

УДК 004.657

Д. М. Скачков, О. Л. Жижимов

*Институт вычислительных технологий СО РАН
пр. Акад. Лаврентьева, 6, Новосибирск, 630090, Россия*

daniel.skachkov@gmail.com, zhizhim@mail.ru

**МЕТАПОИСКОВАЯ МАШИНА
ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКО-ВРЕМЕННОГО ПОИСКА
В ДОКУМЕНТО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**

Описывается технология реализации географическо-временного поиска информации в так называемых документо-ориентированных информационных системах, т. е. в информационных системах, которые предназначены для хранения и обработки данных в форме текстовых документов. Особенностью данной технологии является то, что отсутствует необходимость изменять внутреннее устройство информационной системы для реализации в ней географического поиска, так как поиск реализуется за счет внешней метапоисковой машины.

Дается описание реализации поиска информации с помощью приведенной технологии, модуля ретроспективного геокодирования для сервера ZooPARK-ZS. Описывается полный цикл обработки поисковых географическо-временных запросов на сервере.

Ключевые слова: метапоисковая машина, географический поиск, ретроспективный поиск, ретроспективное геокодирование, электронные библиотеки, сервер ZooPARK-ZS.

Рассматриваются информационные системы, ориентированные на работу с документами и метаданными физических объектов. Под документом будем понимать документ, зафиксированный на электронном носителе в виде набора символов, снабженный идентификатором и метаданными, и предназначенный для передачи во времени и пространстве с использованием средств вычислительной техники и электросвязи с целью хранения и общественного использования. Метаданные физических объектов также будем технически относить к документам. К информационным системам, ориентированным на работу с документами, относятся, например: электронные каталоги, базы данных научно-технической информации, архивы с информацией о цифровых и нецифровых объектах, цифровые репозитории и т. п. С момента появления таких информационных систем и до настоящего момента одной из важнейших функций документо-ориентированных информационных систем является поиск информации. Для осуществления поиска информации необходим инструмент описания информационной потребности пользователя. Таким инструментом являлся и является текстовый поисковый запрос. В документо-ориентированных информационных системах использование текстовых поисковых запросов – наиболее ожидаемое решение, так как большая часть информации в них хранится в текстовом виде.

Изначально поиск посредством текстового поискового запроса производился простым сравнением слов запроса и документа, и релевантными запросу считались документы, в которых было найдено точное совпадение либо совпадение по регулярному выражению. Затем, с развитием информационных технологий и ростом массивов данных, стал использоваться подход с использованием вспомогательной информации, называемой метаданными, когда можно было не производить поиск по всему тексту документа, а искать только по относи-

Скачков Д. М., Жижимов О. Л. Метапоисковая машина для осуществления географическо-временного поиска в документо-ориентированных информационных системах // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: Информационные технологии. 2014. Т. 12, вып. 3. С. 124–131.

тельно небольшому блоку атрибутов. Стали появляться подходы с использованием специальных словарей – тезаурусов, в которых содержалась информация о связях между отдельными понятиями (терминами, статьями), которые помогали искать не только по точному совпадению слов, но и по их семантическим связям – по синонимам, по более частным и более общим понятиям. Тезаурусы в задачах информационного поиска посвящены работы Н. В. Лукашевич [1], В. Д. Соловьева [2], А. М. Елизарова [3], Е. В. Биряльцева [4] и др. Также тезаурусы упоминались в более ранних работах, посвященных поиску: С. Mooers [5], G. Salton [6]. Именно с тезаурусов начались попытки в процессе поиска использовать не синтаксическую составляющую документов, а смысловую. Одной из последних работ в данной области является работа Ю. И. Шокина, А. М. Федотова, В. Б. Барахнина «Проблемы поиска информации» [7].

Однако не любую информационную потребность человека оптимально представлять в виде текстового запроса. Рассмотрим проблему использования географических признаков информации при поиске в электронных библиотеках, которая была описана в работах О. Л. Жижимова и Н. А. Мазова [8; 9]. Например, если нам нужно найти документы, в которых идет речь о Новосибирской области как географическом регионе, и мы используем текстовый запрос «Новосибирская область», то результаты поиска будут неполными, ведь в Новосибирской области находится множество географических объектов, у которых есть одно или несколько названий, причем эти названия еще и изменялись с течением времени. Поэтому если мы хотим найти документы, так или иначе относящиеся к Новосибирской области, то нам понадобится составить огромных размеров текстовый поисковый запрос, содержащий названия всех географических объектов, находящихся на территории Новосибирской области, да еще и с учетом исторических изменений этих названий и особенностей русского языка. Дела обстоят еще сложнее, если интересующий географический регион не является цельным в административном смысле, например, Байкальская природная территория, которая находится частично в Иркутской области и Республике Бурятия. Сформировать такой запрос в текстовом виде очень затруднительно. Гораздо более понятным способом формирования запроса, связанного с географическими объектами, является использование современных картографических сервисов, таких как Google Maps¹, посредством API, позволяющего встраивать Google Maps в сторонние приложения². Такой сервис может предоставить координаты географического региона в виде набора точек. Но получить контур интересующего географического региона недостаточно, ведь целевые информационные системы не являются географическими информационными системами, и никакой поддержки обработки географических координат в них нет. Эта и ряд предыдущих работ авторов посвящены разрешению данной проблемы.

В работах [10–12] были рассмотрены системы, которые либо обладают некоторой близкой функциональностью, либо могут быть полезны при решении данной задачи.

Один из вариантов решения был реализован в системе GeoNetwork³, в которой каждой записи информационной системы сопоставляются географические координаты. Такой подход дает хорошие результаты, но только если мы строим информационную систему, изначально ориентируясь на необходимость географического поиска. Но такой вариант не подходит, когда географический поиск необходимо реализовать в уже существующей информационной системе, при этом потребуется значительное изменение ее внутренней структуры. В таком случае может помочь тезаурус географических названий, используя который можно получить список названий географических объектов, находящихся в указанном географическом регионе в указанный период времени. К таким тезаурусам относятся: тезаурус географических названий Российской государственной библиотеки (представленный в работах О. А. Лавреновой [13]), тезаурус географических названий Института Getty⁴, службы геокодирования Google⁵ и Яндекс⁶. И уже с помощью этого списка географических названий

¹ <https://maps.google.com>

² <https://developers.google.com/maps/>

³ <http://geonetwork-opensource.org>

⁴ <https://www.getty.edu/research/tools/vocabularies/tgn/>

⁵ <https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding/?hl=ru>

⁶ <http://api.yandex.ru/maps/doc/geocoder/desc/concepts/About.xml>

производить поиск в целевой информационной системе. Такой подход позволит надстраивать функцию географического поиска над информационными системами, при этом никак не изменения их внутреннюю структуру. Более того, используя возможности протокола Z39.50, можно производить географический поиск сразу в нескольких независимых информационных системах, а не в одной, как это реализовано в GeoNetwork. При таком подходе, однако, не следует забывать про изменения географических названий с течением времени. Поэтому результаты поиска будут зависеть не только от географического региона, но и от временного периода. Будем называть такой поиск географическо-временным.

Таким образом, разрабатываемый подход по организации географическо-временного поиска в информационных системах общего назначения является логическим продолжением работ по разработке новых механизмов поиска информации, ориентированных на смысловое содержание документов.

Для решения данной задачи наиболее подходящим представляется подход с использованием метапоисковой машины.

Метапоисковая машина – поисковая система, не имеющая собственной базы данных и поискового индекса и формирующая поисковую выдачу из результатов поиска других поисковых систем.

Основная идея использования метапоисковой машины состоит в преобразовании запроса, содержащего географическую компоненту, в запрос, не содержащий географическую компоненту, чтобы он мог быть обработан целевой информационной системой. Метапоисковая машина в процессе преобразования запроса использует информационно-поисковый тезаурус ретроспективного геокодирования для получения названий географических объектов, находящихся в указанном географическом регионе.

Информационно-поисковый тезаурус – контролируемый словарь терминов на естественном языке, явно указывающий отношения между терминами и предназначенный для информационного поиска. В данном случае необходим тезаурус географических объектов, который будет содержать названия географических объектов на разных языках, их географические координаты, связи между объектами и информацию об исторических изменениях объектов. Он будет использоваться метапоисковой машиной для сопоставления координат региона на земной поверхности и названий географических объектов (прямое и обратное геокодирование). Такой тезаурус был описан в [14].

При описании требований к метапоисковой машине будем пользоваться следующими терминами: *информационные системы верхнего уровня* – системы, из которых в метапоисковую машину поступают поисковые запросы и в которые должен быть отправлен результат поиска (это могут быть другие поисковые системы, интерфейсы пользователя и т. п.); *информационные системы нижнего уровня* – системы, в которые направляются поисковые запросы из метапоисковой машины для исполнения.

Разрабатываемая метапоисковая машина должна:

- 1) принимать поисковые запросы из информационных систем верхнего уровня;
- 2) уметь обрабатывать географическую часть запроса (согласно способам географического поиска) и преобразовывать географическую часть запроса в текстовое представление, чтобы запрос мог быть передан в информационную систему нижнего уровня;
- 3) оставлять без изменений часть запроса, не относящуюся к географическому поиску;
- 4) объединять результат преобразования географической части запроса с частью оригинального запроса, не относящейся к географии, и строить на основе полученного результата новый запрос, который может быть обработан информационной системой нижнего уровня;
- 5) получать результаты поиска из информационных систем нижнего уровня и объединять их в единый список результатов;
- 6) возвращать единый список результатов поиска в информационную систему верхнего уровня.

При описании алгоритмов работы метапоисковой машины мы будем использовать синтаксис поисковых запросов RPN-1 [15] в их строковом представлении PQF [16]. Изложенная методика может быть распространена на синтаксис CQL.

Поисковый запрос Q1, переданный в поисковую систему, разбивается на две части: Q1a и Q2. Запрос Q1a – это часть запроса Q1, не содержащая компоненту географического поис-

ка. Запрос Q2 – это часть запроса Q1, содержащая географическую компоненту. Например, в случае запроса:

```
@and
@attr 1=1016 @attr 5=1 {дерево}
@or
@attr 1=2060 @attr 2=7 @attr 4=202 {((50.34, 79.71), (56.60, 94.48))}
@attr 1=4 @attr 6=10 {geo_module.py}
```

Q1a = @attr 1=1016 @attr 5=1 {дерево}

Q2 = @or @attr 1=2060 @attr 2=7 @attr 4=202 {((50.34, 79.71), (56.60, 94.48))} @attr 1=4 @attr 6=10 {geo_module.py}

Запрос Q2 состоит из двух частей, соединенных оператором @or. Здесь оператор @or используется не для проведения логической операции, а для соединения двух частей запроса способом, который будет иметь наименьший негативный эффект в случае, если этот тип запросов не поддерживается. Первая часть запроса Q2–Q2.1

@attr 1=2060 @attr 2=7 @attr 4=202 {((50.34, 79.71), (56.60, 94.48))}

является описанием географического региона, по которому необходимо произвести поиск. Вторая часть запроса Q2–Q2.2

@attr 1=4 @attr 6=10 {geo_module.py} –

это служебная информация, указывающая на название тезауруса, который следует привлечь для дешифровки числовой географической информации. В текущей реализации название тезауруса (geo_module.py) совпадает с именем внешнего системного модуля, вызываемого ядром метапоисковой машины.

Этот внешний модуль (модуль конвертации запроса, здесь – geo_module.py) принимает от вызвавшего его ядра метапоисковой машины в стандартном входном потоке запрос Q2 в форме PQF или в другой текстовой форме, из которого модуль конвертации извлекает информацию о типе географического региона (в данном примере @attr 4=202 – прямоугольный регион, заданный двумя точками) и географических координатах (((50.34546, 79.71679), (56.60788, 94.48242))). Эти данные используются для формирования запроса к тезаурусу ретроспективного геокодирования как к внешней информационной системе (рис. 1).

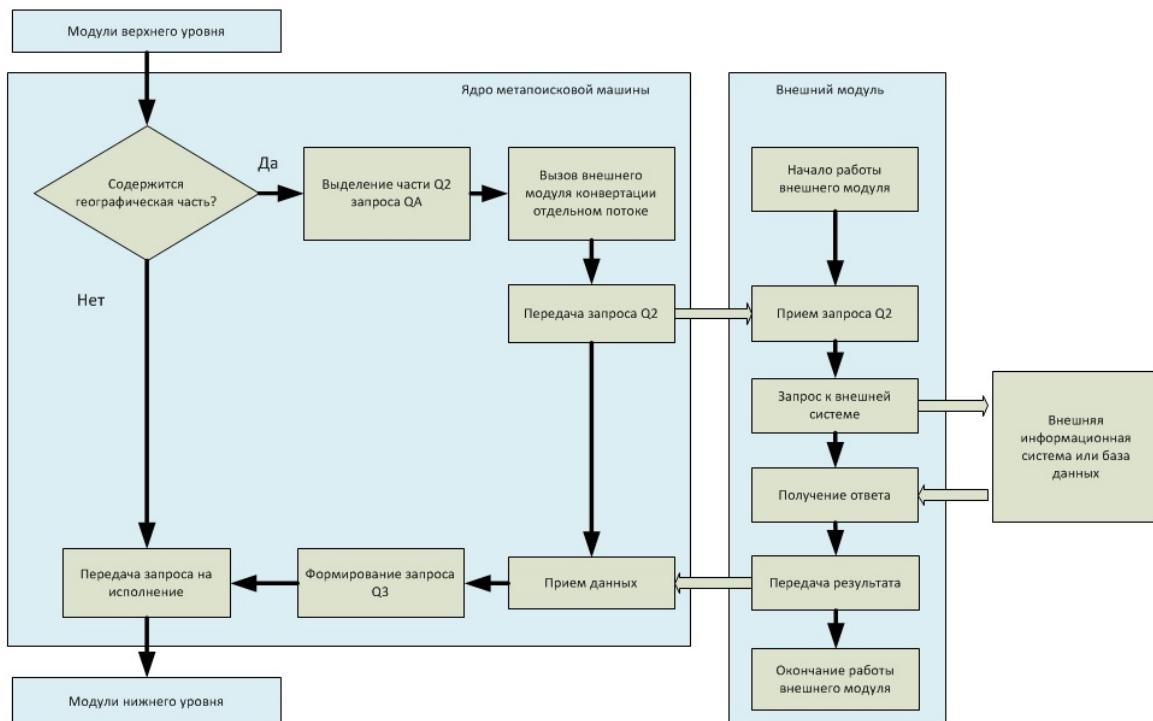


Рис. 1. Алгоритм работы метапоисковой машины

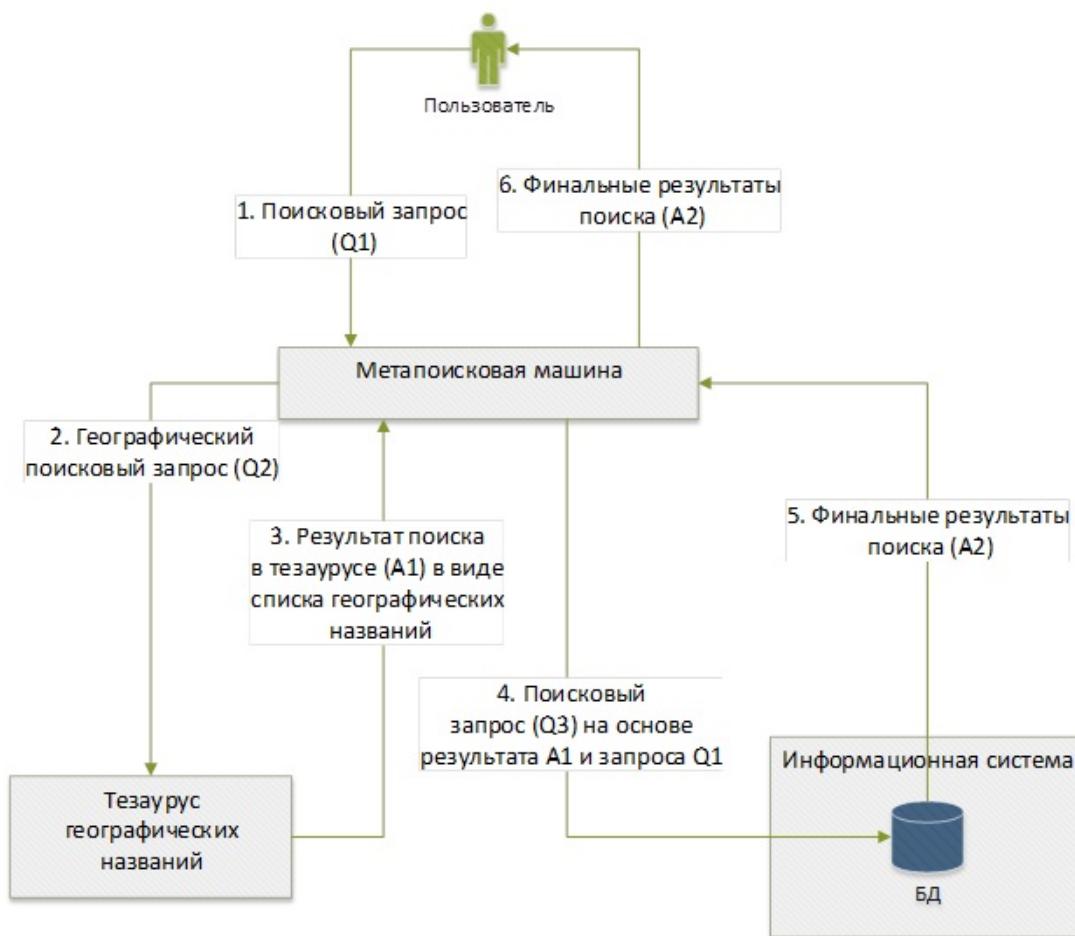


Рис. 2. Поиск с использованием тезауруса географических названий

После выполнения внутреннего запроса к тезаурусу модуль конвертации формирует результат в виде списка строк и передает его ядру метапоисковой машины через стандартный выходной поток.

На основании полученного списка ядро метапоисковой машины формирует модернизированный запрос Q2a, который может быть представлен в виде

```

@or @or ... @or
@attr 1=1016 @attr 5=1 {результат1}
@attr 1=1016 @attr 5=1 {результат2}
@attr 1=1016 @attr 5=1 {результат3}
...
@attr 1=1016 @attr 5=1 {результатN},

```

где *результат1*...*результатN* – это названия географических объектов, полученные от внешнего модуля конвертации.

Далее запросы Q1a и Q2a объединяются оператором @and в запрос Q3:

```

@and
@attr 1=1016 @attr 5=1 {дерево}
@or @or ... @or
@attr 1=1016 @attr 5=1 {результат1}
@attr 1=1016 @attr 5=1 {результат2}
@attr 1=1016 @attr 5=1 {результат3}
...
@attr 1=1016 @attr 5=1 {результатN}

```

Таким образом, запрос Q3 является запросом, содержащим только текстовые поисковые термы. Синтаксис запроса соответствует спецификациям RPN-1 (PQF), он может быть выполнен в любой информационной системе, поддерживающей запросы RPN-1. Запрос Q3 передается информационной системе низшего уровня для исполнения.

Здесь следует сделать несколько замечаний. Во-первых, интерпретация поискового терма в запросе Q2.2 как названия внешнего исполняемого модуля, а не как названия тезауруса позволяет существенно повысить гибкость архитектуры метапоисковой машины и изолировать основной поток сервера от потоков, выполняющих поиск во внешних системах. Впрочем, это касается в основном текущей реализации метапоисковой машины как части сервера ZooPARK-ZS [17]. Во-вторых, существует возможность интерпретировать запрос Q2.2 как более сложную RPN-1-структуру. Это позволяет, в частности, ограничить выборку из внешнего тезауруса записей, которые соответствуют не только географическим характеристикам, но и некоторым дополнительным условиям. Например, можно сформулировать ограничение по типам объектов (город, река, озеро и т. п.). При этом запрос Q2.2 может выглядеть, например, так:

```
@and
@attr I=1022 {озеро}
@attr I=2060 @attr 2=7 @attr 4=202 {((50.34, 79.71), (56.60, 94.48))}
```

Здесь использован атрибут Bib-1 USE I=1022 – Geographic-class. При обработке такого запроса внешний модуль должен вернуть названия всех озер, попадающих в указанный координатный четырехугольник.

На рис. 2 представлена схема текущей реализации поиска через метапоисковую машину. В качестве метапоисковой машины выступает один из внутренних модулей сервера ZooPARK-ZS в совокупности с внешним модулем конвертации географического запроса, реализованном Python. Работа внутреннего модуля сервера ZooPARK-ZS, реализующего метапоисковую машину, полностью соответствует алгоритму, представленному на рис. 1. Передача данных (запрос Q2) во внешний модуль конвертации географического запроса осуществляется в представлении PQF, прием данных осуществляется в текстовом виде:

Error=E;ErrorText:ET;NewQuery=Q

где E – признак ошибки; 0 – если не было ошибки; 1 – если произошла ошибка в процессе работы модуля; ET – текстовое описание ошибки, «none» если ошибки не было; Q – результат из тезауруса в виде списка названий географических объектов, разделенных знаком “;”, либо пустая строка, если в процессе работы модуля произошла ошибка.

В результате метапоисковая машина, построенная на базе сервера ZooPARK-ZS и тезауруса ретроспективного геокодирования, отвечает требованиям, описанным выше.

В настоящий момент реализация метапоисковой машины на основе сервера ZooPARK-ZS проходит стадию опытной эксплуатации на платформе ZooSPACE [23] в ИВТ СО РАН.

Список литературы

1. Лукашевич Н. В. Тезаурусы в задачах информационного поиска. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2011.
2. Соловьев В. Д., Бобров Б. В., Иванов В. В., Лукашевич Н. С. Онтологии и тезаурусы. Казань; М., 2006.
3. Елизаров А. М., Никифоров Н. А., Соловьев В. Д., Якубов Т. Э. Об интеграции информационных ресурсов и создании научных электронных библиотек // На рубеже веков. НИИ математики и механики им. Н. Г. Чеботарева Казан. гос. ун-та. 1998–2002: Коллект. моногр. / Под ред. А. М. Елизарова. Казань, 2003. С. 462–478.
4. Биряльцев Е. В., Гусенков А. М., Елизаров А. М. О доступе к электронным коллекциям в виде реляционных баз данных на основе онтологий // Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» (RCDL-2007): Тр. IX Всерос. науч. конф. Переславль-Залесский, 2007. С. 211–216.
5. Mooers C. N. Information retrieval viewed as temporal signaling // Proc. of the International Conference of Mathematicians. Cambridge, Massachusetts. 1950. Т. 2. С. 572–573.
6. Salton G. Dynamic information and library processing. N. J.: Prentice Hall, 1975.

7. Шокин Ю. И., Федотов А. М., Барахнин В. Б. Проблемы поиска информации. Новосибирск: Наука, 2010. 196 с.
8. Жижимов О. Л., Мазов Н. А. География и стандарты метаданных для электронных библиотек: содержание, применение, проблемы // Электронные библиотеки. 2009. Т. 12, вып. 1. URL: <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2009/part1/ZM>
9. Жижимов О. Л., Мазов Н. А. Об использовании географических координат при поиске библиографической информации // Научные и технические библиотеки. 2009. № 1.
10. Скачков Д. М., Жижимов О. Л. Об использовании ретроспективного геокодирования для географического поиска в электронных библиотеках // Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции (RCDL-2011): Тр. XIII Всерос. науч. конф. Воронеж, 2011. С. 51–58.
11. Скачков Д. М., Жижимов О. Л. Географический поиск в информационных системах с использованием ретроспективного тезауруса // Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции (RCDL-2012): Тр. XIV Всерос. науч. конф. Переславль-Залесский, 2012. С. 160–167. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-934/paper21.pdf>
12. Скачков Д. М., Жижимов О. Л. Об интеграции географических метаданных посредством ретроспективного тезауруса // Информатика и ее применения. 2012. Т. 6, вып. 3. С. 43–51.
13. Лавренова О. А. Национальный файл географических названий – новый проект Российской государственной библиотеки // Библиотековедение. 2006. № 2. С. 46–53.
14. Скачков Д. М., Жижимов О. Л. Технология географического поиска информации в «негеографических» информационных системах // Сборники Президентской библиотеки им. Б. Н. Ельцина. СПб., 2013. Вып. 4: Научные и организационно-технологические основы интеграции цифровых информационных ресурсов. С. 74–101. URL: <http://www.prlib.ru/Lib/pages/item.aspx?itemid=96269>
15. ANSI/NISO Z39.50-2003. Information Retrieval (Z39.50): Application Service Definition and Protocol Specification. NISO Press, Bethesda, Maryland, U.S.A., 2002.
16. Hammer S., Dickmeiss A., Taylor M., Levanto H., Schafroth D. YAZ User's Guide and Reference / Index Data, 1995–2014. URL: <http://www.indexdata.com/yaz/doc/yaz.pdf>
17. Жижимов О. Л., Федотов А. М., Шокин Ю. И. Платформа ZooSPACE – организация доступа к разнородным распределенным ресурсам // Электронные библиотеки: рос. науч. эл. журн. 2014. Т. 17, № 2. URL: <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2014/part2/ZFS>

Материал поступил в редакцию 24.10.2014

D. M. Skachkov, O. L. Zhizhimov

*Institute of Computational Technologies SB RAS
6 Lavrentjev Ave., Novosibirsk, 630090, Russian Federation*

daniel.skachkov@gmail.com, zhizhim@mail.ru

METASEARCH ENGINE FOR THE GEOGRAPHICAL AND RETROSPECTIVE SEARCH IN A DOCUMENT-ORIENTED INFORMATION SYSTEMS

The paper describes the technology for the implementation of geographic and retrospective information search in the so-called document-oriented information systems, ie in information systems that were designed for storing and processing data in the form of text documents. A feature of this technology is that there is no need to change the internal structure of the information system to be implemented in its geographical search, as the search is realized with the external Metasearch Engine.

The implementation of information search using this technology described as the retrospective geocoding module for ZooPARK-ZS server. The Paper describes the full cycle of processing search geographic and retrospective queries on the server.

Keywords: Metasearch engine, geographical search, retrospective search, retrospective geocoding, digital libraries, server ZooPARK-ZS.

References

1. Lukashevich N. V. Thesauri in problems of information retrieval. Moscow, 2011. (in Russ.)
2. Soloviev D., Dobrov B. V., Ivanov V. V., Lukashevich N. B. Ontologies and thesauri. Kazan, Moscow, 2006. (in Russ.)
3. Elizarov A. M. et al. Integration of information resources, and scientific digital libraries. *At the turn of the century. Research Institute of Mathematics and Mechanics, Kazan State University. 1998–2002.* Kazan, 2003, p. 462–478. (in Russ.)
4. Birialtcev E., Gusekov A., Elizarov A. About access to electronic collections presented as relational databases on the basis of ontologies. *Proc. of IX Russian Scientific Conference «Digital Libraries: Advanced Methods and Technologies, Digital Collections» – RCDL-2007.* Pereslavl, 2007, p. 211–216. URL: http://rcdl.ru/doc/2007/paper_69_v2.pdf (in Russ.)
5. Mooers C. N. Information retrieval viewed as temporal signaling. *Proc. of the International Conference of Mathematicians.* Cambridge, Massachusetts, 1950, vol. 2, p. 572–573.
6. Salton G. *Dynamic information and library processing.* N. J., Prentice Hall, 1975.
7. Shokin Yu. I., Fedotov A. M., Barakhnin V. B. *The problems of information retrieval.* Novosibirsk, 2010, 196 p. (in Russ.)
8. Zhizhimov O. L., Mazov N. A. Geography and metadata standards for digital libraries: the content, use, problems. *Digital Libraries*, 2009, vol. 12, iss. 1. URL: <http://www.elbib.ru/index.php?page=elbib/eng/journal/2009/part1/ZM> (in Russ.)
9. Zhizhimov O. L., Mazov N. A. On the use of geographical coordinates when searching bibliographic information. *Scientific and technical libraries*, 2009, no. 1. (in Russ.)
10. Skachkov D. M., Zhizhimov O. L. About the use of retrospective geocoding for geographic search in digital libraries. *Proc. of XIII Russian Scientific Conference «Digital Libraries: Advanced Methods and Technologies, Digital Collections» – RCDL-2011.* Voronezh, 2011, p. 51–58. (in Russ.)
11. Skachkov D. M., Zhizhimov O. L. Geographical search in information systems using retrospective thesaurus. *Proc. of XIV Russian Scientific Conference «Digital Libraries: Advanced Methods and Technologies, Digital Collections» – RCDL-2012.* Pereslavl, 2012, p. 160–167. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-934/paper21.pdf> (in Russ.)
12. Skachkov D. M., Zhizhimov O. L. About the integration of geographical metadata via retrospective thesaurus. *Informatica i ee Primeneniya*, 2012, vol. 6, iss. 3, p. 43–51. (in Russ.)
13. Lavrenova O. A. National Geographic Names file – a new project of the Russian State Library. *Bibliotekovedenie*, 2006, no. 2, p. 46–53. (in Russ.)
14. Skachkov D. M., Zhizhimov O. L. Geographic information retrieval technology in the «non-geographic» information systems. Compilations Presidential Library. Boris Yeltsin. St.-Petersburg, 2013, vol. 4. Scientific and technological bases of organizational integration of digital information: collection of scientific papers, p. 74–101. URL: <http://www.prplib.ru/Lib/pages/item.aspx?itemid=96269> (in Russ.)
15. ANSI/NISO Z39.50-2003. Information Retrieval (Z39.50): Application Service Definition and Protocol Specification. NISO Press, Bethesda, Maryland, U.S.A., 2002.
16. Hammer S., Dickmeiss A., Taylor M., Levanto H., Schafroth D. YAZ User's Guide and Reference / Index Data, 1995–2014. URL: <http://www.indexdata.com/yaz/doc/yaz.pdf>
17. Zhizhimov O. L., Fedotov A. M., Shokin Yu. I. Platform ZooSPACE – providing access to heterogeneous distributed resources. *Digital Libraries: Russian scientific electronic journal*, 2014, vol. 17, no. 2. URL: <http://www.elbib.ru/index.php?page=elbib/rus/journal/2014/part2/ZFS> (in Russ.)