2):49–73.
- Agosti, M., Ferro, N., and Silvello, G. (2014b). Biblioteche digitali tra modellazione, gestione e valutazione. In Ciotti, F., editor, *Digital Humanities: progetti italiani ed esperienze di convergenza multidisciplinare – Atti del convegno annua-*

- le dell'Associazione per l'Informatica Umanistica e la Cultura Digitale (AIUCD 2012)*, pages 33-50. Quaderni DigiLab, Sapienza Università Editrice, Roma, Italy.
- Agosti, M. and Masotti, M. (1992a). Design and Functions of DUO: the First Italian Academic OPAC. In Berghel, H., Deaton, E., Hedrick, G., Roach, D., and Wainwright, R. L., editors, *Proc. 1992 ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing (SAC 1992)*, pages 308–313. ACM Press, New York, USA.
- Agosti, M. and Masotti, M. (1992b). Design of an OPAC Database to Permit Different Subject Searching Accesses in a Multi-disciplines Universities Library Catalogue Database. In Belkin, N. J., Ingwersen, P., Mark Pejtersen, A., and Fox, E. A., editors, *Proc. 15th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR 1992)*, pages 245–255. ACM Press, New York, USA.
- Alam, F., Cresci, S., Chakraborty, T., Silvestri, F., Dimitrov, D., Da San Martino, G., Shaar, S., Firooz, H., and Nakov, P. (2022). A Survey on Multimodal Disinformation Detection. In Calzolari, N., Huang, C.-R., Kim, H., Pustejovsky, J., Wanner, L., Choi, K.-S., Ryu, P.-M., Chen, H.-H., Donatelli, L., Ji, H., Kurohashi, S., Paggio, P., Xue, N., Kim, S., Hahm, Y., He, Z., Lee, T. K., Santus, E., Bond, F., and Na, S.-H., editors, *Proc. 29th International Conference on Computational Linguistics (COLING 2022)*, pages 6625–6643. International Committee on Computational Linguistics (ICCL), Czech Republic.
- Baeza-Yates, R. (2018). Bias on the Web. *Communications of the ACM (CACM)*, 61(6):54–61.
- Baker, M. (2016). 1,500 scientists lift the lid on reproducibility. *Nature*, 533:452–454.
- Beigi, L. and Liu, H. (2020). A Survey on Privacy in Social Media: Identification, Mitigation, and Applications. *ACM/IMS Transactions on Data Science (TDS)*, 1(1):7:1–7:38.
- Bender, E. M., Gebru, T., McMillan-Major, A., and Shmitchell, S. (2021). On the Dangers of Stochastic Parrots: Can Language Models Be Too Big? In Elish, M. C., Isaac, W., Zemel, R., Irani, L., Kannan, S., and Mitchell, M., editors, *Proc. ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (FAccT 2021)*, pages 610–623. ACM Press, New York, USA.
- Breuer, T., Ferro, N., Fuhr, N., Maistro, M., Sakai, T., Schaer, P., and Soboroff, I. (2020). How to Measure the Reproducibility of System-oriented IR Experiments. In Chang, Y., Cheng, X., Huang, J., Lu, Y., Kamps, J., Murdock, V., Wen, J.-R., Diriye, A., Guo, J., and Kurland, O., editors, *Proc. 43rd Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR 2020)*, pages 349–358. ACM Press, New York, USA.
- Bush, V. (1945). As We May Think. *The Atlantic Monthly*, 176:101–108.
- Büttcher, S., Clarke, C. L. A., and Cormack, G. V. (2010). *Information Retrieval: Implementing and Evaluating Search Engines*. The MIT Press, Cambridge (MA), USA.
- Cai, F. and de Rijke, M. (2016). A Survey of Query Auto Completion in Infor-

- mation Retrieval. *Foundations and Trends in Information Retrieval (FnTIR)*, 10(4):273–363.
- Candela, L., Castelli, D., Ferro, N., Ioannidis, Y. E., Koutrika, G., Meghini, C., Pagano, P., Ross, S., Soergel, D., Agosti, M., Dobreva, M., Katifori, V., and Schuldt, H. (2007). *The DELOS Digital Library Reference Model. Foundations for Digital Libraries*. ISTI-CNR at Gruppo ALI, Pisa, Italy, http://delosw.isti.cnr.it/files/pdf/ReferenceModel/DELOS_DLReferenceModel_0.98.pdf.
- Cohen, S., Domshlak, C., and Zwerdling, N. (2008). On Ranking Techniques for Desktop Search. *ACM Transactions on Information System (TOIS)*, 26(2):11:1–11:24.
- Croft, W. B., Metzler, D., and Strohan, T. (2009). *Search Engines: Information Retrieval in Practice*. Addison-Wesley, Reading (MA), USA.
- Da San Martino, G., Cresci, S., Barrón-Cedeño, A., Yu, S., Di Pietro, R., and Nakov, P. (2020). A Survey on Computational Propaganda Detection. In Bessière, C., editor, *Proc. 29th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI 2020)*, pages 4826–4832. International Joint Conferences on Artificial Intelligence Organization, USA.
- Devillers, L., Fogelman-Soulié, F., and Baeza-Yates, R. (2021). AI & Human Values. Inequalities, Biases, Fairness, Nudge, and Feedback Loops. In Braunschweig, B. and Ghallab, M., editors, *Reflections on Artificial Intelligence for Humanity*, pages 76–89. Lecture Notes in Computer Science (LNCS) 12600, Springer, Heidelberg, Germany.
- European Commission (2016). Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation). *Official Journal of the European Union*, OJ L 119, 4.5.2016, 59:1–88.
- European Commission (2021). Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL LAYING DOWN HARMONISED RULES ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE (ARTIFICIAL INTELLIGENCE ACT) AND AMENDING CERTAIN UNION LEGISLATIVE ACTS. *COMM(2021) 206 Final*.
- Ferrari Dacrema, M., Boglio, S., Cremonesi, P., and Jannach, D. (2021). A Troubling Analysis of Reproducibility and Progress in Recommender Systems Research. *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, 39(2):20:1–20:49.
- Ferro, N. (2012). La gestione e conservazione dei dati scientifici prodotti dalla valutazione sperimentale dei motori di ricerca. *Atti e Memorie dell'Accademia Galileiana di Scienze Lettere ed Arti in Padova, già Dei Ricoverati e Patavina. Parte II: Memorie della Classe di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali*, CXXIV:41–52.
- Ferro, N. (2017). Reproducibility Challenges in Information Retrieval Evaluation. *ACM Journal of Data and Information Quality (JDIQ)*, 8(2):8:1–8:4.
- Ferro, N., Fuhr, N., Grefenstette, G., Konstan, J. A., Castells, P., Daly, E. M., Declerck, T., Ekstrand, M. D., Geyer, W., Gonzalo, J., Kuflik, T., Linden, K., Magnini, B., Nie, J.-Y., Perego, R., Shapira, B., Soboroff, I., Tintarev, N., Ver-

- spoor, K., Willemsen, M. C., and Zobel, J. (2018). Manifesto from Dagstuhl Perspectives Workshop 17442 – From Evaluating to Forecasting Performance: How to Turn Information Retrieval, Natural Language Processing and Recommender Systems into Predictive Sciences. *Dagstuhl Manifestos, Schloss Dagstuhl–Leibniz-Zentrum für Informatik, Germany*, 7(1):96–139.
- Ferro, N., Fuhr, N., Järvelin, K., Kando, N., Lippold, M., and Zobel, J. (2016). Increasing Reproducibility in IR: Findings from the Dagstuhl Seminar on “Reproducibility of Data-Oriented Experiments in e-Science”. *SIGIR Forum*, 50(1):68–82.
- Ferro, N. and Kelly, D. (2018). SIGIR Initiative to Implement ACM Artifact Review and Badging. *SIGIR Forum*, 52(1):4–10.
- Ferro, N. and Peters, C., editors (2019). *Information Retrieval Evaluation in a Changing World – Lessons Learned from 20 Years of CLEF*, volume 41 of The Information Retrieval Series. Springer International Publishing, Germany.
- Gibney, E. (2020). This AI researcher is trying to ward off a reproducibility crisis. *Nature*, 577:14.
- Grotov, A. and de Rijke, M. (2016). Online Learning to Rank for Information Retrieval: SIGIR 2016 Tutorial. In Perego, R., Sebastiani, F., Aslam, J., Ruthven, I., and Zobel, J., editors, *Proc. 39th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR 2016)*, pages 1215–1218. ACM Press, New York, USA.
- Hardalov, M., Arora, A., Nakov, P., and Augenstein, I. (2022). A Survey on Stance Detection for Mis- and Disinformation Identification. In Carpuat, M., de Marneffe, M.-C., and Meza Ruiz, I. V., editors, *Findings of the Association for Computational Linguistics. Proc. 2022 Annual Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics (NAACL 2022)*, pages 1259–1277. The Association for Computational Linguistics (ACL), USA.
- Kaur, D., Uslu, S., Rittichier, K. J., and Durrezi, A. (2023). Trustworthy Artificial Intelligence: A Review. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 55(2):39:1–39:38.
- Li, B., Qi, P., Liu, B., Di, S., Liu, J., Pei, J., Yi, J., and Zhou, B. (2023). Trustworthy AI: From Principles to Practices. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, in print.
- Lin, J., Nogueira, R., and Yates, A. (2022). *Pretrained Transformers for Text Ranking. BERT and Beyond*. Synthesis Lectures on Human Language Technologies. Springer International Publishing, Switzerland.
- Maarek, Y. (2016). Is Mail The Next Frontier In Search And Data Mining? In Bennett, P. N., Josifovski, V., Neville, J., and Radlinski, F., editors, *Proc. 9th ACM International Conference on Web Searching and Data Mining (WSDM 2016)*, page 203. ACM Press, New York, USA.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2019). *Reproducibility and Replicability in Science*. The National Academies Press, Washington, USA.
- Odiijk, D. and Schuth, A. (2017). Are We Really Making Much Progress? A Worrying Analysis of Recent Neural Recommendation Approaches. In Cremonesi, P., Ricci, F., Berkovsky, S., and Tuzhilin, A., editors, *Proc. 11th ACM Conference on Recommender Systems (RecSys 2017)*, page 348. ACM Press, New York, USA.

- Open Science Collaboration (2015). Estimating the reproducibility of psychological science. *Science*, 349(6251):943–952.
- Salton, G. and Lesk, M. E. (1968). Computer Evaluation of Indexing and Text Processing. *Journal of the ACM (JACM)*, 15(1):8–36.
- Salton, G., Wong, A., and Yang, C. S. (1975). A Vector Space Model for Automatic Indexing. *Communications of the ACM (CACM)*, 18(11):613– 620.
- Sanderson, M. (2010). Test Collection Based Evaluation of Information Retrieval Systems. *Foundations and Trends in Information Retrieval (FnTIR)*, 4(4):247–375.
- Shu, K. and Liu, H. (2019). *Detecting Fake News on Social Media*, volume 11 of Synthesis Lectures on Data Mining and Knowledge Discovery. Morgan & Claypool Publishers, USA.
- Tonello, N. (2022). Lecture Notes on Neural Information Retrieval. *arXiv.org, Information Retrieval (cs.IR)*, arXiv:2207.13443.
- West, S. M., Whittaker, M., and Crawford, K. (2019). Discriminating Systems: Gender, Race and Power in AI. AI Now Institute.
Retrieved from <https://ainowinstitute.org/discriminatingystems.html>.
- Yin, X., Zhu, Y., and Hu, J. (2022). A Comprehensive Survey of Privacy-preserving Federated Learning: A Taxonomy, Review, and Future Directions. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 54(6):131:1–131:36.
- Zhao, Y. and Chen, J. (2022). A Survey on Differential Privacy for Unstructured Data Content. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 54(10):207:1– 207:28.
- Zhou, X. and Zafarani, R. (2020). A Survey of Fake News: Fundamental Theories, Detection Methods, and Opportunities. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 53(5):109:1–109:40.

Stampato nel mese
di Maggio 2023
dalla C.F.P. s.n.c. Limena (Padova)