



TRABAJO FIN DE MÁSTER
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA

Desarrollo de un prototipo de motor de búsqueda que incorpore técnicas bibliométricas para mejorar la recuperación

Autor

Aythami Estévez Olivas

Director

Juan Manuel Fernández Luna



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS INFORMÁTICA Y DE
TELECOMUNICACIÓN

Granada, 23 de junio de 2018

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Recuperación de información	1
1.1.1. Relevancia y similitud	1
1.1.2. Las tres dimensiones de la RI	2
1.1.3. Componentes de un sistema de RI	3
1.1.4. Modelos	4
1.1.5. Contexto histórico	5
1.2. Bibliometría	6
1.2.1. Definición	6
1.2.2. Medidas	6
1.2.3. Limitaciones	8
1.3. Combinando ambas disciplinas	9
1.3.1. Sistemas de RI actuales con medidas bibliométricas	9
1.3.2. Trabajos relacionados	10
1.4. Enfoque planteado	11
Bibliografía	15
A. Glosario	17
B. Lista de Acrónimos	19

Índice de figuras

1.1. Componentes de un sistema RI [1]	3
1.2. Donut de Altmetric	8

Capítulo 1

Introducción

1.1. Recuperación de información

La **Recuperación de Información (RI)** es una disciplina que trata de modelar, diseñar e implementar sistemas capaces de promocionar acceso basado en contenidos. [2]

En general un sistema de RI recibe una petición o consulta del usuario y debe devolver de entre su conjunto de información las unidades relacionadas con la consulta.

Estas unidades pueden representar cualquier tipo de elemento: ficheros de texto, imágenes, archivos de audio, etc. De forma genérica se denominan **documentos** así como al conjunto de información se le denomina **colección**.

1.1.1. Relevancia y similitud

La **relevancia** hace referencia a la relación entre la consulta de un usuario y los documentos recuperados. Por ello intuitivamente se entiende que un documento es relevante para una consulta concreta si contribuye a satisfacer la necesidad de información expresada por la misma. Aunque el concepto pueda parecer claro, la relevancia no es para nada absoluta, es una media subjetiva que depende de varios factores como quien la valore o como se haya planteado la consulta inicial.

Respecto a la **similitud** esta es una medida de semejanza entre documentos o entre documentos y consultas. Otra vez más nos encontramos ante una medida relativa y que se puede medir de diversas maneras: comparación de cadenas de texto, uso de un mismo vocabulario, que dos documentos pertenezcan al mismo autor, que dos documentos tengan múltiples referencias

comunes...[1]

1.1.2. Las tres dimensiones de la RI

Se puede decir que las tres dimensiones principales de la RI son:[2]

Acceso a la información

Como puede acceder un usuario a los datos. Existen diversos paradigmas de búsqueda:

- **Clasificación:** cada documento pertenece a clases y estas se pueden usar como jerarquías.
- **Agrupamiento:** documentos se agrupan en conjuntos.
- **Filtrado:** se selecciona un subconjunto de documentos.
- **Recomendación:** los documentos se presentan al usuario basados en su interacción previa con el sistema.
- **Resumen:** fragmentos de documentos utilizados para reducir la información presentada al usuario, muy típico de motores de búsqueda web.

Tipos de información

Hoy en día vivimos en una marea de información muy heterogénea y creciente lo que hace complicado definir los distintos tipos, por citar los principales actualmente:

- **Documentos textuales** como paginas web o PDF.
- **Partes de un documento**, capítulos o secciones de este.
- **Búsqueda de información multimedia:** como canciones o vídeos a partir de propiedades perceptibles o incluso de otros elementos multimedia, la búsqueda de imágenes en Google imágenes por ejemplo.
- **Búsqueda de e-mails:** implementado en cualquier cliente de correo web o nativo.
- **Búsqueda geográfica:** por nombre del lugar, sitios cercanos...

Colección

Guarda relación con los documentos que pueden ser buscados y se pueden clasificar tres tipos en función del tamaño:

- **Personal:** ficheros del dispositivo del usuario.
- **Corporativa:** documentos de una empresa, algo más compleja, supone búsqueda en múltiples ubicaciones conectadas en red.
- **Web:** cualquier documento web, el volumen de datos y la infraestructura es descomunal.

1.1.3. Componentes de un sistema de RI

De manera general un sistema de RI se compone de los elementos que se observan en la siguiente figura. Ha de contar una interfaz de usuario encargada de recoger las peticiones y mostrar los resultados. Será necesario interpretar estas consultas para convertirlas en términos que el sistema pueda entender.

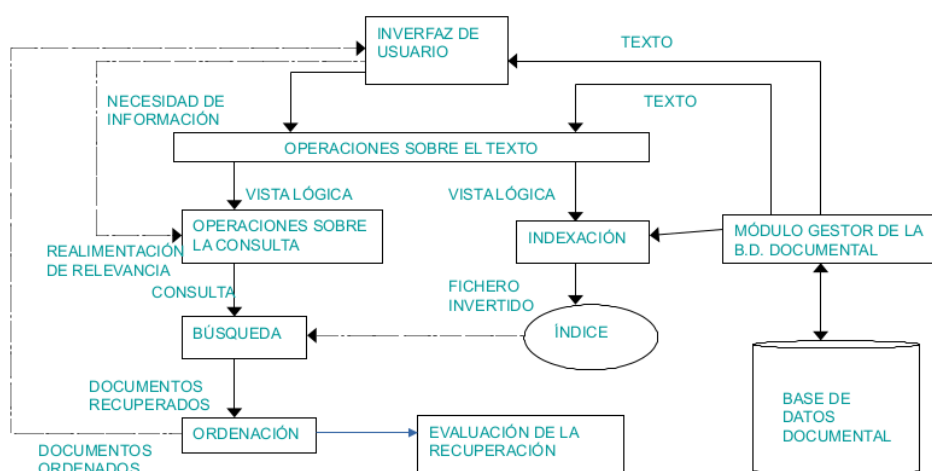


Figura 1.1: Componentes de un sistema RI [1]

Una vez hecho esto el algoritmo de búsqueda encontrará los documentos que sean relevantes para la consulta, tras esto será necesario puntuar estos documentos recuperados y devolver esta lista puntuada al usuario.

Para realizar este proceso de búsqueda y priorización se servirá del **índice**, una o varias estructuras de datos que permiten optimizar la búsqueda sobre una colección. En su forma más básica se trata de una estructura que relaciona términos con los documentos en los que aparecen, de modo que

si una consulta contiene esos términos se devuelven los documentos que los contienen.

1.1.4. Modelos

Se puede definir un modelo de RI como una especificación de la forma de representar documentos, consultas y realizar comparaciones entre ambos [1]. El objetivo final es calcular una puntuación para cada documento dada una consulta específica que determine el grado de relevancia de este, utilizando esa medida se puede llevar a cabo una ordenación o ranking de los documentos.

Los modelos clásicos a pesar de ser los más básicos sirven como base para crear otros más complejos como alguno de los que se hablará posteriormente. Estos modelos clásicos son:[2]

El **Modelo booleano** basado en teoría de conjuntos y lógica booleana. Se define el conjunto V como todas las palabras clave de la colección, $V = \{t_1, t_2, \dots, t_M\}$, así mismo se define el conjunto D como el conjunto de todos los documentos de la colección $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$.

Cada documento d_i se representa por tanto como un conjunto de términos que aparecen en él, este es un subconjunto de V . Las consultas en este modelo se representan mediante las operaciones booleanas típicas AND, OR y NOT.

El **Modelo vectorial** modela los documentos y consultas como vectores de términos en un espacio vectorial de dimensión definida por el número de términos de la colección.

Cada documento es por tanto un vector en dicho espacio vectorial. Usando los conjuntos descritos en el modelo previo se puede definir un documento d_i como el vector de términos $\vec{d}_i = (w_{1,i}, w_{2,i}, \dots, w_{M,i})$ donde $w_{i,j}$ representa el peso del término i en el documento j .

Queda por determinar el esquema de pesos y la función de similitud entre vectores.

El **Modelo probabilístico** pretende expresar la relevancia de los documentos utilizando la teoría de probabilidades, por tanto se define $P(Rel|d, q)$ como la probabilidad de que dado un documento d y una consulta q el documento sea relevante con cierta probabilidad.

Simplificando la notación a $P(Rel|d)$ y usando el Teorema de Bayes¹ podemos transformar el cálculo de esa probabilidad en:

$$P(Rel|d) = \frac{P(d|Rel)P(Rel)}{P(d)} \quad (1.1)$$

La función de similitud en el modelo probabilístico se expresa como:

$$sim(q, d) = \frac{P(Rel|d)}{P(\overline{Rel}|d)} \quad (1.2)$$

Es decir el ratio entre la probabilidad de que un documento sea relevante y no para q .

Aplicando la transformación anterior esta función queda como:

$$sim(q, d) = \frac{P(d|Rel)}{P(d|\overline{Rel})} \frac{P(Rel)}{P(\overline{Rel})} \approx \frac{P(d|Rel)}{P(d|\overline{Rel})} \quad (1.3)$$

Donde $\frac{P(Rel)}{P(\overline{Rel})}$ se conoce como característica independiente de consulta al suponer la relación entre las probabilidades de escoger un documento al azar y que este sea relevante o irrelevante, se suele eliminar como simplificación.

Por otro lado $\frac{P(d|Rel)}{P(d|\overline{Rel})}$ supone la relación entre la probabilidad sabiendo que un documento es relevante este sea d y su inversa. Estas probabilidades resultan más fáciles de calcular y son las utilizadas en estos modelos.

1.1.5. Contexto histórico

La historia de la RI comienza antes de la era digital. Como ejemplo las tablas de contenidos e índices de un libro forman un sistema de RI a pequeña escala, los índices relacionan términos de indexación con su ubicación en el documento de forma similar a un glosario de términos, ver 2 .

Esto es lo que se conoce como búsqueda **pre-coordinada** donde los términos de búsqueda o consultas están definidas de antemano, esto hace que se pueda organizar muy bien la información (como se hace en una biblioteca por ejemplo), pero requiere que el usuario conozca estos términos y no supone un método muy escalable teniendo en cuenta el volumen de información manejado en sistemas actuales. Por ello surgió la **post-coordinación** en la década de 1950 que se basa en definir las consultas en el momento de la búsqueda, dándole libertad al usuario.

A este último enfoque pertenecen la mayoría de los sistemas actuales, los cuales recibieron un enorme impulso con el desarrollo de la web iniciado en 1989 por Tim Berners-Lee en el CERN. Los primeros buscadores web de la forma que los conocemos hoy surgieron entorno a 1994, sistemas como Lycos o Altavista.

La búsqueda de documentos en la web siempre ha resultado un reto debido a su naturaleza heterogénea, la propuesta de unos jóvenes estudiantes

de la universidad de Stanford en 1998 supuso una revolución y asentó lo que hoy conocemos como buscador. Esa propuesta fue el algoritmo *PageRank*[3] y esos chicos eran Larry Page, Sergey Brin, Rajeev Motwani y Terry Winograd; los dos primeros fundaron poco después una empresa llamada Google, que a día de hoy es el buscador más utilizado. [4]

Hoy en día existe una dependencia casi absoluta por los motores de búsqueda para navegar por internet, lo que hace de este un tema tan crucial en el que aún se sigue trabajando, con retos aún por delante como el enorme tamaño que ha alcanzado la web, la heterogeneidad de contenido con cada vez más contenidos multimedia o el acceso desde cualquier tipo de dispositivo y desde cualquier lugar.

1.2. Bibliometría

1.2.1. Definición

La **bibliometría** se puede definir como el análisis estadístico de publicaciones escritas. Sus métodos se suelen utilizar para ofrecer un análisis cuantitativo de la literatura académica [5]. Se relaciona mucho con la **cienciometría** que se puede entender como el estudio cuantitativo de la ciencia de forma general [6].

Específicamente para este trabajo resulta destacable el enfoque de poder medir la importancia de trabajos científicos de forma cuantitativa y como esto se puede utilizar para mejorar los resultados de un sistema RI. Yendo al uso más particular que se llevara a cabo durante el desarrollo de este trabajo ambas disciplinas proponen una serie de medidas particulares, algunas de las cuales comentaré en el siguiente apartado.

1.2.2. Medidas

Número de citas

Esta es una de las métricas más directas y sencillas, se basa la premisa de que un documento científico es más relevante si cuenta con mayor número de citas. Actualmente se encuentra disponible en casi cualquier plataforma bibliográfica como Google Scholar, Scopus o Web of Science.

Sobre esta métrica básica se han construido muchas posteriormente como el impacto de citas (media de citas por documento), el impacto de citas ponderado por el campo (la anterior pero ponderado por materia, tipo de publicación y año), *Highly cited papers* (documentos en el top 1% de citas ponderado por campo y año)[7], *CiteScore* (media de citas anuales para

todos los documentos de una revista concreta durante los últimos 3 años), *SCImago Journal Rank* (medida que pondera el número de citas de una revista científica con el prestigio de las que la citan) o *SNIP* (normalización del número de citas de un paper por su impacto en la materia) [8].

Análisis de co-citación

Medida de similaridad que establece que dos documentos serán semejantes si aparecen citados conjuntamente con frecuencia por otros documentos. Sobre esta premisa se puede considerar un índice de co-citación que es simplemente el número de citas co-citaciones de 2 documentos.

También existen métricas más complejas como el análisis de co-citación por proximidad que incorpora a la idea previa el hecho de si dos citas aparecen en la misma sección del texto estas estarán más relacionadas que si una aparece en la introducción y otra en las conclusiones por ejemplo. [9]

Índice h

Este índice se puede aplicar a un autor científico, el índice h de un autor es x si este tiene x artículos con al menos x citas [7]. Se utiliza ampliamente para medir la productividad de un investigador.

Tiene diversas variantes como el índice g (índice h para el número de citas medio), índice m (corrección del índice h con el tiempo) o el índice Py (número medio de publicaciones por año).

Acoplamiento bibliográfico

Muy relacionado con el análisis de co-citación, el acoplamiento bibliográfico o *bibliographic coupling* basa su concepto de similaridad en que 2 documentos serán semejantes si comparen citas.

En base a esta idea se puede crear una métrica simple que sea el número de referencias comunes entre dos documentos, o medidas más complejas como el acoplamiento bibliográfico entre autores que supone el acoplamiento entre el conjunto de citas de todos los trabajos de un autor con otro [10].

Altmetrics

Conjunto de medidas relativas al mundo *online*, veces que un documento ha sido descargado, compartido, mencionado en las redes sociales, blogs, wikipedia... [11]

Existen diversas compañías que ofrecen productos sobre estas métricas siendo una de las principales Altmetric. Entre sus productos destaca el "donut" que se puede apreciar en la siguiente imagen. Este corresponde con una medalla que puede colocar en la página de un artículo y permite de un vistazo la atención que está generando este trabajo. También incluye información en detalle de donde se está hablando del mismo incluyendo comentarios en redes sociales.

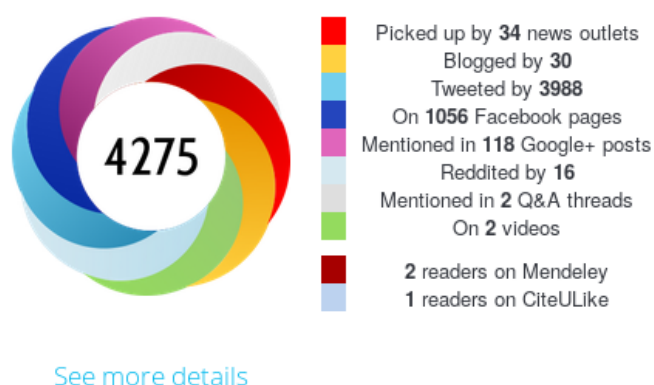


Figura 1.2: Donut de Altmetric

1.2.3. Limitaciones

Estas medidas ayudan a dar una idea de la importancia de un documento o de la productividad de un autor, pero no deben de ser tomadas como únicos criterios ya que presentan sus limitaciones.

Respecto a las medidas basadas en número de citas son muy dependientes de las fuentes de las que tomen datos así como su cobertura, por otro lado que un artículo sea muy citado no quiere decir que este sea muy influyente, se puede citar un trabajo para criticarlo. También hay que tener en cuenta las «auto citas» citas de un autor a otros trabajos suyos que pueden distorsionar estas medidas [7].

No se puede comparar categóricamente dos trabajos o autores de cualquier disciplina usándolas, ya que en distintos campos se cita de manera distinta.

En las medidas que dependan de citaciones (prácticamente todas) hay que considerar un factor temporal, para que un trabajo adquiera relevancia es necesario cierto tiempo, por ello se recomienda dejar fuera las publicaciones recientes (de los últimos tres años)[7].

1.3. Combinando ambas disciplinas

En los últimos años han surgido diversos trabajos que proponen combinar ambas disciplinas, utilizar la bibliometría para mejorar la recuperación de información. Esto no se puede aplicar de manera genérica y directa a cualquier sistema de RI ya que la bibliometría está muy centrada en el mundo de la académico y de la investigación, sin embargo con algunas adaptaciones las ideas de la bibliometría se encuentran muy presentes en los sistemas de RI, por ejemplo el algoritmo PageRank hace una analogía entre páginas web con artículos científicos así como hiperenlaces con citas en los mismos [3].

1.3.1. Sistemas de RI actuales con medidas bibliométricas

Donde resulta obvio que esta combinación puede ser beneficiosa es los sistemas RI especializados en literatura académica siendo los más importantes:

- Google Scholar: buscador gratuito especializado en literatura científica, contiene algunas medidas bibliométricas con el número de citas o el índice-h de un autor. Sin embargo ha sido muy criticado por intentar incluir el mayor número de artículos posibles sin importar la calidad de los mismos [12] o dar demasiada importancia al número de citas lo que hace que sea complicado descubrir nuevos trabajos que no son muy conocidos [13].
- Web of Science (WoS): Sistema de RI por suscripción más utilizado, habitualmente las instituciones académicas lo tienen contratado, como es el caso de la Universidad de Granada a través de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). Agrupa múltiples bases de datos de diversas índoles llegando a tener más de 100 millones de documentos [14]. Fue uno de los primeros sistemas en aparecer y actualmente pertenece a Clarivate Analytics. A diferencia de Google Scholar los contenidos son revisados por expertos antes de ser incluidos [14].
- Scopus: Similar a WoS, en este caso pertenece a la editorial Elsevier. También se puede usar desde la UGR gracias a la FECYT. Este sistema es más reciente, cuenta con unos 70 millones de documentos [15] y también tiene un proceso de revisión de contenido. Dispone de algunas otras medidas de bibliometría además del número de citas o índice-h, como los otros sistemas descritos, cuenta con las medidas *CiteScore*, *SCImago Journal Rank* y *SNIP* (ver 1.2.2 para más información).

1.3.2. Trabajos relacionados

Desde un punto de vista académico resultan especialmente interesantes los trabajos de los talleres Bibliometric-enhanced Information Retrieval (BIR). Estos congresos se celebran anualmente desde 2014 y tienen como objetivo "*hacer consciente a la comunidad de RI de sus posibles vínculos con la bibliometría*" [16]. Voy a destacar algunos de ellos a continuación.

Ante el creciente volumen de trabajos científicos se hace complicado para investigador mantenerse al día en su propio campo porque resulta imposible leer todos los trabajos, por ello se suele utilizar algún sistema de recomendación 3. Pero los sistemas existentes no contemplan bien el uso de medidas bibliométricas para distinguir los trabajos relevantes, por ello en [17] se propone reordenar la salida del sistema de recomendación Mr.DLib utilizando como criterio varias medidas derivadas del número de lectores de un artículo, un tipo de *altmetric* (ver 1.2.2). Las conclusiones de este trabajo demuestran que se encuentra una mejora utilizando las medidas de cienciometría solas o en combinación con el ordenamiento normal basado en texto que usando solo el ordenamiento del sistema RI, siendo la métrica que mejor resultado obtuvo el número absoluto de lecturas sin normalización. Esta mejora no es muy significativa como cabría esperar, los autores achacan esto a la falta de cobertura de datos bibliométricos en la colección.

Otro enfoque interesante es el de [18], donde se propone utilizar medidas bibliométricas como variables independientes de consulta o *static features*, ver el modelo probabilístico 1.1.4. Estas características se conocen como priores en el modelo probabilístico de lenguaje utilizado y modifican la probabilidad de que un documento sea relevante para una consulta dada, multiplicando dicha probabilidad por un factor. Para realizar su estudio han utilizado la colección bibliográfica de prueba iSearch, que desgraciadamente parece no estar disponible ya. De esta colección seleccionaron el subconjunto de artículos con al menos alguna cita dentro de la colección (para poder llevar a cabo un análisis de co-citación).

Como priores han seleccionado la proporción de citas dentro del subconjunto de documentos entre el número total de estas, el *PageRank* calculado en el subconjunto y el clustering de co-citación ¹, siendo todas las varian-tes también suavizadas con una versión logarítmica. Aunque el concepto es interesante y el método exhaustivo los resultados obtenidos no son significativos, se achaca esto al bajo tamaño de la colección de prueba, con 863 documentos.

Siguiendo un modelo vectorial pero aplicando una variación del conocido

¹creando un grafo no dirigido con peso de citas donde los nodos son documentos y las aristas citas, sobre el que se aplica un algoritmo de clustering y se calculan los priores del cluster mediante validación cruzada de 5 iteraciones

esquema de pesos $tf*idf$ se encuentra [19]. En el esquema de ponderación para los términos original tf representa la frecuencia de un término en el documento e idf el número de documentos donde aparece el término a la inversa. Con ello se consigue dar mayor importancia a los términos que aparezcan menor número de veces ya que serán más discriminantes e importantes para una búsqueda.

El modelo propuesto en este paper apuesta por buscar documentos en función de otros, es decir los términos de consulta son otros documentos de la colección, los cuales se conocen como semillas. Para la ponderación de peso en cada documento ahora tf es el número de documentos co-citados con el documento semilla e idf la inversa del número total de citas entre documentos de la colección. Por último cita algunos ejemplos sobre colecciones de prueba y discute el modelo planteado sin llegar a evaluarlo realmente. De este, se dice que sería especialmente útil para usuarios con conocimiento previo del dominio, por ejemplo para llevar acabo una investigación bibliográfica sobre algún autor.

Basado parcialmente en el trabajo previo, el siguiente artículo [20] propone la creación de un framework para llevar a cabo una investigación bibliográfica siguiendo un enfoque híbrido combinando información textual y de citación. A partir de la selección de algunos documentos semilla, el sistema crea el espacio de citas ², sobre el cual se filtra poniendo condiciones, el resultado de este filtrado se refina buscando términos y frases comunes con las semillas en el resumen de los documentos.

Utilizan su sistema para comparar con diversos trabajos de revisión bibliográfica realizados manualmente con el objetivo de lograr obtener el mismo conjunto final de documentos relevantes revisando menos trabajos con lo que se ahorraría un tiempo significativo. Sus resultados resultan prometedores, usando todas las combinaciones de 3 documentos semilla entre los seleccionados finalmente por cada revisión logran recuperar todos los documentos finales disponibles en Scopus (plataforma en la que realizan el estudio) reduciendo el número de documentos totales recuperados para esa revisión en hasta el 80% dependiendo de la revisión concreta.

1.4. Enfoque planteado

Como se ha podido comprobar en el apartado previo existen numerosas propuestas para combinar estas la bibliometría y la RI, pero estos trabajos se realizan en un ámbito más académico y muchas veces no llegan a materializarse en sistemas reales. Los principales sistemas de RI para la recuperación

²Documentos citados por las semillas, aquellos que las citan a ellas y documentos con relación de co-citación con estas

de literatura académica integran algunas medidas básicas pero no llegan a implementar los modelos más complejos planteados desde la investigación a pesar de que sus resultados sean esperanzadores.

Esto hace que este campo siga estando en desarrollo y resulte interesante plantear nuevos modelos a la par que testarlos.

Por ello este TFM servirá para desarrollar un prototipo de modelo que combine ambas ramas de la teoría de la información y sirva para evaluar el rendimiento de estos planteamientos. El objetivo es comparar un sistema de RI clásico con uno que incorpore técnicas bibliométricas intentando medir su viabilidad y potencial mejora en los resultados recuperados.

En los últimos tiempos el acceso a artículos se ha incrementado exponencialmente gracias a algunas de las plataformas descritas previamente, a su vez la información bibliográfica que incorporan también ha aumentado sustancialmente lo que hace cada vez más plausible la implementación de este tipo de sistemas. La irrupción de las *altmetrics* resulta destacable, a pesar de ser unas medidas bibliométricas bastante recientes su capacidad para determinar la popularidad de los trabajos científicos es muy significativa.

Es especialmente interesante el enfoque de las técnica híbridas como las planteadas en el último trabajo que permiten por un lado no divergir del modelo mental de sistema de RI del usuario, un buscador textual, pero incluir las potenciales ventajas de usar otro tipo de medidas.

El sistema propuesto utilizará como base un modelo clásico realizando una reordenación *a priori* de los resultados en función de algunas medidas directas como el número de citas y el número de lectores en una plataforma (incluyendo con ello alguna *altmetric*). Se plantea utilizar una realimentación inconsciente del usuario basada en considerar como relevantes los documentos del listado inicial que el usuario descargue tras leer el resumen y utilizándolos como semillas para refinar la búsqueda de manera transparente para él. Esta reordenación *a posteriori* se servirá del grafo de citación de estos documentos semilla para seleccionar los que documentos que tengan una relación fuerte.

Bibliografía

- [1] J. M. F. Luna, “Apuntes de la asignatura Gestión de Información en la Web del Máster en Ingeniería Informática.”
- [2] J. F. H. G. Fidel Cacheda Seijo, Juan Manuel Fernández Luna, *Recuperación de Información: Un enfoque práctico y multidisciplinar*. 1ª ed.
- [3] L. Page, S. Brin, R. Motwani, and T. Winograd, “The pagerank citation ranking: Bringing order to the web.,” Technical Report 1999-66, Stanford InfoLab, November 1999. Previous number = SIDL-WP-1999-0120.
- [4] statcounter, “Search engine market share worldwide.” <http://gs.statcounter.com/search-engine-market-share#monthly-201705-201805-bar>. [Online; accedido 23-Junio-2018].
- [5] N. De Bellis, *Bibliometrics and Citation Analysis: From the Science Citation Index to Cybermetrics*. Scarecrow Press, 2009.
- [6] L. Leydesdorff and S. Milojevic, “Scientometrics,” *CoRR*, vol. abs/1208.4566, 2012.
- [7] L. Byl, J. Carson, A. Feltracco, S. Gooch, S. Gordon, T. Kenyon, B. Muirhead, D. Seskar-Hencic, K. MacDonald, M. T. Özsu, and P. Stirling, “White paper on bibliometrics, measuring research outputs through bibliometrics,” tech. rep., University of Waterloo, 01 2016.
- [8] University of Leeds, “What are bibliometrics?.” https://library.leeds.ac.uk/info/1406/researcher_support/17/measuring_research_impact/1. [Online; accedido 23-Junio-2018].
- [9] B. Gipp and J. Beel, “Citation Proximity Analysis (CPA) - A New Approach for Identifying Related Work Based on Co - Citation Analysis,” in *Proceedings of the 12th International Conference on Scientometrics and Informetrics (ISSI'09)* (B. Larsen and J. Leta, eds.), vol. 2, (Rio de Janeiro, Brazil), International Society for Scientometrics and Informetrics, Jul. 2009. ISSN 2175-1935.

- [10] Z. Dangzhi and S. Andreas, “Evolution of research activities and intellectual influences in information science 1996–2005: Introducing author bibliographic-coupling analysis,” *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 59, no. 13, pp. 2070–2086.
- [11] University of Leeds, “What are altmetrics?.” https://library.leeds.ac.uk/info/1406/researcher_support/17/measuring_research_impact/3. [Online; accedido 23-Junio-2018].
- [12] J. Beall, “Google scholar is filled with junk science.” <https://web.archive.org/web/20141107175135/http://scholarlyoa.com/2014/11/04/google-scholar-is-filled-with-junk-science/>. [Online; accedido 23-Junio-2018].
- [13] J. Beel and B. Gipp, “Google Scholar’s Ranking Algorithm: An Introductory Overview,” in *Proceedings of the 12th International Conference on Scientometrics and Informetrics (ISSI’09)* (B. Larsen and J. Leta, eds.), vol. 1, (Rio de Janeiro, Brazil), International Society for Scientometrics and Informetrics, Jul. 2009. ISSN 2175-1935.
- [14] C. Analytics, “Web of science: It’s time to get the facts.” https://cdn.clarivate.com/wp-content/uploads/2017/05/d6b7faae-3cc2-4186-8985-a6ecc8cce1ee_Crv_WoS_Upsell_Factbook_A4_FA_LR_edits.pdf. [Online; accedido 23-Junio-2018].
- [15] ELSEVIER, “How scopus works - content.” <https://www.elsevier.com/solutions/scopus/how-scopus-works/content>. [Online; accedido 23-Junio-2018].
- [16] “Editorial,” in *Proceedings of the First Workshop on Bibliometric-enhanced Information Retrieval co-located with 36th European Conference on Information Retrieval (ECIR 2014)*, Amsterdam, The Netherlands, April 13, 2014., pp. 1–4, 2014.
- [17] S. Siebert, S. Dinesh, and S. Feyer, “Extending a research-paper recommendation system with bibliometric measures,” in *Proceedings of the Fifth Workshop on Bibliometric-enhanced Information Retrieval (BIR) co-located with the 39th European Conference on Information Retrieval (ECIR 2017)*, Aberdeen, UK, April 9th, 2017., pp. 112–121, 2017.
- [18] H. Zhao and X. Hu, “Language model document priors based on citation and co-citation analysis,” in *Proceedings of the First Workshop on Bibliometric-enhanced Information Retrieval co-located with 36th European Conference on Information Retrieval (ECIR 2014)*, Amsterdam, The Netherlands, April 13, 2014., pp. 29–36, 2014.

-
- [19] H. D. White, “Bag of works retrieval: Tf*idf weighting of co-cited works,” in *Proceedings of the Third Workshop on Bibliometric-enhanced Information Retrieval co-located with the 38th European Conference on Information Retrieval (ECIR 2016), Padova, Italy, March 20, 2016.*, pp. 63–72, 2016.
- [20] M. J. Sarol, L. Liu, and J. Schneider, “Testing a citation and text-based framework for retrieving publications for literature reviews,” in *Proceedings of the 7th International Workshop on Bibliometric-enhanced Information Retrieval (BIR 2018) co-located with the 40th European Conference on Information Retrieval (ECIR 2018), Grenoble, France, March 26, 2018.*, pp. 22–33, 2018.

Apéndice A

Glosario

Teorema de Bayes Teorema perteneciente a la teoria de probabilidades que permite calcular la probabilidad condicional de dos eventos A y B en base su probabilidad condicional inversa y su probabilidad marginal

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

Donde $P(A|B)$ es la probabilidad condicional de que dado un evento B se produzca A , $P(A)$ la probabilidad márginal o incondicional de que suceda A , $P(B|A)$ la probabilidad condicional de que dado A suceda B y $P(B)$ la probabilidad marginal de B . 4

términos de indexación concepto asociado a una serie de palabras donde el concepto es definido o discutido. 5

sistema de recomendación Tipo de sistema de RI en el que el usuario no expresa directamente su necesidad de información, si no que se le muestran items "similares" a los que ya ha consultado. 10

Apéndice B

Lista de Acrónimos

BIR Bibliometric-enhanced Information Retrieval. 9

FECYT Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. 9

Mr.DLib Machine-readable Digital Library. 10

PDF Portable Document Format. 2

RI Recuperación de Información. i, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 17

TFM Trabajo de Fin de Master. 12

UGR Universidad de Granada. 9

WoS Web of Science. 9

