

Исследование научного веб-пространства Республики Сербия*

Ю.И. ШОКИН

Институт вычислительных технологий СО РАН

А.Ю. ВЕСНИН

Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН

e-mail: vesnin@math.nsc.ru

А.А. ДОБРЫНИН

Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН

e-mail: dobr@math.nsc.ru

О.А. КЛИМЕНКО

Институт вычислительных технологий СО РАН

e-mail: klimenko@ict.nsc.ru

Е.В. РЫЧКОВА

Институт вычислительных технологий СО РАН

e-mail: helen@ict.nsc.ru

И.С. ПЕТРОВ

Институт вычислительных технологий СО РАН

15 апреля 2013

В работе проведен анализ веб-пространства научных организаций Республики Сербия методами вебометрики и теории графов. Содержание сайтов и связи между ними анализируются с помощью сервисов поисковых систем и специальных программ. Описаны критерии и построены рейтинг сайтов научных институтов, входящих в Сербскую академию наук и искусств и Объединение институтов Сербии. Исследованы структурные и метрические свойства веб-графа сайтов научных организаций Сербии и его фрагментов.

1. Вебометрический анализ

Регулярные исследования университетской и академической веб-среды ведутся лабораторией Cybermetrics Lab, которая принадлежит CSIC (Consejo Superior Investigaciones Cientificas) крупнейшему исследовательскому центру Испании. В рамках этих исследований существует проект «Ranking Web of World Research Centers» [1], в котором приводится рейтинг сайтов научных организаций, как для всего мира, так и для отдельных стран. Однако, для некоторых стран, количество организаций представленных в этом рейтинге, существенно меньше, чем реальное количество организаций, имеющих сайты. В частности, в выборке для Республики Сербия [2] (за январь 2013 г.), в этом

*Работа выполнена при поддержке Президиума СО РАН, в рамках междисциплинарного интеграционного проекта №21, 012-2014 гг. и РФФИ (грант №12-01-00631)

рейтинге фигурируют только 14 сайтов научных организаций, в том числе лишь 8 сайтов научных институтов, входящих в Сербскую академию наук и искусств (САНУ) [3] и Объединение институтов Сербии (Zajednice instituta Srbije, ZIS) [4], тогда как всего научных институтов в этих организациях более 60.

Авторами была предложена модификация методики [1], описанная в [5] и примененная для построения рейтинга сайтов научных организаций Сибирского отделения Российской академии наук.

Для оценки сайтов используются параметры V , S , R и Ic .

Параметр V — видимость сайта. Его значение равно количеству внешних ссылок с других сайтов на данный ресурс; вычисляется на основе данных, полученных из поисковых систем Яндекс [6], Google [7] и Bing [8].

Параметр S — размер сайта. Значение S равно количеству веб-страниц сайта, определяемому поисковыми системами.

Параметр R — насыщенность сайта — определялся как суммарное количество файлов форматов Adobe Acrobat, Microsoft Word и Microsoft Powerpoint, размещенных на сайте. Значение этого параметра определялось с помощью поисковых систем Яндекс и Google.

Параметр Ic — индекс цитирования сайта. Этот параметр является мерой значимости сайта. Для построения рейтинга использовались данные из системы Google Scholar [9].

На основе этих величин определялась позиция в рейтинге (W) для каждого сайта, причем итоговый ранг (позиция в текущем рейтинге) будет тем выше, чем меньше значение W . Сайтам с одинаковыми значениями W присваивались одинаковые рейтинги.

Важно отметить, что построение рейтинга сайтов научных институтов, входящих в САНУ и ZIS уже выполнялось в 2009 году [10, 11], однако тогда большинство сайтов размещалось в доменной зоне **.yu** (Югославия), а сейчас все сайты находятся в доменной зоне **.rs** (Республика Сербия), т.е. с формальной точки зрения это разные адреса сайтов.

1.1. Рейтинг сайтов САНУ

В табл. 1 представлены значения параметров V , S , R , Ic и позиция в рейтинге W для сайтов научных институтов, входящих в Сербскую академию наук и искусств.

Т а б л и ц а 1. Рейтинг сайтов САНУ

Научная организация	Адрес сайта	V	S	R	Ic	W
Mathematical Institute	www.mi.sanu.ac.rs	448.3	7073.3	900	117	1
Serbian Academy of Sciences and Arts	www.sanu.ac.rs	803.7	6556.7	694	15	2
Institute of Technical Sciences	www.itn.sanu.ac.rs	77.7	944.0	260	10	3
Geographical Institute “Jovan Cvijić”	www.gi.sanu.ac.rs	37.3	514.3	307	84	4
Ethnographical Institute	www.etno-institut.co.rs	38.7	600.0	369	11	4
Institute for Balkan Studies	www.balkaninstitut.com	512.0	118.7	116	18	6
Institute for Byzantine Studies	www.vi.sanu.ac.rs	15.7	72.0	67	2	7
Branch of the Serbian Academy of Sciences and Arts in Novi Sad	www.ogranak.sanu.ac.rs	13.7	527.0	11	1	8
Archeological Institute	www.ai.ac.rs	2.7	69.3	0	0	9
Institute for the Serbian Language	www.isj-sanu.rs	2.0	1.3	0	0	10

1.2. Рейтинг сайтов САНУ и ZIS

В табл. 2 представлен общий рейтинг, включающий сайты институтов САНУ и ZIS. Научные организации, фигурирующие в рейтинге [2], выделены жирным шрифтом.

Т а б л и ц а 2. Рейтинг сайтов САНУ и ZIS

Научная организация	Адрес сайта	<i>V</i>	<i>S</i>	<i>R</i>	<i>Ic</i>	<i>W</i>
Mathematical Institute	www.mi.sanu.ac.rs	448.3	7073.3	900	117	1
Institute of Economic Sciences	www.iен.bg.ac.rs	301.0	9086.7	864	139	2
Serbian Academy of Sciences and Arts	www.sanu.ac.rs	803.7	6556.7	694	15	3
Institute for Animal husbandry	www.istocar.bg.ac.rs	27756.7	1019.3	777	92	3
Institute of Technical Sciences	www.itn.sanu.ac.rs	77.7	944.0	260	10	5
Institute of Meat Hygiene and Technology	www.inmesbgd.com	42.7	3772.7	549	6	6
Vinča Institute of Nuclear Sciences	www.vinca.rs	55.0	1750.0	39	14	7
Geographical Institute “Jovan Cvijić”	www.gi.sanu.ac.rs	37.3	514.3	307	84	8
Ethnographical Institute	www.etno-institut.co.rs	38.7	600.0	369	11	8
Institute Mihailo Pupin	www.pupin.rs	336.3	642.7	48	9	10
Institute for Balkan Studies	www.balkaninstitut.com	512.0	118.7	116	18	11
Institute of International Politics and Economics	www.diplomacy.bg.ac.rs	74.0	422.7	123	6	12
Electrical Engineering Institute “Nikola Tesla”	www.ieent.org	34.0	464.3	131	11	13
Institute of Physics	www.ipb.ac.rs	56.0	427.3	76	6	14
Institute of Agricultural Economics	www.iep.bg.ac.rs	43.0	856.0	2	365	15
Institute for Philosophy and Social Theory	www.instifdt.bg.ac.rs	60.0	210.0	135	2	16
Institute of Social Sciences	www.idn.org.rs	46.3	507.7	53	6	17
IRITEL	www.iritel.com	34.0	335.7	119	8	18
Institute of Oncology and Radiology	www.ncrc.ac.rs	48.7	956.0	33	1	19
Institute Goša	www.institutgosa.rs	3256.0	1197.3	1	1	20
Saobraćajni institut CIP	www.sicip.co.rs	1176.3	881.3	1	2	21
Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy	www.ihtm.bg.ac.rs	16.7	726.0	159	1	22
Scientific Veterinary Institute “Novi Sad”	niv.ns.ac.rs	41.3	115.7	36	71	23
Institute for testing materials-IMS Institute	www.institutims.rs	29.3	410.0	113	5	24
Institute of Medicinal Plants Research “Josif Pančić”	www.mocbilja.rs	33.0	938.0	98	0	25
Institute of Musicology	www.music.sanu.ac.rs	189.7	114.7	69	1	25
Institute of Molecular Genetics and Genetic Engineering	www.imgge.bg.ac.rs	43.3	604.3	59	0	27
Institut za zaštitu bilja i životnu sredinu	www.izbis.com	36.7	214.0	107	1	28
Institute of Architecture and Urban and Spatial planning of Serbia	www.iaus.ac.rs	25.7	532.3	26	9	29
Institute for Literature and Art	www.ikum.org.rs	16.7	623.0	133	0	30
Institute for Biological Research “Siniša Stanković”	www.ibiss.bg.ac.rs	60.3	656.0	5	0	31

Научная организация	Адрес сайта	V	S	R	Ic	W
Institute Kirilo Savić	www.iks.rs	35.3	115.7	34	1	32
Institut za noviju istoriju Srbije	www.inisbgd.co.rs	32.7	330.3	43	0	33
Institute of Comparative Law	www.comparativelaw.info	31.7	31.0	27	6	34
Institute for Byzantine Studies	www.vi.sanu.ac.rs	15.7	72.0	67	2	35
Institute of Lowland Forestry and Environment	www.ilfe.org	27.0	26.0	14	10	35
Branch of the Serbian Academy of Sciences and Arts in Novi Sad	www.ogranak.sanu.ac.rs	13.7	527.0	11	1	37
Institute for Educational Research	www.ipisr.org.rs	20.3	140.7	67	0	38
Institute for Contemporary History	www.isi.co.rs	26.7	234.0	1	1	39
Mining and Metallurgy Institute	www.irmbor.co.rs	7.7	148.3	58	1	40
Institute of Application of Nuclear Energy	www.inep.co.rs	26.3	45.3	9	1	41
Fruit Research Institute	www.institut-cacak.org	35.3	143.3	1	0	41
Astronomical Observatory	www.aob.rs	15.0	118.0	4	4	43
Institute of European Studies	www.ies.rs	30.7	82.7	17	0	44
Institute for Medical Research	www.imi.bg.ac.rs	16.3	136.7	21	0	45
Zajednice instituta Srbije	www.zis.phy.bg.ac.rs	10.0	33.0	35	1	46
Maize Research Institute, Zemun Polje	www.mrizp.co.rs	16.7	30.7	1	3	47
Institute for Technology of Nuclear and other Raw Materials	www.itnms.ac.rs	12.0	262.7	8	0	48
Institut za pesticide i zaštitu životne sredine	www.pesting.org.rs	14.0	2.3	1	8	49
Institute for Multidisciplinary Research	www.imsi.rs	14.0	36.0	15	0	50
Institute of Soil Science	www.soilinst.rs	26.3	21.0	5	0	51
Institute of Microwave Techniques and Electronics	www.insintel.com	11.7	11.3	6	2	52
Institute of Forestry	www.izas.org.rs	8.7	1.0	0	16	52
Institute for Political Studies	www.ipsbgd.edu.rs	12.7	15.7	0	1	54
Institute for Criminological and Sociological Research	www.iksi.ac.rs	13.7	27.3	1	0	55
Institute for the development of water resources “Jaroslav Černi”	www.jcerni.co.rs	5.3	1.0	0	1	56
Archeological Institute	www.ai.ac.rs	2.7	69.3	0	0	57
Institute of Field and Vegetable Crops	www.ifvcns.co.rs	12.3	1.0	0	0	58
Institute for the Serbian Language	www.isj-sanu.rs	2.0	1.3	0	0	59

На основе анализа информации, представленной в табл. 2, можно сделать следующие выводы. Более 100 внешних ссылок на сайт есть у 9 организаций, от 10 до 100 ссылок — у 45 организаций.

Размер сайтов варьируется от нескольких десятков страниц до нескольких тысяч страниц, при этом у 7 организаций сайты имеют более 1000 страниц, от 100 до 1000 страниц на сайте имеют 34 организации, а остальные — менее 100 страниц, то есть около 30 % организаций имеют сайты с малым числом страниц.

Количество загруженных файлов на сайте больше у тех институтов, которые предоставляют в свободный доступ полные тексты документов (статей, докладов, отчетов, инструкций и т.п.). Только 17 организаций (29 %) имеют сайты с количеством загруженных файлов более 100.

Индекс цитирования более 100 определяется в системе Google Scholar всего у 3 сайтов. Следует заметить, что у большинства сайтов научных организаций Сербии индекс цитирования в Google Scholar низкий из-за того, что сайты содержат мало информации на английском языке.

2. Анализ веб-графа научных организаций Сербии

2.1. Веб-граф S и его сильно связанная компонента

Отношение между сайтами, определяемое наличием ссылок между ними, дает возможность представить научное веб-пространство Республики Сербия в виде ориентированного веб-графа S . Вершины этого графа соответствуют сайтам научных учреждений, входящих в Serbian Academy of Sciences and Arts (САНУ) и Zajednice instituta Srbije. Две различные вершины u и v графа S соединяются дугой, ориентированной из u в v , если на сайте, соответствующего вершине u имеется ссылка на сайт, соответствующий вершине v . Таким образом, любая пара вершин графа может быть соединена либо одной дугой, либо двумя противоположно направленными дугами. Для построения графа использовались программные средства, разработанные в ИВТ СО РАН. Веб-граф S имеет 59 вершин и 106 дуг [12]. Диаграмма графа S представлена на рис. 1.

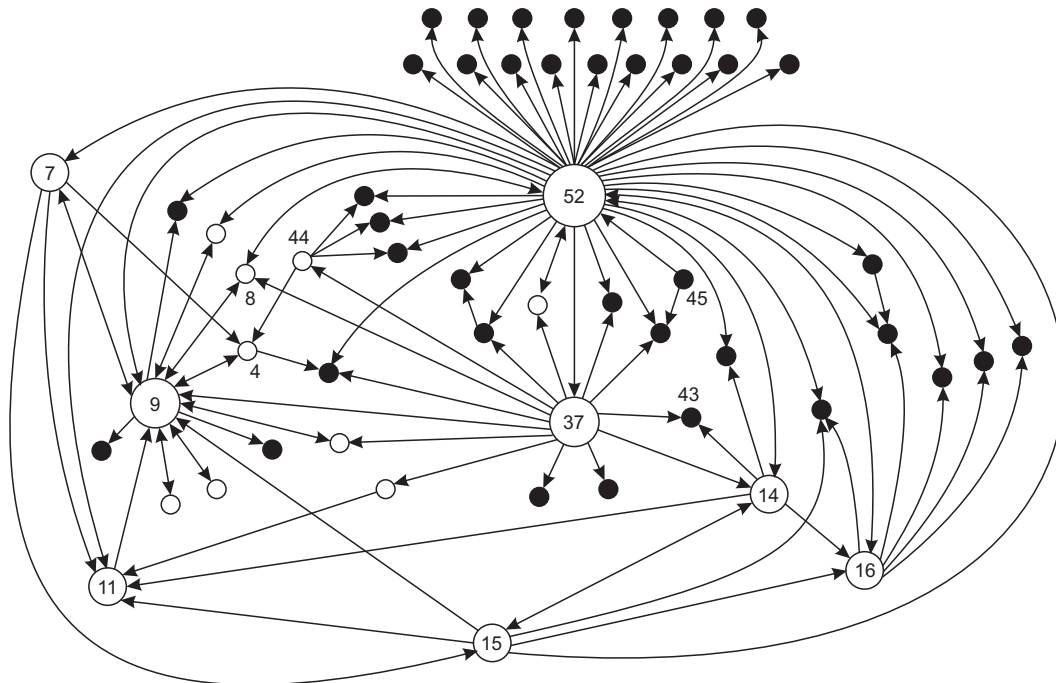


Рис. 1. Веб-граф S научных организаций Сербии. Сайты с большим количеством ссылок: 7 – Institute of Technical Sciences, 9 – Serbian Academy of Sciences and Arts, 11 – Institute for Biological Research “Siniša Stanković”, 15 – Vinča Institute of Nuclear Sciences, 16 – Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy, 37 – Institute of Economic Sciences, 52 – Zajednice instituta Srbije

Для агрегированного представления структуры веб-графов используется понятие максимальной сильно связанной компоненты, по отношению которой классифицируются остальные вершины графа [13]. Напомним, что подграф ориентированного графа

называется *сильно связной компонентой*, если его любые две вершины связаны ориентированным путем. В случае веб-графов это означает, что все сайты, попавшие в сильно связную компоненту связаны друг с другом цепочками ссылок.

Для веб-графа **S** максимальная сильно связная компонента состоит из 17 вершин (выделены белым цветом на рис. 1), что составляет 29 % от числа всех вершин. Остальные вершины разбиваются на две группы: множество OUT содержит вершины, в которые ведут пути из компоненты, а множество IN образуют вершины, из которых ведут пути в компоненту. В графе **S** множество OUT состоит из 38 (64 %) вершин, а множество IN содержит единственную вершину 45 (2 %). Из этой вершины идет дуга и в одну вершину из множества OUT. Изолированными являются 3 вершины (5 %).

2.2. Характеристики связей вершин графа

Для приближенной характеристики графа используются численные параметры, называемые инвариантами графа, значения которых зависят только от его структуры.

Пусть G – ориентированный граф, имеющий n вершин. Пусть число его вершин, имеющих хотя бы одну исходящую или входящую дугу, равно k . *Индексом вершин* графа G называется величина $c_v(G) = \frac{k}{n}$. Минимальное значение $c_v(G) = 0$ достигается, если каждая вершина графа G изолирована, а максимальное значение $c_v(G) = 1$ достигается, если G не имеет изолированных вершин.

Пусть G – ориентированный граф, имеющий n вершин и t дуг. *Индексом дуг* графа G называется величина $c_a(G) = \frac{t}{n(n-1)}$. Минимальное значение $c_a(G) = 0$ достигается, если каждая вершина графа G изолирована, а максимальное значение $c_a(G) = 1$ достигается, если каждые две вершины графа соединены парой противоположно ориентированных дуг. Величина $c_a(G)$ иногда также называется *плотностью сети* [15].

Пусть G – ориентированный граф, а V_2 – множество таких его вершин, для каждой из которых сумма чисел входящих и исходящих дуг не менее 2. Под окрестностью вершины v будем понимать множество вершин графа, соединенных с v дугами без учета их ориентации. Для вершины v графа G обозначим через G_v подграф, порожденный окрестностью вершины v . *Коэффициентом кластеризации графа G* будем называть величину $cc(G) = \frac{1}{|V_2|} \sum_{v \in V_2} c_a(G_v)$. Таким образом, $cc(G)$ показывает как в среднем заполнена дугами окрестность вершины графа.

Обозначим через N_3 число всех путей длины 2 в графе G таких, что концевые вершины этих путей соединены дугой (см. рис. 2а), а через N_2 – число всех путей длины 2, концевые вершины которых не соединены дугой (см. рис. 2б).

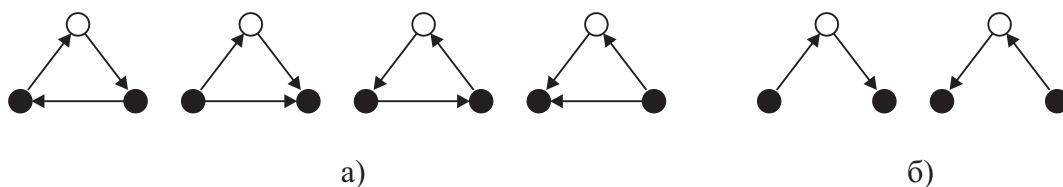


Рис. 2. Конфигурации для коэффициента транзитивности веб-графа

Коэффициент транзитивности $\tau(G)$ ориентированного графа G определяется по формуле: $\tau(G) = N_3/N_2$. Для рассматриваемого веб-графа \mathbf{S} научных организаций Сербии указанные параметры принимают значения

$$c_v(\mathbf{S}) = 0,95 \quad c_a(\mathbf{S}) = 0,03 \quad cc(\mathbf{S}) = 0,03 \quad \tau(\mathbf{S}) = 0,07 .$$

Малые значения параметров $c_a(\mathbf{S})$ и $cc(\mathbf{S})$ свидетельствует о низкой насыщенности графа \mathbf{S} дугами. Для сравнения, приведем значения указанных параметров для графа \mathbf{G} научного веб-пространства Сибирского отделения РАН (на 02.11.2012), приведенные в [14]:

$$c_v(\mathbf{G}) = 0,98 \quad c_a(\mathbf{G}) = 0,10 \quad cc(\mathbf{G}) = 0,07 \quad \tau(\mathbf{G}) = 0,24 .$$

Напомним, что под расстоянием между двумя вершинами в графе понимается число дуг в кратчайшем ориентированном пути, соединяющим эти вершины. Максимальное расстояние между всеми парами вершин называется *диаметром* графа. Диаметр веб-графа \mathbf{S} равен 6. Граф имеет 5 диаметральных цепей, которые все выходят из вершины 44 (Institute of Agricultural Economics) и проходят через вершины 4 (Geographical Institute “Jovan Cvijić”) и 9. Приведем два диаметральных пути, заканчивающиеся в одной и той же вершине: 44–4–9–7–15–14–43 и 44–4–9–8–52–14–43 (см. рис. 1).

2.3. Степени вершин веб-графа

Естественными характеристиками вершины v ориентированного графа являются число исходящих из нее дуг $deg_+(v)$ (полустепень исхода) и число входящих в нее дуг $deg_-(v)$ (полустепень захода). Увеличение полустепеней вершин графа влечет в общем случае возрастание его компактности. Под этим понимается уменьшение расстояний между вершинами и, как следствие, уменьшение диаметра графа.

Исходящие и входящие дуги вместе с вершиной образуют легко распознаваемые локальные фрагменты, которые могут быть использованы в качестве классификационных признаков вершин. В таблицах 3 и 4 приводятся данные о распределениях вершин веб-графа \mathbf{S} по их полустепеням и степеням. В верхней строке таблиц указаны значения степеней, нижняя строка содержит количество вершин N с соответствующими степенями. Если ориентация дуг не учитывается, то считается, что пара вершин связана одним ребром (неориентированной дугой) независимо от кратности получающегося мультиребра между этими вершинами.

Т а б л и ц а 3. Распределение вершин графа \mathbf{S} по полустепеням.

	полустепень исхода, deg_+									полустепень захода, deg_-					
deg	0	1	2	4	5	6	10	14	42	0	1	2	3	5	11
N	39	9	3	2	1	2	1	1	1	4	27	17	8	2	1

Т а б л и ц а 4. Распределение вершин графа \mathbf{S} по степеням.

	сумма полустепеней, $deg_+ + deg_-$												неориентированные ребра												
deg	0	1	2	3	4	5	6	8	9	15	21	47	0	1	2	3	4	5	6	7	8	14	15	44	
N	3	21	16	8	1	2	2	1	2	1	1	1	3	23	17	6	1	2	1	2	1	1	1	1	1

Средние полустепени исхода/захода вершин в графе S равны 1.8 (сумма полустепеней исхода всегда равна сумме полустепеней захода). Число вершин, из которых нет ни одной исходящей дуги составляет около 66% от всех вершин графа. Входящих дуг нет у 7% вершин. Большое число исходящих дуг имеют три вершины, соответствующие сайтам Zajednice instituta Srbije (42), Institute of Economic Sciences (14) и Serbian Academy of Sciences and Arts (10). Большое число заходящих дуг имеет единственная вершина, соответствующая сайту Serbian Academy of Sciences and Arts (11).

При анализе веб-графа представляет интерес соотношение между полустепенями исхода и захода вершин. На рис. 3 приводятся три варианта возможного распределения входящих и исходящих дуг. Вершины первого типа называют индукторами (мало входящих дуг, много исходящих), второго типа — коллекторами (много входящих дуг, мало исходящих), а третьего типа — посредниками (много входящих и исходящих дуг). Эти типы вершин образуют множество веб-коммуникаторов графа.

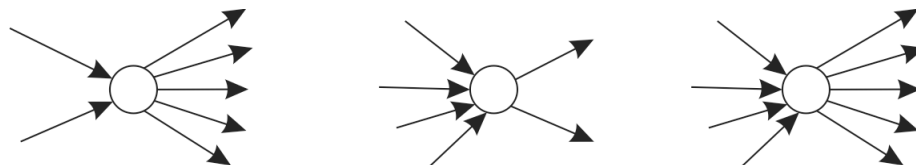


Рис. 3. Веб-коммуникаторы: индуктор, коллектор и посредник

Анализ вершин с большими степенями показывает, что в веб-графе научных организаций Сербии всего два индуктора. Это сайты Zajednice instituta Srbije (42, 5) и Institute of Economic Sciences (14, 1) (в скобках указаны полустепени исхода и захода вершин). Единственным посредником будет сайт Serbian Academy of Sciences and Arts (10, 11).

3. Выводы

В работе проведен анализ веб-пространства научных организаций Республики Сербия методами вебометрики и теории графов. Содержание сайтов и связи между ними анализируются с помощью сервисов поисковых систем и специальных программ. Описаны критерии, использованные для составления рейтинга сайтов научных организаций Республики Сербия. Построены рейтинги сайтов научных институтов, входящих в Сербскую академию наук и искусств (Serbian Academy of Sciences and Arts) и Объединение институтов Сербии (Zajednice instituta Srbije).

Исследованы структурные и метрические свойства веб-графа сайтов научных организаций Республики Сербия и его фрагментов, что позволяет оценить уровень информационного взаимодействия. В этом смысле наиболее развитыми оказались сайты Zajednice instituta Srbije, Institute of Economic Sciences и Serbian Academy of Sciences and Arts.

Список литературы

- [1] ПРОЕКТ Ranking Web of World Research Centers.
<http://research.webometrics.info/> (дата доступа — 15.04.2013).
- [2] ПРОЕКТ Ranking Web of World Research Centers, выборка данных по стране Сербия.
<http://research.webometrics.info/en/Europe/Serbia> (дата доступа — 15.04.2013).

- [3] САЙТ Сербской академии наук и искусств.
<http://www.sanu.ac.rs/> (дата доступа — 15.04.2013).
- [4] САЙТ Zajednice instituta Srbije.
<http://www.zis.phy.bg.ac.rs/> (дата доступа — 15.04.2013).
- [5] ШОКИН Ю.И., ВЕСНИН А.Ю., ДОБРЫНИН А.А., КЛИМЕНКО О.А., РЫЧКОВА Е.В., ПЕТРОВ И.С. Исследование научного веб-пространства Сибирского отделения Российской академии наук // Вычисл. технологии. 2012. Т. 17, № 6. С. 86–98.
- [6] ПОИСКОВАЯ СИСТЕМА ЯНДЕКС. <http://www.yandex.ru/> (дата доступа — 15.04.2013).
- [7] ПОИСКОВАЯ СИСТЕМА GOOGLE. <http://www.google.ru/> (дата доступа — 15.04.2013).
- [8] ПОИСКОВАЯ СИСТЕМА BING. <http://www.bing.com/> (дата доступа — 15.04.2013).
- [9] СИСТЕМА определения индекса цитирования в веб-пространстве Google Scholar.
<http://scholar.google.com/> (дата доступа — 15.04.2013).
- [10] РЕЙТИНГ сайтов научных организаций Республики Сербия.
http://www.ict.nsc.ru/userfiles/file/presentation/MIT-09/Srbija_webometrics.pdf
(дата доступа — 14.08.2009).
- [11] КЛИМЕНКО О.А., РЫЧКОВА Е.В., ШОКИН Ю.И. Website ranking for Scientific & Research Organizations of the Republic of Serbia // Proceedings of International Conference “Mathematical and Informational Technologies MIT-2009”. Kosovska Mitrovica, 2010. P. 193–197.
- [12] ВЕБ-ГРАФ институтов Сербии.
<http://ousnano.sbras.ru/sitepage.php?PageID=2506> (дата доступа — 07.04.2013).
- [13] BRODER A., KUMAR R., MAGHOUL F., RAGHAVAN P., RAJAGOPALAN S., STATA R., TOMKINS A., WIENER J. Graph structure in the Web // Computer Networks. 2000. Vol. 33. № 1–6. P. 309–320.
- [14] ШОКИН Ю.И., ВЕСНИН А.Ю., ДОБРЫНИН А.А., КЛИМЕНКО О.А., РЫЧКОВА Е.В. Изучение структуры веб-пространства СО РАН методами вебометрики и теории графов // Настоящий сборник.
- [15] HAGE P., HARARY F. Structural models in anthropology. Cambridge University Press: Cambridge, UK, 1983.