|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | UNIVERZITET U NOVOM SADU  PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET  DEPARTMAN ZA MATEMATIKU I INFORMATIKU |  |

**Indeksiranje i pretraživanje naučno-istraživačkih časopisa otvorenog pristupa**

* Master rad -

**Mentor: Student:**

**dr Miloš Savić Jovan Vučetić**

**Novi Sad, 2020. godine**

***Predgovor***

Informacije predstavljaju najvredniji resurs modernog društva. Njihovim prikupljanjem i organizacijom formira se znanje, potrebno za izvršavanje različitih radnji korisnih čoveku, zbog čega je pristup dobrom izvoru informacija veoma važan. Nastanak i razvoj interneta vremenom je doveo do toga da se veliki broj radnji koje čovek vrši u moderno doba može izvršiti putem interneta. Radnje koje čovek najčešće obavlja korišćenjem interneta su svakako komunikacija i pretraživanje podataka. Korišćenjem savremenih tehnologija čovek je danas u mogućnosti da veoma lako pristupi velikom broju podataka iz raznih oblasti. Internet je od svog nastanka do danas postao najveća baza znanja poznata ljudskoj istoriji, te danas sadrži neverovatno velike količine podataka, zbog čega razmenjivanje znanja ima tendenciju potpunog prelaska na internet. Podaci na internetu uglavnom se nalaze u nestruktuiranoj formi u kojoj nisu naročito značajni čoveku. Takođe, kako je broj podataka dostupnih na internetu prevelik za obradu od strane čoveka, veoma je važno postojanje sistema za pretraživanje podataka, kako bi čovek mogao pristupiti željenim podacima na jednostavan način. Sistemi za web pretraživanje su gotovo nezaobilazni deo interneta u današnjem svetu. Korišćenjem sistema za web pretraživanje čovek ima mogućnost brzog i jednostavnog pristupa bilo kojim podacima dostupnim na internetu. Sistemi web pretraživanja mogu imati opštu namenu, primer ovakvih pretraživača su Bing ili Google koji imaju mogućnost pretraživanja svih dostupnih podataka na internetu bez ikakvih domenskih ograničenja. Takođe postoje i mnogi sistemi pretraživanja koji su usmereni na određene domene podataka koji se pretražuju. Glavni zadatak sistema za pretraživanje informaija je prikupljanje podataka i njihovo struktuiranje. Ovim procesom od potataka se dobijaju informacije koje korisnik može iskoristiti. Takođe, važan zadatak sistema pretraživanje jeste omogućavanje pristupa tim informacijama na osnovu korisničkog upita. Oblast informatike koja se bavi ovim temama jeste pretraživanje informacija.

Pretraživanje informacija podrazumeva pronalazak podataka koji se nalaze u nestruktuiranoj formi, iz velikih kolekcija podataka, na osnovu određenog korisničkog upita. Drugim rečima pretraživanje informacija obezbeđuje predstavljanje, skladištenje, organizaciju i pristup informacijama [1]. Ova oblast informatike nudi mnoge tehnike za brzu računarsku pretragu velikog obima podataka i njihovo grupisanje i rangiranje na osnovu važnosti za korisnika. Na ovim tehnikama se zasnivaju svi moderni pretraživači, što definiše i sam način korišćenja interneta danas.

U ovom radu predstavljeni su osnovni koncepti pretraživanja informacija kroz teorijsko poglavlje, te je kroz implementaciju manjeg sistema pretraživanja demonstrirana primena ovih koncepata.

Ovaj rad sastoji se iz ukupno četiri poglavlja:

* Uvod
* Dizajn i implementacija
* Demonstracija i testiranje
* Zaključak

U prvom poglavlju ovog rada opisani su teorijski osnovi nekih od osnovnih tema kojima se pretraživanje informacija bavi, kao što su: prikupljanje nestruktuiranih podataka u vidu web stranica, skladištenje podataka u indeks fajlove, kao i pretraživanje indeksiranih podataka na osnovu korisničkog upita.

Pored teorijskog poglavlja, ovo istraživanje obuhvata i implementaciju web aplikacije za pretraživanje informacija o naučnim radovima objavljenih u časopisu otvorenog pristupa. U drugom poglavlju ovog rada biće prikazan dizajn i implementacija ove web aplikacije sa svim njenim značajnim delovima.

Treće poglavlje baviće se demonstracijom kreirane aplikacije, i prikazom svih njenih funkcionalnosti. Ovo poglavlje će objasniti način upotrebe aplikacije i prikazati neke od razultata značajnih za ovo istraživanje.

Zaključak ovog rada, kao i ideje za potencijalna proširenja, prikazani su u četvrtom, finalnom poglavlju.

*Ovom prilikom želim da izrazim veliku zahvalnost dr Milošu Saviću, na prenetnom znanju u toku školovanja, kao i na velikoj pomoći prilikom izrade ovoga rada.*

*Zahvaljujem se i porodici i prijateljima na velikoj podršci u dosadašnjem školovanju.*

* **Uvod**

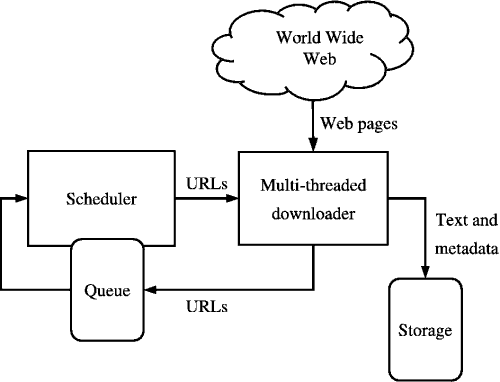
Pretraživanje informacija u savremenom svetu predstavlja jednu od najpopularnijih oblasti istraživanja. Kreiranje brzog i jednostavnog sistema za pretraživanje podataka koji se nalaze u nestruktuiranoj formi na webu predstavlja veliki izazov. Proces kreiranja ovakvog sistema za pretraživanje može se podeliti u tri glavne faze:

* Prikupljanje podataka
* Skladištenje prikupljenih podataka
* Pretraživanje podataka i njigovo rangiranje na osnovu korisničkog upita

Svaka od ove tri faze postavlja posebne izazove, koje je potrebno savladati kako bi se uspešno kreirao sistem za pretraživanje informacija. U nastavku ovog poglavlja objašnjeni su izazovi svake od ovih faza, kao i teorijski osnovi za rešenje problema koje te faze postavljaju.

* **Prikupljanje podataka**

World wide web predstavlja najveći izvor znanja poznat ljudskoj istoriji, te se kao takav najčešće koristi za prikupljanje podataka svih vrsta. Podaci na webu se najčešće nalaze u nestruktuiranim oblicima, kao što su tekstualni članci predstavljeni u formi web stranica koje za cilj imaju da podatke predstave korisniku na način koji će za čoveka biti intuitivan. Ipak kada je u pitanju rad sa velikim obimom podataka koje prikuplja i obrađuje računar, ovaj način predstavljanja podataka nije naročito pogodan. Ipak, kako struktuirani grupisani podaci nisu uvek dostupni za prikupljanje, prikupljanje podataka sa web stranica predstavlja jedini mogući izbor. Najčešća tehnika u prikupljanju podataka sa web stranica jeste korišćenje web crawler komponenti. Ove komponente koriste grafovsku strukturu world wide weba u cilju omogućavanja pretrage međusobno povezanih stranica bez ljudske interakcije. Suština web crawler komponente jeste pretraga html sadržaja web stranica iz kojeg je moguće prikupiti tražene podatke, kao i linkove ka daljim stanicama od interesa. Pretraga web sadržaja korišćenjem web crawlera može biti uopštena ili fokusirana na određeni opseg stranica. Opšta pretraga je proces koji najčešće vrše sistemi pretrage kao što su Google ili Bing. Jedna od najvažnijih osobina dobrog web pretraživača jeste rangiranje stranica prema njihovoj važnosti. Pionir ove oblasti bila je upravo kompanija Google koja je uvela inovacije u sve pretraživanja informacija korišćenjem Page Ranka, algoritma za određivanje „važnosti“ stranice na osnovu njenog položaja u usmerenom web grafu. Kada je u pitanju uopštena pretraga weba koju vrše sistemi za pretraživanje, web crawler komponenta analizira sve dostupne stranice na webu, te ih rangira prema važnosti. Ovaj proces se razlikuje kada je u pitanju usmerena pretraga. Ovakav tip pretrage fokusiran je na određeni domen znanja, kao što je jedan skup web stranica u okviru nekog web sajta. Web crawler komponenta ima za cilj pristupanje skupu međusobno povezanih stranica korišćenjem nekog od algoritama za obilazak grafova, kao i prikupljanje značajnih podataka tokom njihovog obilaska. Na slici 1.1.1. moguće je videti pojednostavljenu arhitekturu web crawler komponente.



Slika 1.1.1. Arhitektura web crawler komponente [1]

Kao što je moguće videti na slici web crawler sastoji se iz nekoliko osnovnih delova. Web crawler najčešće koristi više procesa prilikom preuzimanja i analize html stranica kako bi se sama pretraga ubrzala. Deo koji vrši preuzimanje i analizu html sadržaja stranicama na slici je označen kao „Multi-threaded downloader“. Kako bi se ovi procesi preuzimanja i skladištenja uspešno orkestrirali potrebana je komponenta koja ih pokreće i dodeljuje im linkove ka stranicama koje je potrebno posetiti, ova komponenta na slici je označena kao „Scheduler“. Takođe web crawler mora sadržati queue, odnosno kolekciju linkova ka stranicama koje je potrebno posetiti. Takođe, preporučeno je i korišćenje kolekcije stranica koje su već posećene kako bi se izbeglo posećivanje stranica koje su već posećene, što može izazvati i zaglavljivanje web crawlera u slučaju pojave konture u web grafu. Poslednji deo web crawler komponente jeste skladište podataka izvučenih za vreme analize prikupljenih web stranica.

Proces web pretraživanja započinje određivanjem skupa početnih stranica za obilazak. Prilikom ovog koraka je najvažnije pažljivo odabrati stranice iz kojih se putem linkova može stići do što većeg broja drugih stranica od značaja. Važnost ovog koraka se ogleda u tome da ukoliko se odabir početnih tačaka pretraživanja ne izvrši na adekvatan način, celokupno pretraživanje može biti neuspešno. Prilikom posete svake stranice, njen link se najpre prebacuje iz skupa neposećenih u skup posećenih stranica, nakon čega se sa stranice preuzimaju svi potrebni podaci. Poslednji korak koji se obavlja na svakoj stranici je izvlačenje linkova ka ostalim stranicama, i njihovo smeštanje u kolekciju neposećenih ukoliko stranice na tim linkovima već nisu posećene. Kraj procesa web pretraživanja nastupa u trenutku kada kolekcija neposećenih linkova više ne sarži ni jedan element, ili se ovaj proces prekine od strane orkestratora.

Kako bi web crawler komponenta imala smisao, potrebno je implementirati segment za analizu html sadržaja web stranice, kao i parsiranje podataka sa iste. Prilikom posete svake od stranica komponenta zadužena za prikupljanje podataka izvršava tri koraka: pristupanje traženim html elementima, parsiranje vrednosti elemenata u podatke i struktuiranje i čuvanje podataka. Kada su u pitanju prva dva koraka, oni uveliko zavise od same html strukture stranice, što je veoma često najveći izazov prilikom implementacije komponenti za prikupljanje podataka. Kako bi pravilno prikupljanje podataka sa web stranice bilo moguće, sama stranica mora imati jasno definisanu strukturu. Takođe kako bi se omogućilo lakše preuzimanje podataka, web stranice često koriste identifikacione html atribute kao što su id ili data atributi, pomoću kojih web crawler komponente mogu direktno pristupiti željenim html elementima i njihovim vrednostima. Nakon prikupljanja traženih podataka sa stranice, poslednji korak jeste struktuiranje i čuvanje istih. Ovaj proces počinje dizajnom strukture podataka, koja zavisi od samog cilja istraživanja. Ove strukture podataka često se nazivaju i modeli. Modeli u svojoj strukturi sadrže atribute čije vrednosti bivaju određene na osnovu prikupljenih podataka iz prethodnih koraka. Prilikom kreiranja modela, potrebno je dodeliti vrednost svim atributima koji su dostupni i neophodni za dalje istraživanje. Nakon što su novi podaci prikupljeni i struktuirani u modele, najčešća praksa jeste njihovo skladištenje, kako bi se omogućio kasniji pristup bez potrebe za ponovnom analizom web sadržaja.

Kao što je moguće videti iz prethodnih nekoliko pasusa, upotreba web crawler komponenti je veoma prost ali efikasan način pravilnog prikupljanja podataka koji se nalaze u formatu web stranica. Korišćenjem pogodnosti koje ova tehnika prikupljanja podataka pruža, nestruktuirani podaci sa weba se na jednostavan način mogu prikupiti i struktuirati, kako bi bili spremni za skladištenje i dalju upotrebu.

* **Skladištenje podataka**

Prilikom implementacije sistema za pretraživanje informacija veoma je važno pronaći adekvatan način skladištenja podataka. Kada je implementacija ovakvih sistema u pitanju, korišćenje klasičnih relacionih baza podataka često nije najbolja opcija. Razlog ovome jeste činjenica da su korisnički upiti, kao i sami podaci vrlo često nestruktuirani i nepotpuni, te nisu pogodni za skladišta podataka kao što su relacione baze. Takođe kod sistema za pretraživanje informacija veoma je važno rangiranje rezultata prema važnosti za korisnika, što nije moguće korišćenjem baza podataka. Kako bi se ove prepreke zaobišle pretraživači često koriste indekse, specijalne strukture podataka koje omogućavaju brzo pretraživanje podataka. Ove strukture podataka omogućavaju skladištenje nestruktuiranih podataka kao što su tekstualni podaci, i njihovo pretraživanje na osnovu korisničkog upita, koji ne mora biti potpun niti tačan kako bi se pretraživanje uspešno izvršilo. Skladištenje podataka u indeks zasniva se na takozvanim indeks termovima, odnosno ključnim rečima. Prilikom indeksiranja podataka, nad njihovim tekstom je moguće vršiti različite transformacije koje mogu služiti optimizaciji pretraživanja i rangiranju rezultata. Ove transformacije mogu obuhvatati uklanjanje dijalekata, delova teksta koji služe za formatranje, veznika, kao i svođenje reči na njihov koren i slično. U slučaju izvršavanja ovakvih transformacija veoma je važno primeniti iste i na svaki korisnički upit, kako bi se pretraga zaista optimizovla. Rezultati pretrage indeks fajlova su dokumenti, koji se rangiraju prema važnosti za korisnički upit. Ovakav format skladištenja podataka u svetu savremenih tehnologija vrlo često je povezan sa mašinskim učenjem, koje za cilj ima unapređivanje korisničkog iskustva brzinom pretrage i relevantnošću vraćenih rezultata. Postizanje ovog cilja korišćenjem mašinskog učenja zasniva se na automatizovanoj klasifikaciji i klasterizaciji dokumenata, kao i automatizovanom izvlačenju podataka i njihovom rangiranju na osnovu korisničkog upita. Takođe oblast nauke s kojom se ovakav tip skladištenja podataka bavi jeste procesiranje prirodnih jezika. Upotreba ove oblasti zasniva se na sintaksnoj i semantičkoj analizi teksta koji se indeksira. Ova analiza omogućava premošćavanje određenih pojava u jezicima koje mogu negativno da utiču na pretragu, kao što su na primer sinonimi ili homonimi. Takođem ovakva vrsta analize omogućava autokorekciju eventualnih grešaka u rečima korisničkog upita, kao i dopunjavanje upita na osnovu konteksta.

Proces indeksiranja obuhvata prijem podataka za indeksiranje, kreiranje dokumenata, njegovo popunjavanje na osnovu ključnih reči i na kraju smeštanje kreiranih dokumenata u indeks. Prvi korak u indeksiranju započinje kada komponenta za indeksiranje dobije ulazni podatak ili skup podataka. Nakon toga sledi kreiranje dokumenta, koji predstavlja strukturu za skladištenje podataka kada su u pitanju indeks strukture. Ukoliko je ulazni parametar indeksiranja sadrži kolekciju podataka, najčešća praksa jeste kreiranje dokumenta za svaki od elemenata tog skupa. Sledeći korak jeste popunjavanje dokumenata na osnovu ulaznog parametra i ključnih reči. Prilikom popunjavanja dokumenta moguće je dodeliti jednu ili više ključnih reči na osnovu kojih je moguća kasnija pretraga. Svaka ključna reč uz sebe ima određene vrednosti koje mogu biti različitog tipa. Ovaj tip skladištenja veoma podseća na skladištenje informacija u strukturama podataka kao što su mape. Nakon što se dokument kreira on biva smešten u indekser. Indekser koji za cilj ima kreiranje indeks fajlova i smeštanje dokumenata u iste. Indekser takođe u zavisnosti od svoje konfiguracije može vršiti različite operacije nad dokumentima u cilju optimizacije kasnije pretrage. Nakon što se indeks fajlovi kreiraju oni su otvoreni za pretraživanje dokumenata na osnovu prethodno definisanih ključnih reči.

* **Pretraživanje podataka i njihovo rangiranje na osnovu korisničkog upita**

Nakon što se indeks fajlovi kreiraju poslednji korak jeste omogućavanje pretrage podataka na osnovu korisničkog upita. Kada je pretraga podataka u pitanju najveći izazov jeste predviđanje relevantnosti dokumenta na osnovu korisničkog upita. Kroz istoriju pretraživanja informacija korišćene su razne vrste IR modela. Ovi modeli definišu kako su upiti i dokumenti struktuirani kao i kako se određuje relevantnost dokumenata.

Osnovni IR model jeste boolean model. Ova vrsta IR modela se zasniva na binarnoj relevantnosti dokumenata. Ovo znači da dokument može biti samo relevantan ili irelevantan, što zavisi od korisničkog upita. Ovaj model omogućava konstrukciju korisničkog upita na osnovu termova, odnosno reči koje se pretražuju, kao i logičkih operatora I, ILI i NE. Korišćenjem termova i logičkih operatora korisniku se omogućava kreiranje korisničkog upita, koji za rezultat ima sve one dokumente koji zadovoljavaju taj upit. Ipak uprkos svojoj efikasnosti, pretraživanje informacija korišćenjem boolean IR modela ima mnogobrojne nedostatke. Osnovni problem ovog modela pretraživanja jeste sama binarna relevatnost dokumenta, koja onemogućava da neki dokumenti budu relevantniji od drugih na osnovu upita. Iz ove činjenice takođe proizilazi da su svi relevantni dokumenti jednaki, te da korisnik nema uvid u to koji od ponuđenih dokumenata može biti od najveće koristi bez pregledanja kompletnog dokumenta. Pored ovoga, jedna od velikih mana ovog modela pretraživanja jeste činjenica da su rezultati pretrage često preveliki ili premali, što u oba slučaja uzrokuje loše korisničko iskustvo sa sistemom pretrage. Takođe još jedna od mana ovakvog pristupa jeste činjenica da se upiti u boolean IR modelu moraju predstaviti kao logički izrazi, što otežava prepreku korisnicima koji nemaju znanje o logičkim izrazima. Zbog ove činjenice ostaje odgovornost programera da omogući korisnicima pretragu korišćenjem prirodnog jezika, koji potom biva preveden u logički izraz pre samog čina pretrage. Zbog svih navedenih mana koje boolean model ima, dolazi do potrebe za novim IR modelom koji omogućava rangirano pretraživanje korišćenjem prirodnog jezika za konstrukciju korisničkog upita.

Rangirano pretraživanje predstavlja unapređenu verziju prvobitnog boolean pretraživanja. Osnovni princip ove vrste pretraživanja jeste ocenjivanje relevantnosti dokumenta na osnovu korisničkog upita. Vrednost relevantnosti dokumenta u ovakvom načinu pretraživanja više nije binarna, već se može kvantitativno odrediti. Ova činjenica unapređuje korisničko iskustvo u mnogim sferama. Najvažnija prednost ovakvog pristupa jeste mogućnost sortiranja rezultata pretrage po njihovoj relevantnosti. Osim toga, ovaj pristup rešava i problem prevelikog broja vraćenih rezultata, tako što omogućava vraćanje tačno određenog broja najznačajnijih dokumenata. Takođe ovakav način pretrage podržava i pretragu na osnovu korisničkog upita koji se piše u prirodnom jeziku, što takođe veoma unapređuje korisničko iskustvo, ali i uklanja odgovornost sa programera kada je u pitanju prevođenje upita u logički izraz. Mera relevantnosti dokumenta u pretraživanju informacija najčešće se naziva skor. Određivanje skora predstavlja jedan od najvećih izazova kada je u pitanju rangirano pretraživanje. Računanje skora vrši se za svaki dokument posebno na osnovu nivoa poklapanja sa unetim korisničkim upitom. Osnovni pristup kalkulaciji relevantnosti jeste upotreba statističke relevantnosti, odnosno korišćenje učestalosti pojave termova iz upita u samom dokumentu. Ova mera relevantnosti je veoma intuitivna, jer je dokument u kome se često pojavljuju ključne reči iz upita gotovo sigurno važan za korisnika. Mana ovog pristupa jeste činjenica da značaj dokumenta srazmerno raste sa brojem pojavljivanja terma iz upita u posmatranom dokumentu. Ovo znači da će dokument u kome se term iz upita pojavljuje pet puta, biti pet puta važniji od dokumenta u kome se isti term pojavljuje samo jednom, što ne predstavlja optimalni rezultat pretrage. Kao bolja alternativa ovom načinu računanja skora postoji log frekvencija. Ovaj način zasniva se na tome da se skor dokumenta za term frekvenciju računa kao:

Ovaj unapređeni način se sada može koristiti za računanje skora tako što se za računa suma „težina“ svih termova u upitu i dokumentu.

**Dizajn i implementacija – Uvod**

Tokom ########### poglavlja ovog rada, prikazana je i objašnjena arhitektura i implementacija web aplikacije za prikupljanje, indeksiranje i pretraživanje podataka o naučnim časopisima otvorenog tipa.

Ovaj sistem kreiran je iz dve glavne komponente: servera, koji je implementiran kao aplikacioni programski interfejs (API) i klijentske web aplikacije koja konzumira serverski API. Za potrebe implementacije serverske strane, korišćeno je Java razvojno okruženje Spring Boot. Glavni razlog korišćenja ovog razvojnog okruženja je njegova jednostavnost, kao i činjenica da je baziran na Java programskom jeziku, što omogućava korišćenje velikog broja open source biblioteka zasnovanih na tom programskom jeziku. Prilikom implementacije klijentske aplikacije korišćen je Angular 8, TypeScript razvojno okruženje. Odabir ove tehnologije je veoma prirodan ako se u obzir uzme da su web aplikacije današnjeg doba izrazito okrenute modernim razvojnim okruženjima za kreiranje klijetskih web aplikacija, kao što su Angular, React, VueJS i slični. Angular je zbog svoje jednostavnosti i veoma kvalitetno napisane dokumentacije veoma često prvi izbor prilikom kreiranja modernih single page aplikacija (SPA).

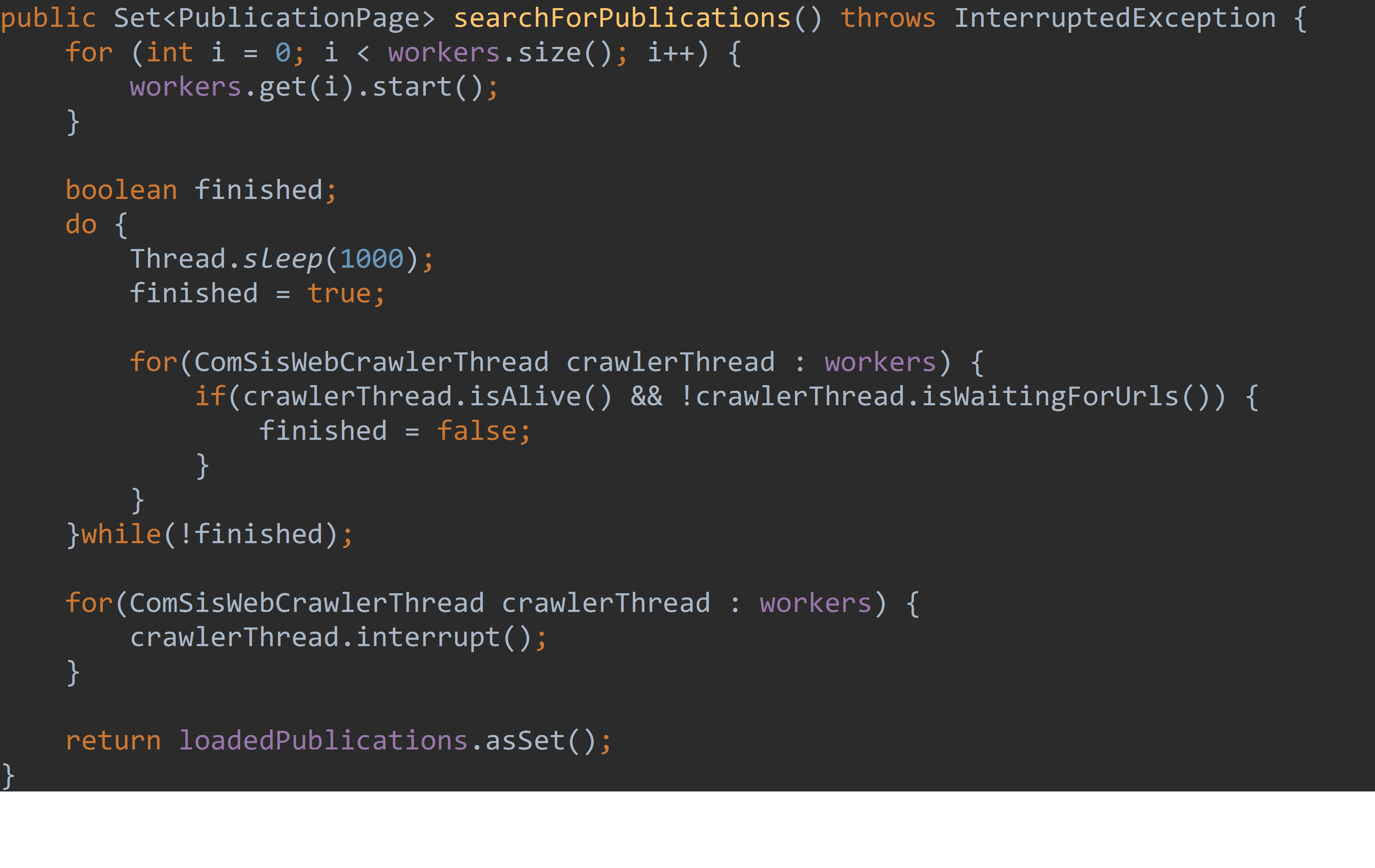
Podaci

Za potrebe ovog istraživanja korišćeni su podaci o časopisima prikupljeni iz arhive časopisa Computer Science and Information Systems (ComSIS) [Ref]. ComSIS je naučni časopis otvorenog tipa koji objavljuje originalne naučne radove kako teorijskog, tako i komercijalnog odnosno industrijskog tipa, na temu računarskih nauka. Kako ovaj ovaj časopis ne nudi otvoren pristup skladištu podataka u vidu aplikacionog programskog interfejsa (API), jedini način pristupa podacima o naučnim radovima objavljenim u ovom časopisu jeste korišćenje web crawler komponente, koja je opisana u kasnijoj fazi ovog rada. Arhiva ovog naučnog časopisa predstavljena je kao jedna web stranica, koja u svom sadržaju poseduje linkove ka stranicama brojeva časopisa. Stranice brojeva časopisa u svom sadržaju poseduju linkove ka svim naučnim radovima objavljenim u tom broju časopisa. Sama web stranica naučnog rada prikazana je na slici (x.x). Kao što je moguće videti na slici web stranica na kojoj je predstavljen naučni rad, sadrži potake o naslovu rada, autorima, apstraktu kao i ključnim rečima u radu. Pored ovoga, stranica sadrži podatke i o godini u kojoj je rad objavljen, kao i link za preuzimanje kompletnog rada u vidu PDF dokumenta. Svi ovi podaci korišćeni su u fazi indeksiranja podataka o naučnim radovima.

**Dizajn i implementacija – Prikupljanje podataka**

Početna tačka ovog istraživanja jeste prikupljanje podataka o naučnim radovima. Za potrebe ovog rada podaci su prikupljani iz arhive časopisa Computer Science and Information Systems (ComSIS) [Ref]. Kako bi ovu komponentu bilo moguće implementirati najpre je potrebno utvrditi samu strukturu web sajta, kao i utvrditi skup početnih stranica sa kojih se pretraga može izvršavati. Nakon kraće analize ComSIS web sajta, moguće je uvideti jasnu i pravilnu strukturu linkovanja prikazanu na slici x.1. Nakon osvrta na strukturu sajta nameće se jasan zaključak da je najbolja početna tačka za komponentu pretraživanja stranica arhive časopisa, jer je sa te stranice putem linkova moguće pristupiti svim ostalim stranicama od interesa.

Sama struktura web crawler komponente prikazana je na slici x.2. Kao što je moguće videti na dijagramu kalasa sa slike, konstruisan je interfejs PublicationsWebCrawler namenjen za korišćenje od strane eksternih komponenti. Klasa *ComSisPublicationWebCrawler* predstavlja implementaciju ovog interfejsa, i kako je propisano interfejsom sadrži samo jedan metod *searchForPublications* koja za cilj ima inicijalizaciju procesa za pretragu i njihovo upravljanje. Prilikom vršenja ovog istraživanja klasa *ComSisPublicationWebCrawler* konfigurisana je da inicijalizuje deset procesa pretraživanja koji se paralelno izvršavaju. Prilikom inicijalizacije ova klasa kreira instance skupa posećenih stranica, skupa parsiranih publikacija kao i red opsluživanja stranica koje tek trebaju biti posećene. Ova tri polja su veoma važa zbog toga što se prosleđuju svim procesima pretraživanja koji ih potom koriste za skladištenje izvučenih podataka i određivanje završetka pretrage. S obzirom na činjenicu da su ova tri polja deljena na nivou više procesa, veoma je važno da strukture podataka koje se koriste budu sinhronizovane, odnosno da se onemogući pristup strukturi od strane više procesa istovremeno. Klasa *ComSisPublicationWebCrawler* startuje deset instanci klase *ComSisWebCrawlerThread* i pokreće ih svake sekunde. Razlog zbog koga se nakon svake iteracije proces zaustavlja na jednu sekundu je zbog usporavanja slanja http zahteva. Ovaj korak je veoma važan jer u slučaju kreiranja prevelikog broja zahteva u kratkom vremenskom periodu, često dolazi do preopterećenja servera. Takođe mnoge web aplikacije poseduju zaštitu od ovakvog tipa „napada“, što rezultuje blokiranjem zahteva sa određene IP adrese. Takođe nakon svake od iteracija potrebno je proveriti da li je proces pretrage završen. Ovaj podatak se računa tako što program iterira kroz sve instance klase *ComSisWebCrawlerThread* i proverava da li je pretraga za njih završena. Ukoliko su svi procesi pretrage završeni, skup prikupljenih modela vraća se korisniku. Implementacija ovog procesa prikazana je na listingu x.3



Centralna klasa web crawler komponente jeste *ComSisWebCrawlerThread.* Ova klasa nasleđuje je naslednica klase *java.lang.Thread*, što omogućava objektima ove klase da izvršavaju kod paralelno sa drugim procesima istog ili drugog tipa. Ovakav pristup je veoma pogodan kada je u pitanju pretraživanje web sajtova koji često mogu biti veoma obimni, stoga se korišćenjem paralelne obrade stranica značajno skraćuje vreme pretraživanja sajta. Klasa *ComSisWebCrawlerThread*  sadrži *run* metod koji pokreće proces učitavanja web stranica i njhovo analiziranje i parsiranje. Prilikom poziva ovog metoda proces ulazi u beskonačnu petlju i na taj način omogućava da se proces izvršava dokle god ne bude prekinut od strane klase koja ga je pokrenula. U svakoj iteraciji ove petlje objekat najpre proverava red opsluživanja koji sadrži objekte klase *WebPageData*. Svaki od ovih objekata sadrži link ka stranici koja do sada nije posećena, kao i nivo na kojoj se ta stranica nalazi. Ukoliko ovaj red nije prazan sa njega će biti preuzet prvi objekat klase *WebPageData*, i na osnovu njegovog linka biće upućen zahtev za preuzimanje html sadržaja web stranice. Za potrebe ovog istraživanja preuzimanje html sadržaja vršeno je pomoću javine biblioteke Jsoup. Glavna klasa ove biblioteke takođe sadrži naziv *Jsoup* ona omogućava preuzimanje html sadržaja u formi objekta clase *Document*, koja je takođe deo ove biblioteke. Poslednji korak svake iteracije jeste procesiranje dokumenta, koje izvršava klasa *DocumentProcessor* na osnovu prosleđenog dokumenta kao i nivoa na kome se nalazi stranica koja je učitana. Kako bi se omogućilo prekidanje procesa nakon završetka pretrage, *ComSisWebCrawlerThread* sadrži metod isWaitingForUrls, koji vraća vrednost true ukoliko proces pokušava da dobavi sledeći objekat klase *WebPageData* iz reda opsluživanja.

*DocumentProcessor* je klasa zadužena za procesiranje html dokumenata. Ova klasa sadrži statički metod *processDocument* koji kao ulazne parametre prima html dokument, kao i nivo na kome se taj dokument nalazi. Na osnovu prosleđenog nivoa procesor odlučuje o načinu parsiranja dokumenta. Ilustracija ovog procesa odlučivanja prikazana je na slici x.x. Kao što je moguće videti na slici klasa *DocumentProcessor* sadrži tri metoda za parsiranje html dokumenta. Metod *loadIssues* koristi se prilikom obrade web stranice arhive časopisa. Ovaj metod sa html dokumenata prikuplja sve linkove koji odgovaraju formatu linkova ka brojevima časopisa, i potom na osnovu njih kreira nove instance klase *WebPageData* koje se potom smeštaju u red linkova koji još nisu posećeni. Metod *loadPublications* poziva se kada je dubina na kojoj se stranica nalazi jednaka broju jedan. Ovaj metod se izvršava skoro potpuno isto kao i prethodni. Prilikom pozivanja ovog metoda, sa stranice se parsiraju svi linkovi koji odgovaraju formatu linkova ka stranicama sa naučnim radovima, i na osnovu njih se kao i u prošlom slučaju kreiraju novi objekti tipa *WebPageData* koji se smeštaju u red opsluživanja. Kada je dubina stranice jednaka 2, unutar klase *DocumentProcessor* poziva se metod *extractPublicationData.* Prilikom poziva ovog metoda prvi korak koji se izvršava jeste pronalaženje vrednosti unutar html elemenata na osnovu unapred dodeljenih selektora, nastalim analizom html sadržaja stranica na kojima se nalaze publikacije. Sledeći korak koji se izvršava u okviru ovog metoda jeste kreiranje objekta klase *PublicationPage* na osnovu prikupljenih atributa, nakon čega se kreirani objekat smešta u kolekciju prikupljenih modela deljenu na nivou svih *ComSisWebCrawlerThread*  procesa.

Nakon završetka pretraživanja web stranica svi web crawler procesi bivaju prekinuti od strane objekta klase *ComSisPublicationWebCrawler.* Poslednji korak glavnog procesa jeste vraćanje kolekcije sa objektima klase *PublicationPage,* popunjene modelima prikupljenih sa web stranica. Klasa *PublicationPage* sadrži neprilagođene podatke o naučnom radu, koji se moraju prilagoditi ili dopuniti kako bi bili pogodni za kasnije čuvanje i indeksiranje.

Nakon što klasa *IrPublicationService* od web crawler komponente dobije skup objekata *PublicationPage*, svaki se dodatno obrađuje i pretvara u instancu klase *PublicationData.* Glavni razlog za ovu konverziju jeste činjenica da se podaci sakupljeni prilikom procesa pretrage ne nalaze u formatu koji je pogodan za skladištenje. Najbolji primer ovoga jeste sekcija autora kao i sekcija sa afilijacijama i email adresama autora. Kao što je moguće videti na slici x.x, spisak autora je odvojen od sekcije sa njihovim afilijacijama, te je prostom selekcijom html elemenata stranice nemoguće povezati autore sa odovarajućom afilijacijom. Kako bi se ovaj problem prevazišao korišćena je klasa *AuthorsPageDataParser* koja najpre otklanja ostatke html tagova iz samih vrednosti nakon čega na osnovu spiska autora i njihovih referenci, za svakog autora kreira servisni model koji sadrži podatke o imenu autora, njegovoj email adresi i njegovoj afilijaciji. Drugi proces dopunjavanja podataka jeste konstruisanje url-a za preuzimanje dokumenta kombinovanjem adrese sajta dobijene iz konfiguracije i relativne putanje za preuzimanje dobijene sa stranici prilikom prikupljanja podataka.

Nakon što su svi podaci uspešno prikupljeni i parsirani sledi njihovo čuvanje u bazu podataka. Prilikom implementacije ovog projekta korišćena je PosgreSQL baza podataka. Glavni razlog korišćenja baze podataka umesto direktnog indeksiranja jeste mogućnost dobavljanja podataka iz više različitih izvora pre samog procesa indeksiranja, kao i skladištenje podataka u slučaju potrebe za ponovnim indeksiranjem podataka.