

Санкт-Петербургский государственный университет
Научно-исследовательский институт менеджмента

НАУЧНЫЕ ДОКЛАДЫ

Е. В. Соколова, Ю. В. Федотов,
Н. В. Хованов

ПОСТРОЕНИЕ СВОДНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСОВ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

№ 29(R)–2006

Санкт-Петербург

2006

Е. В. Соколова, Ю. В. Федотов, Н. В. Хованов. Построение сводной оценки эффективности комплексов мероприятий по повышению надежности функционирования объектов электроэнергетики. Научные доклады № 29(Р)–2006. СПб.: НИИ менеджмента СПбГУ, 2006.

Возможности применения метода рандомизированных сводных показателей (МРСП) для оценки качества (например, надежности, экономичности, эффективности и т.д.) сложных объектов энергетики демонстрируются на примере оценки эффективности комплексов мероприятий по повышению надежности функционирования конкретной подсистемы электроснабжения. Формируется множество оцениваемых объектов, роль которых в данном примере играют фиксированные варианты проведения комплекса мероприятий (обследование линий электропередачи и трансформаторов тепловизорами, проведение тренировок персонала по устранению неисправностей, профилактический ремонт основных узлов энергоснабжения и т.д.). В качестве значений исходных характеристик, влияющих на уровень учитываемого качества (эффективности) этих вариантов используется уровень выполнения соответствующих мероприятий. Строится иерархическая система отдельных и сводных рандомизированных показателей, позволяющая в итоге синтезировать единую оценку эффективности комплексов мероприятий по повышению надежности функционирования подсистемы электроснабжения. Просчитывая два варианта оценки эффективности — когда полностью отсутствует дополнительная экспертная информация о сравнительной значимости отдельных показателей, и когда такая информация наличествует в виде системы равенств и неравенств для весовых коэффициентов, можно продемонстрировать влияние нечисловой экспертной информации на точность, надежность и достоверность получаемых сводных оценок.

Соколова Екатерина Владимировна — к.э.н., зам. заведующего кафедрой государственного и муниципального управления факультета менеджмента Санкт-Петербургского государственного университета.

Федотов Юрий Васильевич — к.э.н., доцент, заведующий кафедрой государственного и муниципального управления факультета менеджмента Санкт-Петербургского государственного университета.

Хованов Николай Васильевич — д.э.н., профессор кафедры экономической кибернетики экономического факультета Санкт-Петербургского государственного университета.

© Е. В. Соколова, Ю. В. Федотов, Н. В. Хованов, 2006

Saint Petersburg State University
Institute of Management

DISCUSSION PAPER

Ekaterina Sokolova, Yuri Fedotov,
Nikolai Hovanov

**Construction of Aggregated
Measure for Efficiency
Assessment of Activities Designed
for Improving the Security of
Electricity Units**

29(R)–2006

Saint Petersburg

2006

Ekaterina Sokolova, Yuri Fedotov, Nikolai Hovanov. Construction of aggregated measure for efficiency assessment of activities designed for improving the security of electricity units. Discussion Paper #29(R)–2006. Institute of Management, Saint Petersburg State University: St. Petersburg, 2006.

The paper demonstrates how the Randomized Aggregated Indices Method (RAIM) can be applied for the purpose of quality measurement (safety, efficiency, effectiveness, etc.) in case of the complex units in electricity sector. Particularly, RAIM is used for efficiency assessment of activities designed for improving the security of transmission in local electricity network.

The sample of objects under consideration includes fixed alternative arrangements consisting of respective activities (i.e., inspection of electrical equipment by heat sensors, personnel emergency training, preventive maintenance of the nodes, etc.). The extent to which each activity is accomplished serves as the parameter affecting the quality (efficiency) level the object.

Setting the hierarchy of separate and aggregated randomized indices provides the required frame for the synthesis of ultimate overall measure assessing the efficiency of activities' arrangements undertaken for security improvement.

The efficiency measure is estimated under two different conditions: (1) of full absence of expertise on comparative importance of the indices, and (2) of availability of such information specified in the form of the system of equalities and inequalities for weighting coefficients. Comparing the estimates reveals the influence of experts' nonnumeric information on accuracy, reliability and validity of the constructed aggregated indices.

Sokolova, Ekaterina V. — Senior Lecturer , Deputy Chair of Public Administration Department, School of Management, St.Petersburg State University

Fedotov, Yuri V. — Associate Professor, Chair of Public Administration Department, School of Management, St.Petersburg State University

Hovanov, Nikolai V. — Professor, Department of Economic Cybernetics, Faculty of Economy, St.Petersburg State University

© Sokolova E.V., Fedotov Y.V., Hovanov N. V., 2006

Содержание

Введение.....	6
Описание структуры и функционирования подсистемы энергоснабжения	6
Построение сводного показателя за один цикл работы СППР АСПИД- 3W	14
Построение сводного показателя эффективности варианта комплекса мер по повышению надежности подсистемы электроснабжения	18
Заключение	32
Литература	34

Введение

В третьей части доклада возможности разработанного метода рандомизированных сводных показателей (МРСП) демонстрируются на практическом примере построения рандомизированных сводных показателей для оценки различных вариантов комплекса мероприятий по повышению надежности работы подсистемы электроснабжения ФГУ ГК «Дворец конгрессов». В первом пункте описывается структура небольшой подсистемы энергоснабжения и определяются три возможных варианта комплекса мероприятий по повышению надежности функционирования этой подсистемы. Во втором пункте дается подробное описание одного цикла работы модификации СППР АС-ПВД-3W по построению сводного показателя эффективности проводимых мероприятий по обеспечению надежности рассматриваемого фрагмента энергосистемы. Последний пункт этой части доклада содержит описание результатов построения сводных оценок эффективности изучаемых комплексов мероприятий по иерархической системе характеристик.

Описание структуры и функционирования подсистемы энергоснабжения

Рассматриваемая подсистема электроснабжения ФГУ ГК «Дворец конгрессов» состоит из следующих компонент.

1. Источник питания: ПС-156
2. Питающие линии, идущие от источника питания ПС-156:
 - 2.1. ПЛ-607
 - 2.2. ПЛ-710
3. Источник питания: ПС-62
4. Питающие линии, идущие от источника питания ПС-62:
 - 4.1. ПЛ-101
 - 4.2. ПЛ-102
 - 4.3. ПЛ-103

Все питающие линии идут в соответствующие секции распределителя электропитания РП-6930. Схема соединения указанных компонент представлена на рис. 1.

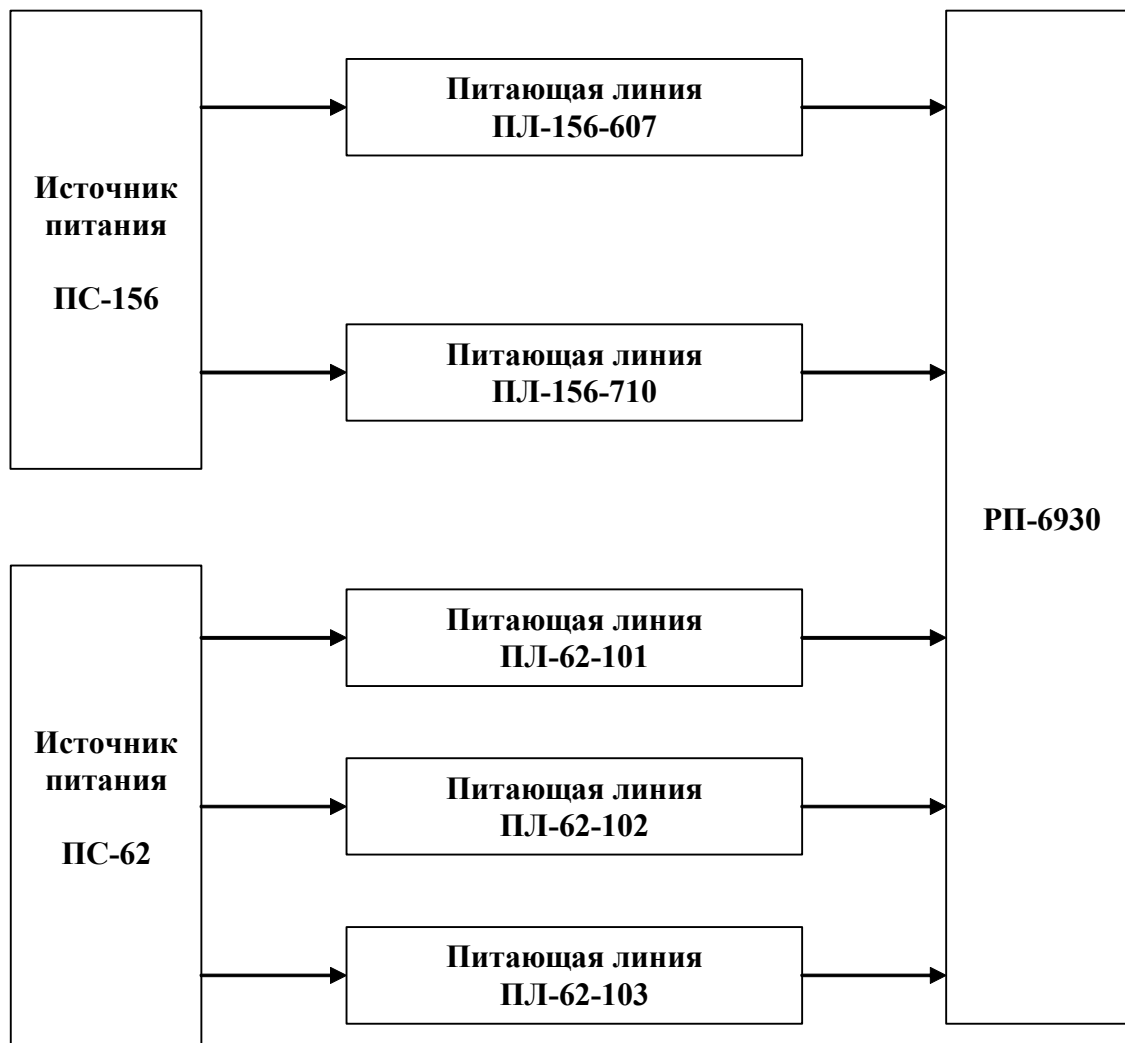


Рис.1. Схема подсистемы электроснабжения

Проектная схема электроснабжения ФГУ ГК «Дворец Конгрессов» предполагает раздельное питание секций 10кВ в РП-6930 от источников питания ПС-156 и ПС-62. Каждая секция питается по 2-м линиям 10кВ, включенным с направленной защитой. Между секциями 10кВ РП-6930 работает АВР-10кВ.

Временная схема электроснабжения ФГУ ГК «Дворец Конгрессов» реализована в 2003 году из-за незавершенности реконструкции ПС-62. Основное и резервное питание ФГУ ГК «Дворец Конгрессов» осуществляется от ПС-156 по 2-м питающим линиям (ПЛ-156-607 и ПЛ-156-710), приходящим на разные секции РП-6930 (в яч. №№ 1, 4 соответственно), на секционном выключателе выполнено АВР-10кВ, что обеспечивает 1 категорию надежности электроснабжения. Для повышения надежности электроснабжения на ПС-62 установлен переходной трансформатор 6,3МВА, 6/10кВ и проложены 3 питающие кабельные линии 10кВ до РП-6930, однако следует иметь в виду, что питание трансформатора осуществляется от одной секции шин и защита кабельных линий выполнена на масляном выключателе яч. № 23 совместно с переходным трансформатором. В качестве коммутацион-

ных аппаратов кабельных линий использованы автогазовые выключатели нагрузки типа ВНА. Две питающие линии ПЛ-62-101 и ПЛ-62-102 заведены во вводные камеры РП-6930 (яч. №№ 2, 3 соответственно), третья питающая кабельная линия от ПС-62 (ПЛ-62-103) заведена в яч. № 19.

РП-6930 оборудована камерами производства фирмы Шнейдер Электрик, Франция с элегазовыми выключателями SM-6. Трансформаторные подстанции ТП-1, 3, 4, 5, 9 блочные комплектные в бетонной оболочке изготовления з-да «Эзоис», г. Москва типа 2БКТП с трансформаторами 2хТМГ-1000кВА, элегазовыми моноблоками RM-6 и АВР в цепи 10кВ (кроме ТП-9). ТП-2 встроена в инженерный корпус ФГУ ГК «Дворец Конгрессов», оборудована 2-мя сухими трансформаторами по 1600кВА. Релейная защита на РП-6930 выполнена на цифровых блоках SEPAM-2000 (4 вводные камеры и секционный выключатель) и SEPAM-1000 (12 отходящих линий). Распределительная сеть 10кВ выполнена по двухлучевой схеме с отдельным питанием секций ТП от разных секций РП-6930.

Автоматическое включение резерва 10кВ на РП-6930 с выдержкой времени 5 секунд по команде «Мин. напр.» при отключении одного из вводов. Восстановление нормальной схемы при появлении напряжения на втором вводе осуществляется оперативным персоналом вручную.

Автоматическое включение резерва 10кВ в трансформаторных подстанциях ТП-1, ТП-3, ТП-4, ТП-5 электроснабжения ФГУ ГК «Дворец Конгрессов» с выдержкой времени 7 секунд по команде «Мин. напр.» при отключении одного из вводов в ТП. Восстановление нормальной схемы при появлении напряжения на втором вводе осуществляется оперативным персоналом вручную. В ТП-9 АВР-10кВ отсутствует, перевод нагрузки по цепи 10кВ осуществляется через РУ-10кВ ТП-4. АВР ТП-2 по цепи 10кВ происходит при срабатывании АВР РП-6930.

Автоматическое включение резерва 0,4кВ в ГРЩ потребителей без выдержки времени с автоматическим восстановлением нормальной схемы.

Для поддержания бесперебойной работы рассматриваемой подсистемы энергоснабжения в определенный промежуток времени необходимо провести ряд профилактических и контрольных мероприятий, указанных ниже в списке, где номера в скобках соответствуют номерам комплексного плана подготовки всей системы энергоснабжения ФГУ ГК «Дворец конгрессов».

1.Список мероприятий по повышению надежности работы подсистемы электроснабжения.

- 1(5).Проведение тепловизионного контроля оборудования ПС156
 2(6).Проведение тепловизионного контроля оборудования ПС 62
 3(7).Проведение текущих ремонтов с устранением выявленных дефектов и высоковольтных испытаний оборудования ПС 156.
 4(10).Проведение текущих ремонтов с устранением выявленных дефектов и высоковольтных испытаний оборудования ПС 62.
 5(11).Проведение испытаний КЛ-10 кВ фидеров: 156-607, 156-710, 62-101, 62-102, 62-103.
 6(12).Проведение проверок и опробований устройств РЗиА ... ПС 156, ПС 62 ...
 7(42).Проведение совместной противоаварийной тренировки персонала для обеспечения бесперебойного электроснабжения ГК «Дворец Конгрессов».

Учет влияния семи указанных мероприятий на повышение надежности функционирования подсистемы электроснабжения, описываемого в табл.1, позволяет выделить восемнадцать элементов этих мероприятий, непосредственно относящихся к компонентам рассматриваемой подсистемы электроснабжения. Список этих элементов приведен ниже табл.1.

Таблица 1

	Влияние мероприятий на надежность подсистемы электро-снабжения						
	1(5)	2(6)	3(7)	4(10)	5(11) 1,2,3,4,5	6(12) 1,2	7(42) 1,2,3,4,5,6,7
ПС-156	+		+			+(1)	+(1)
ПС-62		+		+		+(2)	+(2)
ПЛ-156-607					+(1)		+(3)
ПЛ-156-710					+(2)		+(4)
ПЛ-62-101					+(3)		+(5)
ПЛ-62-102					+(4)		+(6)
ПЛ-62-103					+(5)		+(7)

2. Список элементов мероприятий по повышению надежности работы подсистемы электроснабжения

- 01 - 1(5). Проведение тепловизионного контроля оборудования ПС156.
 02 - 2(6). Проведение тепловизионного контроля оборудования ПС 62.
 03 - 3(7). Проведение текущих ремонтов с устранением выявленных дефектов и высоковольтных испытаний оборудования ПС 156.

- 04 - 4(10). Проведение текущих ремонтов с устранением выявленных дефектов и высоковольтных испытаний оборудования ПС 62.
- 05 - 5(11)1. Проведение испытаний КЛ-10 кВ фидеров: ПЛ 607.
- 06 - 5(11)2. Проведение испытаний КЛ-10 кВ фидеров: ПЛ 710.
- 07 - 5(11)3. Проведение испытаний КЛ-10 кВ фидеров: ПЛ 101.
- 08 - 5(11)4. Проведение испытаний КЛ-10 кВ фидеров: ПЛ 102.
- 09 - 5(11)5. Проведение испытаний КЛ-10 кВ фидеров: ПЛ 103.
- 10 - 6(12)1. Проведение проверок и опробований устройств РЗА: ПС 156.
- 11- 6(12)2. Проведение проверок и опробований устройств РЗА: ПС 62.
- 12 - 7(42)1. Проведение тренировки персонала по обеспечению работы ПС-156
- 13 - 7(42)2. Проведение тренировки персонала по обеспечению работы ПС-62
- 14 - 7(42)3. Проведение тренировки персонала по обеспечению работы ПЛ-607
- 15 - 7(42)4. Проведение тренировки персонала по обеспечению работы ПЛ-710
- 16 - 7(42)5. Проведение тренировки персонала по обеспечению работы ПЛ-101
- 17 - 7(42)6. Проведение тренировки персонала по обеспечению работы ПЛ-102
- 18 - 7(42)7. Проведение тренировки персонала по обеспечению работы ПЛ-103

Предположив, что специалисты по электроснабжению могут оценить степень полноты выполнения каждого элемента мероприятия (скажем, в долях от полного выполнения), мы получаем 18 исходных характеристик x_1, \dots, x_{18} , $x_i \in [0,1]$, описывающих варианты комплекса мероприятий по повышению надежности подсистемы электроснабжения. Поскольку исходные характеристики уже нормированы ($x_i \in [0,1]$), их можно отождествить с отдельными показателями $q_i = q_i(x_i) = x_i$, $i = 1, \dots, 18$, эффективности вариантов комплекса мероприятий.

Далее мы будем рассматривать три варианта комплекса мероприятий, предложенных специалистами по энергоснабжению и описываемых векторами значений отдельных показателей $q^{(j)} = (q_1^{(j)}, \dots, q_{18}^{(j)})$, $j = 1, 2, 3$, приведенными в табл.2. Неполнота выполнения многих элементов мероприятий ($q_i^{(j)} < 1$) объясняется ограниченностью сил и средств, а также дефицитом времени, отпущенного на проведение комплекса мероприятий.

Таблица 2

Значения отдельных показателей полноты элементов мероприятий

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Var 1	0,7	0,8	0,9	0,9	1	1	0,8	0,9	0,9	0,9	0,7	1	0,8	0,8	1	0,8	0,7	0,8
Var 2	0,9	1	1	0,9	1	1	0,9	1	1	1	1	0,8	1	1	0,9	0,9	1	1
Var 3	1	0,8	0,7	1	0,8	0,9	1	0,8	0,9	0,7	0,9	1	0,9	0,7	1	1	0,8	0,7

Таким образом, мы имеем три сложных объекта (три варианта осуществления комплекса мероприятий по повышению надежности подсистемы электроснабжения), каждый из которых оценивается вектором отдельных показателей $q^{(j)} = (q_1^{(j)}, \dots, q_{18}^{(j)})$. Величина $q_i^{(j)}$ отдельного показателя q_i указывает степень полноты выполнения i -го элемента мероприятия при j -м варианте выполнения комплекса мероприятий по повышению надежности рассматриваемой подсистемы энергоснабжения.

Построение сводного показателя $Q = Q(q_1, \dots, q_{18})$ степени полноты выполнения всего комплекса мероприятий по повышению надежности подсистемы электроснабжения сразу по всем 18 отдельным показателям затруднено тем обстоятельством, что эксперты, как правило, могут одновременно сравнивать значимость не более 5 отдельных показателей. Поэтому мы построим следующую иерархическую систему сводных показателей, на каждом уровне которой будут синтезироваться в единый показатель не более пяти показателей предыдущего уровня (см. рис.1, на котором представлена схема этой иерархической системы).

На «нулевом» уровне мы имеем отдельные показатели q_1, \dots, q_{18} полноты выполнения соответствующих элементов мероприятий по повышению надежности подсистемы энергоснабжения (значения этих показателей приведены в табл.2).

Показатели q_1, q_3, q_{10}, q_{12} полноты выполнения элементов мероприятий 1(5), 3(7), 6(12)1, 7(42)1 соответственно определяют сводный показатель первого уровня $Q_{11} = Q_{11}(q_1, q_3, q_{10}, q_{12})$ надежности работы источника электропитания ПС-156.

Показатели q_5, q_{14} полноты выполнения элементов мероприятий 5(11)1, 7(42)3 соответственно определяют сводный показатель первого уровня $Q_{12} = Q_{12}(q_5, q_{14})$ надежности работы линии электропередачи ПЛ-607.

Показатели q_6, q_{15} полноты выполнения элементов мероприятий 5(11)2, 7(42)4 соответственно определяют сводный показатель первого уровня $Q_{13} = Q_{13}(q_6, q_{15})$ надежности работы линии электропередачи ПЛ-710.

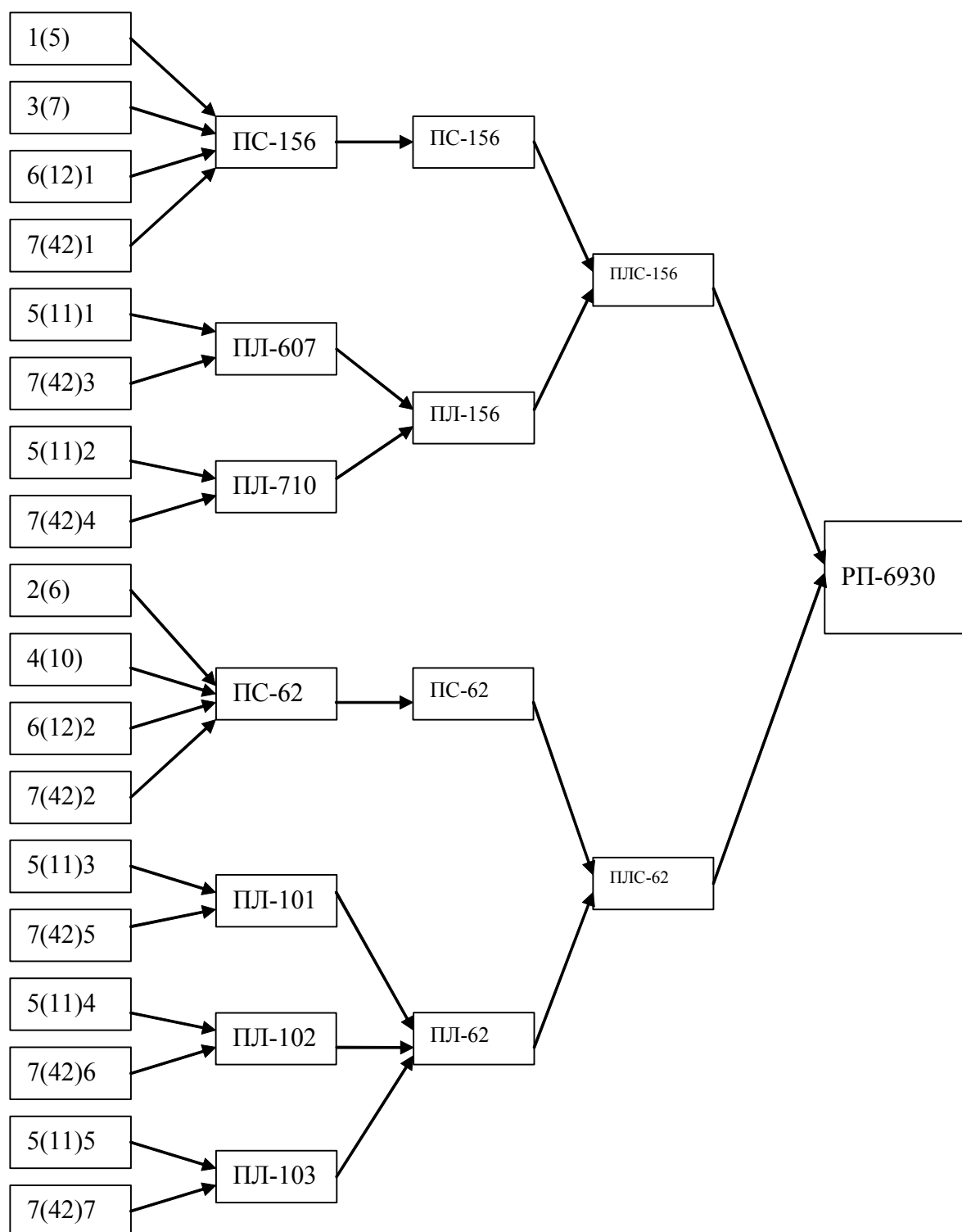


Рис.2. Схема иерархической системы показателей повышения надежности

Показатели q_2, q_4, q_{11}, q_{13} полноты выполнения элементов мероприятий 2(6), 4(10), 6(12)2, 7(42)2 соответственно определяют сводный показатель первого уровня $Q_{14} = Q_{14}(q_2, q_4, q_{11}, q_{13})$ надежности работы источника электропитания ПС-62.

Показатели q_7, q_{16} полноты выполнения элементов мероприятий 5(11)3, 7(42)5 соответственно определяют сводный показатель первого уровня $Q_{15} = Q_{15}(q_7, q_{16})$ надежности работы линии электропередачи ПЛ-101.

Показатели q_8, q_{17} полноты выполнения элементов мероприятий 5(11)4, 7(42)6 соответственно определяют сводный показатель первого уровня $Q_{16} = Q_{16}(q_8, q_{17})$ надежности работы линии электропередачи ПЛ-102.

Показатели q_9, q_{18} полноты выполнения элементов мероприятий 5(11)5, 7(42)7 соответственно определяют сводный показатель первого уровня $Q_{16} = Q_{16}(q_9, q_{18})$ надежности работы линии электропередачи ПЛ-103

Таким образом на первом уровне иерархической системы, представленной на рис.2, необходимо построить семь сводных показателей Q_{11}, \dots, Q_{17} надежности функционирования источников электроэнергии ПС-156, ПС-62 и линий электропередачи ПЛ-607, ПЛ-710, ПЛ-101, ПЛ-102, ПЛ-103.

Сводные показатели надежности Q_{11}, Q_{14} источников электроэнергии ПС-156, ПС-62 соответственно без изменения переходят на следующий (второй) уровень иерархии: $Q_{21} = Q_{11}, Q_{24} = Q_{14}$.

Сводные показатели Q_{12}, Q_{13} надежности линий электропередачи ПЛ-607, ПЛ-710 соответственно определяют на втором уровне иерархической системы сводный показатель надежности $Q_{22} = Q_{22}(Q_{12}, Q_{13})$ системы ПЛ-156 линий передачи электроэнергии от источника ПС-156.

Сводные показатели Q_{15}, Q_{16}, Q_{17} надежности линий электропередачи ПЛ-101, ПЛ-102, ПЛ-103 соответственно определяют на втором уровне иерархической системы сводный показатель надежности $Q_{23} = Q_{23}(Q_{15}, Q_{16}, Q_{17})$ системы ПЛ-62 линий передачи электроэнергии от источника ПС-62.

Таким образом на втором уровне иерархической системы, представленной на рис.2, необходимо построить четыре сводных показателя $Q_{21}, Q_{22}, Q_{23}, Q_{24}$ надежности функционирования источников элек-

троэнергии ПС-156, ПС-62 и систем линий электропередачи ПЛ-156, ПЛ-62.

Сводные показатели Q_{21}, Q_{22} надежности источника электроэнергии ПС-156 и системы линий электропередачи ПЛ-156 соответственно определяют на третьем уровне иерархической системы сводный показатель надежности $Q_{31} = Q_{31}(Q_{21}, Q_{22})$ системы, состоящей из источника ПС-156 и ведущих из него линий электропередачи ПЛ-156.

Сводные показатели Q_{23}, Q_{24} надежности источника электроэнергии ПС-62 и системы линий электропередачи ПЛ-62 соответственно определяют на третьем уровне иерархической системы сводный показатель надежности $Q_{32} = Q_{32}(Q_{23}, Q_{24})$ системы, состоящей из источника ПС-62 и ведущих из него линий электропередачи ПЛ-62.

Таким образом на третьем уровне иерархической системы, представленной на рис.2, необходимо построить два сводных показателя Q_{31}, Q_{32} надежности совместного функционирования источников электроэнергии ПС-156, ПС-62 и связанных с ними систем линий электропередачи ПЛ-156, ПЛ-62.

На последнем (четвертом) уровне иерархической системы необходимо построить сводный показатель $Q = Q(Q_{31}, Q_{32})$ надежности функционирования рассматриваемой подсистемы электроснабжения, зависящий от сводных показателей Q_{31}, Q_{32} надежности совместного функционирования источников электроэнергии ПС-156, ПС-62 и связанных с ними систем линий электропередачи ПЛ-156, ПЛ-62.

После построения указанной иерархической системы сводных показателей надежности появится возможность сравнения трех вариантов выполнения комплекса мероприятий, описываемых векторами значений отдельных показателей $q^{(j)} = (q_1^{(j)}, \dots, q_{18}^{(j)})$, $j = 1, 2, 3$, по оценкам сводных показателей $Q^{(j)} = Q(q^{(j)})$, $j = 1, 2, 3$, высшего (четвертого) уровня.

Построение сводного показателя за один цикл работы СППР АСПИД-3W

В этом пункте доклада подробно рассматривается один цикл работы СППР АСПИД-3W на примере построения сводного показателя первого уровня $Q_{11} = Q_{11}(q_1, q_3, q_{10}, q_{12})$ надежности работы источника электропитания ПС-156Н.

В СППР вводится, прежде всего, информация о значениях отдельных показателей «нулевого» уровня q_1, q_3, q_{10}, q_{12} (значения этих показателей приведены в табл.2).

Затем вводится нечисловая (ординальная), неточная (интервальная) и неполная экспертная информация

$$I = \{w_1 < w_2 = w_3 > w_4\} \quad (1)$$

о сравнительной значимости отдельных показателей для построения сводного показателя $Q_{11} = Q_{11}(q_1, q_3, q_{10}, q_{12})$. При рассмотрении одного цикла работы СППР АСПИД-3W иногда целесообразно использовать не номера, а символические названия отдельных показателей. В нашем случае ннн-информацию (1) можно представить в виде системы неравенств $w(1(5)) < w(3(7)) = w(6(12)1) > w(7(42)1)$ для весовых коэффициентов.

После выбора шага отсчета $h = 1/n = 1/100 = 0,01$ весовых коэффициентов СППР АСПИД-3W перебирает все допустимые (с точки зрения ннн-информации I) векторы весовых коэффициентов $w^{(t)} = (w_1^{(t)}, \dots, w_4^{(t)})$, $t = 1, \dots, N(I)$, вычисляет все необходимые оценки и выдает следующий отчет.

Project name 01_ПС-156

Project summary

ПС-156; три варианта; четыре мероприятия: 1(5), 3(7), 6(12)1, 7(42)1

Input parameters of the project

Number of alternatives (objects) $k = 3$

Number of attributes $m = 4$

Discreteness of weight-coefficients $n = 100$

Weight-coefficients precision (step) $h = 1/n = 0,01$

Number of all possible variants $N = 176851$

Output parameters of the project

Number of all admissible variants $N(I) = 265$

Amount of information $\text{Inf}(I) = 9,38$ (bits)

Time of Calculation $T = 3,41$ second(s)

Input information

List of attributes

N	Name of attribute	Comment	Dimension
1	1(5)		
2	3(7)		
3	6(12)1		
4	7(42)1		

Single preference indices values for alternatives

Alternative	1(5)	3(7)	6(12)1	7(42)1
Вариант 1	0,7000	0,9000	0,9000	1,0000
Вариант 2	0,9000	1,0000	1,0000	0,8000
Вариант 3	1,0000	0,7000	0,7000	1,0000

Single preference indices values statistics

Index	Min	Max	Mean	StDev
1(5)	0,7000	1,0000	0,8667	0,1247
3(7)	0,7000	1,0000	0,8667	0,1247
6(12)1	0,7000	1,0000	0,8667	0,1247
7(42)1	0,8000	1,0000	0,9333	0,0943

Initial intervals for weight-coefficients

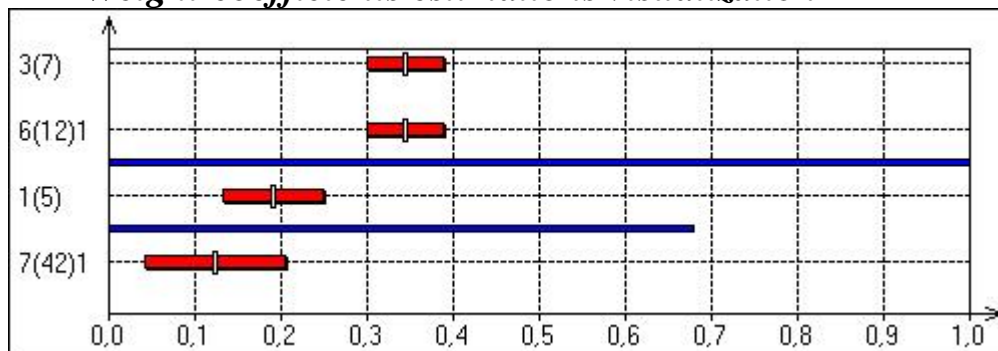
Weight of index	MIN	MAX
w(1(5))	0,0000	1,0000
w(3(7))	0,0000	1,0000
w(6(12)1)	0,0000	1,0000
w(7(42)1)	0,0000	1,0000

Ordinal information for aggregated preference indices

$$w(1(5)) < w(3(7)) = w(6(12)1) > w(7(42)1)$$

Output Information

Weight-coefficients estimations visualization



Statistics of admissible weight-coefficients values

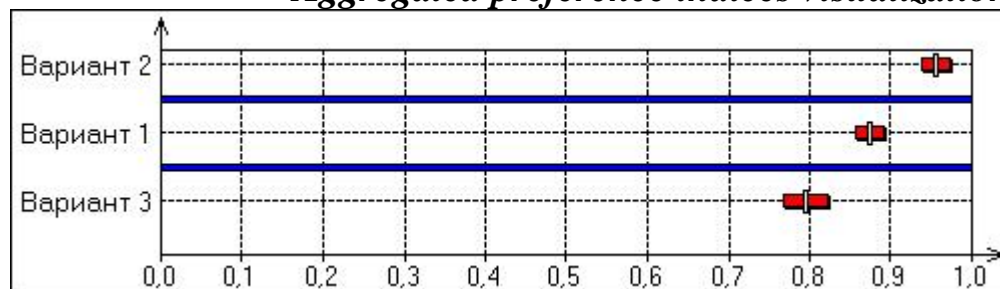
Weight of index	Min	Max	Mean	StDev	Rank
w(1(5))	0,1000	0,3200	0,1903	0,0586	2
w(3(7))	0,2600	0,4500	0,3432	0,0426	1
w(6(12)1)	0,2600	0,4500	0,3432	0,0426	1
w(7(42)1)	0,0000	0,2900	0,1232	0,0801	3

Weight-coefficients dominance reliability

PW(r,s)	w(1(5))	w(3(7))	w(6(12)1)	w(7(42)1)
w(1(5))	0,0000	0,0000	0,0000	0,6792
w(3(7))	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000

$w(6(12)1)$	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000
$w(7(42)1)$	0,2642	0,0000	0,0000	0,0000

Aggregated preference indices visualization



Statistics of alternatives aggregated preference estimations

Aggregated index of alternative	Min	Max	Mean	StDev	Rank
Q(Вариант 1)	0,8360	0,9080	0,8743	0,0159	2
Q(Вариант 2)	0,9270	0,9900	0,9563	0,0155	1
Q(Вариант 3)	0,7300	0,8440	0,7941	0,0256	3

Aggregated preference indices dominance reliability

PQ(i,j)	Q(Вариант 1)	Q(Вариант 2)	Q(Вариант 3)
Q(Вариант 1)	0,0000	0,0000	1,0000
Q(Вариант 2)	1,0000	0,0000	1,0000
Q(Вариант 3)	0,0000	0,0000	0,0000

В нашем примере будем далее использовать только следующие таблицы отчета: «Statistics of admissible weight-coefficients values», «Statistics of alternatives aggregated preference estimations» и «Aggregated preference indices dominance reliability estimations».

Из таблицы «Statistics of admissible weight-coefficients values» получаем оценки весовых коэффициентов и значения меры точности этих оценок:

$$w(1(5)) \pm s(1(5)) = 0,19 \pm 0,06;$$

$$w(3(7)) \pm s(3(7)) = 0,34 \pm 0,04;$$

$$w(6(12)1) \pm s(6(12)1) = 0,34 \pm 0,04;$$

$$w(7(42)1) \pm s(7(42)1) = 0,12 \pm 0,08.$$

Из таблицы «Statistics of alternatives aggregated preference estimations» получаем оценки значений сводного показателя и значения меры точности этих оценок:

$$Q(\text{Var1}) \pm S(\text{Var1}) = 0,87 \pm 0,02;$$

$$Q(\text{Var2}) \pm S(\text{Var2}) = 0,95 \pm 0,02;$$

$$Q(\text{Var3}) \pm S(\text{Var3}) = 0,79 \pm 0,03.$$

Таким образом, наиболее предпочтительным (с точки зрения критерия соответствующего сводному показателю Q_{11}) является вариант Var2 проведения комплекса мероприятий по повышению надежности источника электроэнергии ПС-156: $Q(\text{Var2}) > Q(\text{Var1}) > Q(\text{Var3})$.

Достоверность получившегося ранжирования вариантов по степени предпочтительности определяется вероятностями $P(\text{Var}(i), \text{Var}(l))$ доминирования i -го варианта над l -ым, получаемыми из таблицы «Aggregated preference indices dominance reliability estimations»:

$$P(\text{Var}(2), \text{Var}(1)) = 1,00;$$

$$P(\text{Var}(1), \text{Var}(3)) = 1,00.$$

Результаты оценки значений сводного показателя, содержащиеся в таблицах «Statistics of alternatives aggregated preference estimations» и «Aggregated preference indices dominance reliability estimations», наглядно представлены в АСПИД-диаграмме «Aggregated preference indices visualization», подробно описанной во второй части доклада.

Построение сводного показателя эффективности варианта комплекса мер по повышению надежности подсистемы электроснабжения

Подробно разобранный в предыдущем пункте отдельный цикл работы СППР АСПИД-3W позволяет провести построение всех сводных показателей, входящих в иерархическую систему показателей надежности различных компонент подсистемы электроснабжения: $Q_{11}, \dots, Q_{17}, Q_{21}, \dots, Q_{24}, Q_{31}, Q_{32}, Q$. Это построение кратко описывается следующей совокупностью сокращенных отчетов СППР АСПИД-3W.

Project name 02_ПЛ-607

Project summary

ПЛ-607; три варианта; два мероприятия: 5(11)1, 7(42)3

Input parameters of the project

Number of alternatives (objects) $k = 3$
 Number of attributes $m = 2$
 Discreteness of weight-coefficients $n = 100$
 Weight-coefficients precision (step) $h=1/n = 0,01$
 Number of all possible variants $N = 101$

Output parameters of the project

Number of all admissible variants $N(I) = 50$
 Amount of information $\text{Inf}(I) = 1,01$ (bits)

Input Information

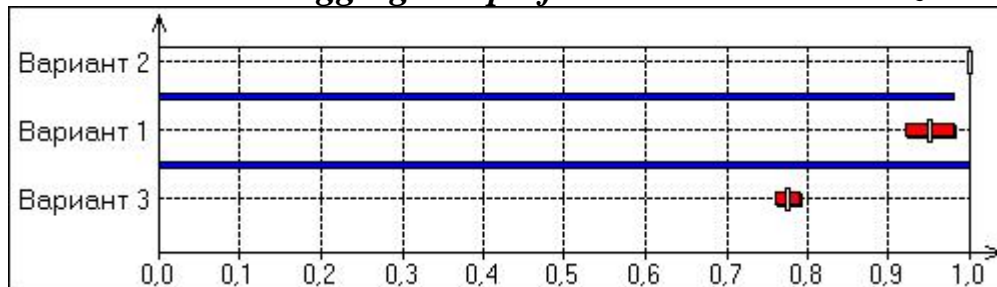
Ordinal information for weight-coefficients values
 $w(5(11)1) > w(7(42)3)$

Output Information

Statistics of admissible weight-coefficients values

Weight of index	Min	Max	Mean	StDev	Rank
$w(5(11)1)$	0,5100	1,0000	0,7550	0,1443	1
$w(7(42)3)$	0,0000	0,4900	0,2450	0,1443	2

Aggregated preference indices visualization



Statistics of alternatives aggregated preference estimations

Aggregated index of alternative	Min	Max	Mean	StDev	Rank
Q(Вариант 1)	0,9020	1,0000	0,9510	0,0289	2
Q(Вариант 2)	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	1
Q(Вариант 3)	0,7510	0,8000	0,7755	0,0144	3

Aggregated preference indices dominance reliability

PQ(i,j)	Q(Вариант 1)	Q(Вариант 2)	Q(Вариант 3)
Q(Вариант 1)	0,0000	0,0000	1,0000
Q(Вариант 2)	0,9800	0,0000	1,0000

Q(Вариант 3) 0,0000 0,0000 0,0000

Project name 03_ПЛ-710

Project summary

ПЛ-710; три варианта; два мероприятия: 5(11)2, 7(42)4

Input parameters of the project

Number of alternatives (objects) $k = 3$

Number of attributes $m = 2$

Discreteness of weight-coefficients $n = 100$

Weight-coefficients precision (step) $h=1/n = 0,01$

Number of all possible variants $N = 101$

Output parameters of the project

Number of all admissible variants $N(I) = 50$

Amount of information $Inf(I) = 1,01$ (bits)

Input Information

Ordinal information for weight-coefficients values

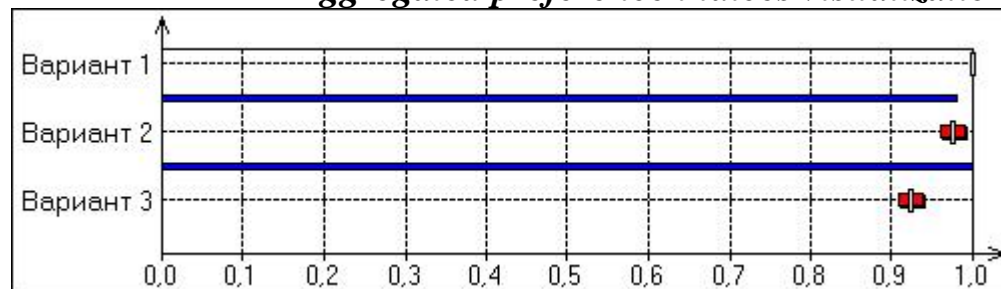
$w(5(11)2) > w(7(42)4)$

Output Information

Statistics of admissible weight-coefficients values

Weight of index	Min	Max	Mean	StDev	Rank
$w(5(11)2)$	0,5100	1,0000	0,7550	0,1443	1
$w(7(42)4)$	0,0000	0,4900	0,2450	0,1443	2

Aggregated preference indices visualization



Statistics of alternatives aggregated preference estimations

Aggregated index of alternative	Min	Max	Mean	StDev	Rank
Q(Вариант 1)	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	1
Q(Вариант 2)	0,9510	1,0000	0,9755	0,0144	2

Q(Вариант 3) 0,9000 0,9490 0,9245 0,0144 3

Aggregated preference indices dominance reliability

PQ(i,j)	Q(Вариант 1)	Q(Вариант 2)	Q(Вариант 3)
Q(Вариант 1)	0,0000	0,9800	1,0000
Q(Вариант 2)	0,0000	0,0000	1,0000
Q(Вариант 3)	0,0000	0,0000	0,0000

Project name 04_ПС-62

Project summary

ПС-62; три варианта; четыре мероприятия: 2(6), 4(10), 6(12)2, 7(42)2

Input parameters of the project

Number of alternatives (objects) $k = 3$

Number of attributes $m = 4$

Discreteness of weight-coefficients $n = 100$

Weight-coefficients precision (step) $h=1/n = 0,01$

Number of all possible variants $N = 176851$

Output parameters of the project

Number of all admissible variants $N(I) = 265$

Amount of information $Inf(I) = 9,38$ (bits)

Input Information

Ordinal information for weight-coefficients values

$w(2(6)) < w(4(10))$

$w(4(10)) = w(6(12)2)$

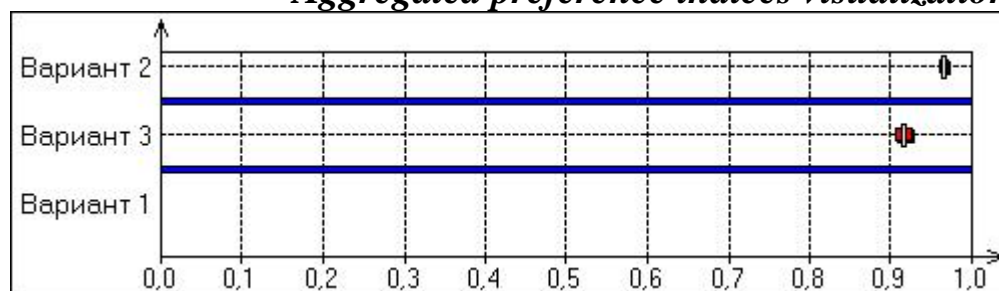
$w(6(12)2) > w(7(42)2)$

Output Information

Statistics of admissible weight-coefficients values

Weight of index	Min	Max	Mean	StDev	Rank
$w(2(6))$	0,1000	0,3200	0,1903	0,0586	2
$w(4(10))$	0,2600	0,4500	0,3432	0,0426	1
$w(6(12)2)$	0,2600	0,4500	0,3432	0,0426	1
$w(7(42)2)$	0,0000	0,2900	0,1232	0,0801	3

Aggregated preference indices visualization



Statistics of alternatives aggregated preference estimations

Aggregated index of alternative	Min	Max	Mean	StDev	Rank
Q(Вариант 1)	0,8000	0,8000	0,8000	n/a	3
Q(Вариант 2)	0,9550	0,9740	0,9657	0,0043	1
Q(Вариант 3)	0,9010	0,9350	0,9153	0,0086	2

Aggregated preference indices dominance reliability

PQ(i,j)	Q(Вариант 1)	Q(Вариант 2)	Q(Вариант 3)
Q(Вариант 1)	0,0000	0,0000	0,0000
Q(Вариант 2)	1,0000	0,0000	1,0000
Q(Вариант 3)	1,0000	0,0000	0,0000

Project name 05_ПЛ-101

Project summary

ПЛ-101; три варианта; два мероприятия: 5(11)3, 7(42)5

Input parameters of the project

Number of alternatives (objects) $k = 3$

Number of attributes $m = 2$

Discreteness of weight-coefficients $n = 100$

Weight-coefficients precision (step) $h=1/n = 0,01$

Number of all possible variants $N = 101$

Output parameters of the project

Number of all admissible variants $N(I) = 50$

Amount of information $Inf(I) = 1,01$ (bits)

Input Information

Ordinal information for weight-coefficients values

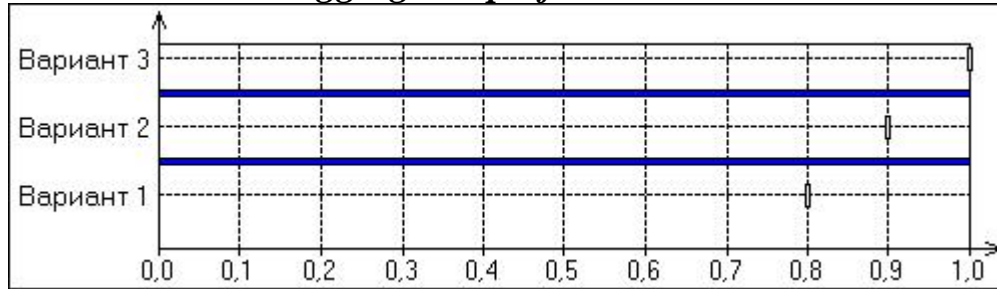
$w(5(11)3) > w(7(42)5)$

Output Information

Statistics of admissible weight-coefficients values

Weight of index	Min	Max	Mean	StDev	Rank
w(5(11)3)	0,5100	1,0000	0,7550	0,1443	1
w(7(42)5)	0,0000	0,4900	0,2450	0,1443	2

Aggregated preference indices visualization



Statistics of alternatives aggregated preference estimations

Aggregated index of alternative	Min	Max	Mean	StDev	Rank
Q(Вариант 1)	0,8000	0,8000	0,8000	0,0000	3
Q(Вариант 2)	0,9000	0,9000	0,9000	0,0000	2
Q(Вариант 3)	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	1

Aggregated preference indices dominance reliability

PQ(i,j)	Q(Вариант 1)	Q(Вариант 2)	Q(Вариант 3)
Q(Вариант 1)	0,0000	0,0000	0,0000
Q(Вариант 2)	1,0000	0,0000	0,0000
Q(Вариант 3)	1,0000	1,0000	0,0000

Project name 06_ПЛ-102

Project summary

ПЛ-102; три варианта; два мероприятия: 5(11)4, 7(42)6

Input parameters of the project

Number of alternatives (objects) $k = 3$

Number of attributes $m = 2$

Discreteness of weight-coefficients $n = 100$

Weight-coefficients precision (step) $h=1/n = 0,01$

Number of all possible variants $N = 101$

Output parameters of the project

Number of all admissible variants $N(I) = 50$

Amount of information $\text{Inf}(I) = 1,01$ (bits)

Input information

Ordinal information for weight-coefficients values

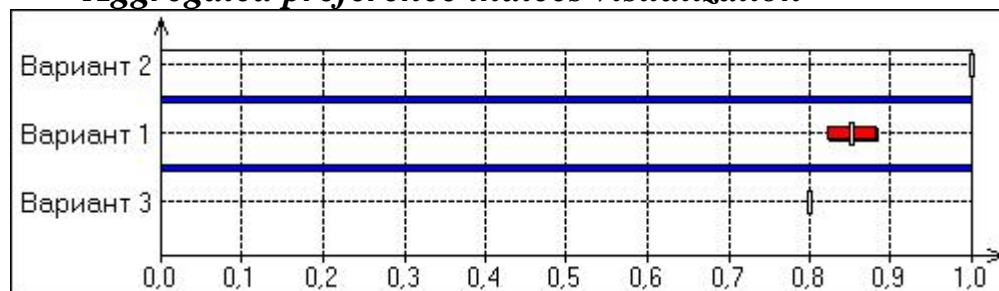
$w(5(11)4) > w(7(42)6)$

Output Information

Statistics of admissible weight-coefficients values

Weight of index	Min	Max	Mean	StDev	Rank
$w(5(11)4)$	0,5100	1,0000	0,7550	0,1443	1
$w(7(42)6)$	0,0000	0,4900	0,2450	0,1443	2

Aggregated preference indices visualization



Statistics of alternatives aggregated preference estimations

Aggregated index of alternative	Min	Max	Mean	StDev	Rank
Q(Вариант 1)	0,8020	0,9000	0,8510	0,0289	2
Q(Вариант 2)	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	1
Q(Вариант 3)	0,8000	0,8000	0,8000	0,0000	3

Aggregated preference indices dominance reliability

PQ(i,j)	Q(Вариант 1)	Q(Вариант 2)	Q(Вариант 3)
Q(Вариант 1)	0,0000	0,0000	1,0000
Q(Вариант 2)	1,0000	0,0000	1,0000
Q(Вариант 3)	0,0000	0,0000	0,0000

Project name ПЛ-103

Project summary

ПЛ-103; три варианта; два мероприятия: 5(11)5, 7(42)7

Input parameters of the project

Number of alternatives (objects) $k = 3$
 Number of attributes $m = 2$
 Discreteness of weight-coefficients $n = 100$
 Weight-coefficients precision (step) $h=1/n = 0,01$
 Number of all possible variants $N = 101$

Output parameters of the project

Number of all admissible variants $N(I) = 50$
 Amount of information $Inf(I) = 1,01$ (bits)

Input Information

Ordinal information for aggregated preference indices

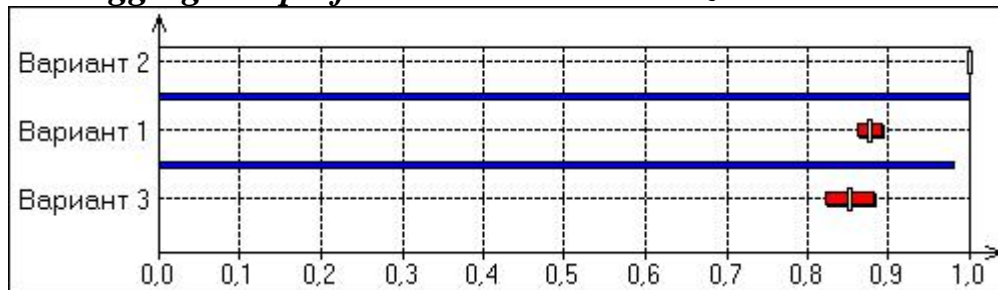
$w(5(11)5) > w(7(42)7)$

Output Information

Statistics of admissible weight-coefficients values

Weight of index	Min	Max	Mean	StDev	Rank
$w(5(11)5)$	0,5100	1,0000	0,7550	0,1443	1
$w(7(42)7)$	0,0000	0,4900	0,2450	0,1443	2

Aggregated preference indices visualization



Statistics of alternatives aggregated preference estimations

Aggregated index of alternative	Min	Max	Mean	StDev	Rank
Q(Вариант 1)	0,8510	0,9000	0,8755	0,0144	2
Q(Вариант 2)	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	1
Q(Вариант 3)	0,8020	0,9000	0,8510	0,0289	3

Aggregated preference indices dominance reliability

PQ(i,j)	Q(Вариант 1)	Q(Вариант 2)	Q(Вариант 3)
Q(Вариант 1)	0,0000	0,0000	0,9800
Q(Вариант 2)	1,0000	0,0000	1,0000

Q(Вариант 3) 0,0000 0,0000 0,0000

Project name 08_ПЛ-156

Project summary

ПЛ-156; три варианта; два компонента: ПЛ-607, ПЛ-710

Input parameters of the project

Number of alternatives (objects) $k = 3$

Number of attributes $m = 2$

Discreteness of weight-coefficients $n = 100$

Weight-coefficients precision (step) $h=1/n = 0,01$

Number of all possible variants $N = 101$

Output parameters of the project

Number of all admissible variants $N(I) = 1$

Amount of information $Inf(I) = 6,66$ (bits)

Input Information

Ordinal information for weight-coefficients values

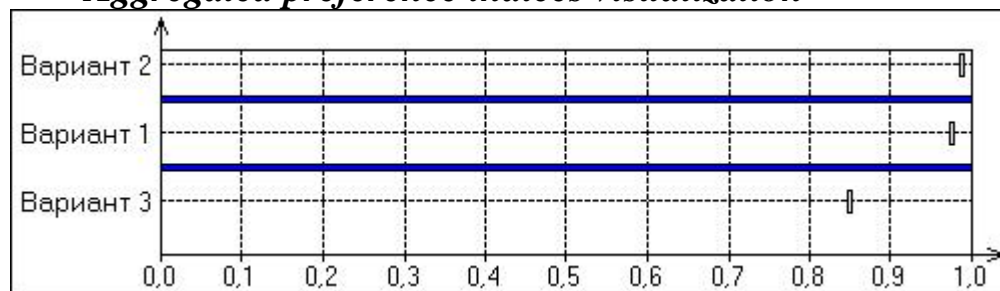
$w(\text{ПЛ-607}) = w(\text{ПЛ-710})$

Output Information

Statistics of admissible weight-coefficients values

Weight of index	Min	Max	Mean	StDev	Rank
$w(\text{ПЛ-607})$	0,5000	0,5000	0,5000	0,0000	1
$w(\text{ПЛ-710})$	0,5000	0,5000	0,5000	0,0000	1

Aggregated preference indices visualization



Statistics of alternatives aggregated preference estimations

Aggregated index of alternative	Min	Max	Mean	StDev	Rank
Q(Вариант 1)	0,9755	0,9755	0,9755	0,0000	2
Q(Вариант 2)	0,9880	0,9880	0,9880	0,0000	1
Q(Вариант 3)	0,8500	0,8500	0,8500	0,0000	3

Aggregated preference indices dominance reliability

PQ(i,j)	Q(Вариант 1)	Q(Вариант 2)	Q(Вариант 3)
Q(Вариант 1)	0,0000	0,0000	1,0000
Q(Вариант 2)	1,0000	0,0000	1,0000
Q(Вариант 3)	0,0000	0,0000	0,0000

Project name 09_ПЛ-62

Project summary

ПЛ-62; три варианта; три компонента: ПЛ-101, ПЛ-102, ПЛ-103

Input parameters of the project

Number of alternatives (objects) $k = 3$

Number of attributes $m = 3$

Discreteness of weight-coefficients $n = 100$

Weight-coefficients precision (step) $h=1/n = 0,01$

Number of all possible variants $N = 5151$

Output parameters of the project

Number of all admissible variants $N(I) = 5151$

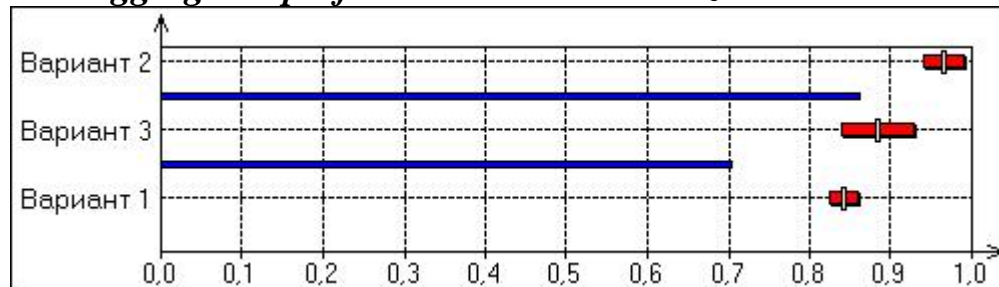
Amount of information $Inf(I) = 0,00$ (bits)

Input Information

Statistics of admissible weight-coefficients values

Weight of index	Min	Max	Mean	StDev	Rank
w(ПЛ-101A)	0,0000	1,0000	0,3333	0,2392	1
w(ПЛ-102A)	0,0000	1,0000	0,3333	0,2392	1
w(ПЛ-103A)	0,0000	1,0000	0,3333	0,2392	1

Aggregated preference indices visualization



Statistics of alternatives aggregated preference estimations

Aggregated index of alternative	Min	Max	Mean	StDev	Rank
Q(Вариант 1)	0,8000	0,8760	0,8423	0,0160	3
Q(Вариант 2)	0,9000	1,0000	0,9667	0,0239	1
Q(Вариант 3)	0,8000	1,0000	0,8837	0,0431	2

Aggregated preference indices dominance reliability

PQ(i,j)	Q(Вариант 1)	Q(Вариант 2)	Q(Вариант 3)
Q(Вариант 1)	0,0000	0,0000	0,2959
Q(Вариант 2)	1,0000	0,0000	0,8627
Q(Вариант 3)	0,7034	0,1371	0,0000

Project name 10_ПЛС-156

Project summary

ПЛС-156; три варианта; два компонента: ПС-156, ПЛ-156

Input parameters of the project

Number of alternatives (objects) $k = 3$

Number of attributes $m = 2$

Discreteness of weight-coefficients $n = 100$

Weight-coefficients precision (step) $h=1/n = 0,01$

Number of all possible variants $N = 101$

Output parameters of the project

Number of all admissible variants $N(I) = 1$

Amount of information $Inf(I) = 6,66$ (bits)

Input Information

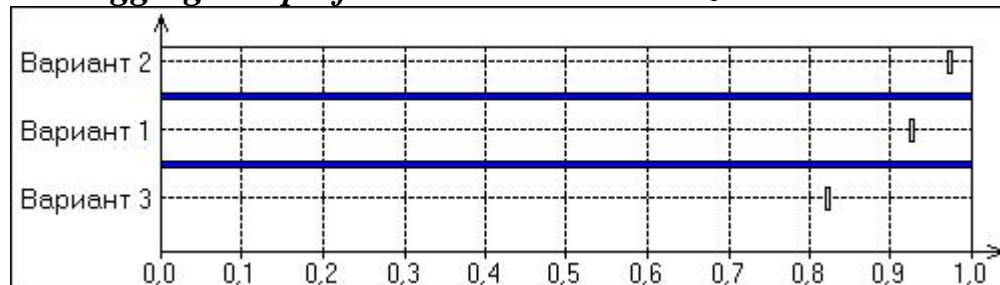
Ordinal information for weight-coefficients values

$w(\text{ПС-156}) = w(\text{ПЛ-156})$

Statistics of admissible weight-coefficients values

Weight of index	Min	Max	Mean	StDev	Rank
$w(\text{ПС-156})$	0,5000	0,5000	0,5000	0,0000	1
$w(\text{ПЛ-156})$	0,5000	0,5000	0,5000	0,0000	1

Aggregated preference indices visualization



Statistics of alternatives aggregated preference estimations

Aggregated index of alternative	Min	Max	Mean	StDev	Rank
Q(Вариант 1)	0,9250	0,9250	0,9250	0,0000	2
Q(Вариант 2)	0,9720	0,9720	0,9720	0,0000	1
Q(Вариант 3)	0,8220	0,8220	0,8220	0,0000	3

Aggregated preference indices dominance reliability

PQ(i,j)	Q(Вариант 1)	Q(Вариант 2)	Q(Вариант 3)
Q(Вариант 1)	0,0000	0,0000	1,0000
Q(Вариант 2)	1,0000	0,0000	1,0000
Q(Вариант 3)	0,0000	0,0000	0,0000

Project name 11_ПЛС-62

Project summary

ПЛС-62; три варианта; два компонента: ПС-62, ПЛ-62

Input parameters of the project

Number of alternatives (objects) $k = 3$

Number of attributes $m = 2$

Discreteness of weight-coefficients $n = 100$

Weight-coefficients precision (step) $h=1/n = 0,01$

Number of all possible variants $N = 101$

Output parameters of the project

Number of all admissible variants $N(I) = 1$

Amount of information $Inf(I) = 6,66$ (bits)

Input Information

Ordinal information for weight-coefficients values

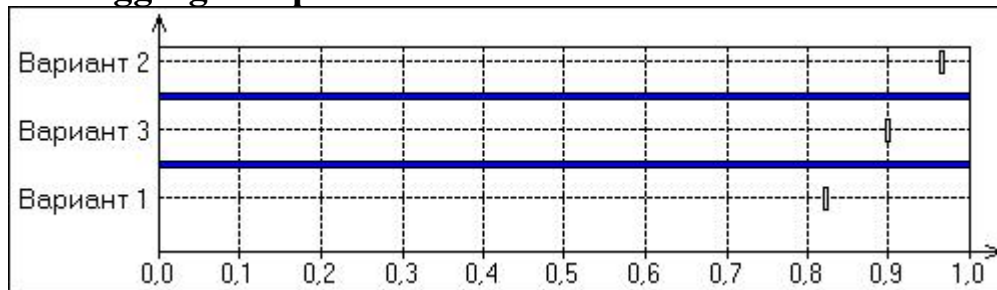
$w(ПС-62) = w(ПЛ-62)$

Output Information

Statistics of admissible weight-coefficients values

Weight of index	Min	Max	Mean	StDev	Rank
$w(ПС-62A)$	0,5000	0,5000	0,5000	0,0000	1
$w(ПЛ-62A)$	0,5000	0,5000	0,5000	0,0000	1

Aggregated preference indices visualization



Statistics of alternatives aggregated preference estimations

Aggregated index of alternative	Min	Max	Mean	StDev	Rank
Q(Вариант 1)	0,8210	0,8210	0,8210	0,0000	3
Q(Вариант 2)	0,9665	0,9665	0,9665	0,0000	1
Q(Вариант 3)	0,8995	0,8995	0,8995	0,0000	2

Aggregated preference indices dominance reliability

PQ(i,j)	Q(Вариант 1)	Q(Вариант 2)	Q(Вариант 3)
Q(Вариант 1)	0,0000	0,0000	0,0000
Q(Вариант 2)	1,0000	0,0000	1,0000
Q(Вариант 3)	1,0000	0,0000	0,0000

Project name 12_ПП-6930

Project summary

ПП-6930; три варианта; два компонента: ПЛС-156, ПЛС-62А

Input parameters of the project

Number of alternatives (objects) $k = 3$

Number of attributes $m = 2$

Discreteness of weight-coefficients $n = 100$

Weight-coefficients precision (step) $h=1/n = 0,01$

Number of all possible variants $N = 101$

Output parameters of the project

Number of all admissible variants $N(I) = 50$

Amount of information $Inf(I) = 1,01$ (bits)

Input Information

Ordinal information for aggregated preference indices

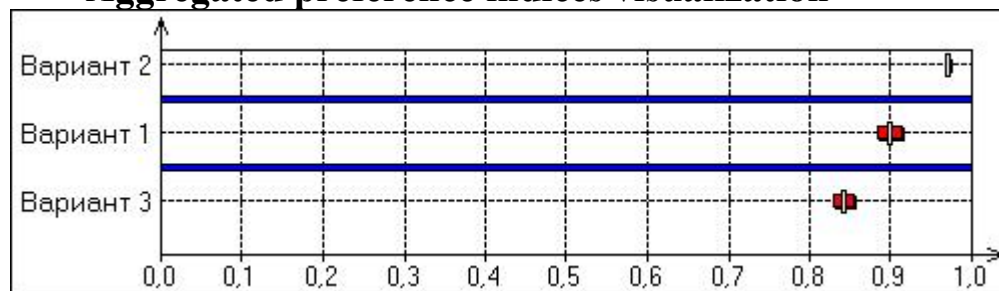
$w(\text{ПЛС-156}) > w(\text{ПЛС-62})$

Output Information

Statistics of admissible weight-coefficients values

Weight of index	Min	Max	Mean	StDev	Rank
w(ПЛС-156)	0,5100	1,0000	0,7550	0,1443	1
w(ПЛС-62)	0,0000	0,4900	0,2450	0,1443	2

Aggregated preference indices visualization



Statistics of alternatives aggregated preference estimations

Aggregated index of alternative	Min	Max	Mean	StDev	Rank
Q(Вариант 1)	0,8740	0,9250	0,8995	0,0150	2
Q(Вариант 2)	0,9691	0,9720	0,9705	0,0009	1
Q(Вариант 3)	0,8220	0,8602	0,8411	0,0113	3

Aggregated preference indices dominance reliability

PQ(i,j)	Q(Вариант 1)	Q(Вариант 2)	Q(Вариант 3)
Q(Вариант 1)	0,0000	0,0000	1,0000
Q(Вариант 2)	1,0000	0,0000	1,0000
Q(Вариант 3)	0,0000	0,0000	0,0000

Рассмотрим подробнее последний отчет СППР АСПИД-3W, в котором представлены результаты синтеза сводного показателя надежности функционирования всей подсистемы электроснабжения. Этот сводный показатель венчает построенную иерархическую систему показателей и позволяет произвести сравнительную оценку эффективности трех исследуемых вариантов проведения комплекса мероприятий по повышению надежности различных компонент подсистемы энергоснабжения.

Для синтеза сводного показателя Q надежности функционирования конечного узла подсистемы энергоснабжения (распределительного устройства РП-6930) используются построенные на предыдущем

этапе сводные показатели надежности Q_{31}, Q_{32} функционирования двух источников питания вместе с присоединенными к ним линиями электропередачи (ПЛС-156, ПЛС-62).

Эксперты считают, что для надежности работы всей подсистемы энергоснабжения надежность компоненты ПЛС-156 важнее надежности компоненты ПЛС-62. Эта экспертная ннн-информация формализуется системой I, состоящей из одного неравенства: $I = \{w(\text{ПЛС-156}) > w(\text{ПЛС-62})\}$, вводимого в качестве начальной информации в СППР АСПИД-3W, которая строит числовой образ нечисловой информации I (см. табл. «Statistics of admissible weight-coefficients values»):

$$w(\text{ПЛС-156}) \pm s(\text{ПЛС-156}) = 0,75 \pm 0,14;$$

$$w(\text{ПЛС-62}) \pm s(\text{ПЛС-62}) = 0,25 \pm 0,14.$$

На основе введенной ннн-информации I строится сводный показатель надежности Q, значения которого для трех вариантов осуществления комплекса мер по повышению надежности работы подсистемы энергоснабжения приведены в табл. «Statistics of alternatives aggregated preference estimations», где представлены и меры точности (стандартные отклонения) этих значений:

$$Q(\text{Var1}) \pm S(\text{Var1}) = 0,90 \pm 0,02;$$

$$Q(\text{Var2}) \pm S(\text{Var2}) = 0,97 \pm 0,00;$$

$$Q(\text{Var3}) \pm S(\text{Var3}) = 0,84 \pm 0,01.$$

Полученное искомое ранжирование $Q(\text{Var2}) > Q(\text{Var1}) > Q(\text{Var3})$ вариантов проведения комплекса мероприятий по повышению надежности подсистемы энергоснабжения обладает (с точки зрения экспертов, предоставивших ннн-информацию) большой надежностью — вероятность доминирования варианта $\text{Var}(i)$ над следующим по рангу вариантом $\text{Var}(j)$ равна единице (см. табл. «Aggregated preference indices dominance reliability»).

Заключение

В настоящем докладе предлагается использовать метод рандомизированных сводных показателей (МРСП) для оценивания в условиях дефицита информации эффективности функционирования объектов электроэнергетики.

Во Введении обосновывается формализация задачи оценки объектов электроэнергетики в виде задачи построения сводного показателя

теля эффективности по совокупности отдельных показателей эффективности работы этих объектов.

В первой части излагаются основы теории сводных показателей (индексов) сложных многопараметрических объектов и обосновывается использование простейшей аддитивной свертки отдельных показателей в единый показатель, представляющий собой, таким образом, взвешенное среднее арифметическое отдельных индексов эффективности.

Возникающая проблема использования разработанного метода сводных показателей (МСП) в условиях дефицита числовой информации о весовых коэффициентах (т.е., информации об оценках значимости отдельных показателей эффективности) решается (во второй части) за счет процедуры рандомизации неопределенности задания весовых коэффициентов. Рандомизированные (случайные) весовые коэффициенты индуцируют рандомизированные сводные показатели, что позволяет редуцировать задачу сравнения двух сложных объектов по совокупности критериев к хорошо изученной задаче сравнения двух соответствующих случайных (рандомизированных) сводных показателей.

Показано, что предлагаемый метод рандомизированных сводных показателей (МРСП) позволяет учитывать всю нечисловую (ординальную, порядковую), неточную (интервальную) и неполную информацию, имеющуюся у исследователя.

Приведен конкретный пример применения МРСП, реализованного на ЭВМ в виде системы поддержки принятия решений (СППР) АСПИД-3W, для сравнительной оценки вариантов проведения комплекса мероприятий по повышению надежности функционирования подсистемы энергоснабжения. Несмотря на наличие только ординальной (порядковой) экспертной информации о сравнительной важности отдельных компонент подсистемы энергоснабжения, удается вполне достоверно упорядочить по степени предпочтительности рассматриваемые варианты проведения комплекса мероприятий по повышению надежности.

Проведенное математическое обоснование МРСП и практическая апробация этого метода позволяют рекомендовать метод рандомизированных сводных показателей в качестве гибкого и надежного инструмента оценки эффективности сложных многопараметрических объектов электроэнергетики.

Литература

1. Горшков А.С., Мясников А.В., Хованов Н.В. Прогнозирование эволюции сложных систем в условиях неопределенности // Материалы 6-й международной конференции «Анализ, прогнозирование и управление в сложных системах». Т. 2. СПб., СЗАГС, 2005. С. 168–174.
2. Федотов Ю.В., Хованов Н.В. Оценка эффективности деятельности транснациональных корпораций // Материалы конференции «Концепции и инструменты эффективного менеджмента». Санкт-Петербург, 28 октября 2005 г. СПб., Издательский дом СПбГУ, 2005. С. 29–30.
3. 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.
4. Хованов Н.В. Оценка сложных экономических объектов и процессов в условиях неопределенности. К 95-летию метода сводных показателей А.Н. Крылова // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 5. 2005. Вып. 1. С. 138–144.
5. Хованов Н.В., Бабурин Б.Г., Васенев Ю.Б., Михайлов М.В. Оценка потребительской ценности экономических благ по иерархической системе показателей качества // Применение математики в экономике. Сборник статей. Выпуск 16. СПб., СПбГУ, 2006. С. 34–67.
6. Хованов Н.В., Федотов Ю.В. Рациональная оценка вероятностей альтернатив состояния среды осуществления проектов – основа эффективного стратегического менеджмента // Материалы конференции «Концепции и инструменты эффективного менеджмента». Санкт-Петербург, 28 октября 2005 г. СПб., Издательский дом СПбГУ, 2005. С. 31–32.
7. Afgan, N., Carvalho M., Hovanov N. Multi-Criteria Sustainability Assessment of Clean Air Technologies // CLEAN AIR – International Journal on Energy for a Clean Environment. 2004. Vol. 5. No. 2. P. 107–124.
8. Afgan N.H., Carvalho M.G., Hovanov N.V. Modeling of energy system sustainability index // Thermal Science. 2005. Vol. 9. No. 2. P. 3–15.
9. Dugan J., Sullivan K., Coppit D. Developing a high-quality software tool for fault tree analysis // Proc. IEEE Intern. Symp. on Software Rel. Eng. Boca Raton (Florida), IEEE, 1999. P. 222–231.

10. Fragole J., Minarik J., Railsback J., Vesely W., Dugan J. Fault Tree Book with Aerospace Applications. NASA, Washington, DC, 2002.
11. Hovanov N, Yudaeva M., Hovanov K. Multicriteria estimation of probabilities on basis of expert non-numeric, non-exact and non-complete knowledge // Abstracts of 18-th International Conference on Multiple Criteria Decision Making. Chania (Greece), June 19–23, 2006. P. 102.
12. Hovanov N.V., Yudaeva M.S., Kotov N.V. Alternatives probabilities estimation by means of non-numeric, non-exact and non-complete information obtained from sources of different reliability // Proceedings of the International Scientific School “Modeling and Analysis of Safety and Risk in Complex Systems”. St. Petersburg (Russia), RAS, 2005. P. 271–277
13. Hovanov N.V., Yudaeva M.S., Kotov N.V. Event-Tree with randomized transition probabilities as a new tool for alternatives probabilities estimation under uncertainty // Proceedings of the Sixth International Scientific School “Modeling and Analysis of Safety and Risk in Complex Systems”. St. Petersburg, July 4–8, 2006. SPb., RAS, 2006. P. 118–125.
14. Sullivan K., Coppit D., Dugan J. The Galileo Fault Tree Analysis Tool // Proc. 29th Annual Intern. Symposium on Fault-Tolerant Computing. Madison (Wisconsin), IEEE, 1999. P. 232–235.
15. Vesely W., Goldberg F., Roberts N., Haasl D. Fault Tree Handbook. NUREG–0492. Washington, DC, 1981.