

УДК 330+004
JEL: C51; C58; H56

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/93/14>

КАК МИНИМИЗИРОВАТЬ СОЦИАЛЬНЫЕ, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ ПРИ ВНЕЗАПНОМ РАЗРУШЕНИИ БЕТОННОЙ ПЛОТИНЫ

©Хубаев Г. Н., SPIN-код: 5393-3413, д-р экон. наук, Ростовский государственный экономический университет (РИНХ), г. Ростов-на-Дону, Россия, gkhubaev@mail.ru

©Полуянов Е. В., SPIN-код: 6195-6378, канд. экон. наук, Ростовский государственный экономический университет (РИНХ), г. Ростов-на-Дону, Россия, evpoluyanov@gmail.com

©Родина О. В., SPIN-код: 5888-0194, д-р экон. наук, Департамент документационного обеспечения Правительства Российской Федерации, г. Москва, Россия, rodinaov@mail.ru

©Стрельцова Е. Д., SPIN-код: 1033-3390, д-р экон. наук, Южно-Российский государственный технический университет (НПИ), г. Новочеркасск, Россия, el_strel@mail.ru

HOW TO MINIMIZE SOCIAL, ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL LOSSES IN CASE OF SUDDEN DESTRUCTION OF A CONCRETE DAM

©Khubaev G., SPIN-code: 5393-3413, Dr. habil.,

Rostov State Economic University (RINH), Rostov-on-Don, Russia

©Poluyanov E., SPIN-code: 6195-6378, Ph.D., Rostov State Economic University (RINH), Rostov-on-Don, Russia, evpoluyanov@gmail.com

©Rodina O., SPIN-code: 5888-0194, Dr. habil., Department of Documentation Support of the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia, rodinaov@mail.ru

©Streltsova E., SPIN-code: 1033-3390, Dr. habil., South Russian State Technical University (NPI), Novocherkassk, Russia, el_strel@mail.ru

Аннотация. Предложены процедуры принятия коллективных решений, позволяющие оперативно *оценивать величину социальных, экономических и экологических потерь от внезапных разрушений бетонных плотин, ГЭС, атомных электростанций, *оптимизировать профессиональный состав и количество специалистов-ликвидаторов последствий катастрофы, *определять состав, очередность выполнения и ресурсоемкость операций процессов по минимизации невозможных потерь. Показано, что решения, связанные с минимизацией социальных, экономических и экологических потерь от внезапных разрушений плотин, других объектов со схожими катастрофическими последствиями, являются уникальными, оперативно реализуемыми, коллективными и творческими.

Abstract. The procedures for collective decision-making are proposed, which allow to promptly *assess the magnitude of social, economic and environmental losses from sudden destruction of concrete dams, hydroelectric power plants, nuclear power plants, *optimize the professional composition and number of specialists-liquidators of the consequences of the disaster, *determine the composition, sequence of execution and resource intensity of operations of processes to minimize irreparable losses. It is shown that solutions related to minimizing social, economic and environmental losses from sudden destruction of dams and other objects with similar catastrophic consequences are unique, operationally implemented, collective and creative.

Ключевые слова: коллективные решения, внезапные разрушения, последствия катастрофы, оценка ущерба, минимизация потерь.

Keywords: collective decisions, sudden destruction, disaster consequences, damage assessment, loss minimization.

Постановка задачи. Известно, что такие гидротехнические сооружения, как оросительные каналы, плотины, ГЭС имеют большую социально-экономическую значимость, оказывая позитивное влияние на рост ВВП страны и на уровень жизни граждан. Одновременно приходится учитывать, что с течением времени в теле плотины происходят необратимые изменения, способствующие ее постепенному разрушению. И таких разрушений не могут избежать даже бетонные и железобетонные плотины. Как отмечено в литературе, основными причинами аварий и разрушений бетонных плотин являются ошибки при оценке несущей способности пород основания или неприемлемое распределение усилий на контакте основания с сооружением и др. Причем в процессе эксплуатации бетонной плотины происходит также химическая суффозия бетона, которая вместе с повторно-статическим нагружением плотины постепенно ослабляет структуру бетона, что способствует продвижению трещины и т. д. Однако в процессе контрольных мероприятий обнаруженные нарушения требований СНиП регулярно устраняются.

Но есть причины, которые могут вызвать *внезапное разрушение даже бетонной плотины*, например землетрясение, теракт, что может привести к трагическим социальным, экономическим и экологическим последствиям, включая гибель людей, наводнения и разрушения. Конечно, при проектировании и строительстве плотины рассматривается возможность возникновения подобной ситуации, но ведь за период функционирования любого гидротехнического сооружения, включая плотины, могут произойти (и реально происходят) *значительные изменения в окружающей гидроузел среде*: появляются новые административно-территориальные образования, новые транспортные пути, новые социальные и производственные объекты, затопление которых может привести к катастрофическим последствиям, к огромным социальным и экономическим потерям.

В такой неожиданно возникшей опасной ситуации органам исполнительной власти административно-территориального образования (АТО) необходимо *оперативно определить состав первоочередных операций для каждого конкретного процесса* устранения негативных последствий внезапного разрушения бетонной плотины, в том числе операций, из которых формируются процессы по спасению пострадавших граждан, по их временному размещению и жизнеобеспечению, процессы восстановления разрушенной инфраструктуры АТО и т. д. Одновременно нужно оценить и затраты времени, трудовых и финансовых ресурсов на реализацию этих операций, определить ущерб для страны, количественный и профессиональный состав специалистов-ликвидаторов последствий катастрофы. Причем в литературе, насколько нам известно, не представлены методы или алгоритмы, позволяющие оперативно выявлять состав первоочередных операций для ликвидации последствий подобных чрезвычайных ситуаций.

В статье предложены процедуры принятия коллективных решений, позволяющие оперативно *оценивать величину социальных, экономических и экологических потерь от внезапных разрушений бетонных плотин и других объектов со схожими катастрофическими последствиями, *оптимизировать профессиональный состав и количество специалистов-

ликвидаторов последствий катастрофы, *определять состав, очередность выполнения и ресурсоемкость операций процессов по минимизации невосполнимых потерь.

1. Об особенностях внезапно возникшей катастрофической ситуации.

Каковы же главные особенности ситуации, возникшей в результате внезапного разрушения бетонной плотины? **Во-первых**, подобные ситуации (землетрясения, извержения вулканов, внезапные разрушения плотин, атомных электростанций и другие катастрофы и аварии) случаются, как правило, *внезапно* и поэтому *нельзя заранее *предвидеть точную* дату их возникновения, *нельзя заранее точно* определить количество и профессиональный состав ликвидаторов последствий катастрофы и невозможно *достаточно *точно* оценить связанную с ними, вернее, ими обусловленную величину социальных, экономических и экологических потерь.

Во-вторых, также *неизвестны*:

*возможная величина ущерба от внезапного разрушения плотины,

*состав первоочередных операций по ликвидации последствий этой катастрофы и

*ресурсоемкость всех решений-операций по спасению людей, сохранению важнейших социальных, экономических и экологических объектов, т. е. неизвестна величина затрат времени, трудовых и финансовых ресурсов на осуществление состава всех первоочередных операций.

Ведь в связи с подтоплениями больших территорий возможны эпидемии, нарушения жизнеобеспечения населения АТО из-за разрушения транспортных путей и линий электропередач, нарушения процессов снабжения продуктами питания, питьевой водой, электричеством, медикаментами, другими необходимыми для жизнедеятельности товарами.

В-третьих, хотя *заранее не может быть точно известен профессиональный состав и количество специалистов, которые будут участвовать* в ликвидации последствий возникшей катастрофы, однако можно с уверенностью утверждать, что, *помимо специалистов МЧС*, в составе команды ликвидаторов будут профессионалы, компетентные в разных предметных областях: *эпидемиологи* (для ликвидации и профилактики возникновения очагов возможных эпидемий), *микробиологи, строители, медицинские работники* (разных специализаций), *психотерапевты* и ряд других.

В-четвертых, даже *ничтожно малая задержка* с началом проведения *спасательно-восстановительных работ* в зоне катастрофы может обернуться для страны *невосполнимыми* социальными, экономическими и экологическими потерями.

Поэтому не только сами подобные *ситуации* являются *уникальными*, но и *решения, принимаемые органами исполнительной власти* и связанные

*с *оценкой* ущерба от внезапной катастрофы,

*с *разработкой* состава первоочередных операций по *оперативной* ликвидации ее последствий,

*с количественной оценкой затрат времени, трудовых и финансовых ресурсов на реализацию всех первоочередных операций и

*с *формированием* количественного и профессионального состава привлекаемых ликвидаторов последствий катастрофы,

являются *уникальными, оперативно реализуемыми, коллективными и творческими*, т. е. количественные значения *величины ущерба, *профессионального и количественного состава специалистов-ликвидаторов последствий катастрофы, *состава и ресурсоемкости первоочередных операций не сможет *предсказать* (или подсказать) даже ИИ, тем более, что никто не знает, когда появится «*сильный*» ИИ [1].

2. Оценка ущерба — величины социальных, экономических и экологических потерь от внезапного разрушения плотины.

Для определения ущерба от разрушений плотин, атомных электростанций или других объектов со схожими катастрофическими последствиями целесообразно использовать экспертный метод пошагового уточнения значений показателей с оценкой характеристик распределения, обладающий рядом неоспоримых *преимуществ* [2–3]. Среди наиболее важных мы обратим внимание на возможность использовать так называемое «информированное интуитивное суждение» специалиста-эксперта путем создания условий для активного взаимодействия с другими специалистами в областях, касающихся различных аспектов изучаемой проблемы. Причем непосредственное *общение* специалистов друг с другом заменяется последовательностью шагов, на каждом из которых *реализуется полный цикл экспертизы*, включая информирование специалистов-экспертов о результатах предыдущего шага. Поэтому здесь *нет негативного влияния на результат* реализации алгоритмов *присутствия в составе экспертной группы* начальников и подчиненных, друзей и врагов, лиц с разной скоростью реакции, с разными культурными и религиозными традициями и т.д. Исключительно важным представляется повышение *точности* результатов экспертизы за счет **наличия* обратной связи при реализации каждого последующего тура; **обеспечения* эксперту *возможности* указывать три или два значения искомого показателя; **определения* по результатам имитационного моделирования *вероятности* попадания величины показателя в заданный диапазон значений и *представление суммарного распределения* как среднего (математического ожидания) *суммы треугольных или равномерных распределений* оценок отдельных экспертов, *позволяет получить* результирующее распределение значений показателя *даже при условии*, что эксперты указывают три или два значения искомого показателя и *большой дисперсии оценок*. А расчет статистических характеристик распределений (*математическое ожидание, дисперсия, коэффициент вариации, медиана, асимметрия, эксцесс*) гистограмм и таблиц распределений обеспечивает *возможность оценки вероятности* попадания значений искомого показателя в заданный диапазон [3]. При этом *выявление самопроизвольных группировок экспертов*, оценки которых относительно искомого значений показателя близки, дает *возможность исследовать причины образования таких групп*.

Предположим теперь, что в экспертизе участвует пять специалистов-экспертов (для пояснения процесса применения метода этого количества специалистов вполне достаточно). Каждый эксперт указывает три значения ущерба (минимальное, наиболее вероятное и максимальное — Таблица 2.1).

Таблица 2.1

ОТВЕТЫ ЭКСПЕРТОВ О ВЕЛИЧИНЕ ВОЗМОЖНОГО УЩЕРБА ОТ ВОЗНИКШЕЙ ПРОБЛЕМЫ
Шаг 1

Номер шага	Значение возможного ущерба от возникшей угрозы (у. е.)	Ответы экспертов о величине возможного ущерба				
		E1	E2	E3	E4	E5
1	Минимальное	50	25	45	55	35
	Наиболее вероятное	91	45	52	59	45
	Максимальное	105	60	95	90	55

Воспользовавшись данными, представленными в Таблице 2.1, и выполнив имитационное моделирование, аппроксимировав оценки каждого эксперта треугольным распределением, получим статистические характеристики распределения значений ущерба от возникшей проблемы (Таблица 2.2).

Таблица 2.2

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ
 УЩЕРБА ОТ ВОЗНИКШЕЙ ПРОБЛЕМЫ
 (результаты имитационного моделирования после Шага 1)

Параметр	Статистические характеристики распределения значений ущерба от возникшей проблемы (после Шага 1)					
	E1	E2	E3	E4	E5	$\sum E_j/5, j \in S$
Число итераций	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Среднее	81,98	43,3	64,3	67,9	44,9	60,4
Дисперсия	132,4	50,5	122,2	63,5	15,7	15,8
Среднеквадратическое отклонение	11,5	7,1	11,0	7,9	3,9	3,9
Коэффициент вариации	0,14	0,16	0,17	0,12	0,09	0,06
Асимметрия	-0,46	-0,07	0,47	0,46	0,06	-0,06
Эксцесс	-0,47	-0,59	-0,7	-0,7	-0,6	-0,12
Минимум	51,2	25,6	45,4	55,3	35,9	48,9
Максимум	103,8	59,4	93,8	89,2	54,4	72,1
Модальный интервал	84,7–89,5	44–47	50–54	58–61	44–46	59–62

Ознакомившись с результатами имитационного моделирования, представленными в Таблица 2.2, и с обоснованиями своих ответов отдельными экспертами, некоторые из экспертов изменили на Шаге 2 свое мнение относительно величины возможного ущерба от возникшей угрозы (эксперты Э1, Э2 и Э5) (Таблица 2.3).

Таблица 2.3

ОТВЕТЫ ЭКСПЕРТОВ О ВЕЛИЧИНЕ ВОЗМОЖНОГО УЩЕРБА ОТ ВОЗНИКШЕЙ ПРОБЛЕМЫ
 Шаг 2

Номер шага	Значение возможного ущерба от возникшей угрозы (у. е.)	Ответы экспертов о величине возможного ущерба				
		E1	E2	E3	E4	E5
2	Минимальное	50	65	45	55	55
	Наиболее вероятное	90	105	52	59	60
	Максимальное	105	115	95	90	95

*жирным шрифтом отмечены значения потерь, измененные после очередного шага

Используя имитационное моделирование и сведения о мнении экспертов на Шаге 2, оценим статистические характеристики распределения значений среднего (с учетом мнения всех экспертов) ущерба от возникшей проблемы (Таблица 2.4).

Таблица 2.4

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
 ЗНАЧЕНИЙ УЩЕРБА ОТ ВОЗНИКШЕЙ ПРОБЛЕМЫ
 (результаты имитационного моделирования после Шага 2)

Среднее	Дисперсия	Среднеквадратичное отклонение	Коэффициент вариации	Асимметрия	Эксцесс	min	max
75,7	20,4	4,5	0,06	-0,2	-0,11	61,5	86,7

После изучения полученных новых результатов имитационного моделирования (представлены в Таблице 2.4) два эксперта (Э3 и Э4) изменили свои ответы (Таблица 2.5).

Таблица 2.5
 ОТВЕТЫ ЭКСПЕРТОВ О ВЕЛИЧИНЕ ВОЗМОЖНОГО УЩЕРБА ОТ ВОЗНИКШЕЙ ПРОБЛЕМЫ
 Шаг 3

Номер шага	Значение возможного ущерба от возникшей угрозы (у. е.)	Ответы экспертов о величине возможного ущерба				
		E1	E2	E3	E4	E5
3	Минимальное	50	65	45	55	55
	Наиболее вероятное	90	105	50	60	60
	Максимальное	105	115	95	90	95

*жирным шрифтом отмечены значения потерь, измененные после очередного шага

Статистические характеристики распределения значений возможного ущерба от возникшей проблемы, полученные по результатам имитационного моделирования после всех *трех* шагов опроса экспертов, представлены в Таблице 2.6.

Таблица 2.6
 СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ УЩЕРБА
 ОТ ВОЗНИКШЕЙ ПРОБЛЕМЫ (РЕЗУЛЬТАТЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ,
 $\sum E_j/5, j \in 5$. Шаги 1–3

Параметр	ШАГ 1	ШАГ 2	ШАГ 3
	$\sum E_j/5, j \in 5^{(01)}$	$\sum E_j/5, j \in 5^{(02)}$	$\sum E_j/5, j \in 5^{(03)}$
Переменная			
Число итераций	1000	1000	1000
Среднее	60,4	75,7	75,6
Дисперсия	15,8	20,4	20,2
Среднеквадратическое отклонение	3,97	4,5	4,5
Коэффициент вариации, $K_{var}^{(01-03)}$	0,066	0,06	0,059
Асимметрия	-0,06	-0,2	0,03
Экцесс	-0,12	-0,11	-0,2
Минимум	48,9	61,5	61,7
Максимум	72,1	86,7	90,5
Модальный интервал	59–62	75–78	72–75

Как следует из данных Таблицы 2.6, экспертизу по оценке величины ущерба от возникшей проблемы можно завершить, т. к. величина

$$|K_{var}^{(02)} - K_{var}^{(03)}| * 100 / K_{var}^{(02)} = 1,7\% < 5\%.$$

3. *Первоочередные операции по устранению последствий внезапного разрушения плотины: состав, очередность выполнения, ресурсоемкость.*

Здесь мы покажем, что в случае подобной катастрофы для *оперативного формирования состава первоочередных операций, *их ранжирования по очередности выполнения и *оценки ресурсоемкости можно использовать ранее разработанные нами методы.

3.1. *Оперативное выделение состава первоочередных операций, связанных с ликвидацией последствий внезапной катастрофы.* Для оперативного формирования состава первоочередных операций можно использовать метод выделения искомого подмножества объектов из множества большой мощности [4–6], т. е. выделить ограниченный состав основных операций, направленных на минимизацию негативных последствий внезапного

разрушения бетонной плотины. С этой целью необходимо реализовать следующие шаги:

Шаг 1. С использованием таблицы или датчика случайных чисел из базы данных, содержащей сведения о специалистах, компетентных в области ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, выбираются потенциальные участники экспертизы по выявлению и последующему упорядочению ограниченного подмножества основных операций, направленных на минимизацию потерь от случившейся катастрофы.

Шаг 2. Выбранным экспертам предлагают принять участие в решении конкретной задачи — выделить наиболее существенные, первоочередные операции конкретного процесса, минимизирующего социальные, экономические и экологические потери, связанные с внезапным разрушением плотины. Пусть речь идет о процессе поиска и спасения пострадавших от наводнения граждан.

Шаг 3. Экспертам, согласившимся участвовать в опросе, присваивают идентификаторы (также с использованием датчика случайных чисел). Предположим, что согласившихся участвовать в экспертизе оказалось 100. Причем желательно все шаги выполнять автоматически, чтобы *до завершения опроса экспертов никто, включая организаторов экспертизы, не знал* о том, кто конкретно участвует в опросах, кто и как обосновал свое решение, как возникают группировки участников опроса.

Шаг 4. Каждого участника экспертного опроса информируют о необходимости перечислить операции, которые являются первоочередными для процесса поиска и спасения пострадавших граждан и просят выполнить упорядочение выбранных операций по степени значимости. Это вынуждает экспертов внимательно отнестись к выбору подмножества приоритетных операций.

Шаг 5. У каждого эксперта в списках выделенных и упорядоченных операций оставляют не более 15–16.

В результате выполнения шага 5 будет сформирована нижеследующая таблица. Экспертов, у которых в списках оказались операции, выбранные не более, чем 10–15 процентами участвующих в экспертизе — в Таблице это операции X_2, X_j, X_{j+k} — просят объяснить причины выбора именно этих операций, а с этими объяснениями знакомят всех экспертов, предлагая при желании изменить свои ранжирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРТИЗЫ
 ПО ФОРМИРОВАНИЮ ОГРАНИЧЕННОГО ПОДМНОЖЕСТВА ОСНОВНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Эксперт	Состав первоочередных операций для устранения негативных последствий внезапного разрушения плотины								
	X_1	X_2	...	X_j	X_{j+1}	...	X_{j+k}	...	X_m
Z_1	1	1	...	1	1	...	0	...	1
Z_2	0	0	...	0	1	...	1	...	0
Z_3	1	1	...	1	1	...	0	...	1
...
Z_i	0	1	...	0	0	...	0	...	0
...
$\sum X_j$	92	11	...	3	97	...	2	...	95

Шаг 6. Обработка результатов экспертизы анализируемой Таблицы.

Пусть $Z=|Z_i|, (i=1, 2, \dots)$ — множество экспертов, которым с использованием таблицы или датчика случайных чисел присвоены идентификаторы Z_i . Исходная информация представляется в виде Таблицы $\{x_{ij}\}$.

При этом:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i - \text{й эксперт выбрал } j - \text{ю операцию;} \\ 0, & \text{если } j - \text{я операция отсутствует в списке у } i - \text{го эксперта.} \end{cases}$$

Выделим экспертов Z_i и Z_k ($i, k = 1, 2, \dots$) и введем следующие обозначения: $P_{ik}^{(11)}$ — число операций, выбранных одновременно Z_i и Z_k , т.е. $P_{ik}^{(11)} = |Z_i \cap Z_k|$ — мощность пересечения множеств $Z_i = \{x_{ij}\}$ и $Z_k = \{x_{kj}\}$ ($j \in \overline{1, m}; x_{ij}, x_{kj} = 1$); $P_{ik}^{(10)}$ — число операций, выбранных экспертом Z_i , но отсутствующих в списке Z_k , т.е. $P_{ik}^{(10)} = |Z_i / Z_k|$ — мощность разности множеств $Z_i = \{x_{ij}\}$ и $Z_k = \{x_{kj}\}$; $P_{ik}^{(01)}$ — число операций, отсутствующих в списке Z_i , но выбранных Z_k , т.е. $P_{ik}^{(01)} = |Z_k / Z_i|$.

В качестве меры рассогласования между строками Z_i и Z_k выберем величину $S_{ik} = P_{ik}^{(01)} / (P_{ik}^{(11)} + P_{ik}^{(10)})$, а для оценки степени поглощения экспертом Z_k списка операций эксперта Z_i (степени включения, «вхождения» списка операций эксперта Z_i в Z_k) — величину $h_{ik} = P_{ik}^{(11)} / (P_{ik}^{(11)} + P_{ik}^{(01)})$.

Построим матрицы $P = \{p_{ik}^{(01)}\}$, $S = \{s_{ik}\}$, $G = \{g_{ik}\}$, $H = \{h_{ik}\}$ ($i, k \in \overline{1, n}$), где $g_{ik} = P_{ik}^{(11)} / (P_{ik}^{(11)} + P_{ik}^{(10)} + P_{ik}^{(01)})$ — мера подобия Жаккарда.

Преобразуем P , S , G и H в логические матрицы отношения поглощения (включения) для значений $\varepsilon_p, \varepsilon_s, \varepsilon_g, \varepsilon_h$.

$$P_0 = \{p_{ik}^0\}, S_0 = \{s_{ik}^0\}, G_0 = \{g_{ik}^0\}, H_0 = \{h_{ik}^0\} (i, k \in \overline{1, n}),$$

элементы которых определяются следующим образом:

$$P_{ik}^0 = \begin{cases} 1, & \text{если } P_{ik}^{(01)} \leq \varepsilon_p \text{ и } i \neq k, \\ 0, & \text{если } P_{ik}^{(01)} > \varepsilon_p \text{ или } i = k; \end{cases} \quad S_{ik}^0 = \begin{cases} 1, & \text{если } S_{ik} \leq \varepsilon_s \text{ и } i \neq k, \\ 0, & \text{если } S_{ik} > \varepsilon_s \text{ или } i = k; \end{cases}$$

$$g_{ik}^0 = \begin{cases} 1, & \text{если } g_{ik} \geq \varepsilon_g \text{ и } i \neq k, \\ 0, & \text{если } g_{ik} < \varepsilon_g \text{ или } i = k; \end{cases} \quad h_{ik}^0 = \begin{cases} 1, & \text{если } h_{ik} \geq \varepsilon_h \text{ и } i \neq k, \\ 0, & \text{если } h_{ik} < \varepsilon_h \text{ или } i = k, \end{cases}$$

где ε — выбранные граничные значения.

Разницу в составе операций, выбранных участниками экспертного опроса, можно наглядно показать на графах, построенных по матрицам G_0 и H_0 . Степень взаимосвязи экспертов по составу выбранных ими операций можно оценить, анализируя матрицу $G = \{g_{ik}\}$.

Выполняя транспонирование исходной матрицы, можно оценивать информационный вес выбранных операций и/или каждого из экспертов — рассчитав матрицу $(P_0 + P_0^2)$. Анализ матрицы $(P_0 + P_0^2)$ позволяет определить, какая из операций, по мнению участников экспертного опроса, имеет наибольший информационный «вес» (ранг).

Шаг 7. По результатам группировок (графы взаимосвязи экспертов-объектов и матрица G) в каждой группе формируется список из выбранных экспертами в конкретной группе операций (не более 15 операций) для дальнейшего исследования.

Шаг 8. Выполняется формирование общего списка из 15 операций и его ранжирование (по очередности выполнения) с использованием метода ПУРО — пошагового уточнения ранжирования объектов [7–10].

3.2. Ранжирования (упорядочение) операций по очередности выполнения. Такое упорядочение операций по методу ПУРО необходимо, поскольку, как нами ранее отмечено,

даже ничтожно малая задержка с началом проведения спасательно-восстановительных работ в зоне катастрофы может обернуться для страны **невосполнимыми** социальными, экономическими и экологическими потерями. А метод ПУРО для упорядочения объектов, будучи универсальным и корректным (теорема о корректности расчета медианы Кемени доказана в 1978 г.), обладает рядом принципиальных преимуществ, в частности, *совместное* использование и *дельфийской процедуры*, и *предложенного Кемени корректного подхода* к упорядочению позволяет *получить содержательно приемлемый количественный критерий для обоснованного завершения экспертизы – устанавливается определенная величина относительного (например, 5% или 10%) изменения суммарного расстояния Кемени; **формировать группы* экспертов, ориентируясь на выбранные (в зависимости от степени согласованности мнений) пороговые значения расстояния Кемени и исследовать *причины взаимосвязи* оценок экспертов; *находить *согласованное* с членами каждой группы экспертов *упорядочение* характеристик, рассчитав точно или приближенно медиану Кемени.

ПРИМЕР реализации алгоритма ПУРО — пошагового уточнения ранжирования объектов. Пусть каждый из объектов — это одна из 6 первоочередных операций (V_i), связанных с устранением последствий внезапной катастрофы. А пятерых экспертов-участников экспертного опроса обозначим буквами **E1-E5** (Таблица 3.1).

Таблица 3.1

УЧАСТНИКИ ЭКСПЕРТНОГО ОПРОСА И РАНЖИРУЕМЫЕ ОПЕРАЦИИ

Ранжируемые операции	Участники экспертного опроса (эксперты)				
	E1	E2	E3	E4	E5
V1 a	V4	V5	V6	V2	V6
V2 b	V5	V4	V3	V1	V2
V3 c	V6	V2	V2	V6	V3
V4 d	V2	V3	V1	V3	V1
V5 h	V3	V1	V5	V5	V4
V6 f	V1	V6	V4	V4	V5

После того, как каждый эксперт выполнил упорядочение объектов, с результатами опроса знакомят всех экспертов, представляя их ответы-ранжирования в виде Таблицы 3.2. При этом тех экспертов чьи ответы существенно отличаются от мнения большинства, просят объяснить причины столь сильного отклонения их ответов от мнения других экспертов.

Таблица 3.2

РЕЗУЛЬТАТЫ ШАГА 1

Ранжируемые операции	Участники экспертного опроса					Средний ранг после шага 1	Разброс мнений экспертов (ранги операций)
	E1	E2	E3	E4	E5		
V1	V4	V5	V6	V2	V6	6	2-6
V2	V5	V4	V3	V1	V2	2	1-5
V3	V6	V2	V2	V6	V3	4	2-6
V4	V2	V3	V1	V3	V1	1	1-3
V5	V3	V1	V5	V5	V4	3	1-5
V6	V1	V6	V4	V4	V5	5	1-6

Расстояния между ответами-ранжированиями экспертов E1-E5 и приближенное значение медианы Кемени, представим в виде Таблицы 3.3.



Таблица 3.3

РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ОТВЕТАМИ-РАНЖИРОВАНИЯМИ ЭКСПЕРТОВ E1- E5
 И НАИБОЛЕЕ СОГЛАСОВАННОЕ СО ВСЕМИ РАНЖИРОВАНИЕ

D_{ij}	E1	E2	E3	E4	E5	Сумма расстояний Кемени	Сумма квадратов расстояния Кемени	Самое согласованное ранжирование
E1	0	8	20	24	16	$\sum 68$	64+400+576+256=1296	
E2	8	0	24	20	24	$\sum 76$	64+576+400+576=1616	
E3	20	24	0	8	4	$\sum 56$	400+576+64+16=1056	
E4	24	20	8	0	8	$\sum 60$	576+400+64+64=1104	
E5	16	24	4	8	0	$\sum 52$	256+576+16+64=912	E5
	$\sum 68$	$\sum 76$	$\sum 56$	$\sum 60$	$\sum 52$	$\sum \sum 312$	Минимум равен 912	

Ознакомившись с результатами первого шага и с объяснениями, представленными в защиту резких отклонений ответов ряда экспертов от средних рангов операций среди всех опрошенных, некоторые эксперты (эксперты E1 и E3) решили изменить свои ранжирования (Таблица 3.4).

Таблица 3.4

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕНЕНИЙ В ОТВЕТАХ ЭКСПЕРТОВ E1 И E3 ПОСЛЕ ШАГА 1

Ранжируемые операции	Участники экспертного опроса					Средний ранг после 1-го шага	Разброс мнений экспертов (ранги операций)
	E1	E2	E3	E4	E5		
V1	V6	V5	V6	V2	V6	6	2-6
V2	V5	V4	V2	V1	V2	2	1-5
V3	V4	V2	V4	V6	V3	4	2-6
V4	V2	V3	V1	V3	V1	1	1-3
V5	V3	V1	V3	V5	V4	3	1-5
V6	V1	V6	V5	V4	V5	5	1-6

*Жирным шрифтом помечены сделанные экспертами E1 и E3 изменения после ознакомления с результатами первого шага

Таблица 3.5

РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ОТВЕТАМИ-РАНЖИРОВАНИЯМИ ЭКСПЕРТОВ E1- E5
 И НАИБОЛЕЕ СОГЛАСОВАННОЕ СО ВСЕМИ РАНЖИРОВАНИЕ ПОСЛЕ ШАГА 2

D_{ij}	E1	E2	E3	E4	E5	Сумма квадратов расстояния Кемени	Самое согласованное ранжирование	
E1	0	10	12	18	14	$\sum 54$	100+144+324+196=764	
E2	10	0	22	20	24	$\sum 76$	100+484+400+576=1560	
E3	12	22	0	10	6	$\sum 50$	144+484+100+36=764	E3
E4	18	20	10	0	8	$\sum 56$	324+400+100+64=888	
E5	14	24	6	8	0	$\sum 52$	196+576+36+64=872	
	$\sum 54$	$\sum 76$	$\sum 50$	$\sum 56$	$\sum 52$	$\sum \sum 288$	Минимум равен 764	

Жирным шрифтом помечены изменения расстояний между ранжированиями после второго шага

Определим, при каком изменении (в %) общего (суммарного) рассогласования можно прекращать опросы. Установим пороговую величину *изменения* суммарного расстояния между всеми ранжированиями экспертов, например, в **10%**.

Предположим теперь, что, *ознакомившись с результатами второго шага*, ни один из

экспертов не изменил свое ранжирование (*очередность реализации*) выделенного состава первоочередных операций. Поэтому определим, не пора ли завершать экспертизу. С этой целью оценим, насколько изменилось суммарное расстояние между всеми ранжированиями экспертов после второго шага.

Оказалось, что $|312-288|/312 \times 100\% = 7,7\% < 10\%$, и экспертизу можно завершить. Теперь можно выявить самопроизвольно сформировавшиеся группы участников экспертного опроса. Для этого оценим степень взаимосвязи между ответами экспертов. Максимальная степень взаимосвязи, равная 0,8 (80%), получена только между ответами экспертов *E1* и *E3*, поскольку максимально возможное расстояние при шести операциях равно 30, а расстояние между *E1* и *E3* равно 6, а $6/30 = 0,2$.

Вывод по п. 3.2. Использование метода ПУРО позволило найти согласованный с коллективом экспертов не только состав, но и очередность выполнения операций по устранению последствий возникшей катастрофы, выявить группу участников экспертизы, которые придерживаются схожих взглядов относительно *состава и очередности выполнения* выбранных операций

3.3. Оценка ресурсоемкости первоочередных операций. На следующем этапе необходимо не только выделить состав первоочередных решений (действий, операций) и выполнить их упорядочение по очередности реализации, но и *оценить их ресурсоемкость* (затраты времени, трудовых и финансовых ресурсов на осуществление). С этой целью целесообразно использовать метод процессно-статистического учета затрат ресурсов [11–13; 14, с. 22].

4. Определение профессионального состава и количества специалистов-ликвидаторов последствий катастрофы. Для определения профессионального *состава и количества* специалистов-ликвидаторов аварий и катастроф целесообразно использовать метод выделения искомого подмножества объектов из множества большой мощности и метод пошагового уточнения значений показателей с оценкой характеристик распределения (п.п. 3.1. и 2).

Выводы

1. Предложены процедуры принятия *коллективных* решений, позволяющие *оперативно* *оценивать величину социальных, экономических и экологических потерь от внезапных разрушений бетонных плотин, ГЭС, атомных электростанций, *оптимизировать профессиональный состав и количество ликвидаторов последствий катастрофы, *определять состав, очередность выполнения и ресурсоемкость операций процессов по минимизации невосполнимых потерь.

2. Показано, что *решения*, связанные с минимизацией социальных, экономических и экологических потерь от внезапных разрушений плотин, других *объектов со схожими катастрофическими последствиями*, являются *уникальными, оперативно реализуемыми, коллективными и творческими*.

Список литературы:

1. Мартин Форд. Архитекторы интеллекта. Вся правда об искусственном интеллекте от его создателей. СПб.: Питер, 2020. 416 с.

2. Хубаев Г. Н. Способ получения групповой экспертной оценки значений различных показателей // Свидетельство о регистрации произведения в Российском Авторском обществе. №17164 от 09 сентября 2010 г.

3. Хубаев Г. Н. Имитационное моделирование для получения групповой экспертной оценки значений различных показателей // Автоматизация и современные технологии. 2011. №11. С. 19-23.
4. Хубаев Г. Н. Метод выделения искомого подмножества объектов из множества большой мощности // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2019. №8. С. 206-211. <https://doi.org/10.23672/SAE.2019.8.35820>
5. Khubaev G. N. Method of isolating a desired subset of objects from a set of greater power // Scientific research of the SCO countries: synergy and integration. 2019. P. 50-57.
6. Khubaev G. N. Unification and optimization of collective decision-making processes // Scientific research of the SCO countries: synergy and integration: Proceedings of the International Conference, Beijing, PRC, Beijing, 2023. P. 9-16. EDN RUQFZO
7. Хубаев Г. Н. Способ пошагового упорядочения множества объектов // Свидетельство о регистрации произведения в Российском Авторском обществе. №17165 от 09 сентября 2010 г.
8. Хубаев Г. Н. Универсальный метод оптимизации состава характеристик объектов // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. №5. С. 265-275. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/42/35>
9. Хубаев Г. Н., Полуянов Е. В., Родина О. В. Моделирование и автоматизация процессов налогового учета. Ростов н/Д: РГЭУ (РИНХ), 2010. 303 с.
10. Родина О. В. Налоговый учет: экономико-математические модели, методы и программные средства для оценки и минимизации затрат ресурсов на ведение и мониторинг. М.: ФГБОУ ВПО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», 2011. 144 с.
11. Хубаев Г. Н. Ресурсоемкость продукции и услуг: процессно-статистический подход к оценке // Автоматизация и современные технологии. 2009. №4. С. 22-29.
12. Хубаев Г. Н. Калькуляция себестоимости продукции и услуг: процессно-статистический учет затрат // Управленческий учет. 2009. №2. С. 35-46.
13. Хубаев Г. Н. Интеграции визуальных и имитационных моделей – универсальный инструмент для оценки затрат ресурсов // Проблемы федеральной и региональной экономики: ученые записки. Вып.10. Ростов-на-Дону, 2007. С. 131-135.
14. Хубаев Г. Н. Как государство может оптимизировать процессы импорта, импортозамещения и экспорта товаров: методы и инструменты. СПб., 2022. 200 с.

References:

1. Martin Ford (2020). Arkhitektory intellekta. Vsyaya pravda ob iskusstvennom intellekte ot ego sozdatelei. St. Petersburg. (in Russian).
2. Khubaev, G. N. (2010). Sposob polucheniya gruppovoi ekspertnoi otsenki znachenii razlichnykh pokazatelei. In *Svidetel'stvo o registratsii proizvedeniya v Rossiiskom Avtorskom obshchestve*, №17164. (in Russian).
3. Khubaev, G. N. (2011). Imitatsionnoe modelirovanie dlya polucheniya gruppovoi ekspertnoi otsenki znachenii razlichnykh pokazatelei. *Avtomatizatsiya i sovremennye tekhnologii*, (11), 19-23. (in Russian).
4. Khubaev, G. (2019). The method of selecting the desired subset of objects from a set of sufficiently large power is proposed and successfully tested. *Humanities, social-economic and social sciences*, (8), 206-211. (in Russian).
5. Khubaev, G. N. (2019). Method of isolating a desired subset of objects from a set of greater power. In *Scientific research of the SCO countries: synergy and integration* (pp. 50-57).

6. Khubaev, G. N. (2023). Unification and optimization of collective decision-making processes. In *Scientific research of the SCO countries: synergy and integration: Proceedings of the International Conference, Beijing, PRC, Beijing*, 9-16. EDN RUQFZO
7. Khubaev, G. N. (2010). Sposob poshagovogo uporyadocheniya mnozhestva ob"ektov. In *Svidetel'stvo o registratsii proizvedeniya v Rossiiskom Avtorskom obshchestve*, №17165.
8. Khubaev, G. (2019). A Universal Method for Optimizing the Composition of Object Characteristics. *Bulletin of Science and Practice*, 5(5), 265-275. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/42/35>
9. Khubaev, G. N., Poluyanov, E. V., & Rodina, O. V. (2010). Modelirovanie i avtomatizatsiya protsessov nalogovogo ucheta. Rostov-on-Don. (in Russian).
10. Rodina, O. V. (2011). Nalogovyi uchet: ekonomiko-matematicheskie modeli, metody i programmnye sredstva dlya otsenki i minimizatsii zatrat resursov na vedenie i monitoring. Moscow. (in Russian).
11. Khubaev, G. N. (2009). Resursoemkost' produktsii i uslug: protsessno-statisticheskii podkhod k otsenke. *Avtomatizatsiya i sovremennye tekhnologii*, (4), 22-29. (in Russian).
12. Khubaev, G. N. (2009). Kal'kulyatsiya sebestoimosti produktsii i uslug: protsessno-statisticheskii uchet zatrat. *Upravlencheskii uchet*, (2), 35-46. (in Russian).
13. Khubaev, G. N. (2007). Integratsii vizual'nykh i imitatsionnykh modelei – universal'nyi instrumentarii dlya otsenki zatrat resursov. In *Problemy federal'noi i regional'noi ekonomiki: uchenye zapiski*, 10, Rostov-na-Donu, 131-135. (in Russian).
14. Khubaev, G. N. (2022). Kak gosudarstvo mozhet optimizirovat' protsessy importa, importozameshcheniya i eksporta tovarov: metody i instrumenty. St. Petersburg. (in Russian).

Работа поступила
в редакцию 05.07.2023 г.

Принята к публикации
12.07.2023 г.

Ссылка для цитирования:

Хубаев Г. Н., Полуянов Е. В., Родина О. В., Стрельцова Е. Д. Как минимизировать социальные, экономические и экологические потери при внезапном разрушении бетонной плотины // Бюллетень науки и практики. 2023. Т. 9. №8. С. 134-146. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/93/14>

Cite as (APA):

Khubaev, G., Poluyanov, E., Rodina, O., & Streltsova, E. (2023). How to Minimize Social, Economic and Environmental Losses in Case of Sudden Destruction of a Concrete Dam. *Bulletin of Science and Practice*, 9(8), 134-146. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/93/14>