

С.Н. Жук

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ ПО ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Жук С.Н. Оценка эффективности функционирования сложных систем по иерархической системе показателей.

Аннотация. В данной работе была показана возможность и преимущество применения метода рандомизированных сводных показателей для оценки эффективности публикационной активности научных сотрудников различных организаций. Рассмотрен пример применения указанного подхода для построения иерархической системы сводных показателей двух уровней, учитывающей мнения двух потенциальных экспертных групп.

Ключевые слова: метод рандомизированных сводных показателей, иерархия сводных показателей, система поддержки и принятия решений.

Zhuk S.N. Evaluating the performance of complex systems on a hierarchical system of indices.

Abstract. In this paper it was shown the advantage of the method of randomized aggregate indices to evaluate the effectiveness of the publication activity of scientific staff of various organizations. Was considered an example of the application of this approach for to building a hierarchy of aggregate indices of two levels which takes into account opinions of two potential of expert groups.

Keywords: randomized aggregate indices method, a hierarchy of aggregate indices, decision support system.

1. Введение. В последнее время в связи с проводимыми реформами в области науки и образования проблема оценки научной деятельности находится в центре дискуссий [8]. Связано это с задачей наиболее эффективного распределения финансов, выделяемых в эту область. Эффективность в данном случае подразумевает под собой наиболее плодотворное распределение различных надбавок к зарплате, премий, грантов, государственных контрактов и т.д. Для осуществления задачи эффективного распределения денежных средств необходимо объективно оценить работу учёного, научного коллектива, организации, что порой достаточно трудно. Наибольшие затруднения возникают именно при выявлении объективности такого рода оценки. Существует много различных методик, способов расчётов различных показателей результатов трудов сотрудников организаций, но ни об одном из них нельзя судить как о полностью объективном [9]. Именно поэтому можно полагать, что данная область исследования является актуальной в современной науке.

В данной работе предлагается рассмотреть подход, называемый в литературе методом сводных показателей, подробно описанный, например, в [2]. Метод сводных показателей позволяет определить одну сводную оценку, синтезирующую отдельные показатели качества объекта, как линейную "свертку" многих оценок исследуемого объекта, проводимых по различным критериям.

Цель работы – показать возможности применения и преимущества данного метода для оценки публикационной активности научных сотрудников различных организаций, как основополагающей составляющей при оценке научной деятельности сотрудников, на примере данных о публикациях кафедры экономической кибернетики экономического факультета Санкт-Петербургского государственного университета за период 2006–2012 годы.

2. Построение сводных показателей первого уровня. В работе мы рассмотрим следующие виды публикаций – учебные пособия, методические разработки, монографии, статьи в периодических изданиях, статьи в сборниках, материалы конференций. Естественно этот список не является исчерпывающим, однако, для целей нашей задачи он вполне подходит. Рассмотрим иллюстрационный пример реализации выбранного метода для оценки публикационной активности сотрудников научно-образовательных организаций. Проанализируем эффективность публикационной активности кафедры экономической кибернетики экономического факультета Санкт-Петербургского государственного университета за фиксированный период с 2006 по 2012 год включительно. В качестве исходных данных, мы имеем 6 характеристик $x(1), \dots, x(6)$, каждая из которых указывает на вид печатного издания. Значения $x(j, i), j = 1, \dots, 7, i = 1, \dots, 6$, всех $m = 6$ исходных характеристик для $n = 7$ объектов взяты с сайта кафедры экономической кибернетики СПбГУ <http://cyber.econ.spbu.ru> в разделе научная деятельность (см. табл.1).

Таблица 1. Количество печатных изданий работников кафедры (шт.)

Характеристики	Учебники	Методические разработки	Монографии	Статьи в периодических изданиях	Статьи в сборниках	Материалы конференций
Объекты						
Публикации 2006 г.	5	1	0	6	14	1

Публикации 2007 г.	6	3	1	25	4	17
Публикации 2008 г.	6	7	2	13	11	13
Публикации 2009 г.	2	5	2	24	32	16
Публикации 2010 г.	7	3	5	18	10	20
Публикации 2011 г.	4	0	3	24	8	19
Публикации 2012 г.	3	2	1	27	22	27

Конечный результат формирования будет зависеть от экспертной информации, которая может быть различного рода и иметь разные (порой даже противоположные) предпочтения [2]. В нашей работе единый сводный показатель будет формироваться с учётом мнений двух групп потенциальных экспертов, предпочитающих, соответственно, публикации образовательного и научного характера.

Эти предпочтения будут учтены с использованием нечисловой, неточной и неполной информации $I(1)$ о весовых коэффициентах для индексов первого уровня $Q(1;1)$, $Q(2;1)$ в виде множества $I(1) = \{I(1;1), I(2;1)\}$ следующих неравенств:

$$I(1;1) = \{w(1;1;0) > w(2;1;0) > w(3;1;0) > w(4;1;0) > w(5;1;0) > w(6;1;0)\};$$

$$I(2;1) = \{w(3;2;0) > w(4;2;0) > w(5;2;0) > w(6;2;0) > w(1;2;0) > w(2;2;0)\}.$$

Для построения отдельных показателей $q(1), \dots, q(6)$ (сводных показателей «нулевого» уровня $Q(r;0) = q(r)$, $r = 1, 2, 3, 4, 5, 6$) нормализуем исходные характеристики $x(1), \dots, x(6)$ таким образом, что наименьшее (наибольшее) значение $Q(r;0) = q(r) = 0$, $r = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ ($Q(r;0) = q(r) = 1$, $r = 1, 2, 3, 4, 5, 6$) отдельного показателя $Q(r;0) = q(r) = Q(x(r); r; 0)$, $r = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ достигается при минимальном (максимальном) числе r -го норматива. Следующий уровень иерархии сводных показателей мы будем строить, руководствуясь следующими формулами:

$$Q(1;1) = w(1;1;0)Q(1;0) + \dots + w(6;1;0)Q(6;0),$$

$$Q(2;1) = w(1;2;0)Q(1;0) + \dots + w(6;2;0)Q(6;0),$$

Для весовых коэффициентов предполагается выполнение следующих нормирующих соотношений:

$$w(1;1;0) + \dots + w(6;1;0) = 1;$$

$$w(1;2;0) + \dots + w(6;2;0) = 1.$$

Сконструированные сводные показатели первого уровня $Q(1;1)$, $Q(2;1)$ имеют простую интерпретацию, которая зафиксирована в названиях этих показателей, приведённые в табл. 2.

Таблица 2. Сводные показатели (первого уровня иерархии) эффективности публикационной активности

$Q(j;1)$	Название	Комментарий
$Q(1;1)$	«Показатель учебных публикаций»	Показатель, учитывающий пожелание доминирования публикаций учебно-образовательного характера
$Q(2;1)$	«Показатель научных публикаций»	Показатель, учитывающий пожелание доминирования публикаций научного характера

Рассмотрим первую подзадачу формирования сводного показателя первого уровня $Q(1;1)$ с использованием экспертной информации $I(1;1)$.

Используя СППР АСПИД-3W [4], получаем оценки $\bar{Q}(j;r,1) = E\tilde{Q}(j;r,1)$, $j = 1,2,3,4,5,6$, $r = 1,2$, для всех рандомизированных сводных показателей $\tilde{Q}(j;1,1), \dots, \tilde{Q}(j;2;1)$ всех $n = 7$ изучаемых лет с использованием экспертной информации $I(1;1)$:

$$\bar{Q}(1;1;1) = 0.293, \bar{Q}(2;1;1) = 0.563, \bar{Q}(3;1;1) = 0.695, \bar{Q}(4;1;1) = 0.517,$$

$$\bar{Q}(5;1;1) = 0.759, \bar{Q}(6;1;1) = 0.370, \bar{Q}(7;1;1) = 0.339.$$

Также СППР АСПИД-3W [4] подсчитывает оценки $\bar{w}(r;i;0) = E\tilde{w}(r;i;0)$, $\tilde{w}(r;i;0) \in W(i;1)$, $r = 1,2,3,4,5,6$, $i = 1,2$, рандомизированных весовых коэффициентов:

$$\bar{w}(1;1;0) = 0.393, \bar{w}(2;1;0) = 0.257, \bar{w}(3;1;0) = 0.179, \bar{w}(4;1;0) = 0.114,$$

$$\bar{w}(5;1;0) = 0.057, \bar{w}(6;1;0) = 0.000.$$

Рассмотрим вторую подзадачу формирования сводного показателя первого уровня $Q(2;1)$ с использованием экспертной информации $I(2;1)$.

Используя СППР АСПИД-3W [4], получаем оценки $\bar{Q}(j;r,1) = E\tilde{Q}(j;r,1)$, $j = 1,2,3,4,5,6$, $r = 1,2$, для всех рандомизированных сводных показателей $\tilde{Q}(j;1,1), \dots, \tilde{Q}(j;2,1)$ всех $n = 7$ изучаемых лет с использованием экспертной информации $I(2;1)$:

$$\bar{Q}(1;2;1) = 0.098, \bar{Q}(2;2;1) = 0.427, \bar{Q}(3;2;1) = 0.386, \bar{Q}(4;2;1) = 0.858,$$

$$\bar{Q}(5;2;1) = 0.718, \bar{Q}(6;2;1) = 0.583, \bar{Q}(7;2;1) = 0.576.$$

Одновременно СППР АСПИД-3W [4] подсчитывает оценки $\bar{w}(r;i;0) = E\tilde{w}(r;i;0)$, $\tilde{w}(r;i;0) \in W(i;1)$, $r = 1,2,3,4,5,6$; $i = 1,2$, рандомизированных весовых коэффициентов:

$$\bar{w}(1;2;0) = 0.057, \bar{w}(2;2;0) = 0.000, \bar{w}(3;2;0) = 0.393, \bar{w}(4;2;0) = 0.257,$$

$$\bar{w}(5;2;0) = 0.179, \bar{w}(6;2;0) = 0.114.$$

3. Построение единого сводного показателей второго уровня.

На заключительном третьем этапе СППР АСПИД-3W [4] вычисляет оценки $\bar{Q}(j;1,2)$, $j = 1, \dots, 6$, для рандомизированных сводных показателей второго уровня $\tilde{Q}(j;1,2)$, $j = 1, \dots, 6$ рассматриваемого промежутка времени. В качестве исходных данных берутся ожидаемые значения сводных показателей предыдущего (первого) уровня иерархии:

$$\bar{Q}(1;1;2) = 0.195, \bar{Q}(2;1;2) = 0.495, \bar{Q}(3;1;2) = 0.539, \bar{Q}(4;1;2) = 0.687,$$

$$\bar{Q}(5;1;2) = 0.738, \bar{Q}(6;1;2) = 0.476, \bar{Q}(7;1;2) = 0.457.$$

Также СППР АСПИД-3W [4] подсчитывает оценки $\bar{w}(r;i;1) = E\tilde{w}(r;i;1)$, $\tilde{w}(r;i;0) \in W(i;1)$, $r = 1,2,3,4,5,6$; $i = 1,2$, рандомизированных весовых коэффициентов:

$$\bar{w}(1;1;1) = 0.500, \bar{w}(2;1;1) = 0.500.$$

Важно отметить, что полученные оценки эффективности публикационной активности кафедры экономической кибернетики экономического факультета СПбГУ за период с 2006 по 2012 годы учитывают пожелания обеих выше обозначенных групп экспертов.

4. Динамика единого сводного показателя второго уровня.

Для наглядности, удобно отобразить полученные результаты в виде графика. По оси ординат отметим ожидаемое значение сводного показателя второго уровня для каждого рассматриваемого календарного года, а по оси абсцисс временной промежуток (см. рис.1).

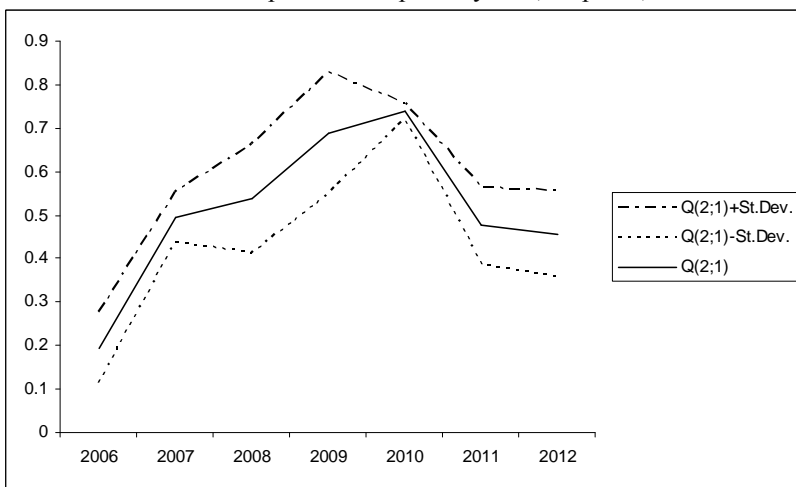


Рис.1 Единые сводные показатели второго уровня иерархии эффективности публикационной активности за период 2006–2012 г.

Пунктирными линиями проведены возможные ошибки оценки единого сводного показателя на величину, равную стандартному отклонению от среднего.

Полученный график позволяет свободно проводить сравнительный анализ полученных оценок по годам.

Более того, важно подчеркнуть, что данный подход к оценке научной деятельности организаций, в отличие от других, сочетает в себе две общеизвестных методики – экспертная оценка и сравнение по количественным показателям, что выделяет его на общем уровне известных методов.

4. Заключение. В настоящее время Правительство Российской Федерации уделяет большое внимание повышению практической отдачи научной деятельности. Это связано, в том числе, и с потребностью выявления неэффективного использования средств, выделяемых на проведение научных исследований, недостаточным внедрением результатов научной деятельности в практику, отсутствием прозрачных механизмов оценки результатов научной деятельности [8]. Также отмечается, что работы российских ученых недостаточно известны за рубежом, а у российских ученых, в свою очередь, недостаточно информации о достижениях зарубежных коллег.

Согласно [8], международное признание и публикационная активность сотрудников и коллективов обозначены как основные критерии оценки качества и результативности научных исследований.

С практической точки зрения, результаты, полученные в данной работе, позволяют расширить круг методов для оценки научной деятельности сотрудников, выявить преимущества данного подхода в сравнении с другими.

Литература

1. *Хованов Н.В.* Оценка сложных экономических объектов и процессов в условиях неопределенности. К 95-летию метода сводных показателей А.Н. Крылова // Вестник СПбГУ. Сер. 5. 2005. Выпуск. 1. С. 138-144.
2. *Хованов Н.В.* Анализ и синтез показателей при информационном дефиците. // СПб.: СПбГУ, 1996.
3. *Bayes T.* An essay towards solving a problem in the doctrine of chances // *Biometrika*. 1958. Vol.45, N. 3-4. P.296-315 (Reprinted from *Philosophical Transactions of London Royal Society*, 1763).
4. *Хованов К.Н., Хованов Н.В.* Система поддержки принятия решений АСПИД-3W (Анализ и Синтез Показателей при Информационном Дефиците). Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 960087 от 22.03.1996. Российское агентство по правовой охране программ для ЭВМ, баз данных и топологии интегральных микросхем (РосАПО). М.: 1996.
5. *Хованов Н.В.* Модель построения индексов ценности составных благ // Материалы международного симпозиума «Нобелевские лауреаты по экономике и российские экономические школы». СПб.: ОЦЭМ, 2003. С. 189-191.

6. *Hovanov N., Kornikov V., Seregin I.* Qualitative information processing in DSS ASPID-3W for complex objects estimation under uncertainty // Proceedings of the International Conference "Informatics and Control". SPb.: SPbGU, 1997. P. 808-816.
7. *Хованов Н.В.* Математические модели риска и неопределенности. СПб.:СПбГУ, 1998.
8. *Яковлева А.Ф.* Об основных подходах к оценке результативности научных исследований в России [Электронный доступ: <http://iph.ras.ru/uplfile/root/exp/Yakovleva.pdf>]
9. *Котляров И.Д.* Управление продуктивностью научной работы профессорско-преподавательского состава // Вестник ИГЭУ, выпуск 1, 2010, стр.1–6.
10. *Азаров А.А., Тулупьева Т.В., Фильченков А.А., Тулупьев А.Л.* Вероятностно-реляционный подход к представлению модели комплекса «Информационная система – персонал – критичные документы» // Труды СПИИРАН. 2012. Вып. 20. С. 57–71.
11. *Азаров А.А., Тулупьев А.Л., Тулупьева Т.В.* SQL-представление реляционно-вероятностных моделей социо-инженерных атак в задачах расчета агрегированных оценок защищенности персонала информационной системы // Труды СПИИРАН. 2012. Вып. 22. С. 31–44.
12. *Азаров А.А.* Математические аспекты применения психологического профиля уязвимостей пользователя для анализа защищенности информационных систем от социо-инженерных атак // Региональная информатика–2012 (РИ–2012). XIII Санкт-Петербургская международная конференция. Санкт-Петербург, 24–26 октября, 2012 г.: Материалы конференции / СПОИСУ. СПб., 2012. С. 78.
13. *Азаров А.А., Тулупьев А.Л., Тулупьева Т.В., Фильченков А.А.* Разработка вероятностно-реляционных моделей для представления комплекса «персонал-критичные документы-информационная система» // Региональная информатика-2012 (РИ-2012). XIII Санкт-Петербургская международная конференция. Санкт-Петербург, 24–26 октября, 2012 г.: Материалы конференции / СПОИСУ. СПб., 2012. С. 79.

Жук Софья Николаевна — магистрант кафедры экономической кибернетики экономического факультета С.-Петербургского государственного университета (СПбГУ), младший научный сотрудник лаборатории теоретических и междисциплинарных проблем информатики СПИИРАН. Область научных интересов: статистический анализ данных, математическая статистика, теория вероятностей. Число публикаций — 8. Zhuk.S.N@gmail.com, СПИИРАН, 14-я линия В.О., д. 39, г. Санкт-Петербург, 199178, РФ; р.т. +7(812)328-3337, факс +7(812)328-4450. Научный руководитель — Н.В. Хованов.

Zhuk Sofya Nikolaevna — muster student of Mathematical methods in aconomics, SPbSU, junior researcher, Theoretical and Interdisciplinary Computer Science Laboratory, SPIIRAS Research area: statistics, the theory of probabilities. The number of publications — 8. Zhuk.S.N@gmail.com, SPIIRAS, 14-th line V.O., 39, St. Petersburg, 199178, Russia; office phone +7(812)328-3337, fax +7(812)328-4450. Scientific advisor — N.V. Hovanov.

Рекомендовано ТИМПИ СПИИРАН, зав. лаб. А.Л. Тулупьев, д.ф.-м.н., доцент.

Работа поступила в редакцию 06.03.2013.

РЕФЕРАТ

Жук С.Н. Оценка функционирования сложных систем по иерархической системе показателей.

Во всех программных документах, определяющих модели развития науки, образования и инновационного предпринимательства в России до 2020 г., отмечена необходимость достижения мирового уровня исследований, проводимых в национальных научных центрах и университетах.

Международное признание и публикационная активность сотрудников и коллективов обозначены как основные критерии оценки качества и результативности научных исследований.

В результате данной работы была показана возможность применения метода рандомизированных сводных показателей, основанного на классическом методе сводных показателей А.Н. Крылова, для оценки публикационной активности научных сотрудников различных организаций. Продемонстрирован пример реализации метода на данных о публикациях кафедры «Экономической кибернетики» Экономического факультета СПбГУ.

Метод рандомизированных сводных показателей позволяет определить одну сводную оценку, синтезирующую отдельные показатели качества объекта, как линейную "свертку" многих оценок исследуемого объекта, проводимых по различным критериям. С помощью метода рандомизированных сводных показателей можно оценивать качество разного рода различных многопараметрических объектов.

Указанный метод применяется для построения оценки эффективности функционирования сложной системы по иерархической системе показателей, которая включает два уровня. На первом уровне были сформированы сводные показатели оценки эффективности кафедры Экономической кибернетики за семь календарных лет, учитывающие предпочтения двух различных потенциальных экспертов: эксперта, предпочитающего доминирование публикаций учебно-образовательного характера и эксперта, предпочитающего доминирование публикаций научного характера. На втором уровне был сформирован единый сводный показатель эффективности публикационной активности кафедры. Был построен и проанализирован график полученных оценок сводных показателей второго уровня.

SUMMARY

Zhuk S.N. Evaluating the performance of complex systems on a hierarchical system of indices.

Currently in Russia have the need achievement the world-class research.

International recognition and publication activity of employees and groups is identified as major criteria for assessing the quality and impact of research.

In this paper it was shown the advantage of the method of randomized aggregate indices to evaluate the effectiveness of the publication activity of scientific staff of various organizations. Shows an example of the implementation of the method on data of publications of the Department "Economic cybernetics" of the Faculty of Economics SPbU.

Randomized aggregate indices method allows determined one single consolidated assessment which synthesizes individual indicators are the quality of the object as a linear "convolution" many estimates of the investigated object which is held by various criteria. With using of randomized aggregate indices method can assess the quality of all kinds of different objects multiparameter.

Was considered an example of the application of this approach for to building a hierarchy of aggregate indices of two levels which takes into account opinions of two potential of expert groups. The first group was preferred of dominance of educational publications, and the second group was preferred dominance of a scientific publications.

In the second level was formed a single aggregate indices of efficiency publication activity of the department.

Was constructed and analyze the graph of the estimates of aggregate indices of the second level.