

6. Адельсон-Вельский Г. М., Ландис. Е. М. Алгоритм организации информации // Сб. докл. АН СССР. 1962. Вып. 146. С. 263–266.

7. Кнут. Д. Искусство программирования. Т. 3. Сортировка и поиск. 2-е изд. / Пер. с англ. М.: ООО И. Д. Вильямс, 2000.

8. Кнут. Д. Искусство программирования. Т. 4. Генерация всех деревьев. История комбинаторной генерации / Пер. с англ. М.: ООО «И. Д. Вильямс», 2007.

N. N. Kuzmin, A. V. Krasov, I. A. Ushakov

DEVELOPMENT OF TOOLKIT FOR VERIFICATION OF UMK DESIGNING PROCESS ON THE LINGUISTIC APPROACH BASIS

The approach of construction for educational process master model on the developed structural language basis for description of knowledge, and automatic construction of similar models of knowledge for any educate-methodical materials and the subsequent comparison of automatically constructed models of knowledge for definition is presented realization (disclosing) master model.

Educate-methodical complex, the working curriculum of discipline, procedure of quality assurance for organization of educational process, FGOS master model, formal logic language for construction of hierarchical schemes, system for knowledge structurization, the thesaurus, the semantic network, the directional graph, relational model of data, comparison of trees, the program of the automatic analysis for non-structured natural language text

УДК 519.81

Е. А. Бурков, С. С. Нассер

ПОДДЕРЖКА ИДЕНТИФИКАЦИИ И ОЦЕНКИ РИСКОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ (НА ПРИМЕРЕ ОПЕРАТОРОВ БЛОЧНЫХ ЩИТОВ УПРАВЛЕНИЯ)

Рассмотрена методика идентификации и оценки производственных рисков на примере работников энергетической отрасли. Приведены основные группы рисков, связанных с профессиональной деятельностью операторов блочных щитов управления.

Производственные риски, метод анализа иерархий, эргономика

Анализ современных энергетических предприятий (атомных и других электростанций) [1], [2] позволил выявить ряд особенностей деятельности специалистов, управляющих ими (обычно операторов БЩУ — блочных щитов управления), которые могут негативно сказываться на работе и здоровье (производственные или эргономические риски). Эти особенности связаны как с напряженностью и ответственностью деятельности, так и с ее различными особенностями, например с выполнением ряда операций и стоя и сидя, необходимостью переходить от одного органа управления к другому, работе в едином, хотя и большом пространстве, с различными информационными моделями и др. [1]–[3]

Для экспертной идентификации и оценки значимости эргономических рисков работы операторов БЩУ предлагается следующая методика:

Этап 1. Строится обобщенная иерархическая модель производственных рисков для типовых рабочих мест БЩУ. Построение обобщенной модели вызвано необходимостью избежать путаницы при заочной работе экспертов. Обобщенные модели предъявляются экспертам.

Этап 2 (для конкретного БЦУ). Каждый из экспертов удаляет из обобщенной модели незначимые, по его мнению, риски или группы рисков и высказывается относительно их сравнительной значимости. Мнения каждого эксперта обрабатываются в соответствии с обобщенным методом анализа иерархий [4], [5], при этом учитывается квалификация эксперта относительно различных групп рисков.

Этап 3. В соответствии с мнениями экспертов строится модель рисков для конкретного БЦУ путем объединения иерархий, построенных каждым экспертом.

Этап 4. Производится пересчет весов дуг и узлов (рисков) для полученной иерархии с учетом квалификации и числа экспертов, посчитавших значимой конкретную дугу (узел).

Полученная иерархия рисков для анализируемого БЦУ может быть использована для оценки эргономических рисков работающих на нем операторов.

Рассмотрим БЦУ атомной электростанции (рис. 1), который представляет собой рабочее место двух дежурных операторов и старшего смены.



Рис. 1

Этап 1. Анализ [1], [2] позволяет сделать предположение, что для данного БЦУ характерны 3 группы главных производственных рисков: 1) *A* – риски, связанные с рабочим местом оператора и спецификой деятельности; 2) *B* – риски, связанные с рабочим пространством; 3) *C* – риски, обусловленные специфическими условиями труда.

1) Группа рисков, связанных с рабочим местом оператора БЦУ и спецификой деятельности [1], [2]: эргономические риски, связанные с органами зрения (a_1), органами слуха (a_2); эргономические риски, связанные в основном с возможными изменениями в психике и поведении сотрудника: эмоциональная напряженность (a_3), усталость (a_4), снижение активности (a_5).

2) Группа рисков, обусловленных спецификой деятельности оператора (двигательной активности) на рабочем пространстве БЩУ, – возможные заболевания опорно-двигательного аппарата: позвоночник (b_1), руки (b_2), ноги (b_3) [1], [2].

3) Группа рисков, обусловленных специфическими условиями труда и в основном связанных с возможными заболеваниями операторов: заболевания дыхательных путей (c_1), причинами которых могут являться запыленность и загазованность; заболевания сердечно-сосудистой системы (c_2); нервные болезни как следствие высокой ответственности и пр. факторов (c_3); радиоактивность (c_4) [1], [2].

Соответствующая обобщенная модель рисков оператора БЩУ приведена на рис. 2.

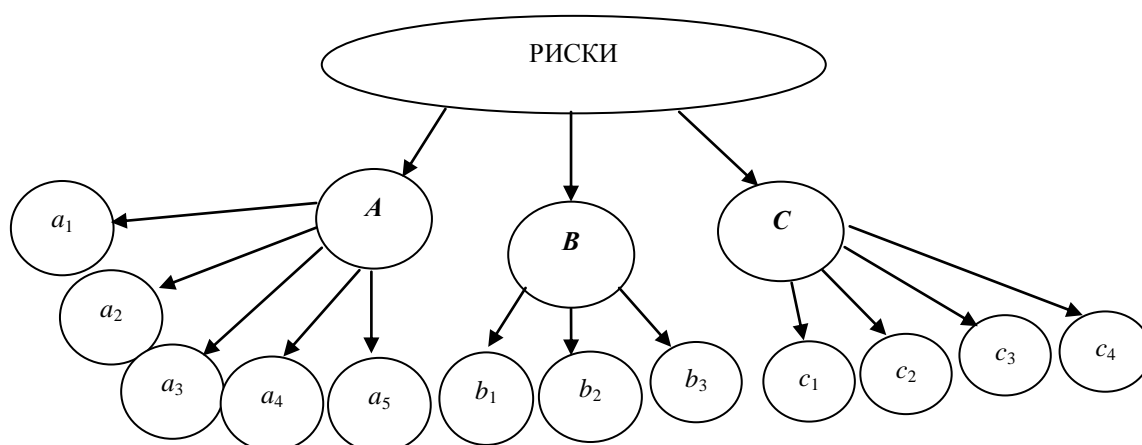


Рис. 2

Этап 2. Эксперт 1 указал на то, что на данном конкретном БЩУ некоторые риски отсутствуют (a_2, c_1, c_3, c_4), и высказал свои суждения относительно сравнительной важности остальных групп рисков, которые были обработаны в соответствии с обобщенным методом анализа иерархий [4]–[6] (рис. 3).

Компетентность данного эксперта в групповых рисках $\bar{Q}_1 = \langle q_{1A}, q_{1B}, q_{1C} \rangle$, $0 \leq q_{1A} \leq 1, 0 \leq q_{1B} \leq 1, 0 \leq q_{1C} \leq 1$.

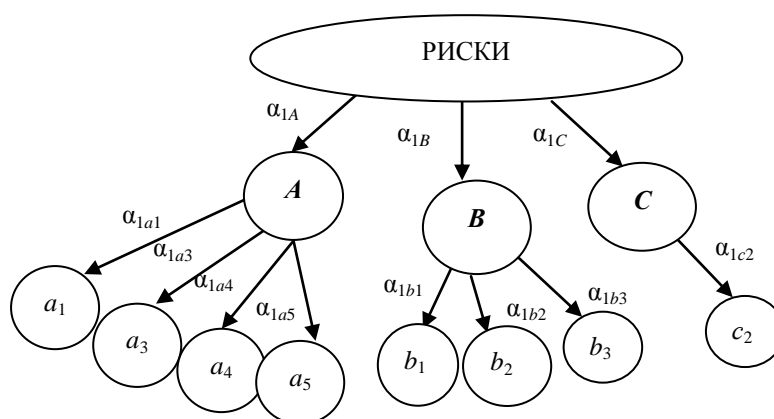


Рис. 3

Коэффициенты α_{ij} отражают веса дуг, при этом i – номер эксперта, задавшего этот вес, а j – наименование элемента иерархии, в который входит дуга.

Эксперт 2 указал на то, что на данном БЩУ отсутствуют риски ($a_2, b_2, b_3, c_1, c_3, c_4$), и высказал свои суждения относительно сравнительной важности остальных групп рисков, которые были обработаны в соответствии с обобщенным методом анализа иерархий [4]–[6] (рис. 4).

Компетентность данного эксперта в групповых рисках $\bar{Q}_2 = \langle q_{2A}, q_{2B}, q_{2C} \rangle$, $0 \leq q_{2A} \leq 1, 0 \leq q_{2B} \leq 1, 0 \leq q_{2C} \leq 1$.

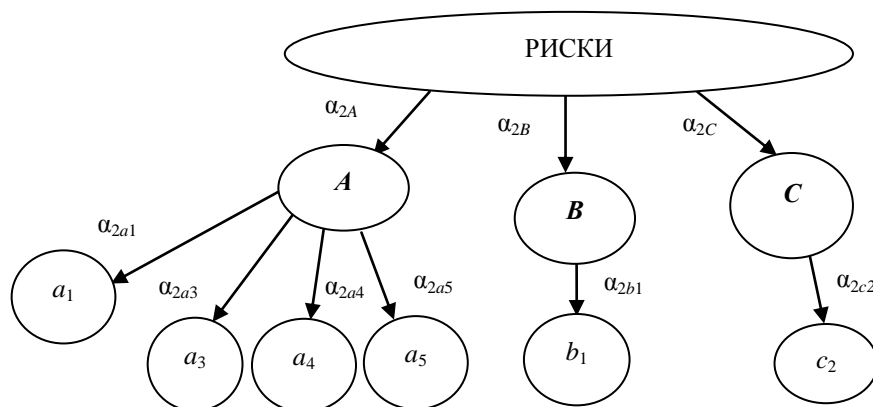


Рис. 4

Эксперт 3 указал на то, что на данном БЩУ отсутствуют риски (a_2, c_1, c_4), и высказал свои суждения относительно сравнительной важности остальных групп рисков, которые также были обработаны в соответствии с обобщенным методом анализа иерархий [4]–[6] (рис. 5).

Компетентность данного эксперта в групповых рисках $\bar{Q}_3 = \langle q_{3A}, q_{3B}, q_{3C} \rangle$, $0 \leq q_{3A} \leq 1, 0 \leq q_{3B} \leq 1, 0 \leq q_{3C} \leq 1$.

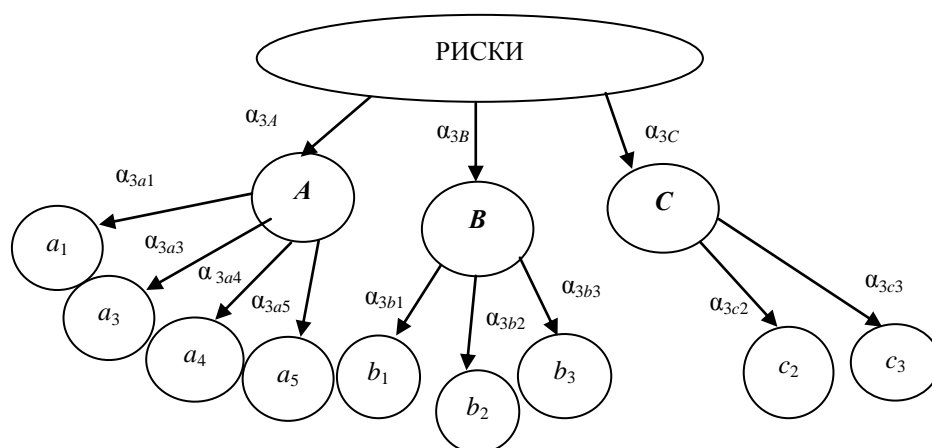


Рис. 5

Этап 3. Мнения всех экспертов относительно дуг и элементов иерархии рисков объединяются, и строится комплексная модель рисков (рис. 6).

Таким образом, построена модель, идентифицирующая все риски конкретного рабочего места оператора на БЩУ.

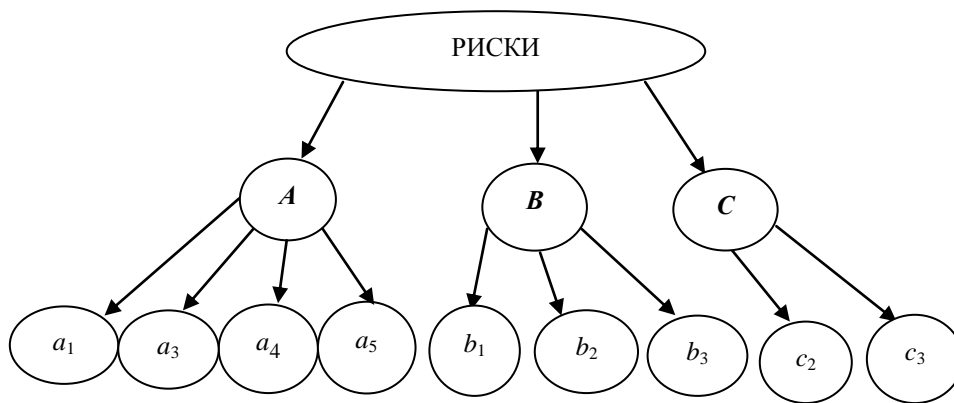


Рис. 6

Этап 4. Предварительные значимости дуг верхнего уровня можно получить как средневзвешенное арифметическое или средневзвешенное геометрическое:

$$\alpha'_A = \frac{\alpha_{1A}q_{1A} + \alpha_{2A}q_{2A} + \alpha_{3A}q_{3A}}{q_{1A} + q_{2A} + q_{3A}},$$

$$\alpha'_B = \frac{\alpha_{1B}q_{1B} + \alpha_{2B}q_{2B} + \alpha_{3B}q_{3B}}{q_{1B} + q_{2B} + q_{3B}}, \quad (1)$$

$$\alpha'_C = \frac{\alpha_{1C}q_{1C} + \alpha_{2C}q_{2C} + \alpha_{3C}q_{3C}}{q_{1C} + q_{2C} + q_{3C}};$$

$$\alpha''_A = q_{1A} + q_{2A} + q_{3A} \sqrt{\alpha_{1A}^{q_{1A}} \alpha_{2A}^{q_{2A}} \alpha_{3A}^{q_{3A}}},$$

$$\alpha''_B = q_{1B} + q_{2B} + q_{3B} \sqrt{\alpha_{1B}^{q_{1B}} \alpha_{2B}^{q_{2B}} \alpha_{3B}^{q_{3B}}}, \quad (2)$$

$$\alpha''_C = q_{1C} + q_{2C} + q_{3C} \sqrt{\alpha_{1C}^{q_{1C}} \alpha_{2C}^{q_{2C}} \alpha_{3C}^{q_{3C}}}.$$

Для того чтобы удовлетворялись условия нормирования, можно, в зависимости от способа усреднения (1) или (2), получить окончательные веса дуг верхнего уровня или, что то же самое, веса (значимости) групп рисков A , B и C :

$$\alpha_A = \frac{\alpha'_A}{\alpha'_A + \alpha'_B + \alpha'_C},$$

$$\alpha_B = \frac{\alpha'_B}{\alpha'_A + \alpha'_B + \alpha'_C},$$

$$\alpha_C = \frac{\alpha'_C}{\alpha'_A + \alpha'_B + \alpha'_C}.$$

Составим расчетную таблицу для весов дуг нижнего уровня (5-й столбец) и весов элементов (рисков) нижнего уровня (6-й столбец).

Так как элементы (риски) a_1 , a_3 , a_4 , a_5 , b_1 и c_2 встречались у всех экспертов, то весовые (предварительные) коэффициенты соответствующих дуг могут быть получены по аналогии с выражением (1) как средневзвешенные арифметические.

Так как элементы b_2 и b_3 встречались у двух экспертов из трех, то весовые (предварительные) коэффициенты соответствующих дуг могут быть получены по аналогии с выражением (2) как средневзвешенные геометрические.

Так как элемент c_3 включил только третий эксперт, то оценка значимости соответствующей дуги должна быть понижена, если компетентность этого эксперта достаточно низкая ($q_{3C} < q_{1C}$ и $q_{3C} < q_{2C}$): $\alpha'_{c3} = 0,5\alpha_{3c3}$. Если же его компетентность достаточно высока ($q_{3C} \geq q_{1C}$ и $q_{3C} \geq q_{2C}$), то в качестве предварительной оценки значимости дуги следует использовать его оценку: $\alpha'_{c3} = \alpha_{3c3}$.

С учетом выполнения условия нормирования получим окончательные оценки весов рисков нижнего уровня (столбец б).

Группа рисков	Э1	Э2	Э3	α'	α
a_1	+	+	+	$\alpha'_{a1} = \frac{\alpha_{1a1}q_{1A} + \alpha_{2a1}q_{2A} + \alpha_{3a1}q_{3A}}{q_{1A} + q_{2A} + q_{3A}}$	$\alpha_{a1} = \alpha_A \frac{\alpha'_{a1}}{\alpha'_{a1} + \alpha'_{a3} + \alpha'_{a4} + \alpha'_{a5}}$
a_2	-	-	-	-	-
a_3	+	+	+	$\alpha'_{a3} = \frac{\alpha_{1a3}q_{1A} + \alpha_{2a3}q_{2A} + \alpha_{3a3}q_{3A}}{q_{1A} + q_{2A} + q_{3A}}$	$\alpha_{a3} = \alpha_A \frac{\alpha'_{a3}}{\alpha'_{a1} + \alpha'_{a3} + \alpha'_{a4} + \alpha'_{a5}}$
a_4	+	+	+	$\alpha'_{a4} = \frac{\alpha_{1a4}q_{1A} + \alpha_{2a4}q_{2A} + \alpha_{3a4}q_{3A}}{q_{1A} + q_{2A} + q_{3A}}$	$\alpha_{a4} = \alpha_A \frac{\alpha'_{a4}}{\alpha'_{a1} + \alpha'_{a3} + \alpha'_{a4} + \alpha'_{a5}}$
a_5	+	+	+	$\alpha'_{a5} = \frac{\alpha_{1a5}q_{1A} + \alpha_{2a5}q_{2A} + \alpha_{3a5}q_{3A}}{q_{1A} + q_{2A} + q_{3A}}$	$\alpha_{a5} = \alpha_A \frac{\alpha'_{a5}}{\alpha'_{a1} + \alpha'_{a3} + \alpha'_{a4} + \alpha'_{a5}}$
b_1	+	+	+	$\alpha'_{b1} = \frac{\alpha_{1b1}q_{1B} + \alpha_{2b1}q_{2B} + \alpha_{3b1}q_{3B}}{q_{1B} + q_{2B} + q_{3B}}$	$\alpha_{b1} = \alpha_B \frac{\alpha'_{b1}}{\alpha'_{b1} + \alpha'_{b2} + \alpha'_{b3}}$
b_2	+	-	+	$\alpha'_{b2} = q_{1B} + q_{3B} \sqrt{\alpha_{1b2} \alpha_{3b2}}$	$\alpha_{b2} = \alpha_B \frac{\alpha'_{b2}}{\alpha'_{b1} + \alpha'_{b2} + \alpha'_{b3}}$
b_3	+	-	+	$\alpha'_{b3} = q_{1B} + q_{3B} \sqrt{\alpha_{1b3} \alpha_{3b3}}$	$\alpha_{b3} = \alpha_B \frac{\alpha'_{b3}}{\alpha'_{b1} + \alpha'_{b2} + \alpha'_{b3}}$
c_1	-	-	-	-	-
c_2	+	+	+	$\alpha'_{c2} = \frac{\alpha_{1c2}q_{1C} + \alpha_{2c2}q_{2C} + \alpha_{3c2}q_{3C}}{q_{1C} + q_{2C} + q_{3C}}$	$\alpha_{c2} = \alpha_C \frac{\alpha'_{c2}}{\alpha'_{c2} + \alpha'_{c3}}$
c_3	-	-	+	$\alpha'_{c3} = \begin{cases} 0,5\alpha_{3c3}, q_{3C} < q_{1C} \text{ и } q_{3C} < q_{2C}, \\ \alpha_{3c3}, q_{3C} \geq q_{1C} \text{ и } q_{3C} \geq q_{2C} \end{cases}$	$\alpha_{c3} = \alpha_C \frac{\alpha'_{c3}}{\alpha'_{c2} + \alpha'_{c3}}$
c_4	-	-	-	-	-

Таким образом, получены веса элементов (значимости рисков) нижнего уровня, отражающие мнения всех экспертов, принимавших участие в данной экспертизе. Использование этих весов с учетом оценок каждого из рисков позволит (на основании результатов последующей экспертизы) получить комплексную оценку эргономического риска для конкретного рабочего места оператора БЩУ.

Предлагаемая методика может послужить базовой основой для создания системы поддержки идентификации и оценки производственных рисков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анохин А. Н., Алонцева Е. Н. Анализ влияния компоновки приборов на БЩУ АЭС на эффективность восприятия информации // Изв. вузов. Ядерная энергетика. 2002. № 2. С. 3–11.
2. Анохин А. Н., Острейковский В. А. Вопросы эргономики в ядерной энергетике. М.: Энергоатомиздат, 2001.

3. Назаренко Н. А., Падерно П. И. Влияние интерфейса на состояние и здоровье оператора // Биотехносфера. 2009. № 6. С. 45–52.
4. Падерно П. И. Метод комплексирования мнений экспертов внутри группы при использовании метода анализа иерархий // Изв. Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2009. № 189. С. 238–245.
5. Падерно П. И. Комплексирование мнений групп экспертов при оценке значимости показателей // Изв. Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2010. № 190. С. 207–211.
6. Бурков Е. А., Падерно П. И., Пахарьков Г. Н. Эргономическая экспертиза: системные проблемы и пути их решения при выборе медицинской техники // Биотехносфера. 2010. № 2. С. 6–14.

E. A. Burkov, S. S. Nasser

SUPPORT OF IDENTIFICATION AND EVALUATION OF WORKPLACE RISKS (ON THE EXAMPLE OF THE OPERATOR OF CONTROL BOARDS)

In this article considered the method of identification and evaluation of workplace hazards on the example of the power industry workers. The main groups of the risks connected with professional activity of operators of control boards are given.

Workplace risks, analytic hierarchy process, ergonomics

УДК: 20.53.19, 28.23.13

И. И. Холод, З. А. Каршиев

МЕТОДИКА РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ АЛГОРИТМОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Описывается методика распараллеливания алгоритмов интеллектуального анализа данных на основе блочной структуры. Данная методика учитывает характеристики среды выполнения параллельных алгоритмов, типа распределения анализируемых данных, а также особенности распараллеливаемого алгоритма.

Интеллектуальный анализ, параллельные алгоритмы, интеллектуальный анализ распределенных данных

В последние годы повышение производительности вычислительной техники связано с развитием многоядерных процессоров. Такие процессоры уже давно не являются прерогативой мощных вычислительных серверов. Процессорами с четырьмя, шестью или восемью ядрами оснащаются обычные домашние, офисные и тем более рабочие места аналитиков. Однако современное программное обеспечение значительно отстает от аппаратной части и часто неэффективно использует предоставляемые аппаратные ресурсы. Как правило, на компьютерах с многоядерными процессорами используется 2 или в лучшем случае 4 ядра. Данная проблема в первую очередь связана с трудоемкостью задачи распараллеливания вычислительных алгоритмов. К сожалению, не являются исключением и алгоритмы интеллектуального анализа данных (ИАД). Большинство усилий исследователей в области параллельных алгоритмов ИАД тратятся на распараллеливание отдельных алгоритмов анализа и их дальнейшую оптимизацию [1], [2]. Ситуацию усугубляет и то, что эти усилия прикладываются исходя из определенной среды вычисления, следовательно, при переносе такого решения в другие условия оно становится неэффективным.

В данной статье предлагается методика распараллеливания алгоритмов ИАД. Она описывает последовательность шагов для распараллеливания любого алгоритма ИАД, реализованного в блочной структуре [3]. При этом учитываются как среда выполнения алгоритма и тип распределения данных, так и особенности таких алгоритмов.

Исходными данными для методики распараллеливания алгоритма ИАД являются: