

ОБОБЩЕННЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ЦИТИРУЕМОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧЕНЫХ

Сапожников В. В., Сапожников Вл. В., Ефанов Д. В.

Предложен обобщенный показатель цитируемости, учитывающий полное множество цитирований работ ученого. В основе принципов расчета нового показателя лежит итерационный способ выделения последовательности простейших показателей, основанных на известных индексах Хирша, Эгге и Михайлова, с усреднением общего числа цитирований работ на каждой итерации с последующим суммированием получаемых величин. Такой подход позволяет более полно учитывать работу ученого и результаты всей его деятельности. В том числе, устранен недостаток известных показателей, не учитывающих некоторую долю цитирований высокоцитируемых работ ученого и не учитывающих вовсе цитирования малоцитируемых его работ. Приведены результаты обработки статистических данных из базы российского индекса научного цитирования, иллюстрирующие особенности нового наукометрического показателя.

Ключевые слова: наукометрический показатель; индекс Хирша; индекс Эгге; индекс Михайлова; обобщенный показатель цитируемости.

1. Введение

В практике организации научной деятельности широко распространено использование разнообразных наукометрических показателей: от числа опубликованных научных работ и количества их цитирований до ряда индексов цитируемости [1]. При этом приоритет в оценке результативности и эффективности ученых отдается подсчету количества публикаций в журналах, индексируемых в международных наукометрических базах Web of Science (USA) и Scopus (EU).

Каждая наукометрическая база снабжена инструментами расчета различных показателей цитируемости, которые позволяют определять их автоматически. В том числе, возможно ранжирование ученых и научных изданий по различным показателям.

Помимо абсолютных величин числа публикаций в различных изданиях, а также числа их цитирований, часто применяют различные относительные показатели, которые учитывают некоторое число цитирований научных работ в перерасчете на число этих работ. Наиболее популярным среди таких показателей является введенный в 2005 году индекс Хирша [2]. Данный индекс позволяет выделить наиболее популярные работы ученого и охарактеризовать его деятельность единственным числом, оценивающим эти работы. Как в работах автора индекса Хирша [2 – 4], так и в работах других ученых [5 – 14], широко обсуждаются различные возможности модификации данного наукометрического показателя с целью исключения его недостатков. К таковым относятся недостаточный учет полного числа цитирований наиболее цитируемых работ, отсутствие учета цитирований малоцитируемых работ, отсутствие оценки вклада соавторов работы и т. д.

В предыдущей работе авторов [15] описан новый наукометрический показатель – w -индекс, который также как и индекс Хирша выражается единственным числом, имеет понятную и простую геометрическую интерпретацию, а также позволяет учитывать все множество цитирований ученого. Исследования показывают, что w -индекс дает возможность более точ-

ного ранжирования ученых с учетом их вклада в соответствующую предметную область науки.

Настоящая статья посвящена развитию подхода [15] и представлению результатов изучения принципов модификации w -индекса, на основе которого может быть введен обобщенный показатель цитируемости, более объективно оценивающий работу ученых, чем известные подходы к ее оценке.

2. Известные показатели цитируемости

Наиболее известным показателем работы ученого, как отмечалось ранее, является индекс Хирша (h -индекс) [2]. Он определяется следующим образом. Ученый имеет h -индекс, равный h , в том случае, если h его работ процитированы не менее чем h раз, а остальные $Q-h$ работ цитируются не более чем h раз. Таким образом, индекс Хирша выделяет наиболее цитируемые работы ученого. Геометрически для поиска h -индекса необходимо на плоскости, где по оси абсцисс отложены работы ученого (число q_i), ранжированные по числу цитирований в невозрастающем порядке, а по оси ординат отложено число цитирований каждой из них (число N_i), определить квадрат с длиной стороны h . Данный квадрат (h -квадрат Хирша) должен полностью лежать под ломаной, соединяющей точки, соответствующие числу цитирований каждой из работ.

На рис. 1 показан пример получения h -квадрата для статистических данных о цитировании работ некоторого абстрактного ученого: $h=8$. Данный ученый опубликовал 32 научные работы с общим числом цитирований, равным 209. Индекс Хирша учитывает 64 цитирования, что составляет чуть более 30% всех цитирований автора. Не учтено 40 цитирований работ из области над h -квадратом (около 20% всех цитирований) и 105 работ из области, расположенной в правой стороне от h -квадрата (около 50% всех цитирований). h -индекс учиты-

вает только наиболее популярные работы автора, однако охватывает не все число их цитирований. Остальные работы фактически исключаются из рассмотрения.

Известной модификацией h -индекса является индекс Эгге (g -индекс) [6]. Принципы его получения аналогичны принципам получения h -индекса. Ученый имеет g -индекс равный g , в том случае, если g его работ процитированы не менее чем g^2 раз, а остальные $Q-g$ работ цитируются не более чем g^2 раз. Данный индекс нивелирует один из недостатков индекса Хирша – недостаточно полный учет числа цитирований наиболее популярных работ ученого. Из правил получения g -индекса следует, что его значение не может превышать значение h -индекса. В реальности же, значение g -индекса гораздо меньше, чем значение h -индекса. Для рассмотренного выше примера g -индекс ученого $g=3$ (см. рис. 1). Геометрически он охватывает область цитирований работ ученого, попадающих в g -прямоугольник Эгге размерностью $g \times g^2$. В данном случае g -индекс учитывает всего 27 цитирований работ ученого (что составляет около 13% цитирований его работ). Не учтены около 9% цитирований этих, наиболее популярных, трех работ ученого и практически 78% цитирований 29 менее популярных его работ. Несомненным достоинством g -индекса является то, что он учитывает более полно число цитирований высокоцитируемых работ, что не учитывается h -индексом. При этом, как показывает пример, все-таки, часть цитирований g -индексом также не учитывается.

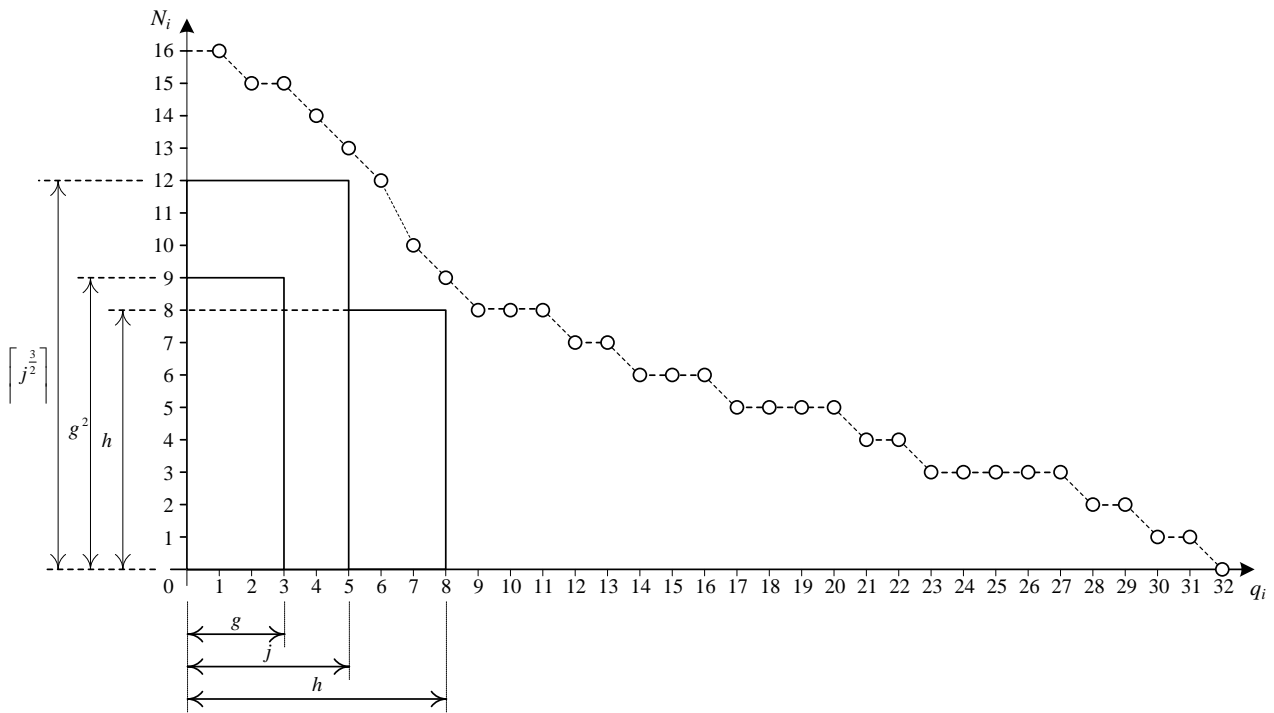


Рис. 1. Геометрическая интерпретация известных показателей цитируемости

В работе [16] обсуждаются особенности h -индекса и g -индекса. Показано, что в ряде областей знаний (и даже в общероссийском масштабе науки в целом) вопрос целесообразности применения g -индекса остается открытым: g -индекс даже для ведущих ученых имеет крайне низкие значения. Автором данной статьи вводится в рассмотрение j -индекс (индекс Михайлова). Ученый имеет j -индекс, равный j , в том случае, если j работ ученого процитированы не менее чем $j^{3/2}$ раз, а остальные $Q-j$ работ цитируются не более чем $j^{3/2}$ раз. При этом сам автор индекса подразумевает использование целого снизу значения получаемой величины. Несмотря на это, поскольку индекс определяет всего лишь верхнюю границу учитываемых цитирований, можно условиться определять и целое сверху от получаемого значения $j^{3/2}$ (именно это и сделано авторами данной работы в дальнейшем изложении результатов). j -индекс, как и g -индекс, геометрически на плоскости цитирований работ ученого выделяет j -прямоугольник с размерностью $j \times \left\lceil j^{\frac{3}{2}} \right\rceil$. Этот прямоугольник, как правило, имеет значение длины малой стороны, лежащее в промежутке $h > j > g$. j -индекс позволяет учесть большее

число цитирований работ ученого, чем g -индекс. К примеру, для рассмотренного выше случая, j -индекс учитывает 60 цитирований работ ученого (примерно 29% от общего числа цитирований, что сравнимо с аналогичным показателем h -индекса). При этом, однако, не учтенными оказываются 13 цитирований над j -прямоугольником (примерно 6% от общего числа цитирований) и 136 цитирований работ, расположенных в правой области от прямоугольника (примерно 65% общего числа цитирований).

Достоинства всех трех рассмотренных показателей очевидны: ими учитываются цитирования наиболее популярных работ ученых. Недостатки же также непосредственно следуют из приведенного выше примера: ни один из показателей в полной мере не учитывает все множество цитирований работ ученых, ни над соответствующей фигурой на плоскости цитирований, ни в правой от фигуры области малоцитируемых работ. Таким образом, возможны модификации данных показателей, более полно учитывающие вклад ученых в соответствующую предметную область науки.

3. Принципы формирования обобщенного показателя цитируемости

В работе [15] авторами был предложен подход к определению нового показателя цитируемости работ ученых, основанный на идее итерационного построения цепи квадратов Хирша (h -цепи) и учете среднего числа цитирований тех научных работ, которые участвуют в его формировании. h -цепь образуется следующим образом.

Выбираются первые $h_1=h$ работ, по которым подсчитывается h -индекс. Для указанных работ определяется среднее число цитирований:

$$(1) \quad w^i = \frac{s_i}{h_i},$$

где s_i – общее число цитирований h_i работ.

Далее работы, образующие первый h -квадрат цепи, исключаются из множества рассматриваемых работ, и процедура повторяется вновь для оставшихся работ, и т.д. до тех пор, пока множество работ автора не станет пустым.

Затем определяется сумма значений усредненных чисел цитирования по всем полученным h -квадратам:

$$(2) \quad w = \sum_{i=1}^k w^i = \sum_{i=1}^k \frac{S_i}{h_i}.$$

В формуле (2) число k определяет количество итераций подсчета суммы w до тех пор, пока $h_i \neq 0$. Число k назовем *длиной цепи*, так как оно определяет, какое число h -квадратов должно быть построено при вычислении w -индекса.

Важным фактором, который определяет преимущество w -индекса перед другими показателями научной деятельности ученых, является возможность учета всех 100% цитирований работ ученого, а не некоторой их доли, как многими популярными показателями [15]. Дальнейшие исследования в области модификации w -индекса показали, что при его формировании может быть использован другой принцип выбора числа выделяемых на каждом шаге подсчета индекса научных работ. Число, указывающее на количество выделяемых научных работ ученого при формировании величины w^i , назовем *основанием w -индекса*. Обозначим основание w -индекса через β и внесем его в обозначение индекса – $w(\beta)$ -индекс.

В качестве основания может быть использовано любое число β , для которого может быть сформирован квадрат $\beta \times \beta$ или прямоугольник $\beta \times \alpha\beta$, где $\alpha\beta$ – число цитирований β -ой работы в списке работ, ранжированном в невозрастающем порядке по числу цитирований (α – любое число, $\alpha \geq 1$). Другими словами, можно сказать, что величина β определяет некоторый базовый показатель, который используется при формировании последовательности чисел w^1, w^2, \dots, w^k .

В ходе исследований возможностей подсчета различных $w(\beta)$ -индексов в качестве оснований выбирались различные числа, в том числе, числа h, g и j . Рассмотрим особенности фор-

мирования $w(\beta)$ -индексов с упомянутыми основаниями на примере обработки абстрактного статистического ряда для некоторого ученого X. Им опубликовано $Q=32$ научные работы с общим числом цитирований $N=209$. Работы ранжированы по числу цитирований так, как это показано на рис. 1.

На рис. 2 – 4 представлены геометрические интерпретации для формирования каждого из $w(\beta)$ -индексов с основаниями $\beta = h, g$ и j , а в табл. 1 – 3 приведены данные расчетов на каждой итерации подсчета суммарного значения $w(\beta)$.

Если в качестве основания $w(\beta)$ -индекса использовано число h , то на каждом шаге формирования числа w^i выделяется квадрат размерностью $h_i \times h_i$ (см. рис. 2). Таким образом, формируется цепь h -квадратов. Для рассматриваемого примера длина h -цепи $k=9$. Наибольшее значение среди чисел w^i формируется на первом шаге итерации (см. табл. 1). При этом усреднение числа цитирований приводит к тому, что в среднем каждая из первых $h_1=8$ научных работ цитируется по 13 раз. Можно сказать, что эквивалентом этому является выделение некоторого прямоугольника размерностью 8×13 , охватывающего 104 цитирования первых восьми работ автора.

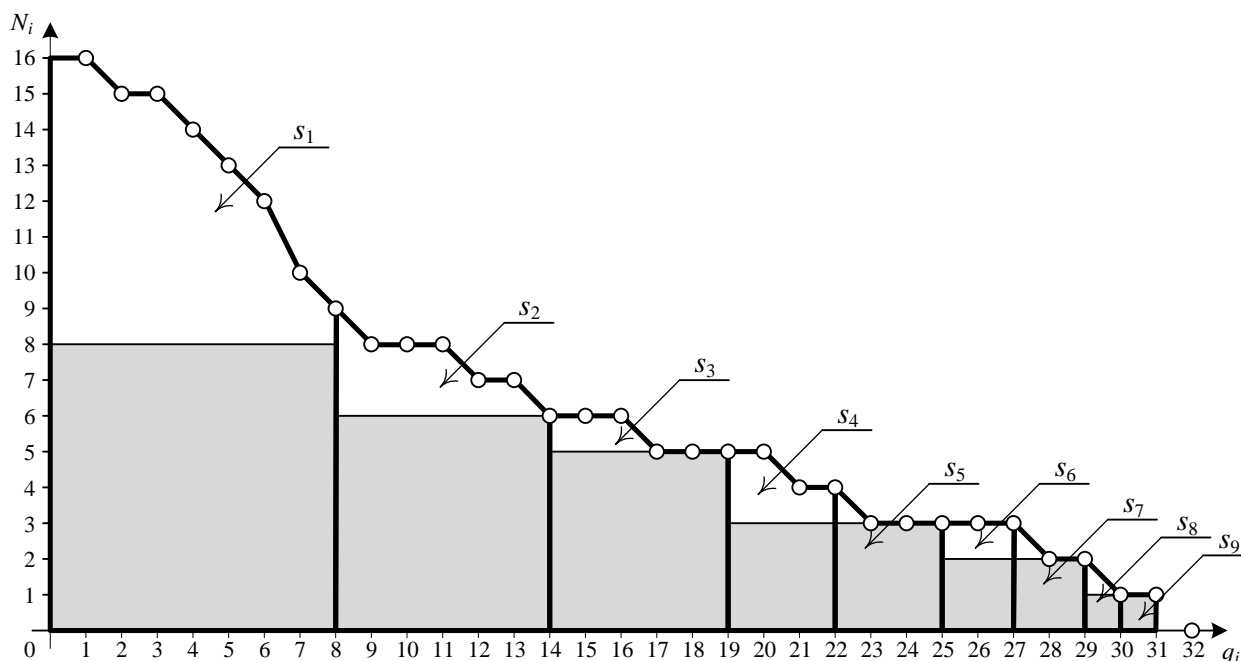


Рис. 2. Геометрическая интерпретация $w(h)$ -индекса

Таблица 1. Подсчет $w(h)$ -индекса

i	h_i	$s_i = \sum_{t=1}^{h_i} N_t$	$w^i(h)$
1	8	104	13
2	6	44	7,333
3	5	27	5,4
4	3	13	4,333
5	3	9	3
6	2	6	3
7	2	4	2
8	1	1	1
9	1	1	1
Сумма		209	40,066

Несколько иначе выглядит g -цепь. При ее формировании на каждом шаге подсчета выделяются прямоугольники размерностью $g_i \times g_i^2$ (см. рис. 3). Для рассматриваемого примера длина g -цепи $k=19$, что более чем вдвое превышает длину h -цепи. Наибольшее значение среди чисел w^i также формируется на первом шаге итерации (см. табл. 2). При этом усреднение числа цитирований приводит к тому, что в среднем каждая из первых $g_1=3$ научных работ цитируется по 15,333 раз. По аналогии с рассмотренным выше примером можно сказать, что эквивалентом этому является выделение некоторого прямоугольника размерностью $3 \times 15,333$, охватывающего 46 цитирований первых трех работ автора. «Шаг» выделения фигур на графике гораздо более маленький, чем при выделении h -квадратов, а усреднение работ на каждой итерации подсчета $w(\beta)$ -индекса такое, что области над фигурами оказываются гораздо большими, чем при использовании $\beta=h$. Это приводит к тому, что общее значение $w(g)$ -индекса оказывается большим, чем значение $w(h)$ -индекса.

Выбор в качестве основания величины j приводит к построению j -цепи, образованной последовательностью прямоугольников $j_i \times \left[j_i^{\frac{3}{2}} \right]$ (см. рис. 4). Длина j -цепи $k=14$ (промежуточное значение между длинами h - и g -цепей). «Шаг» выделения фигур на графике большой, чем при использовании основания $\beta=g$, но меньший, чем при использовании основания $\beta=h$.

Это приводит к тому, что общее значение $w(j)$ -индекса оказывается промежуточным между значениями $w(h)$ -индекса и $w(g)$ -индекса.

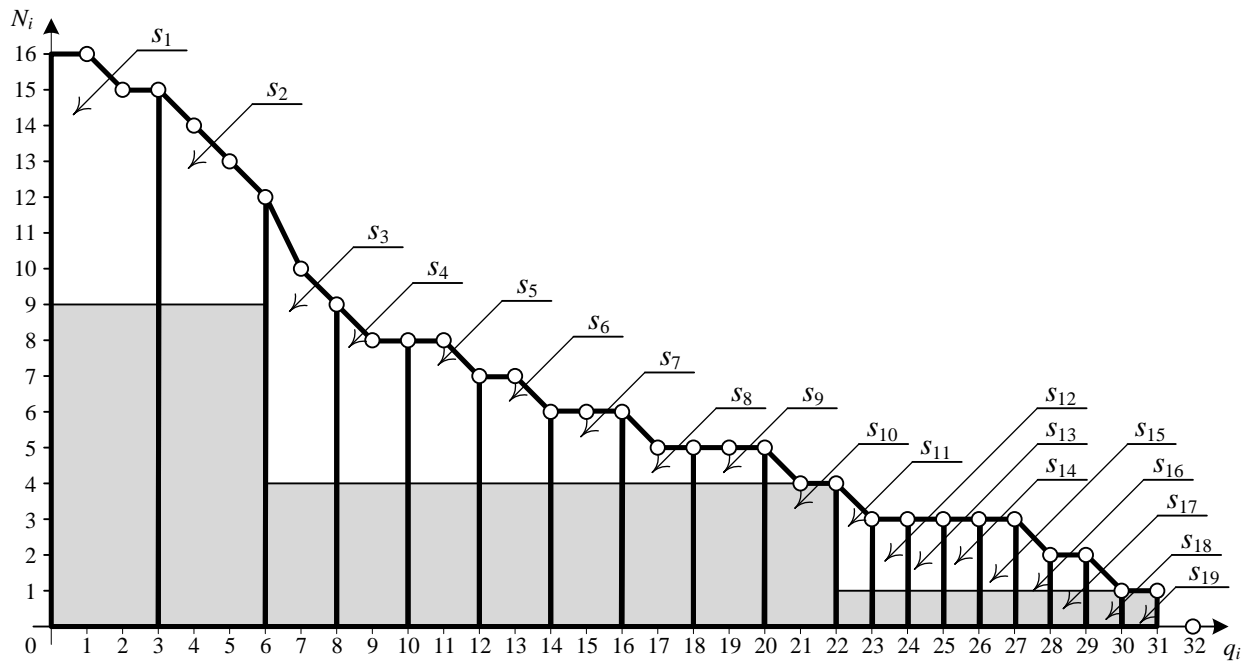


Рис. 3. Геометрическая интерпретация $w(g)$ -индекса

Таблица 2. Подсчет $w(g)$ -индекса

i	g_i	$s_i = \sum_{t=1}^{h_i} N_t$	$w^i(g)$
1	3	46	15,333
2	3	39	13
3	2	19	9,5
4	2	16	8
5	2	15	7,5
6	2	13	6,5
7	2	12	6
8	2	10	5
9	2	10	5
10	2	8	4
11	1	3	3
12	1	3	3
13	1	3	3
14	1	3	3
15	1	3	3
16	1	2	2
17	1	2	2
18	1	1	1
19	1	1	1
Сумма		209	100,833

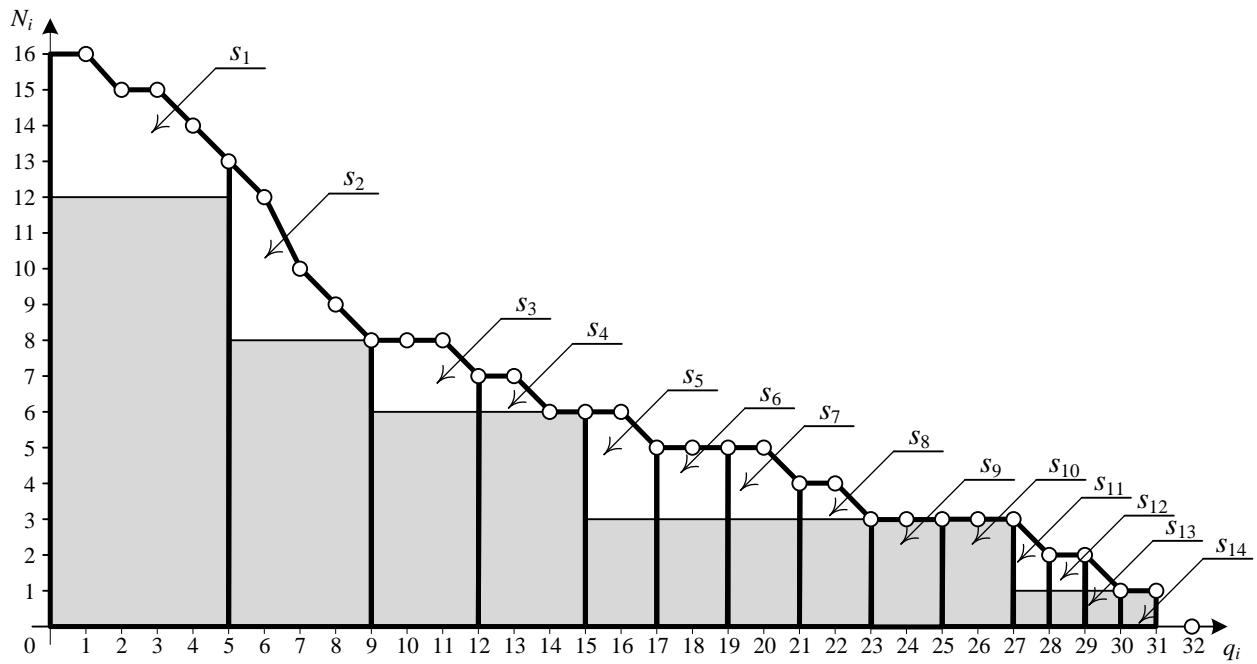


Рис. 4. Геометрическая интерпретация $w(j)$ -индекса

Таблица 3. Подсчет $w(j)$ -индекса

i	j_i	$s_i = \sum_{t=1}^{h_i} N_t$	$j^i(h)$
1	5	73	14,6
2	4	39	9,75
3	3	23	7,667
4	3	19	6,333
5	2	11	5,5
6	2	10	5
7	2	9	4,5
8	2	7	3,5
9	2	6	3
10	2	6	3
11	1	2	2
12	1	2	2
13	1	1	1
14	1	1	1
Сумма		209	68,85

На рис. 5 представлен график изменения значений $w(\beta)$ -индексов с различными основаниями на каждом шаге итерации. Следует отметить, что представленные закономерности в длинах цепей по каждому из оснований, а также в значениях $w(\beta)$ -индексов являются общими и присущи подавляющему большинству статистических рядов из цитирований работ реальных ученых.

Общий характер изменения графиков величин w^i для $w(\beta)$ -индексов с основаниями $\beta = h, g$ и j , говорит о возможности формирования некоторого обобщенного показателя цитируемости. Введем в качестве такого показателя специальный $w(h/j/g)$ -индекс (далее просто ω -индекс), получаемый путем усреднения суммы значений $w(\beta)$ -индексов с основаниями $\beta = h, j$ и g :

$$(3) \quad \omega = w(h/j/g) = \frac{w(h) + w(j) + w(g)}{3}.$$

Например, для рассматриваемого случая имеем:

$$\omega = w(h/j/g) = \frac{40,066 + 100,833 + 68,85}{3} \approx 69,916.$$

Значение ω -индекса очень близко к величине $w(j)$ -индекса. Исследования на большом числе примеров и реальных статистических выборок показывают справедливость данной закономерности.

Выводом из вышесказанного может служить тезис о том, что в качестве наукометрического показателя целесообразно использовать $w(j)$ -индекс, что дает некую усредненную оценку.

Рассмотрим результаты применения новых $w(\beta)$ -индексов с основаниями $\beta = h, j$ и g для выборки реальных статистических данных о деятельности ученых и покажем на примере эффективность их использования для ранжирования ученых.

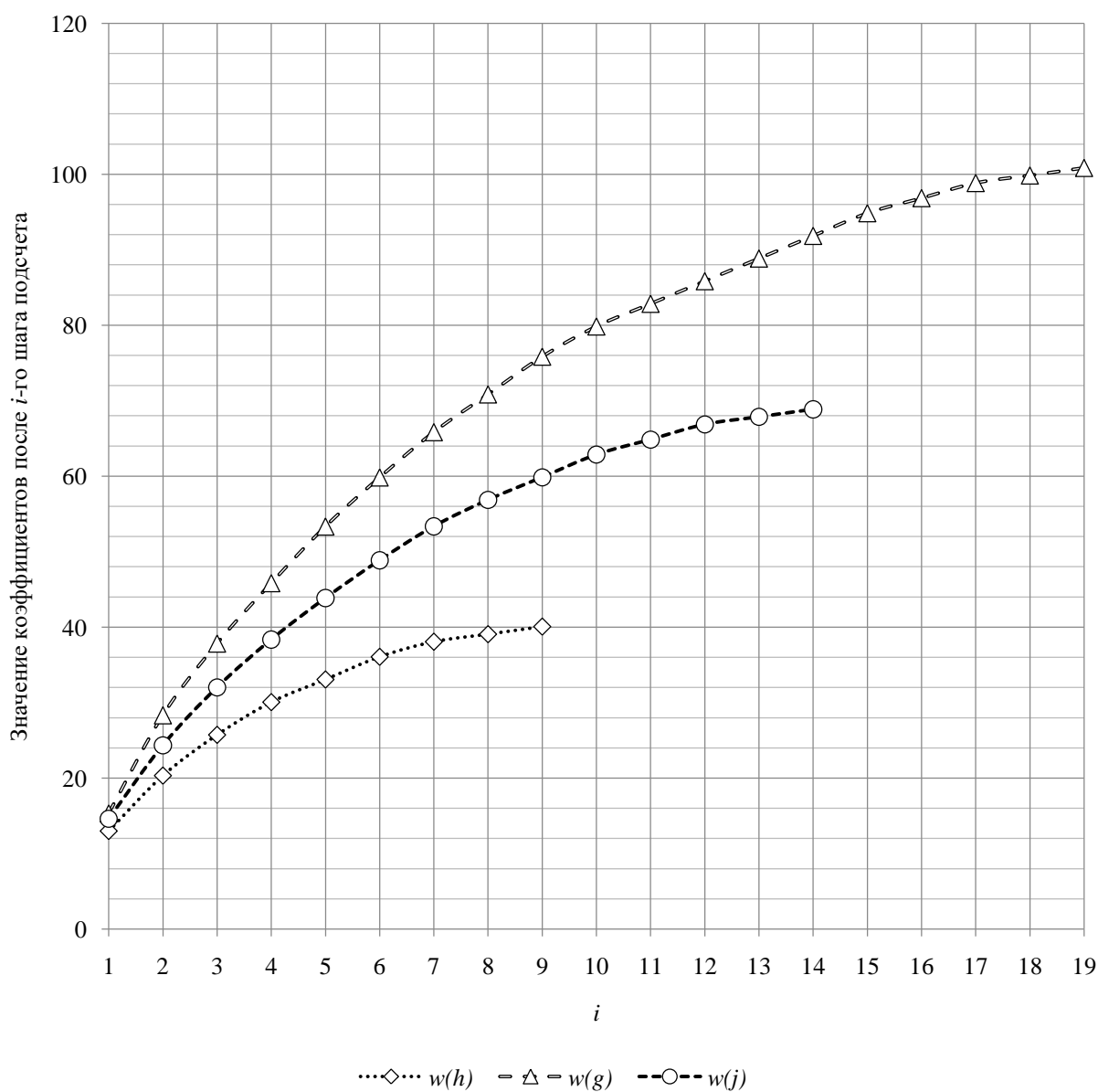


Рис. 5. Рост значений $w(\beta)$ -индексов на каждой итерации подсчета

4. Анализ данных российского индекса научного цитирования

В качестве примера применения различных способов формирования $w(\beta)$ -индексов был проведен анализ статистических данных российских ученых в области автоматике и вычислительной техники (50.00.00 – Автоматика. Вычислительная техника). Были выбраны 15 ученых, ранжированных в порядке невозрастания h -индекса (выборка сделана 25.09.2019). Аналогичная выборка использовалась авторами в предыдущей работе [15], что позволяет сравнивать результаты.

Для каждого из 15-ти выбранных ученых были определены показатели цитируемости: общее число опубликованных работ (Q), общее число цитирований научных работ (N), а также на основании распределения числа цитирований между работами известные наукометрические показатели h -, j - и g -индексы и предложенные в данной работе $w(\beta)$ -индексы. Данные сведены в таблицу 4, а также дополнены диаграммами на рис. 6.

Для сравнения в таблице 4 приведены данные о доле учитываемых цитирований от общего их количества h -, j - и g -индексами. По числу учтенных цитирований работ ученых можно сделать вывод о том, что традиционные показатели цитирования учитывают только малую долю цитирований всех работ ученых. Наименьшее число цитирований в среднем приходится на g -индекс, несколько большее – на j -индекс и еще чуть большее – на h -индекс. Однако для большинства ученых все индексы учитывают менее половины цитирований, а для ряда ученых – даже менее четвертой части.

На основании данных о значениях $w(h)$ -, $w(j)$ - и $w(g)$ -индексов, был рассчитан обобщенный показатель цитируемости – ω -индекс. Его значения наиболее близки к значениям $w(j)$ -индекса.

На рис. 7 показаны графики изменения значений $w(\beta)$ -индексов для ученого A на каждом шаге итерации. Графики иллюстрируют общую закономерность. Наименьшие значения имеет $w(h)$ -индекс, наибольшие – $w(g)$ -индекс, а $w(j)$ -индекс занимает промежуточное положение.

ние по данному показателю. При этом h -цепь является самой короткой, g -цепь – самой длинной, а длина j -цепи находится между длинами h - и g -цепей. На конечные значения $w(\beta)$ -индексов влияет способ усреднения числа цитирований на каждом шаге итерации.

Следует отметить, что на первых шагах итерации достигается максимальный рост каждого из $w(\beta)$ -индексов. Последние итерации увеличивают итоговое значение каждого из $w(\beta)$ -индексов незначительно. Это позволяет говорить о возможности «настройки» $w(\beta)$ -индексов и подсчета значений индексов без учета работ, которые процитированы единожды или малое число раз [15].

Использование $w(\beta)$ -индексов позволяет ранжировать ученых более обоснованно, чем это делается при использовании традиционных показателей (табл. 5). Если при ранжировании по h -, j - и g -индексам не всегда удается распределить ученых по местам в рейтинге (имеется много групп ученых с одинаковыми значениями индексов), то с использованием $w(\beta)$ -индексов это удастся сделать всегда, так как они учитывают более точно цитируемость всех работ ученого. Из табл. 5 следует, что места в рейтинге по обобщенному ω -индексу совпадают с местами по $w(j)$ -индексу для 13-ти ученых и для 10-ти ученых по $w(h)$ - и $w(g)$ -индексам.

Таблица 4. Статистические данные ученых

Ученый	Q	N	h	j	g	Доля учитываемых цитирований			$w(h)$	$w(j)$	$w(g)$	ω
						h	j	g				
<i>A</i>	377	15246	58	28	16	22,065	27,365	26,866	509,996	1117,957	1841,744	1156,566
<i>B</i>	396	6415	51	21	11	40,546	31,754	20,748	309,88	642,52	1074,976	675,792
<i>C</i>	535	4785	45	19	10	42,32	32,957	20,899	352,828	682,668	1030,401	688,632
<i>D</i>	491	8093	42	18	10	21,797	17,126	12,356	491,12	1027,014	1580,698	1032,944
<i>E</i>	160	5567	41	17	10	30,196	21,681	17,963	222,192	524,398	859,386	535,325
<i>F</i>	295	2846	41	12	6	59,065	17,709	7,59	212,866	459,776	721,017	464,553
<i>G</i>	581	4332	37	14	7	31,602	17,128	7,918	400,589	790,199	1184,658	791,815
<i>H</i>	676	4174	35	12	7	29,348	12,075	8,218	508,634	999,461	1279,456	929,184
<i>I</i>	246	1817	35	12	7	67,419	27,738	18,877	126,147	270,167	412,124	269,479
<i>J</i>	336	2320	34	11	6	49,828	17,543	9,31	212,166	437,275	683,203	444,215
<i>K</i>	401	6025	33	17	11	18,075	20,033	22,091	379,921	718,701	1066,92	721,847
<i>L</i>	386	3020	33	13	7	36,06	20,232	11,358	302,965	591,535	873,281	589,26
<i>M</i>	276	5284	32	17	10	19,379	22,843	18,925	340,489	680,175	1068,975	696,546
<i>N</i>	366	4170	32	12	7	24,556	12,086	8,225	332,622	762,167	1190,751	761,847
<i>O</i>	146	1527	32	12	7	67,06	33,006	22,462	88,414	198,919	320,29	202,541
Средние значения						37,288	22,085	15,587	–	–	–	–

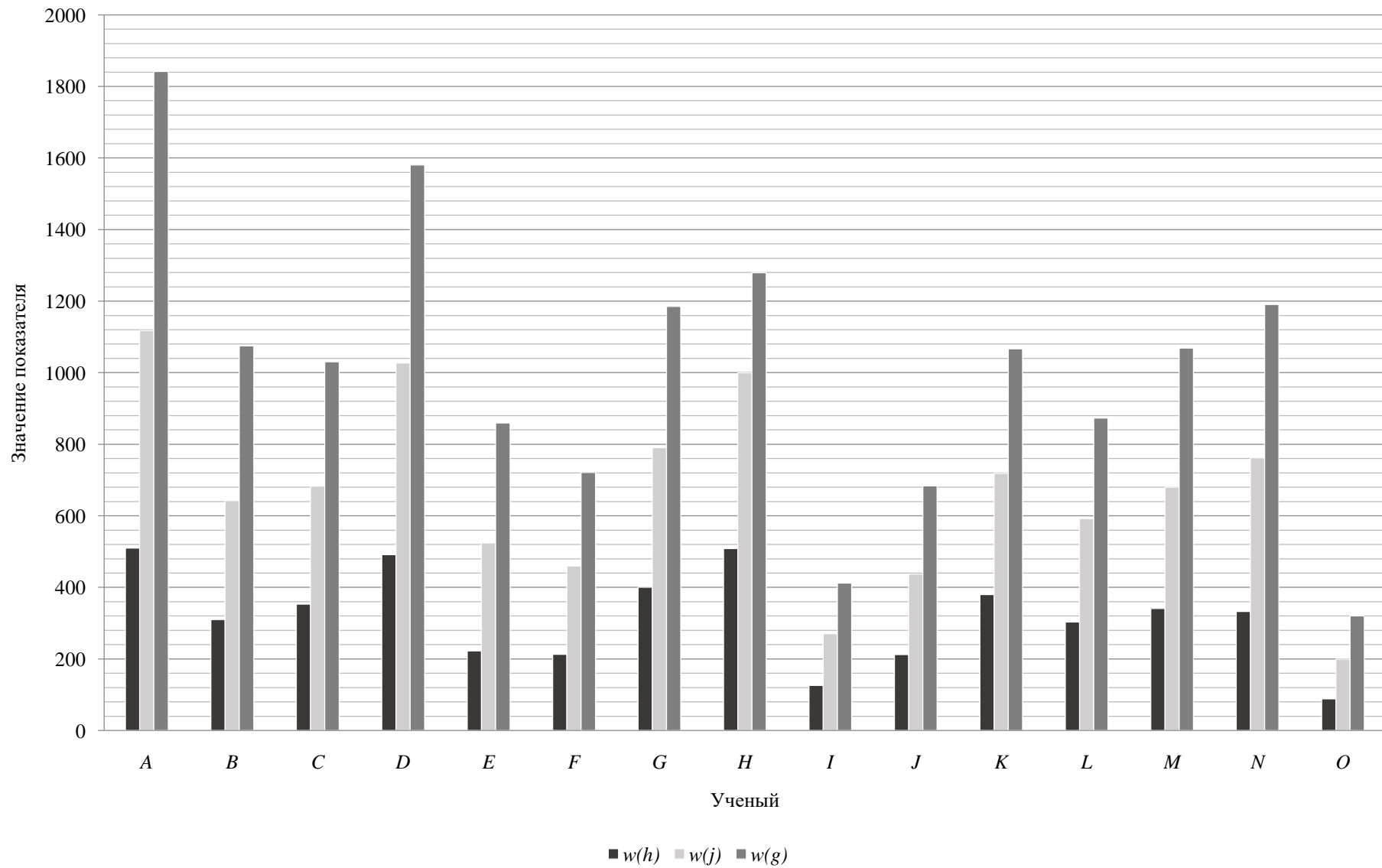


Рис. 6. Значения $w(\beta)$ -индексов для рассматриваемых ученых

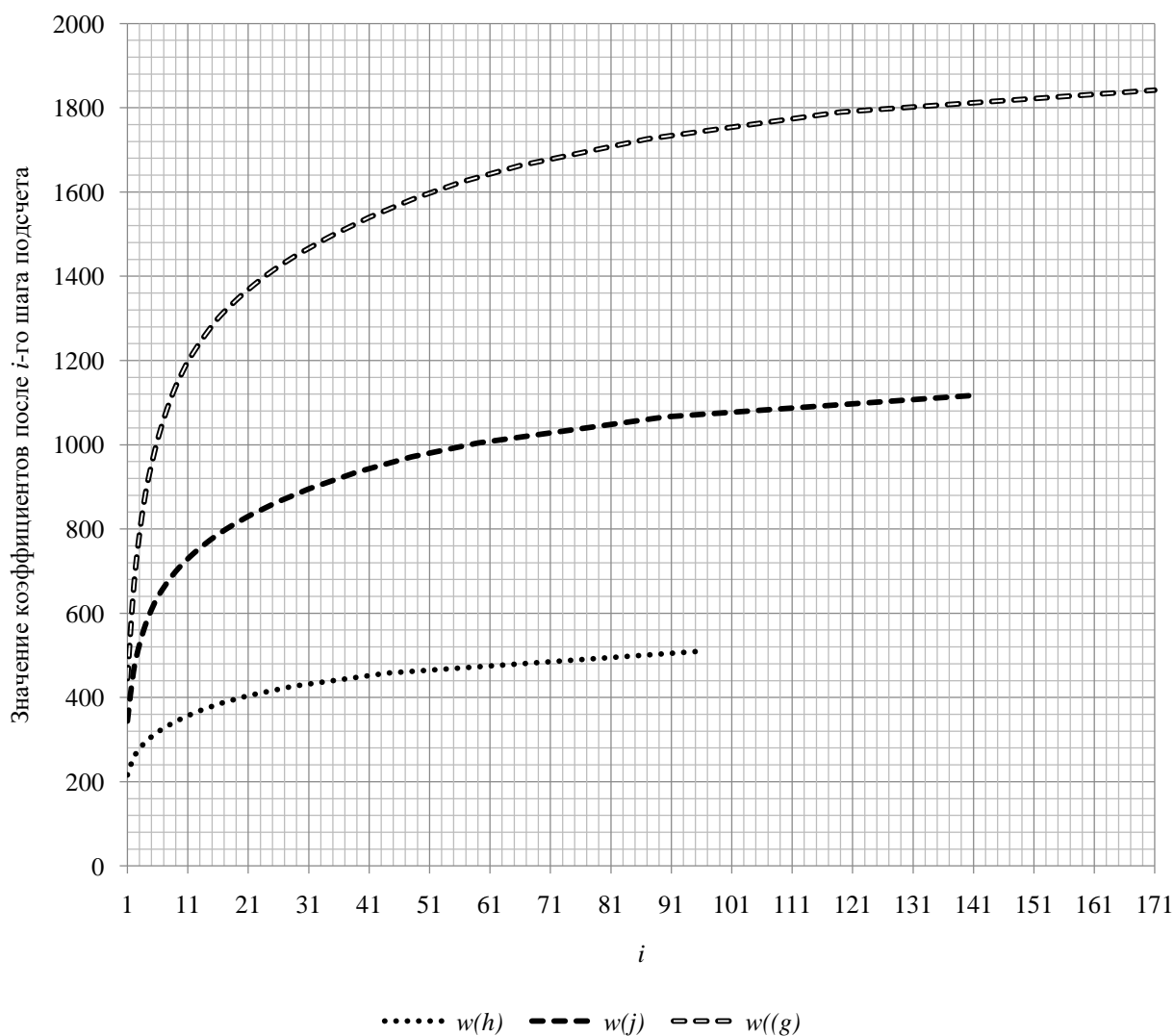


Рис. 7. Рост значений $w(\beta)$ -индексов на каждой итерации подсчета для ученого A .

Таблица 5. Места в рейтинге по различным показателям

Ученый	Q	N	h	j	g	$w(h)$	$w(j)$	$w(g)$	ω
A	9	1	1	1	1	1	1	1	1
B	6	3	2	2	2-3	9	9	6	9
C	3	7	3	3	4-7	6	7	9	8
D	4	2	4	4	4-7	3	2	2	2
E	15	5	5-6	5-7	4-7	11	11	11	11
F	12	12	5-6	10-14	14-15	12	12	12	12
G	2	8	7	8	8-13	4	4	5	4
H	1	9	8-9	10-14	8-13	2	3	3	3
I	14	14	8-9	10-14	8-13	14	14	14	14
J	11	13	10	15	14-15	13	13	13	13
K	5	4	11-12	5-7	2-3	5	6	8	6
L	8	11	11-12	9	8-13	10	10	10	10
M	13	6	12-15	5-7	4-7	7	8	7	7
N	10	10	12-15	10-14	8-13	8	5	4	5
O	15	15	12-15	10-14	8-13	15	15	15	15

5. Заключение

Представленный в настоящей статье обобщенный индекс цитируемости позволяет более объективно ранжировать ученых, учитывая в полной мере распределение всего множества цитирований между всеми работами. При этом в качестве показателя может быть выбран один из описанных $w(\beta)$ -индексов, а также обобщенный показатель на их основе. Следует отметить, что ближе всего по значениям к обобщенному показателю находится $w(j)$ -индекс, который можно использовать как некоторый базовый показатель цитируемости, наиболее обоснованно позволяющий составлять рейтинги ученых.

При вычислении $w(\beta)$ -индексов также возможна «настройка» с указанием ограничения длины цепей и количества учитываемых цитирований работ. По графикам роста значений $w(\beta)$ -индексов видно, что после проведения нескольких итераций подсчета числа $w(\beta)$ рост его значения постепенно замедляется и является незначительным. Однако для каждого ученого этот рост оказывается различным, что связано, прежде всего, с распределением цитирований между малоцитируемыми работами и их количеством. Например, это можно сделать за счет выбора основания $\beta=2h$. В таком случае, при вычислении $w(2h)$ -индекса цитируемые единожды работы будут исключены из рассмотрения. Выбор в качестве основания числа $\beta=3h$ при подсчете $w(3h)$ -индекса удалит из рассмотрения все работы, цитируемые по одному и по два раза. Особенности «настройки» индекса цитируемости требуют дальнейших исследований для различных отраслей науки.

Новый обобщенный $w(\beta)$ -индекс, по нашему мнению, целесообразно учитывать при определении комплекса наукометрических показателей авторов, периодических изданий, а также научных и учебных организаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Цыганов А.В.* Краткое описание наукометрических показателей, основанных на цитируемости // Управление большими системами. – 2013. – №44. – С. 248-261.

2. *Hirsch J.E.* An Index to Quantify an Individual's Scientific Research Output // Proceedings of National Academy of Sciences of the USA. – 2005. – Vol. 102. – Issue 46. – Pp. 16569–16572. – DOI: 10.1073/pnas.0507655102.
3. *Hirsch J.E.* An Index to Quantify an Individual's Scientific Research Output That Takes into Account the Effect of Multiple Coauthorship // *Scientometrics*. – 2010. – Vol. 85. – Issue 3. – Pp. 741–754. – DOI: 10.1007/s11192-010-0193-9.
4. *Hirsch J.E.* An Index to Quantify an Individual's Scientific Leadership // *Scientometrics*. – 2019. – Vol. 118. – Issue 1. – Pp. 673–686. – DOI: 10.1007/s11192-018-2994-1.
5. *Ball P.* Index Aims for Fair Ranking of Scientists // *Nature*. – 2005. – Vol. 436. – P. 900. – doi.org/10.1038/436900a.
6. *Egghe L.* Theory and Practice of the g-Index // *Scientometrics*. – 2006. – Vol. 69. – Pp. 131–152.
7. *Egghe L.* Mathematical Theory of the h- and g-Index in Case of Fractional Counting of Authorship // *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. – 2008. – Vol. 59. – Issue 10. – Pp. 1608–1616. – DOI: 10.1002/asi.20845.
8. *Штовба С.Д., Штовба Е.В.* Обзор наукометрических показателей для оценки публикационной деятельности ученого // *Управление большими системами*. – 2013. – №44. – С. 262–278.
9. *Ramana K.V., Kandi S.* A Newer Approach to Assessing a Researcher's Scientific Impact: Ramana's Researcher Index (r-Index) // *Biomedicine and Biotechnology*. – 2013. – Vol. 1. – Issue 2. – Pp. 9–10. – DOI: 10.12691/bb-1-2-2.
10. *Полянин А.Д.* Недостатки индексов цитируемости и Хирша и использование других наукометрических показателей // *Математическое моделирование и численные методы*. – 2014. – №1. – С. 131–144.
11. *Михайлов О.В.* О возможной модификации индексов Хирша и Эгга с учетом соавторства // *Социология науки и технологий*. – 2014. – Том 5. – №3. – С. 48–56.
12. *Марвин С.В.* Альтернативная дробная модификация индекса Хирша, учитывающая количество авторов цитируемых статей // *Управление большими системами*. – 2015. – №56. – С. 108–122.
13. *Raheel M., Ayaz S., Afzal M.T.* Evaluation of h-index, its variants and extensions based on publication age & citation intensity in civil engineering // *Scientometrics*. – 2018. – Vol. 114. – Issue 3. – Pp. 1107–1127. – DOI: 10.1007/s11192-017-2633-2.
14. *Герасименко П.В.* Моделирование показателей результатов творческой деятельности ученого по его публикациям и их цитированиям // *Автоматика на транспорте*. – 2019. – Том 5. – №4. – С. 505–514. – DOI: 10.20295/2412-9186-2019-5-4-493-504.

15. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В., Ефанов Д.В. «Настраиваемый» индекс оценки деятельности ученого // Социология науки и технологий. – 2020. – Том 11. – №2. – С. 194-210. – DOI: 10.24411/2079-0910-2020-12009.
16. Михайлов О.В. Новая версия индекса Хирша – j-индекс // Вестник Российской Академии наук. – 2014. – Том 84. – № 6. – С. 532-535. – DOI: 10.7868/S0869587314060085.

Информация об авторах

Сапожников Валерий Владимирович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах», Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (190031, РФ, г. Санкт-Петербург, Московский пр., 9). E-mail: port.at.pgups@gmail.com

Сапожников Владимир Владимирович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах», Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (190031, РФ, г. Санкт-Петербург, Московский пр., 9). E-mail: at.pgups@gmail.com

Ефанов Дмитрий Викторович – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» Российского университета транспорта (127994, РФ, Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9), E-mail: TrES-4b@yandex.ru