

1 Постановка задачи

Задано множество m объектов $\Omega = \{\omega_i\}_{i=1}^m$ и множество n показателей $\Gamma = \{\gamma_j\}_{j=1}^n$. Множество измерений представлено в виде матрицы исходных данных $A = \{a_{i,j}\}_{i,j=1}^{m,n}$ в пространстве действительных чисел: $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$. Произвольный объект описывается при помощи вектора-строки $\mathbf{a}_{i\bullet} = (a_{i1}, \dots, a_{in})$. Вектора-столбцы $\mathbf{a}_{\bullet j}$ матрицы A содержат измерения j -го показателя для всех измеряемых объектов.

Также задан упорядоченный набор $\mathbf{q}_0 = (q_{01}, \dots, q_{0m})^\top$ экспертных оценок интегральных индикаторов m объектов и упорядоченный набор $\mathbf{w}_0 = (w_{01}, \dots, w_{0n})^\top$ экспертных оценок весов показателей. Каждому объекту ω_i поставлена в соответствие экспертная оценка q_{0i} , каждому показателю γ_j поставлена экспертная оценка w_{0j} .

По исходным экспертным оценкам весов \mathbf{w}_0 можно вычислить значения вектора интегрального индикатора:

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

Также по исходным экспертным оценкам значения вектора интегрального оператора \mathbf{q}_0 можно вычислить веса показателей:

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

Определение 1. *Согласованными значениями интегрального оператора и весов показателей называются такие значения $\hat{\mathbf{q}}$ и $\hat{\mathbf{w}}$, при которых выполняется условие*

$$\begin{cases} \hat{\mathbf{q}} &= A\hat{\mathbf{w}}, \\ \hat{\mathbf{w}} &= A^+\hat{\mathbf{q}}. \end{cases} \quad (3)$$

2 α -согласование

Процедура пошагового согласования имеет следующий вид. Сначала находим

$$\mathbf{q}_1 = A\mathbf{w}_0, \quad \mathbf{w}_1 = A^+\mathbf{q}_0. \quad (4)$$

Мы получили два отрезка $[\mathbf{w}_0, \mathbf{w}_1]$ и $[\mathbf{q}_0, \mathbf{q}_1]$. Евклидова длина этих отрезков $\|\mathbf{q}_0 - \mathbf{q}_1\|$, $\|\mathbf{w}_0 - \mathbf{w}_1\|$ характеризует несогласованность экспертных оценок. Далее найдем среднее значение:

$$\mathbf{q}_2 = \alpha\mathbf{q}_0 + (1 - \alpha)\mathbf{q}_1, \quad \mathbf{w}_2 = (1 - \alpha)\mathbf{w}_0 + \alpha\mathbf{w}_1, \quad (5)$$

где α — параметр доверия экспертным оценкам интегральных индикаторов объектов. По $\mathbf{w}_2, \mathbf{q}_2$ аналогично находим \mathbf{w}_3 и \mathbf{q}_3 .

Теорема 1. *Итеративная процедура пошагового согласования сходится к*

$$\mathbf{q}_\alpha = \alpha\mathbf{q}_0 + (1 - \alpha)A\mathbf{w}_0, \quad \mathbf{w}_\alpha = (1 - \alpha)\mathbf{w}_0 + \alpha A^+\mathbf{q}_0. \quad (6)$$

Лемма 1. *Тройка $(\mathbf{q}_\alpha, \mathbf{w}_\alpha, A)$ удовлетворяет определению согласования.*

3 Решение задачи на основе ранжирования экспертов

Необходимо придумать алгоритм, как предпочесть одного эксперта другому. Одним из решений является следующее предположение, основанное на α -согласовании. Можем ранжировать экспертов в порядке близости их согласованности. Здесь для каждого эксперта α определяется как результат задачи оптимизации:

$$\alpha_i^* = \arg \min_{\alpha \in [0,1]} \left\{ \frac{1}{n} \|\mathbf{q}_{\alpha i} - \mathbf{q}_0\|^2 + \frac{1}{m} \|\mathbf{w}_{\alpha i} - \mathbf{w}_0\|^2 \right\}. \quad (7)$$

Тогда эксперт тем согласованнее, чем выражение $\frac{1}{n} \|\mathbf{q}_{\alpha_i^*} - \mathbf{q}_0\|^2 + \frac{1}{m} \|\mathbf{w}_{\alpha_i^*} - \mathbf{w}_0\|^2$. Далее на основе рейтинга экспертов мы даем им вес, с которым рейтинг продуктов соответствующего эксперта будет браться. Взвешенная сумма рейтингов продуктов агрегируется и получается рейтинг продуктов. При решении задачи были отброшены устрицы, т. к. более половины экспертов не дали оценку данному продукту. Пропуски для остальных продуктов заполнялись по 3 ближайшим соседям.

4 Эксперименты

Найдем наиболее согласованного эксперта путем решения оптимизационной задачи. Рейтинг продуктов будем выдавать как рейтинг наиболее согласованного эксперта. Результаты сравнения моего рейтинга с полученными другими студентами.

Код доступен по ссылке: [github.com/Intelligent-Systems-Phystech/Ratings/Islamov Rustem](https://github.com/Intelligent-Systems-Phystech/Ratings/Islamov%20Rustem).

Рис. 1: Рейтинг экспертов.

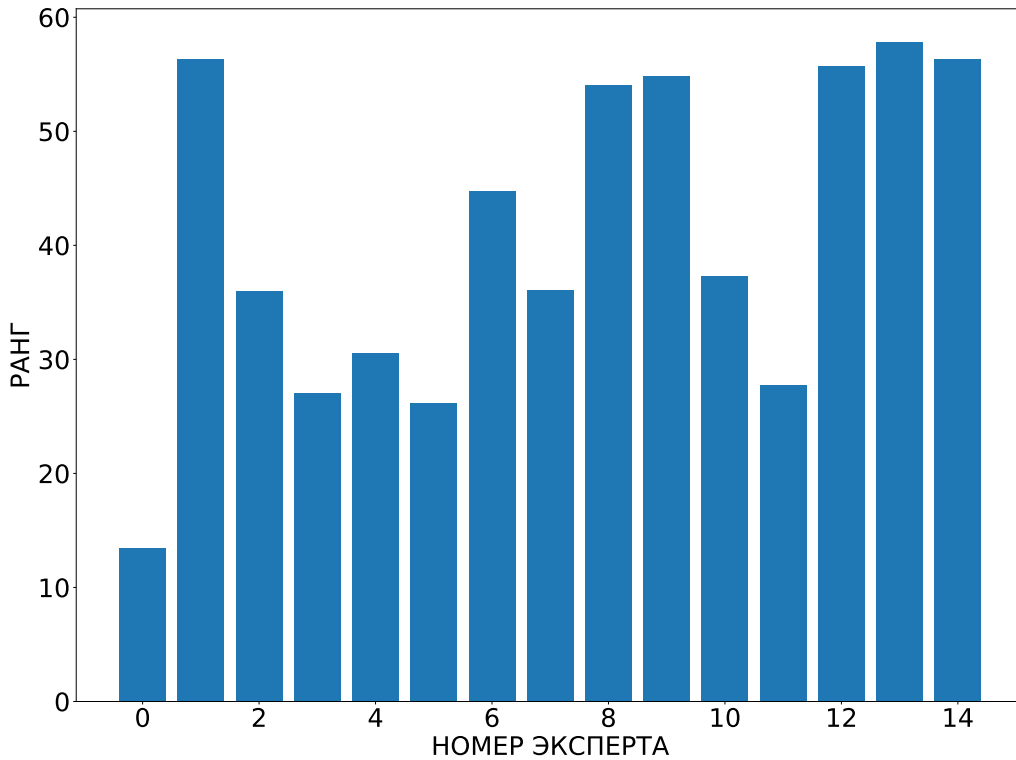


Рис. 2: Рейтинг продуктов.

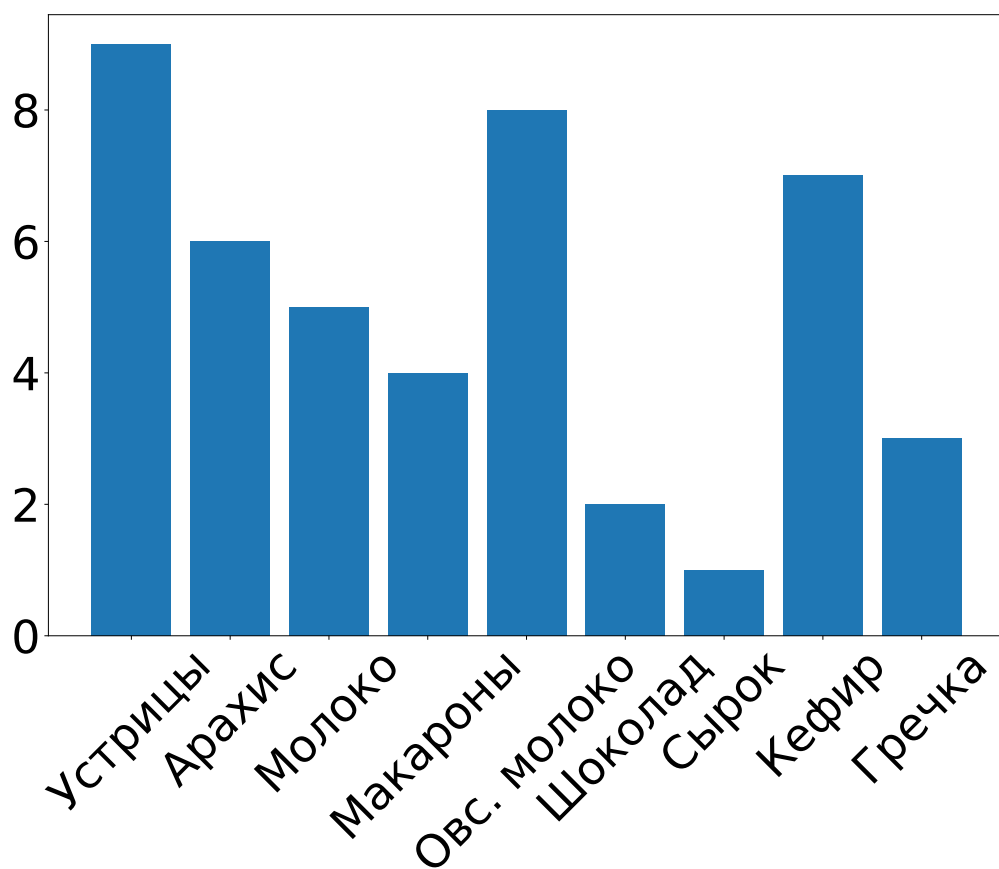


Рис. 3: Результаты сравнения рейтингов, полученных разными студентами.

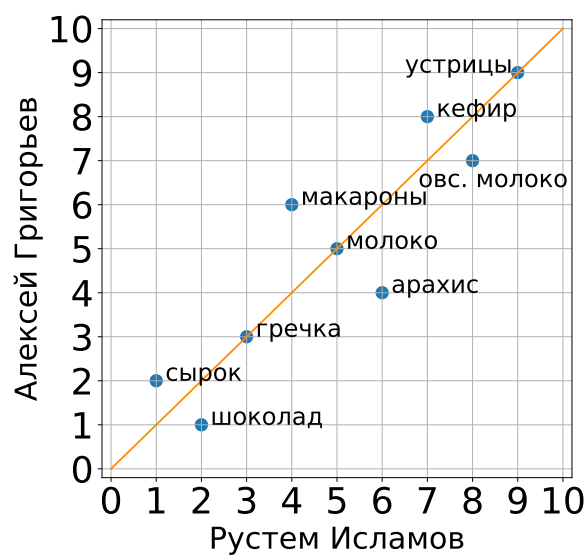
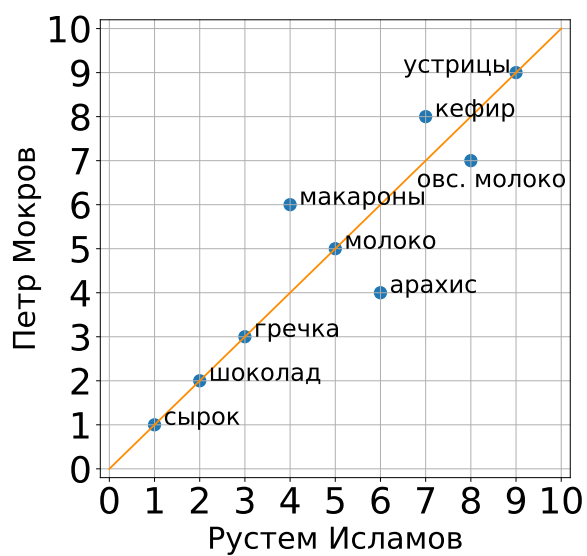


Рис. 4: Результаты сравнения рейтингов, полученных разными студентами и средним рейтингом.

