

# Folosirea resurselor semantice într-un sistem ce permite căutarea de imagini

Alexandra-Mihaela Sirițeanu, Adrian Iftene

Universitatea Alexandru Ioan Cuza din Iași, Facultatea de Informatică  
General Berthelot 16, Iași

E-mail: {alexandra.siriteanu, adiftene}@info.uaic.ro

**Rezumat.** În ultimii ani, odată cu folosirea din ce în ce mai intensă a rețelelor sociale și a Internetului, utilizatorii au acces la tot mai multe informații atât de tip text, cât și de tip multimedia. Cu toate acestea, găsirea informațiilor dorite a devenit din ce în ce mai dificil, întrucât majoritatea motoarelor de căutare își bazează algoritmi de ordonare a rezultatelor pe criterii precum: popularitate, relevanță și mai puțin pe disimilaritate. În cadrul proiectului MUCKE (Multimedia and User Credibility Knowledge Extraction), un proiect CHIST-ERA sponsorizat de Uniunea Europeană, am creat un sistem ce permite căutarea de imagini și în care abordăm problema diversificării rezultatelor multimedia. Pentru a trata problema diversificării am explorat două metode: (1) folosirea de resurse semantice (precum YAGO) în procesul de prelucrare a interogării inițiale și (2) utilizare operațiilor de clusterizare a rezultatelor, pe baza titlurilor imaginilor sau a conținutului acestora. În lucrarea de față, vom prezenta prima abordare și vom compara rezultatele obținute de aplicația noastră cu rezultatele oferite de motorul de căutare Google.

**Cuvinte cheie:** Căutare de imagini, Diversificarea căutării, Resurse semantice, YAGO.

## 1. Introducere

În ultimii ani, rețelele sociale sunt folosite de către oameni, nu numai pentru schimbul de date multimedia (postări de imagini și de video), dar și ca principală metodă de căutare de informații necesare în activitățile cotidiene. Proiectul MUCKE folosește ca date de intrare documente multimedia din cadrul rețelelelor sociale (în primul rând din rețeaua Flickr ([www.flickr.com](http://www.flickr.com))), pe care le completează cu modele noi asociate utilizatorilor. Aceste modele tratează problema credibilității utilizatorilor și a resurselor pe care aceștia le postează în rețeaua socială, iar oferirea de rezultate se face ținând cont de acestea.

O altă problemă pe care acest sistem încearcă să o rezolve este diversificarea. Deși spațiul web abundă în documente multimedia, găsirea de documente diverse nu este chiar atât de ușoară, întrucât majoritatea

sistemelor de căutare își bazează algoritmi pe popularitatea entităților și pe relevanță, decât pe diversitate.

De-a lungul timpului problema diversificării a fost tratată din mai multe puncte de vedere (Drosou și Pitoura, 2010): (i) *după conținut* (Gollapudi și Sharma, 2009), adică cât de diferite sunt rezultatele între ele, (ii) *după nouitate* (Carbonell și Goldstein, 1998), (Clarke et al, 2008), adică ce oferă noile rezultate în comparație cu cele deja existente, și (iii) *după acoperire semantică* (Zheng et al, 2012), adică cât de bine sunt acoperite diversele interpretări ale interogării utilizatorului. Sistemul propus de noi, vine în întâmpinarea nevoii utilizatorilor de a găsi informații care sunt atât relevante, cât și diverse, realizând o interpretare semantică a interogărilor utilizatorilor pentru a oferi rezultate diversificate (Iftene și Alboaie, 2014) și (Iftene et al., 2014).

În ultimele decenii, ontologiile au fost utilizate în diferite ramuri de cercetare din informatică, printre care se numără și regăsirea de informații (eng. information retrieval), cu diferite obiective precum: reordonarea rezultatelor (Zheng et al, 2012), indexarea conceptuală (Setchi et al., 2009) și dezambiguizarea termenilor (Curtis et al., 2006). În domeniul diversificării rezultatelor amintim sistemele propuse de Celegary et al. (2010) și Zheng et al. (2011). Celegary et al. (2010) folosește o structură taxonomică de informații unde atât interogările, cât și rezultatele au asociate o suită de categorii, iar Zheng et al. (2011) propun un framework de căutare de informații ce oferă rezultate diverse folosind o structură ierarhizată de concepte.

În proiectul MUCKE, folosim o colecție de aproximativ 80 de milioane de imagini cu metadatele asociate, imagini extrase în primul rând de pe rețeaua socială Flickr. Peste această colecție de aproximativ 16 T, am realizat procesări atât la nivel textual pe metadatele asociate (identificarea limbii, POS-tagging, identificare de concepte textuale, etc.), cât și la nivel vizual direct pe imagini (extragere histograme, identificare concepte vizuale, etc.). Informațiile obținute în urma procesării acestor imagini au fost indexate cu LIRe (<http://www.lire-project.net/>), lucru ce ne permite în acest moment realizarea de căutări și returnarea unor rezultate atât relevante, cât și diversificate.

## 2. Proiectul MUCKE

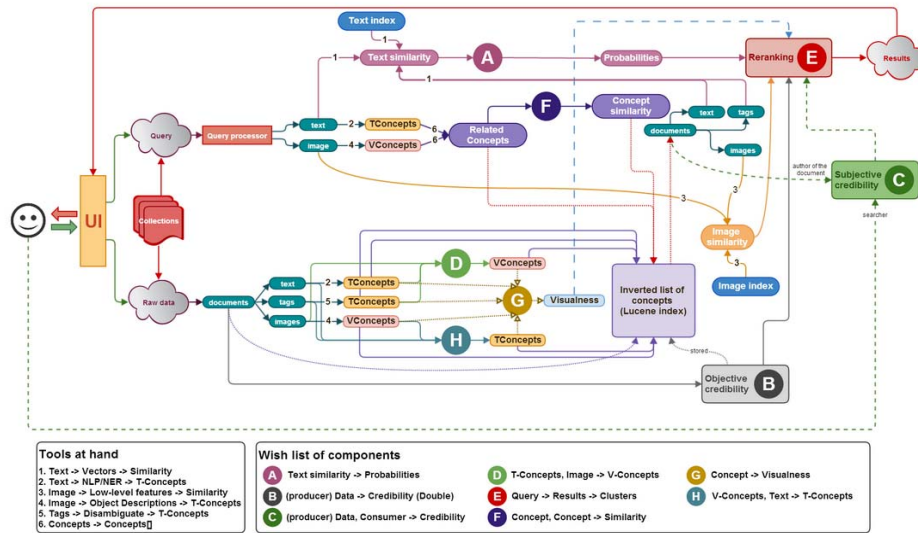


Figura 1: Sistemul MUCKE (Bierig et al., 2014)

Scopul acestui sistem este de a permite utilizatorilor să adauge, să indexeze și să caute conținut multimedia. Figura 1 prezintă o imagine de ansamblu a sistemului construit, care surprinde modul în care sunt procesate metadatele și imaginile, cum sunt extrase și indexate conceptele, cum se calculează similaritatea între conceptele din interogarea utilizatorului și cele din colecție, precum și modul în care este estimată și folosită credibilitatea în procesul de ordonare a rezultatelor finale.

Unul din obiectivele proiectului este de a demonstra fezabilitatea modelelor și a metodelor folosite în contexte cu date multimodale de dimensiuni foarte mari. Datele colectate în cadrul proiectului MUCKE sunt extrem de dinamice și complexe, două trăsături ce sunt necesare pentru a implementa sistemul dorit într-un mod flexibil ce poate ține cont de date noi oricând este nevoie. Proiectul folosește aproximativ 80 milioane de imagini de la aproape un milion de utilizatori Flickr (<https://www.flickr.com>), cu metadatele lor, și aproximativ 10 milioane de articole Wikipedia în patru limbi (engleză, română, germană și franceză), cu elemente multimedia asociate de la Wikimedia (<https://www.wikimedia.org/>). Pe lângă Flickr, am folosit și alte colecții de imagini, cum ar fi colecțiile de la ImageCLEF

(<http://www.imageclef.org/>), cu scopul de a evalua anumite componente ale acestui sistem (Șerban et al., 2013). De asemenea, avem aproximativ 100.000 de concepte multimedia, aproximativ de cinci ori mai mult decât ImageNet (<https://www.image.net/>), o resursă utilizată pe scară largă în procesarea de imagini.

### 3. Modulul de procesare textuală

Modulul de procesare textuală este utilizat atât pentru a procesa metadatele asociate imaginilor, cât și pentru a prelucra interogările utilizatorilor. Pentru a realiza această etapă, am folosit instrumente standard pentru procesările textuale pe limba română, cum ar fi POS-tagging (Simionescu, 2011), identificarea lemelor (Simionescu, 2011) și identificarea entităților de tip nume (Gînscă et al., 2011). După ce am prelucrat metadatele asociate imaginilor, le-am indexat folosind biblioteca Lucene (<http://lucene.apache.org/>). Pentru a realiza diversificarea rezultatelor, la prelucrarea întrebării sistemul încorporează un modul de expansiune interogare care face uz de resursa semantică YAGO (<https://www.mpi-inf.mpg.de/departments/databases-and-information-systems/research/Yago-Naga/Yago/>).

**Ontologia YAGO** conține informații și cunoaștere despre lume (Hoffart et al., 2013). Aceasta încorporează informații extrase din Wikipedia ([http://en.wikipedia.org/wiki/Main\\_Page](http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page)), precum și din alte surse cum ar fi WordNet (<http://wordnet.princeton.edu/>) și GeoNames (<http://www.geonames.org/>) și este structurată cu ajutorul unor elemente denumite *entități* (precum *persoane*, *orașe*, etc.) și *fapte* despre aceste *entități* (care *persoană* a lucrat în care *domeniu*, etc.). De exemplu, cu YAGO suntem capabili să înlocuim în interogarea „jucător de tenis pe teren”, entitatea „jucător de tenis”, cu instanțe precum „Roger Federer”, „Rafael Nadal”, etc. Astfel, în loc de efectuarea unei singure căutări cu interogarea inițială, vom efectua mai multe căutări cu noile interogări, și în cele din urmă vom combina rezultatele parțiale obținute într-o mulțime de rezultate finale. Până în prezent am tratat și am implementat în sistemul nostru doar o parte din cazurile posibile, iar YAGO va fi utilizată numai în cazul în care interogările de text vor conține concepte WordNet, care sunt legate printr-o relație de hipernimie de entități de tip *persoană*, *locație* sau *organizație* din Wikipedia.

Astfel, **Wikipedia** ne ajută să ne decidem când să folosim YAGO. Pentru aceasta am creat o resursă bazată pe ierarhiile din categoriile Wikipedia. Astfel, am pornit de la varianta în română a Wikipediei, care are 8 grupe de categorii: cultură, geografie, istorie, matematică, societate, știință, tehnologie și viață privată. La rândul lor, aceste categorii au subcategorii sau link-uri către pagini directe, după cum urmează: *cultura* (30) (dintre care amintim fotografie, arhitectură, artă, teatru, jocuri, etc.) *geografie* (15) (România, Africa, America de nord, Europa, Oceania, hărți, etc.), *istorie* (6) (după perioadă, după regiune, după subiect, etc.), *matematică* (11), (algebră, aritmetică, economie, geometrie, logică, trigonometrie, etc.), *societate* (22) (antropologie, arheologie, afaceri, comunicații, istorie, filosofie, politică, psihologie, etc.), *știință* (23) (antropologie, arheologie, astronomie, biologie, chimie, medicină, spațiu, etc.), *tehnologie* (19) (agricultură, arhitectură, biotehnologie, calculatoare, transport, vehicule, etc.), *viață privată* (8) (cămin, distracție, educație, familie, minte, etc.). În cele din urmă, am obținut 8 grupe mari, cu 134 de categorii, care sunt subdivizate în mai multe subcategorii și pagini (adâncimea ierarhiei depinde de fiecare categorie și subcategorie). În general, această ierarhie acoperă cea mai mare parte a conceptelor disponibile pentru limba română. De exemplu, pentru sport, am obținut 70 de subcategorii, care conțin alte subcategorii și 9 pagini. Mergând prin aceste categorii și subcategorii, am construit resurse specifice cu cuvinte care semnaleză concepte de tip *persoană*, *locație* și *organizare*.

Câteva exemple de cuvinte care semnaleză apariția unui concept din aceste categorii sunt:

- Pentru **persoană**: „*acordeonist, actor, muzician, antropologist, arheolog, arhitect, arhivist, asasin, astronaut, astronom, astrofizician, femeie, inginer, etc.*” Aceasta este cea mai mare resursă, cu peste 391 de concepte.
- Pentru **locație**: „*bulevard, comună, continent, fluviu, instituție, munte, piață, râu, lac, regiune, oraș, sat, spital, stradă, târg, teatru, țară, universitate, etc.*”.
- Pentru **organizație**: „*companie, grupare, partid, muzeu, universitate, teatru, cinema, etc.*”.

Exemple:

- (1) având o interogare ce include cuvântul „*muzician*”, componenta ce prelucrează interogarea decide să folosească ontologia YAGO, întrucât sistemul nostru identifică acest concept ca făcând parte din lista de cuvinte pentru tipul „*persoană*” și crează o interogarea Sparql după cum urmează:

```
PREFIX yago:<http://yago-knowledge.org/resource/>
PREFIX rdf:<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs:<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd:<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>

select ?instance ?category ?length where
{
  {select distinct ?instance
   where{
     ?class rdfs:label "muzician"@ron.
     ?category rdfs:subClassOf ?class.
     ?instance rdf:type ?category.
   }
  LIMIT 5000
} .
?instance yago:hasWikipediaArticleLength ?length.
?instance rdf:type ?category.
?class rdfs:label "muzician"@ron.
?category rdfs:subClassOf ?class.
}
order by desc(?length) LIMIT 2000
```

Rezultatele returnate de YAGO sunt ordonate în funcție de lungimea articolului din Wikipedia și includ entități precum: Paul McCartney, Ce Ce Peniston, Elton John, Stevie Wonder, Alicia Keys, Jimmy Page, Bob Dylan, Rod Stewart, David Bowie, Marvin Gaye Queen, John Zorn, Little Richard, etc. Rezultatele obținute în urma căutării conceptului „muzician” pe Google pot fi vizualizate în Figura 2, iar rezultatele obținute în urma căutării aceluiași concept în aplicația noastră pot fi vizualizate în Figura 3.

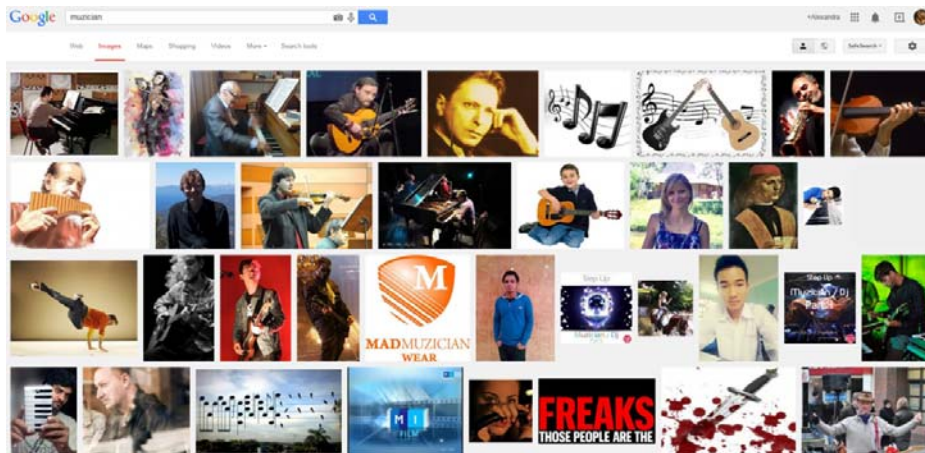


Figura 2: Rezultatele obținute în urma căutării conceptului „muzician” pe Google Search Images

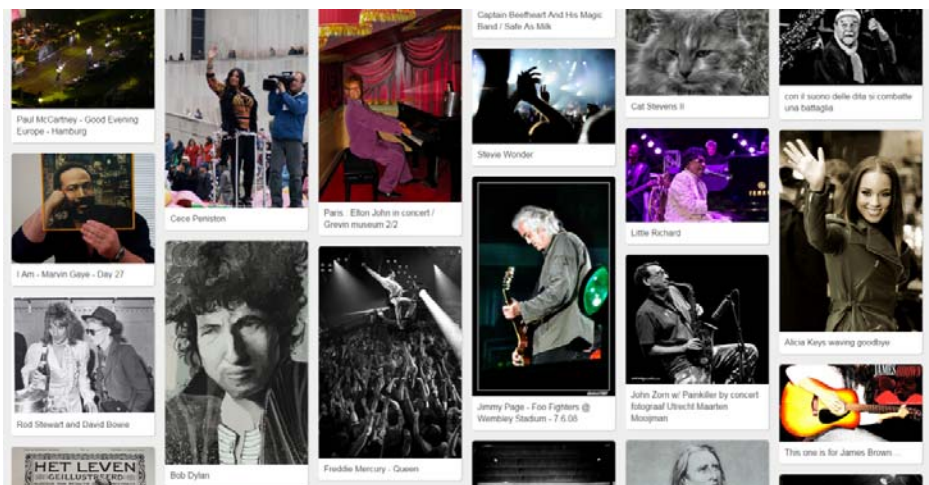


Figura 3: Rezultate obținute de sistemul nostru pentru conceptul „muzician”

După cum se observă Google ține cont și de localizare, oferind rezultate cu personalități din România, cum ar fi *George Enescu* și *Gheoghe Zamfir*. De asemenea, se observă că o parte din rezultatele oferite de Google nu conțin persoane, cu toate că interogarea se referă explicit la muzician, spre deosebire de aplicația noastră, care doar în cazul Cat Stevens oferă o imagine cu o pisică.

- (2) având o interogare ce include cuvântul „muzeu”, componenta ce prelucrează interogarea decide să folosească ontologia YAGO, întrucât sistemul nostru identifică acest concept ca făcând parte din lista de cuvinte pentru tipul „locație” și crează o interogarea Sparql după cum urmează:

```

PREFIX yago:<http://yago-knowledge.org/resource/>
PREFIX rdf:<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs:<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd:<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>

select ?instance ?category ?length where
{
  {select distinct ?instance
   where{
     ?class rdfs:label "muzeu"@ron.
     ?category rdfs:subClassOf ?class.
     ?instance rdf:type ?category.
   }
  LIMIT 5000
} .
?instance yago:hasWikipediaArticleLength ?length.
?instance rdf:type ?category.
?class rdfs:label "muzeu"@ron.
?category rdfs:subClassOf ?class.
}
order by desc(?length) LIMIT 2000

```

Rezultatele returnate de YAGO includ entități precum: British Museum, Imperial War Museum, Metropolitan Museum of Art, Chiswick House, Sutton Hoo Cemetary, Ellis Island Immigration Museum, Bletchley Park, Los Angeles County Museum of Art, Universalmuseum Joanneum, etc. Rezultatele obținute în urma căutării conceptului „muzeu” pe Google pot fi vizualizate în Figura 4, iar rezultatele obținute în urma căutării aceluiași concept în aplicația noastră pot fi vizualizate în Figura 5.





Figura 4: Rezultatele obținute în urma căutării conceptului „muzeu” pe Google Search Images

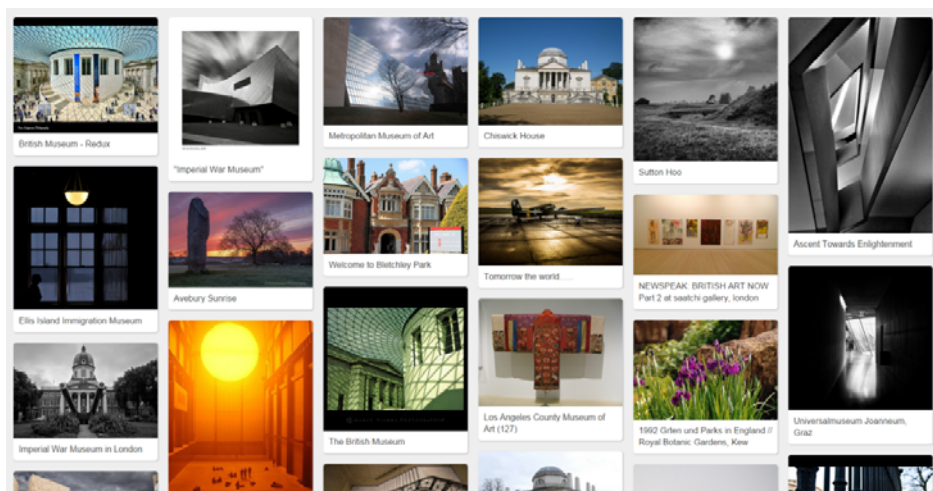


Figura 5: Rezultate obținute de sistemul nostru pentru conceptul „muzeu”

Din nou o mare parte din rezultatele oferite de Google reprezintă muzee din România.

- (3) având o interogare ce include cuvântul „lac”, componenta ce prelucrează interogarea decide să folosească ontologia YAGO, întrucât sistemul nostru identifică acest concept ca făcând parte din

lista de cuvinte pentru tipul „locație” și crează o interogarea Sparql după cum urmează:

```
PREFIX yago:<http://yago-knowledge.org/resource/>
PREFIX rdf:<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs:<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd:<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>

select ?instance ?category ?length where
{
  {select distinct ?instance
   where{
     ?class rdfs:label "lac"@ron.
     ?category rdfs:subClassOf ?class.
     ?instance rdf:type ?category.
   }
  LIMIT 5000
} .
?instance yago:hasWikipediaArticleLength ?length.
?instance rdf:type ?category.
?class rdfs:label "lac"@ron.
?category rdfs:subClassOf ?class.
}
order by desc(?length) LIMIT 2000
```

Rezultatele obținute în urma interogării resursei YAGO includ entități precum: *Lacul Tahoe*, *Lacul Superior*, *Lacul Champlain*, *Lacul Titicaca*, *Lacul Muskoka*, *Lacul Ganoga*, *Lacul Pinatubo*, etc. Rezultatele obținute în urma căutării conceptului “lac” pe Google pot fi vizualizate în Figura 6, iar rezultatele obținute în urma căutării aceluiași concept în aplicația noastră pot fi vizualizate în Figura 7.



Figura 6: Rezultatele oferite de Google Search Images pentru conceptul “lac”

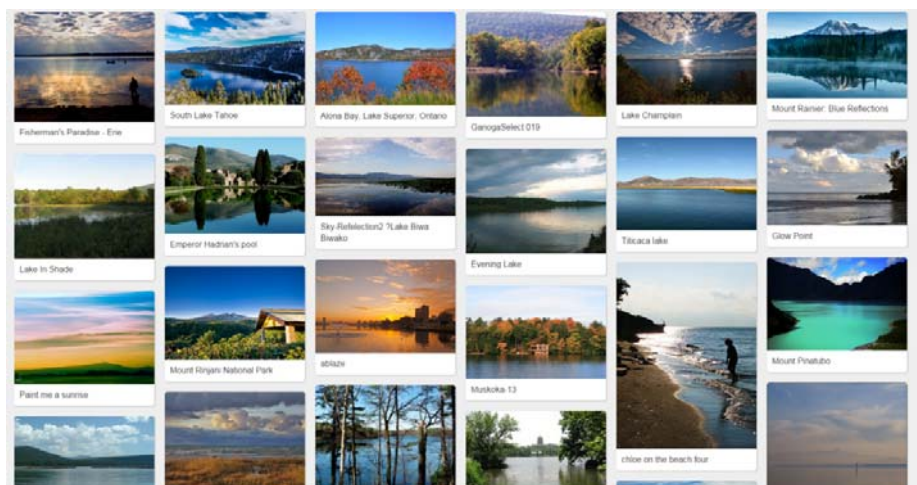


Figura 7: Rezultatele oferite de sistemul nostru pentru conceptul “lac”

Ca și în cele două cazuri de mai sus, Google ține cont de localizare și oferă imagini cu lacuri din România. Analizând pagina de rezultate oferite de Google am remarcat faptul că o parte din lacurile oferite ca rezultat se repetă, ele provenind de la utilizatori diferiți sau de pe pagini diferite.

Putem observa că, în toate cele trei cazuri rezultatele oferite de Google sunt asemănătoare cu imaginile obținute de către sistemul nostru în ceea ce

privesc conceptele descrise în imagini, sistemul nostru fiind însă direct corelat cu imaginile pe care le obținem interogând API-ul Flickr. Acest lucru înseamnă că, la un moment dat, deși YAGO returnează corect entitățile aflate în relație de hiponimie cu conceptul căutat, putem avea imagini care nu sunt relevante pentru căutarea noastră, dar prezintă cuvintele cheie pe care sistemul nostru le consideră a fi relevante pentru această căutare.

Pentru evaluarea sistemului, suntem interesați de două aspecte: cât de relevante sunt imaginile cu privire la interogarea scrisă de un utilizator și cât de diferite sunt imaginile între ele. Pentru testarea sistemului, am rulat mai multe interogări relative la categoriile mai sus menționate (persoană, loc, organizație) precum: jucător de tenis, muzician, actor, munte, lac, râu, muzeu, teatru ș.a. și am calculat două metrici pentru primele 100 de rezultate. Pentru evaluarea relevanței subsetului de rezultate, am folosit **precizia**, ce calculează procentul de rezultate corecte din cele returnate, iar pentru evaluarea diversității am folosit metrica **subtopic recall**, ce desemnează procentul de categorii acoperite din cele disponibile. Pentru scenariile rulate am obținut o medie de 0.9 pentru precizie și 0.8 pentru s-recall. În comparație cu Google, am putut observa că motul de căutare pentru imagini oferă o bună precizie (precizie care se micșorează atunci când există mai multe concepte în aceeași interogare i.e. jucător de tenis pe teren). Problema apare la disimilaritatea dintre rezultate. Dacă sistemul nostru oferă rezultate ce acoperă un număr mare de categorii (i.e. jucători de tenis din America, Franța, jucători de tenis de masă ș.a.), Google oferă rezultate referitoare la cele mai relevante entități (i.e. Roger Federer, Rafael Nadal, Simona Halep ș.a.).

Modulul de **reformulare a interogării** folosește o tehnică de prelucrare, care urmărește obținerea de noi concepte, care sunt în același timp eficiente dar și relevante în contextul operațiunilor de căutare de informație relevantă. Acest modul este foarte similar cu modulul responsabil cu analiza întrebării dintr-un sistem de tip întrebare-răspuns (Iftene et al., 2010). În cazul de față, ne confruntăm cu două probleme majore care apar atunci când un utilizator introduce o interogare: *aceasta nu este suficient de precisă*, ceea ce înseamnă că obținem prea multe rezultate, cele mai multe dintre ele fiind nerelevante sau *nu este suficient de abstractă*, ceea ce înseamnă că operația de căutare nu întoarce nici un rezultat. Aici, am avut două abordări: (1) *o tehnică globală*, care analizează elementele din interogare, cu scopul de a

descoperi relații între cuvinte (sinonimie, omonimie sau alte forme morfologice din WordNet), de a elimina cuvintele neimportante („o”, „un”, „la”, „pentru”, etc.), pentru a elimina cuvintele specifice unei întrebări („cine”, „ce”, „de ce”, „unde”, „enumerați”, etc.), precum și de a corecta greșelile de ortografie; (2) *o tehnică locală*, care presupune analiza rezultatelor obținute de interogarea inițială, ceea ce duce la re-ponderare cuvintelor din interogarea inițială și stabilirea de legături cu entitățile și relațiile care provin din ontologia asociată domeniului în care dorim să efectuăm căutarea.

#### 4. Interfața Aplicației

Aplicația propusă este un serviciu web format dintr-o fereastră principală (vezi Figura 8) ce conține o casetă text pentru introducerea interogării, un set de categorii în partea de sus și listă de rezultate în partea de jos, ce se încarcă o dată ce înaintăm în josul paginii. Utilizatorul are posibilitatea vizualizării tuturor imaginilor, poate selecta o imagine pentru a o mări și poate filtra rezultatele selectând categoria dorită. Această aplicație este ușor de folosit, prezentând caracteristicile unui motor de căutare obișnuit și cu care utilizatorii sunt obișnuiți.

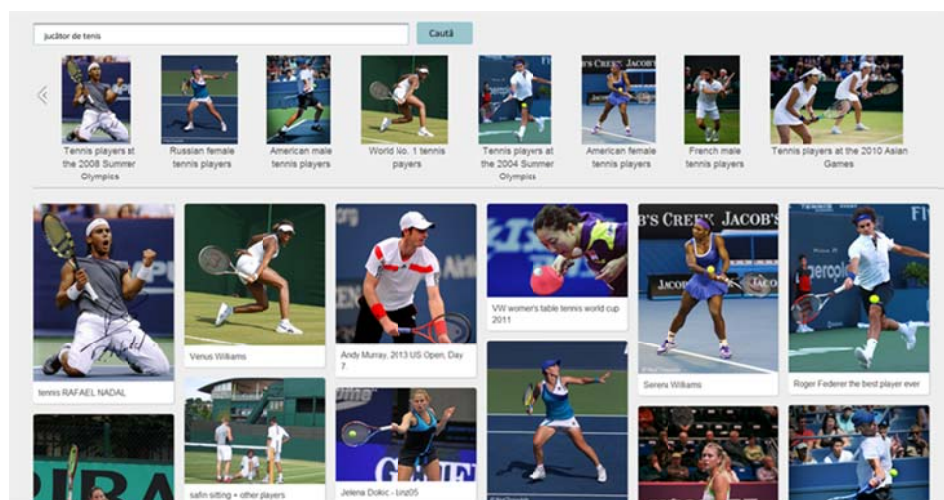


Figura 8 – Interfața aplicației de căutare

## 5. Concluzii

În lucrarea de față am prezentat activitatea noastră curentă în proiectul MUCKE. Lucrarea abordează problema diversificării într-un sistem de căutare de imagini. Pentru aceasta, pornind de la interogarea utilizatorului am realizat mai multe tipuri de procesări textuale și am identificat cuvinte semnalizatoare de entități de tip persoană, locație sau organizație. În cazul în care sunt identificate astfel de cuvinte, am folosit resursa YAGO pentru a obține mai multe instanțe ale interogării inițiale, cu ajutorul cărora am efectuat mai multe căutări în colecția noastră de imagini. După obținerea rezultatelor parțiale, am efectuat procesări de imagine pentru a crea grupuri de imagini similare.

Evaluarea sistemului arată ca aplicația propusă reușește să ofere rezultate care sunt atât relevante pentru interogarea propusă de utilizator, cât și diverse, reușind să ofere în primele rezultate documente ce acoperă număr mare de categorii (din cele propuse de YAGO). Ca muncă viitoare, dorim să extindem domeniile în care aplicația reușește să diversifice rezultatele și să calculăm relevanța rezultatelor și în funcție de localizarea utilizatorului.

## Mulțumiri

Mulțumim proiectului MUCKE (Multimedia and User Credibility Knowledge Extraction), de tip ERA-NET CHIST-ERA, numărul 2 CHIST-ERA/01.10.2012, care a susținut parțial munca de cercetare prezentată în această lucrare. De asemenea, mulțumim colegilor și studenților de la Facultatea de Informatică, care au fost implicați în diverse etape din dezvoltarea acestui proiect.

## Referințe

- Bierig, R., Șerban, C., Sirițeanu, A., Lupu, M., Hanbury, A. (2014) A System Framework for Concept- and Credibility-Based Multimedia Retrieval. In ICMR '14 Proceedings of International Conference on Multimedia Retrieval, pp. 543-550, Glasgow, Scotland, April 2014.
- Calegari, S., Pasi, G., GrOnto: A Granular Ontology for Diversifying Search Results. In IIR, pp. 59-63. 2010.
- Carbonell, J. G., Goldstein, J. (1998). The use of mmr, diversity-based re-ranking for reordering documents and producing summaries. SIGIR, pp. 335-336.
- Clarke, C. L. A., Kolla, M., Cormack, G. V., Vechtomova, O., Ashkan, A., Bttcher, S.,

- MacKinnon, I. (2008) Novelty and diversity in information retrieval evaluation., SIGIR (2008), pp. 659-666.
- Curtis, J., Cabral, J., Baxter, D. (2006). On the Application of the Cyc Ontology to Word Sense Disambiguation. In FLAIRS Conference, pp. 652-657.
- Drosou, M., Pitoura, A. (2010) Search result diversification. SIGMOD (2010), pp. 41-47.
- Ester, M., Kriegel, H. P., Sander, J., Xu, X. (1996) A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. In KDD-96, AAAI (1996), pp. 226-231.
- Hoffart, J., Suchanek, F., Berberich, K., Weikum, G. (2013). YAGO2: A spatially and temporally enhanced knowledge base from Wikipedia. Elsevier, Artificial Intelligence, Vol. 194 (2013), pp. 28-61.
- Gînscă, A. L., Boroș, E., Iftene, A., Trandabăț, D., Toader, M., Corîci, M., Perez, C. A., Cristea, D. (2011). Sentimatrix - Multilingual Sentiment Analysis Service. In Proceedings of the 2nd Workshop on Computational Approaches to Subjectivity and Sentiment Analysis (ACL-WASSA2011), Portland, Oregon, USA.
- Gollapudi, S., Sharma, A. (2009) An axiomatic approach for result diversification. WWW, pp. 381-390.
- Iftene, A., Alboaic, L. (2014) Diversification in an image retrieval system. IMCS-50. The Third Conference of Mathematical Society of the Republic of Moldova dedicated to the 50th anniversary of the foundation of the Institute of Mathematics and Computer Science. August 19-23, 2014, Chisinau, Republic of Moldova.
- Iftene, A., Sirițeanu, A., Petic, M. (2014) How to Do Diversification in an Image Retrieval System. In Proceedings of the 10th International Conference “Linguistic Resources and Tools for Processing the Romanian Language”, Craiova, pp. 153-162, 18-19 September 2014.
- Iftene, A., Trandabăț, D., Moruz, A., Pistol, I., Husarciuc, M., Cristea, D. (2010) Question Answering on English and Romanian Languages. In C. Peters et al. (Eds.): CLEF 2009, LNCS 6241, Part I (Multilingual Information Access Evaluation Vol. I Text Retrieval Experiments), Springer, Heidelberg, pp. 229-236.
- Setchi, R., Tang, Q. and Bouchard, C. (2009). Ontology-based concept indexing of images. Lecture Notes in Artificial Intelligence , pp. 293-300.
- Simionescu, R. (2011). Hybrid POS Tagger. In Proceedings of “Language Resources and Tools with Industrial Applications” Workshop (Eurolan 2011 summerschool).
- Șerban, C., Sirițeanu, A., Gheorghiu, C., Iftene, A., Alboaic, L., Breabăn, M. (2013) Combining image retrieval, metadata processing and naive Bayes classification at Plant Identification 2013. Notebook Paper for the CLEF 2013 LABs Workshop - QA4MRE, 23-26 September, Valencia, Spain
- Zheng, W., Wang, X., Fang, H., Cheng, H. (2012) Coverage-based search result diversification. Journal IR (2012), pp. 433-457
- Zheng, W., Fang, H., Yao, C. (2012) Exploiting concept hierarchy for result diversification. In Proceeding of CIKM (2012), pp. 1844-1848



Zhuge, H., Communities and emerging semantics in semantic link network: Discovery and learning. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering* (2009), pp. 785–799.