

Согласование экспертных оценок при анализе эффективности управления заповедниками

В. В. Стрижов, В. В. Шакин*, А. К. Благовидов†
E-mail: strijov@ccas.ru, shakin@ccas.ru, akb@iucn-cis.org

Аннотация: Рассмотрена задача согласования экспертных оценок. Заданы множество объектов и множество показателей. Каждому объекту и каждому показателю поставлена в соответствие экспертная оценка. Задана матрица измерений объектов по всем показателям. Каждый объект можно оценить двумя путями: непосредственно через экспертную оценку и через взвешенную сумму значений показателей объекта, где веса определяются экспертными оценками показателей. В общем случае эти оценки различны. Описан метод, позволяющий получить непротиворечивые экспертные оценки объектов и показателей. Метод проиллюстрирован задачей по оценке эффективности работы заповедников России.

Ключевые слова: экспертно-статистический метод, регуляризация, интегральные индикаторы, многокритериальное пространство

1 Введение

При анализе эффективности управления заповедниками эксперты руководствуются ежегодными отчетами, которые заполняются заповедниками. Форма ежегодного отчета однозначно определена для всех заповедников и состоит из нескольких десятков измеряемых показателей. Для сравнения заповедников друг с другом по имеющимся данным годового отчета предлагается найти для каждого заповедника интегральный индикатор эффективности управления. Были применены три подхода построения интегрального индикатора. Согласно первому подходу [3], был получен интегральный индикатор “без учителя”, как проекция вектора измерений каждого заповедника на первую главную компоненту матрицы данных. Полученный результат, по мнению экспертов, оказался неадекватным реальной ситуации. Согласно второму подходу [3], интегральный индикатор строился “с учителем”, как взвешенная сумма измерений показателей каждого заповедника. Как показала практика, веса назначались с ошибками, что также приводило к результатам, спорным с точки зрения экспертов.

Предлагаемый, третий, подход имеет целью согласовать экспертные оценки, и заключается в поиске компромиссного решения. Согласно этому подходу, экспертам предоставляется возможность разрешить противоречие между интегральными индикаторами эффективности управления, весами измеряемых показателей и данными ежегодных отчетов. Для этого выбирается критерий, по которому будет производиться согласование. Таким критерием может быть, например, работа службы охраны заповедника. Экспертам предлагается оценить качество работы службы охраны каждого заповедника в некоторой шкале. Шкала обычно вводится самим экспертом, при том пожелании со стороны аналитиков, чтобы шкала имела как можно больше градаций. На практике использовались, пяти-, десяти-, и сто балльные шкалы. Экспертная оценка заповедников проверяется самим же экспертом с помощью матрицы парных сравнений и, при необходимости, корректируется. Затем, из множества показателей ежегодного отчета выбираются те, которые

*Москва, ВЦ РАН

†Представительство МСОП для стран СНГ

соответствуют данному критерию. Полученные показатели также оцениваются экспертами. В результате работы одного эксперта появляются три множества: множество оценок заповедников по установленному критерию, множество оценок показателей, соответствующих данному критерию, и матрица данных — ежегодных отчетов заповедника. Для нахождения интегрального индикатора работы службы охраны заповедника, предлагается согласовать оба множества экспертных оценок с помощью матрицы данных.

В данной работе приведены результаты оценивания двадцати трех заповедников РФ. Работа выполнена в рамках реализации проекта ГЭФ “Сохранение биологического разнообразия России” и программы Представительства IUCN для стран СНГ по экологическим сетям и охраняемым природным территориям.

2 Постановка задачи

Задано множество объектов (заповедников), измеряемых по определенным показателям. При измерении нескольких показателей, произвольный объект описывается с помощью вектора-строки $\mathbf{a}_i = \{a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}\} : \mathbf{a}_i \in \mathbb{R}^n$. Множество измерений (ежегодный отчет заповедников) представляется в виде матрицы исходных данных, обозначаемой $A = \{a_{i,j}\}_{i,j=1}^{m,n}$; в пространстве действительных чисел $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$. Элемент a_{ij} — значение j -го показателя для i -го объекта; $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$. Всего в матрице описывается m объектов, измеренных по n показателям. Вектор-столбцы $\mathbf{a}_j \in \mathbb{R}^m$ матрицы A содержат измерения j -го показателя для всех измеряемых объектов.

Задано множество экспертных оценок для значений интегральных индикаторов m объектов: вектор $\mathbf{q} = \{q_1, q_2, \dots, q_m\} : \mathbf{q} \in \mathbb{R}^m$. Задано множество экспертных оценок для n весов показателей: вектор $\mathbf{w} = \{w_1, w_2, \dots, w_n\} : \mathbf{w} \in \mathbb{R}^n$. Все экспертные оценки выполнены в линейных шкалах, то есть, с векторами \mathbf{q} и \mathbf{w} допустимы любые линейные операции.

Каждый элемент вектора \mathbf{q} поставлен в соответствие строке матрицы A , а каждый элемент вектора \mathbf{w} поставлен в соответствие столбцу матрицы A . Это удобно представить с помощью следующей таблицы:

	w_1	w_2	\dots	w_n
q_1	a_{11}	a_{21}	\dots	a_{n1}
q_2	a_{12}	a_{22}	\dots	a_{n2}
\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
q_m	a_{1m}	a_{2m}	\dots	a_{mn}

Предполагается, что выполнены следующие начальные условия:

1. Объект, имеющий максимальную по величине экспертную оценку q_i считается наилучшим;
2. Показатель, имеющий максимальную по величине экспертную оценку w_j считается наиболее важным при нахождении интегрального индикатора;
3. Максимальное значение j -го измеряемого показателя a_{ij} свидетельствует о том, что i -й объект считается наилучшим по данному показателю;
4. Все показатели приведены к общей шкале, то есть матрица A нормирована по столбцам так, что

$$a_{ij} = 1 - \frac{|x_{i,j} - \mathbf{x}_j^{opt}|}{\max[(\mathbf{x}_j^{opt} - \min(\mathbf{x}_j)), (\max(\mathbf{x}_j) - \mathbf{x}_j^{opt})]},$$

где $X = \{x_{i,j}\}_{i,j=1}^{m,n}$ — исходная матрица,

\mathbf{x}_j^{opt} — заданное экспертами оптимальное значение вектора весов показателей.

5. Количество показателей не превосходит количество объектов: $n \leq m$.

Как описано в [2], по исходным экспертным оценкам весов показателей \mathbf{w}_0 можно вычислить значения вектора интегрального индикатора

$$\mathbf{q}_1 = A\mathbf{w}_0, \quad (1)$$

также, см. [6] и [7], по исходным экспертным оценкам значения вектора интегрального индикатора \mathbf{q}_0 можно вычислить веса показателей

$$\mathbf{w}_1 = A^+\mathbf{q}_0, \quad (2)$$

где A — линейный оператор, соответствующий данной матрице A^+ — оператор, псевдообратный оператору A .

В общем случае вектор экспертной оценки объектов и вектор взвешенной суммы значений показателей объектов различны: $\mathbf{q}_0 \neq \mathbf{q}_1$, также, $\mathbf{w}_0 \neq \mathbf{w}_1$.

Согласованными значениями интегрального индикатора и весов показателей будем называть такие значения \mathbf{q} и \mathbf{w} , при которых выполняется условие

$$\mathbf{q} = A\mathbf{w} \quad (3)$$

с наложением некоторых ограничений, которые будут описаны ниже.

3 α -СОГЛАСОВАНИЕ

Введем процедуру пошагового согласования. Пусть A — матрица линейного оператора, отображающий пространство весов показателей W в пространство интегральных индикаторов объектов Q :

$$W \xrightarrow{A} Q,$$

и пусть для A существует псевдообратный оператор A^+ , отображающий пространство интегральных индикаторов в пространство весов показателей

$$Q \xrightarrow{A^+} W.$$

Для прямоугольной вырожденной матрицы A определим A^+ как

$$A^+ = \lim_{\gamma \rightarrow 0} (A^T A + \gamma I)^{-1} A^T.$$

Обозначим исходные значения векторов интегрального индикатора и весов показателей соответственно $\mathbf{q}_0 : \mathbf{q}_0 \in Q \subseteq \mathbb{R}^m$ и $\mathbf{w}_0 : \mathbf{w}_0 \in W \subseteq \mathbb{R}^n$. Найдем отображение вектора \mathbf{w}_0 из пространства W в пространство Q : $\mathbf{q}_1 = A\mathbf{w}_0$, и отображение вектора \mathbf{q}_0 из пространства Q в пространство W : $\mathbf{w}_1 = A^+\mathbf{q}_0$. Мы получили два отрезка — $[\mathbf{q}_1, \mathbf{q}_0] \subset Q$ и $[\mathbf{w}_1, \mathbf{w}_0] \subset W$. Евклидова длина этих отрезков есть мера несогласованности экспертных оценок. Будем искать согласованные оценки на этих отрезках. Для этого найдем среднее значение между векторами \mathbf{q}_0 и \mathbf{q}_1 , и между векторами \mathbf{w}_0 и \mathbf{w}_1 :

$$\begin{aligned} \mathbf{q}_2 &= \alpha\mathbf{q}_0 + (1 - \alpha)\mathbf{q}_1, \\ \mathbf{w}_2 &= (1 - \alpha)\mathbf{w}_0 + \alpha\mathbf{w}_1, \end{aligned}$$

где $\alpha : \alpha \in [0, 1]$ — параметр доверия экспертным оценкам объектов, либо оценкам весов показателей. При значении $\alpha = 0$ мы игнорируем экспертные оценки объектов, учитывая оценки весов; при значении $\alpha = 1$ мы игнорируем экспертные оценки весов.

Считая полученные вектора \mathbf{q}_2 и \mathbf{w}_2 скорректированными экспертными оценками, повторим процедуру:

$$\begin{aligned} \mathbf{q}_3 &= A\mathbf{w}_2, \\ \mathbf{w}_3 &= A^+\mathbf{q}_2, \end{aligned}$$

и вновь найдем средние значения векторов:

$$\begin{aligned}\mathbf{q}_4 &= \alpha \mathbf{q}_2 + (1 - \alpha) \mathbf{q}_3, \\ \mathbf{w}_4 &= (1 - \alpha) \mathbf{w}_2 + \alpha \mathbf{w}_3.\end{aligned}$$

Процедура сходится на втором шаге, очевидно, что

$$\begin{aligned}\mathbf{q}_\alpha &= \alpha \mathbf{q}_0 + (1 - \alpha) A \mathbf{w}_0, \\ \mathbf{w}_\alpha &= (1 - \alpha) \mathbf{w}_0 + A^+ \alpha \mathbf{q}_0.\end{aligned}\tag{4}$$

Таким образом, выбирая параметр α мы, с помощью выражения (4), находим согласованные значения векторов экспертных оценок: $\mathbf{q}_\alpha = A \mathbf{w}_\alpha$.

Оценим невязку при выбранном параметре α . Евклидово расстояние между исходными векторами $\mathbf{q}_0, \mathbf{w}_0$ и полученными векторами $\mathbf{q}_\alpha, \mathbf{w}_\alpha$ в пространстве интегральных индикаторов и в пространстве весов соответственно равны

$$\begin{aligned}\varepsilon^2 &= \|\mathbf{q}_\alpha - \mathbf{q}_0\|^2, \\ \delta^2 &= \|\mathbf{w}_\alpha - \mathbf{w}_0\|^2.\end{aligned}\tag{5}$$

В качестве критерия выбора параметра α возьмем условие минимального расстояния между начальными и согласованными экспертными оценками в обоих пространствах Q и W . Учитывая, что размерности этих пространств соответственно равны m и n , нормируем квадраты расстояний и находим такие согласованные значения векторов \mathbf{q}_α и \mathbf{w}_α что они удовлетворяют условию

$$\frac{\varepsilon^2}{m} = \frac{\delta^2}{n}.\tag{6}$$

На практике эксперты сами могут выбирать значение параметра α в зависимости от предпочтений важности оценок объектов или оценок показателей. Полученные результаты удобно предложить экспертам на обсуждение в следующем виде:

начальные		w_1	w_2	\dots	w_n
	скоррект.	\hat{w}_1	\hat{w}_2	\dots	\hat{w}_n
q_1	\hat{q}_1	a_{11}	a_{21}	\dots	a_{n1}
q_2	\hat{q}_2	a_{12}	a_{22}	\dots	a_{n2}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
q_m	\hat{q}_m	a_{1m}	a_{2m}	\dots	a_{mn}

При изменении параметра доверия экспертов α к экспертным оценкам объектов и показателей, или при изменении самих экспертных оценок вышеописанную процедуру можно повторить, и передать на обсуждение вновь полученные результаты.

4 γ^2 -согласование

Для ранее поставленной задачи определим согласованное решение как то, при котором расстояние от согласованных векторов \mathbf{q} и \mathbf{w} , таких, что $\mathbf{q} = A \mathbf{w}$ до, соответственно, векторов экспертных оценок \mathbf{q}_0 и \mathbf{w}_0 будет минимальным. Пусть

$$\begin{aligned}\varepsilon^2 &= \|A \mathbf{w} - \mathbf{q}_0\|^2, \\ \delta^2 &= \|\mathbf{w} - \mathbf{w}_0\|^2.\end{aligned}$$

Тогда условие минимального расстояния согласованных векторов до векторов экспертных оценок будет записано как

$$\mathbf{w}_{\gamma, opt} = \arg \min(\varepsilon^2 + \gamma^2 \delta^2),\tag{7}$$

где γ — компромисс между оценкой объектов и показателей. При значении $\gamma \rightarrow 0$ в большей степени учитывается экспертная оценка объектов, при значении $\gamma \rightarrow \infty$ в большей степени учитывается экспертная оценка показателей. Очевидно, что выражение (7) имеет единственный минимум на множестве $\mathbf{w} \in W$. Найдем минимум для выражения (7). Запишем его в матричной форме:

$$\|A\mathbf{w}_\gamma - \mathbf{q}_0\|^2 + \gamma^2 \|\mathbf{w}_\gamma - \mathbf{w}_0\|^2 = 0. \quad (8)$$

Дифференцируя выражение (8) по \mathbf{w} , находим выражение, при котором значение левой части минимально:

$$\mathbf{w}_\gamma = (A^T A + \gamma^2 I)(A^T \mathbf{q}_0 + \gamma^2 \mathbf{w}_0). \quad (9)$$

Параметр γ^2 для получения согласованных векторов $\mathbf{q}_\gamma = A\mathbf{w}_\gamma$ и \mathbf{w}_γ выбирается так же, как и в предыдущей процедуре согласования, из условия (6), или назначается экспертами.

5 Результаты

В Таблице 1 Приложения показаны данные¹ ежегодного отчета некоторых заповедников России, а также исходные и полученные интегральные индикаторы и веса показателей. Заповедники выбирались по величине антропогенной нагрузки. Было введено шесть уровней антропогенной нагрузки на природные территории России [4]. Двадцать три заповедника, рассматриваемые в этом документе, имеют самый высокий показатель воздействия человека на природу в непосредственной близости от территории заповедника, см. колонку (vii) Таблицы 1. Заповедники признаны экспертами сравнимыми по данному критерию. Столбцы (1-17) представляют показатели ежегодного отчета, заполняемого каждым из заповедников. Столбцы сортированы в порядке убывания экспертных оценок весов показателей, см. строку (vi). Строки (1-23) представляют данные отчетов выбранных заповедников. Строки сортированы в порядке убывания экспертных оценок интегральных индикаторов заповедников, см. столбец (vi).

Работа по согласованию экспертных оценок проводилась следующим образом. Эксперты выставили оценки интегральных индикаторов и весов показателей. Экспертные оценки были усреднены, рассмотрена дисперсия оценок. Затем эксперты определили оптимальное значение каждого показателя, см. строку (vi), и матрица исходных данных была пронормирована по столбцам для сопоставимости шкал, в которых проводились измерения. В качестве предварительной оценки без учителя, была вычислена первая главная компонента матрицы данных, и найдены проекции векторов каждого заповедника на ось первой ГК, см. столбец (v); полученные результаты эксперты сочли неудовлетворительными.

Тогда были использованы два метода согласования, давшие примерно одинаковые оценки интегральных индикаторов, см. столбцы (iii, iv), и весов показателей см. строки (iii, iv), которые эксперты сочли удовлетворительными. Параметры доверия α и γ^2 решено было назначить исходя из условия (6). В данном случае $\alpha = 0.32575$, $\gamma^2 = 0.93376$.

Выбор параметра доверия к экспертным оценкам интегрального индикатора или к экспертным оценкам весов показателей можно проиллюстрировать следующим образом. На Рис. 1 показано изменение параметра α . Значения α на графиках сверху вниз соответственно равны $\{0, \frac{1}{3}, \frac{2}{3}, 1\}$. Каждая горизонтальная пара графиков показывает состояние согласованной пары векторов \mathbf{q}_α и \mathbf{w}_α при данном значении α . По оси абсцисс отложены номера компонент векторов, по оси ординат отложены значения данных компонент векторов.

При минимальном значении параметра α , близки исходная оценка индикатора \mathbf{q}_0 и согласованная оценка \mathbf{q}_α , см. верхний правый график. При максимальном значении параметра α , близки исходная оценка весов показателей \mathbf{w}_0 и согласованная оценка \mathbf{w}_α , см. нижний левый график. При некотором значении α расстояния обоих согласованных векторов до соответствующих им

¹ Данные и экспертные оценки предоставлены Департаментом охраны окружающей среды и экологической безопасности МПР России в рамках проекта ГЭФ “Сохранение биоразнообразия”. Названия заповедников опущены.

i	ii	iii	iv	v	vi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	vii
	Название заповедника	Согласованные индикаторы (альфа)	Согласованные индикаторы (гамма)	Первая ГК	Экспертная оценка объектов	Выявлено иск., руб.	Возбуждено уголовных дел	Вызвано штрафов, руб.	Изъято оружие нарезное, шт.	Изъято оружие гладкоствольное, шт.	Затрещены, захват земель и строительство	Зам. директора по охране (1)	Площадь безличка (1)	Внештатн. Сотрудники	Линспектор	Есть опергруппа (1)	Нет взыскания (1)	Нет штрафов (1)	Всего человек	Средний размер штрафа, руб.	Старший госинспектор	Участковый госинспектор	Антропогенная нагрузка
ii		0.32				1.00	0.35	0.80	0.45	0.76	0.56	0.71	0.50	0.48	0.70	0.53	0.42	0.61	0.00	0.81	0.41	0.66	
iii	Согласованные веса (альфа)					1.00	0.48	0.96	0.82	0.68	0.51	0.89	0.81	0.55	0.47	0.64	0.50	0.76	0.00	0.95	0.17	0.47	
iv	Согласованные веса (гамма)		0.93			0.97	0.97	0.97	0.95	0.95	0.84	0.73	0.68	0.67	0.65	0.64	0.63	0.57	0.42	0.41	0.32	0.32	
v	Экспертн. оц. показателей					max	max	max	max	max	max	max	min	max	max	max	min	min	max	max	max	max	
vi	Оптимальное значение					max	max	max	max	max	max	max	min	max	max	max	min	min	max	max	max	max	
1	Заповедник А	0.45	0.54	0.33	0.89	1443.7	2	7367.3	1	5	2	1	1	4	11	1	0	0	14	130.7	1	1	6
2	Заповедник В	0.35	0.90	0.10	0.88	871.33	0	18187	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	16	283	0	0	5
3	Заповедник С	0.41	0.87	0.21	0.86	3145.7	1	2129.7	0	3	0	1	0	5	8	1	0	0	17	111	2	3	5
4	Заповедник D	0.21	0.46	0.01	0.85	66.667	0	5015.7	0	0	0	0	0	3	11	1	0	0	15	500	1	2	5
5	Заповедник E	0.23	0.58	0.08	0.78	0	0	961	0	2	0	1	0	1	9	1	0	0	18	262.7	1	1	5
6	Заповедник F	0.08	0.17	0.02	0.76	266.67	0	601	0	0	0	1	0	2	6	1	1	0	10	6.857	1	2	5
7	Заповедник G	0.13	0.29	0.01	0.67	2000	0	5400	0	5	0	0	0	5	0	0	0	0	12	253.3	0	0	6
8	Заповедник H	0.06	0.42	0.00	0.67	0	0	166.67	0	0	0	0	0	2	4	1	1	0	8	166.7	1	1	6
9	Заповедник I	0.58	0.77	0.55	0.67	0	0	12265	2	9	2	1	0	8	28	1	0	1	44	331.3	6	2	6
10	Заповедник J	0.56	0.49	0.53	0.63	4100.7	1	2544.3	1	2	3	1	0	3	36	1	0	0	53	135.7	5	6	5
11	Заповедник K	0.58	0.46	0.64	0.60	6854.5	4	2222.7	0	2	2	1	0	6	26	1	0	1	39	121	6	6	5
12	Заповедник L	0.06	0.25	0.02	0.56	1212.7	0	1541	0	0	0	1	0	2	5	0	0	0	12	109.3	1	0	6
13	Заповедник M	0.15	0.16	0.08	0.50	2050	0	2297	0	0	1	0	0	3	11	1	0	0	16	222.7	0	3	5
14	Заповедник N	0.08	0.00	0.18	0.53	989.33	0	3657	0	1	0	1	0	2	0	1	0	1	11	58	2	8	5
15	Заповедник O	0.08	0.07	0.09	0.42	0	0	349	0	0	0	1	0	0	10	1	0	0	17	105.7	4	3	5
16	Заповедник P	1.00	1.00	1.00	0.34	3906	4	6914.3	5	12	3	1	0	6	47	1	0	0	78	183.7	13	15	6
17	Заповедник Q	0.15	0.65	0.12	0.31	0	2	3813.3	0	1	0	1	0	0	6	1	0	0	9	205.3	2	0	5
18	Заповедник R	0.44	0.81	0.35	0.30	4722.3	2	16041	0	7	2	0	0	6	0	1	0	0	53	102	0	0	6
19	Заповедник S	0.11	0.24	0.15	0.22	1266.7	0	425	0	0	0	1	0	6	22	1	0	0	27	26.67	0	0	6
20	Заповедник T	0.00	0.11	0.01	0.22	2573	0	4032.3	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	21	127	0	0	5
21	Заповедник U	0.26	0.29	0.31	0.19	817.67	3	2383.3	0	3	0	1	0	2	22	1	0	0	30	214	7	2	5
22	Заповедник V	0.08	0.15	0.15	0.17	0	0	566.67	0	0	0	1	0	6	16	1	0	0	23	96	2	4	5
23	Заповедник W	0.17	0.21	0.26	0.11	61.333	0	970	0	0	2	1	0	10	11	1	0	0	22	78.33	3	2	5

Таблица 1: Отчет о работе службы охраны ООПТ, экспертные оценки, веса показателей, инте-

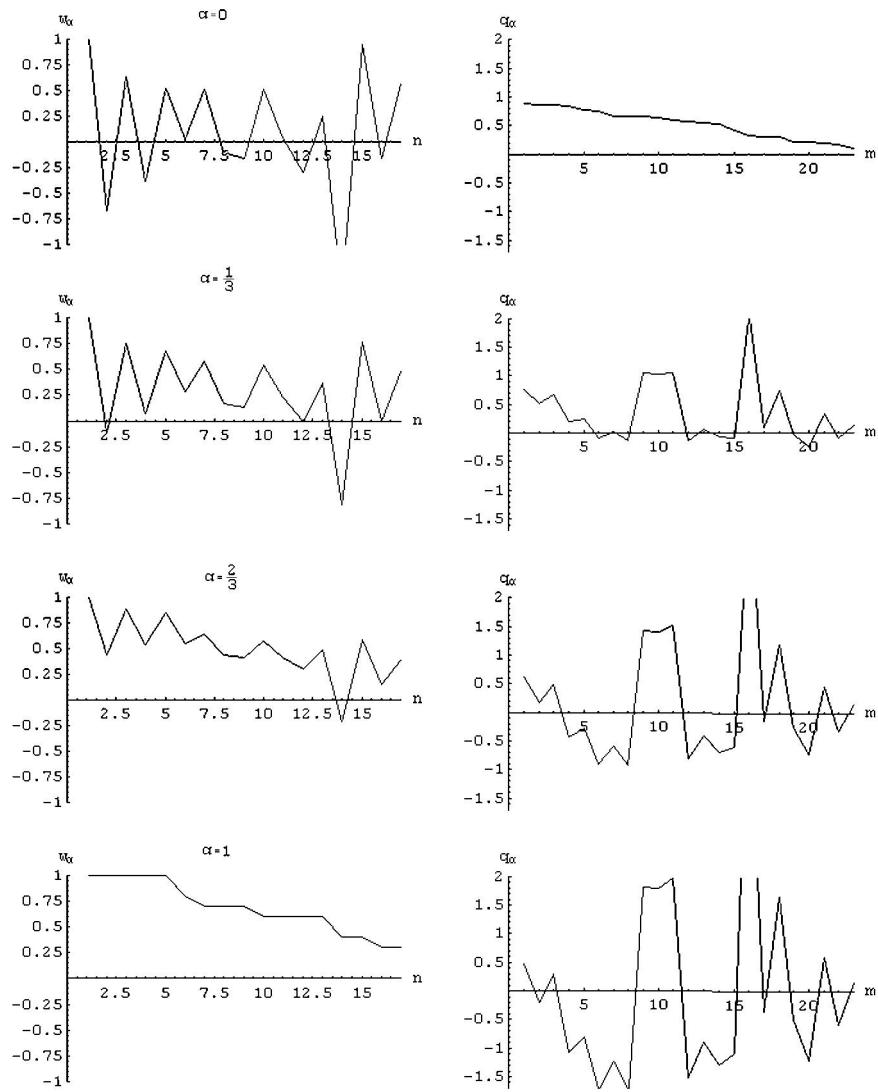


Рис. 1: Изменение весов показателей и интегрального индикатор при различных значениях параметра α

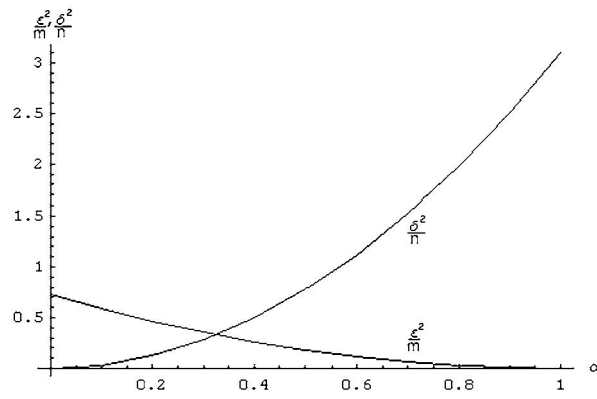


Рис. 2: Зависимость расстояний ε и δ от параметра α

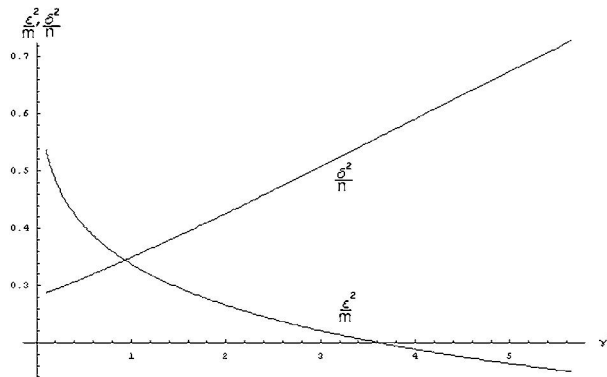


Рис. 3: Зависимость расстояний ε и δ от параметра γ^2

исходных векторов становятся одинаковы: $\frac{\varepsilon^2}{m} = \frac{\delta^2}{n}$. Изменение расстояний ε, δ при выборе параметра $\alpha \in [0, 1]$ можно увидеть на Рис. 2. Здесь по оси абсцисс отложено значение α , а по оси ординат значения ε, δ . При увеличении α расстояние ε между векторами \mathbf{q}_0 и \mathbf{q}_α увеличивается, а расстояние δ между векторами \mathbf{w}_0 и \mathbf{w}_α уменьшается. На Рис. 4 показано изменение параметра γ^2 . Для четырех пар графиков сверху вниз значения γ^2 соответственно равны $\{.001, 1, 100, 10000\}$. Так же, как и на Рис. 1 по оси абсцисс отложены компоненты векторов \mathbf{w}_γ на левом графике и \mathbf{q}_γ на правом графике, а по оси ординат значения соответствующих компонент.

Изменение расстояний ε, δ при выборе параметра $\gamma^2 \in [0, \infty)$ можно увидеть на Рис. 3. Этот график подобен графику, показанному на Рис. 2, только зависимость расстояний ε и δ от параметра показана для процедуры γ^2 -согласования.

Сравнение результатов работы двух алгоритмов — процедуры α -согласования и процедуры γ^2 -согласования показано на Рис. 5. По оси абсцисс отложены значения компонент вектора \mathbf{q}_α , а по оси ординат отложены значения вектора \mathbf{q}_γ — для левого графика, и соответственно, значения векторов $\mathbf{w}_\alpha, \mathbf{w}_\gamma$ для правого графика. Из графика видно, что согласованные оценки коррелируют. Коэффициент корреляции по Пирсону для векторов интегральных индикаторов $r_{\mathbf{q}_\alpha, \mathbf{q}_\gamma} = 0.7589$, а для векторов весов показателей $r_{\mathbf{w}_\alpha, \mathbf{w}_\gamma} = 0.7805$.

Ранжирование заповедников показано в Таблице 2. К результатам процедур согласования, см. Таблицу 1, столбцы (iii, iv), было применено расслоение Парето, и все заповедники были разбиты на кластеры. Заповедники сортированы по убыванию номера кластера, лучшими заповедниками являются те, у которых номер кластера меньше (см. столбец “Ранг”).

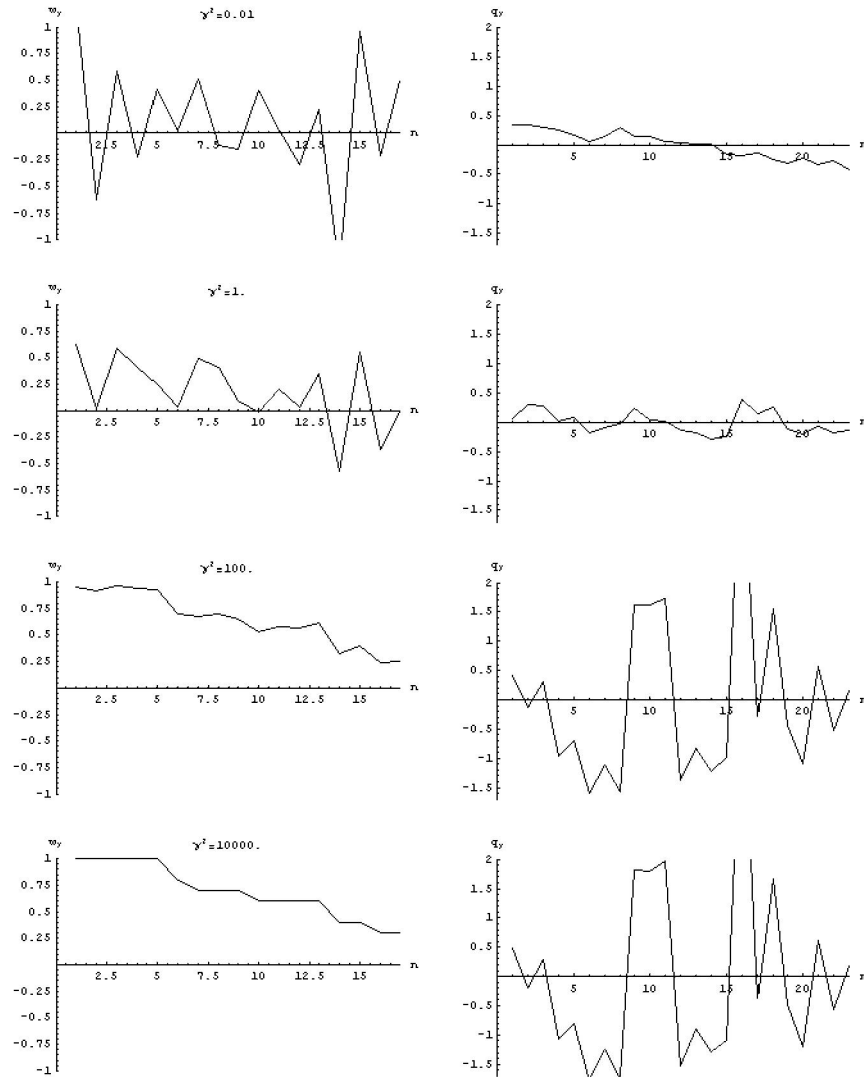


Рис. 4: Изменение весов показателей и интегрального индикатора при различных значениях параметра γ^2

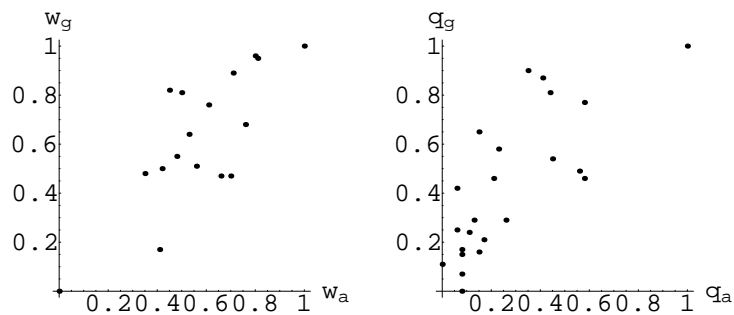


Рис. 5: Сравнение результатов работ процедур α -согласования и γ^2 -согласования

Ранг	Название заповедника	q_{α}	q_{γ}
1	Заповедник Р	1.00	1.00
2	Заповедник В	0.35	0.90
2	Заповедник С	0.41	0.87
2	Заповедник I	0.58	0.77
2	Заповедник R	0.44	0.81
3	Заповедник А	0.45	0.54
3	Заповедник Е	0.23	0.58
3	Заповедник J	0.56	0.49
3	Заповедник К	0.58	0.46
3	Заповедник Q	0.15	0.65
4	Заповедник D	0.21	0.46
4	Заповедник U	0.26	0.29
5	Заповедник G	0.13	0.29
5	Заповедник H	0.06	0.42
5	Заповедник W	0.17	0.21
6	Заповедник L	0.06	0.25
6	Заповедник M	0.15	0.16
6	Заповедник S	0.11	0.24
7	Заповедник F	0.08	0.17
8	Заповедник V	0.08	0.15
9	Заповедник O	0.08	0.07
9	Заповедник T	0.00	0.11
10	Заповедник N	0.08	0.00

Таблица 2: Ранжирование заповедников по значению интегрального индикатора

6 Заключение

В данной статье рассмотрен метод согласования экспертных оценок в линейных шкалах. Метод проиллюстрирован задачей по оценке эффективности работы заповедников России. Использовались данные ежегодного отчета о работе службы охраны заповедников и экспертные оценки интегральных индикаторов и весов показателей работы заповедников. В качестве результата получены согласованные интегральные индикаторы объектов и веса показателей. Данный метод может применяться для сравнительной оценки объектов в различных областях, связанных с получением согласованных экспертных оценок.

7 Благодарности

Авторы выражают признательность Всеволоду Борисовичу Степаницкому и сотрудникам отдела особо охраняемых природных территорий Департамента ООС и ЭБ МПР России за предложенную тему исследования и предоставленные данные, а также экспертам за проделанную работу по выставлению экспертных оценок. Работа поддержана грантом РФФИ 00-01-00197 “Критерии качества жизни и устойчивого развития для социально-экономических систем в экстремальных условиях”.

Список литературы

- [1] Айвазян С. А., Бухштабер В. М., Енюков И. С., Мешалкин Л. Д. Прикладная статистика /Классификация и снижение размерности. — М.: Финансы и статистика, 1989. — С. 334.
- [2] Айвазян С. А. Интегральные индикаторы качества жизни населения: их построение и использование в социально-экономическом управлении и межрегиональных сопоставлениях. — М.: ЦЭМИ РАН, 2000. — С. 56.
- [3] Айвазян С. А., Мхитарян В. С. Прикладная статистика и основы эконометрики. — М.: ЮНИТИ, 1998 — С. 111.
- [4] Соболев Н. А., Руссо Б. Ю. Стартовые позиции экологической сети Северной Евразии: рабочая гипотеза. — Охрана живой природы, 1998, вып.1(9). Нижний Новгород. — С.: 22-31.
- [5] Шакин В. В. Простые алгоритмы классификации линий /в кн. Опознавание и описание линий. — М.: Наука, 1972 — С. 40.
- [6] Шакин В. В. К объективизации работы жюри. Линейная модель связи ценности объектов и индексов. /в кн. под ред. Кулагина А. С. Методика и техника статистической обработки материалов социологических исследований идеологической работы. — М.: Академия общественных наук при ЦК КПСС, 1972 — С. 251-263.
- [7] Шакин В. В. Об измерении связи между качественными признаками. /в кн. под ред. Кулагина А. С. Методика и техника статистической обработки материалов социологических исследований идеологической работы. — М.: Академия общественных наук при ЦК КПСС, 1972 — С. 264-272.