



Получена: 18.03.2018 г.

Приета: 22.10.2018 г.

ВЕРОЯТНОСТЕН АНАЛИЗ НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА УПРАВЛЕНИЕ НА РИСКА ОТ НАВОДНЕНИЯ СЛЕД ЯЗОВИРИ

А. Геренски¹, Ж. Манчева², М. Маврова-Гиргинова³

Ключови думи: риск от наводнения, язовир, управление, ефективност, симулационен метод, вероятност

РЕЗЮМЕ

В статията се предлага методично усъвършенстване в управление на риска от наводнения, чрез въвеждане на подход за вероятностна оценка на ефективността на пакети от мерки за управление. За съставяне на вероятностния модел, включително за отчитане на неопределеността на основните променливи и рискови събития, е приложен симулационен метод Монте Карло. Ползването на такъв модел ще даде възможност на участниците в процеса на подготовка и изпълнение на проекти за управление на риска от наводнения да имат максимален достъп до предварителна информация за факторите, които влияят върху ефективността на проекта.

1. Въведение

В последното десетилетие статистиката у нас пази данни за редица трагедии, свързани с язовири. В края на октомври 2017 г. седем язовира на територията на област Бургас се разрушиха в наводнение, което отне човешки животи. Населените места след язовири у нас продължават да бъдат едни от най-проблемните и уязвими райони в потенциален риск от наводнения. Това потвърждава практическата необходимост за райо-

¹ Ангел Геренски, д-р инж., кат. „Организация и икономика на строителството”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: angel_gerenski@abv.bg

² Жулиета Манчева, проф. д-р инж., кат. „Организация и икономика на строителството”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: eng.mancheva@gmail.com

³ Мария Маврова-Гиргинова, доц. д-р инж., кат. „Хидротехника и хидромелиорации”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: margir_fhe@abv.bg

ните под заплаха от наводнение след язовир да се състави пълна матрица от възможни сценарии, която да стои в основата на изследването на заплахата и риска от наводнение.

Настоящият анализ разглежда процеса на управление на риска от наводнение след язовири чрез системен подход като надгражда концепцията, изложена в по-ранно изследване [1]. Управлението на риска от наводнение, в частност след язовири, се разглежда като цялостна дейност, включваща анализ на риска, оценка на риска и прилагане на мерки за намаляване на риска [2]. При оценка на проекти за мерки срещу наводнения конвенционално се използват само детерминирани величини. По този начин неопределеностите, натрупани в процеса на анализ, оценка и управление на риска не биват отчетени при определянето на ефективността на управление на риска от наводнения.

Поради факта, че процесът на управление на риска от наводнения протича в условия на несигурност и риск, цел на настоящата разработка е създаване на вероятностен модел за анализ на ефективността на управление на риска от наводнение след язовири.

2. Вероятностен анализ на ефективността на управление на риска

Рискът като събитие или като съвкупност от събития притежава множество от дискретни и/или непрекъснати реализации, всяка от които има своя вероятност и въздействие върху целите на проекта. Несигурност/неопределеност е състояние, дори и частично, на недостиг на информация, свързана с разбиране или знание за събитие, неговото последствие или вероятност. За измерване на риска най-често се използват вероятност, дисперсия, средноквадратично отклонение, коефициент на вариация [3, 4].

Икономическата оценка на мерките за намаляване на опасността от наводнение отчита два компонента: разходи и ползи. Определянето на разходите за реализация на мерките и ползите, които биха се постигнали от това, е процес, който е съпроводен с неопределеност на редица параметри. Ползите са еквивалентни на щетите, които биха били предотвратени с прилагането на проекти, представляващи пакети от мерки за защита от наводнение. При определяне на ползите, респективно щетите, се съдържат неточности, дължащи се на несъвършенството на използваните модели при разработването на картите на заплахата и риска. От една страна липсата на подробни данни за конструкцията на сградите и материалите, от които са изградени, производствените предприятия, съществуващата инфраструктура, земеделски и горски площи със съответна информация за насаждения и култури и т.н., а от друга – какъв процент на щетата ще се отчита за застрашените от наводнение при определяне на щетите, води до несигурност относно точността на щетите (ползите). От своя страна разходите за изпълнението на мерките за защита притежават неопределеност по отношение стойността на ресурсите: труд, материали и механизация, допълнителните разходи, транспортни разходи и т.н. Всичко това прави традиционното детерминирано оценяване с висока степен на несигурност и риск. Традиционният детерминиран метод не отговаря на важни въпроси като: Каква е вероятността да се надвиши определен бюджет? или Кой вариант от мерки крие по-малък риск от това да надвиши индикативния бюджет?. Отговор на тези и редица други въпроси може да се даде с прилагането на риск анализ. Това се осъществява чрез стохастично (вероятностно) моделиране и използване на подходящ софтуерен продукт.

С риск анализ е възможно съставянето на вероятностен индикативен бюджет за финансиране на мерки за защита срещу наводнение с определено ниво на доверителност, което дава възможност да се отчете отношението към риска и да се избере такава стойност, която е в зоната на комфорт на лицето, вземащо решение.

2.1. Симуляционен анализ и моделиране

Един от подходите за отчитане на неопределеността на риска при изготвяне на разчети в областта на инвестиционния анализ, във финансовия анализ и в редица други направления на бизнес анализите е използването на вероятностни модели. Входящите променливи (ключови фактори) и изходящите величини на стохастичните модели са случайни величини. Прилагането на симуляционен анализ и вероятностни модели позволява да се формулират хипотези и да се направят изводи за възможните резултати, основани на вероятностните разпределения на случайните величини.

Използването на симуляционен анализ има няколко предимства:

- симулация може да се провежда за всеки вид вероятностно разпределение на променливите;
- при симуляционния анализ може да се отчита взаимовръзката в изходните данни;
- методиката на изследване може да се приложи за всеки един критерий за икономическа оценка на проекти;
- освен за оценка на риска този метод дава възможност и за изразяване от вземащия решение на отношение към риска. Това става чрез избор на решение на базата на резултатите от рисковия анализ.

Същността на симуляционния анализ, в контекста на вземане на решение в условията на неопределеност и риск, е да се определи вероятностното разпределение на избрания критерий за оценка на ефективността на проекта или да се отговори на въпроса „Кое вариантно решение е икономически най-изгодно“. Чрез кривите на вероятностно разпределение на избрания критерий за ефективност – NPV, IRR, BCR и други, може да се определи вероятността едно инвестиционно решение да бъде ефективно.

2.2. Етапи на провеждане на симулация „Монте Карло“

Провеждането на симуляционен компютърен експеримент с метода „Монте Карло“ преминава през следните етапи:

1. Съставяне на математически модел, в който се определя връзката между входните величини (фактори) и резултатите във вид на математическо уравнение.

2. Задаване на закон за разпределение на вероятностите за тези променливи на модела, чиито стойности не е възможно да се определят точно – така наречените „несигурни“ променливи. Това е ключов момент в разработването на стохастичния модел, тъй като изборът на закон за разпределение определя „поведението“ на тези променливи в процеса на симулацията, а оттук и влиянието им върху крайните резултати. Когато са налични исторически данни за дадена входяща променлива, може да се използват при избора на нейното вероятностно разпределение. Когато такива данни отсъстват, най-често се използват субективни преценки на експерти, специалисти и мениджъри, отразяващи техните предвиждания за бъдещото поведение на случайните величини.

3. Провеждане на компютърен експеримент, като се използва подходящ софтуер като например @Risk [5], Crystal Ball, Risk Solver, Risk Analyzer и др., при който по случаен начин се генерират стойности на случайните променливи на модела според избраните закони за разпределение на вероятностите и изчисляване на резултатите за това множество от стойности. Тази стъпка се повтаря определен брой пъти – обикновено се провеждат няколко хиляди опита /итерации/ и по този начин се получава извадка от възможните сценарии на бъдещото поведение на случайните величини на модела.

4. Пресмятане на основни числови характеристики на входящите величини и получените резултати и анализ на резултатите, включително и статистически анализ (формулиране на хипотези за вероятностното разпределение на резултатите), анализ на риска и т.н.

5. Следваща стъпка е да се направи анализ на чувствителността на резултатите, вследствие на промяна на входните величини.

При управление на риска от наводнения има неопределености, свързани с оценката на разходите и с оценката на щетите за съответния сценарий. Инвестициите в проекти, като структурните мерки за защита от наводнение, се характеризира с висока степен на неопределеност на променливите, които участват във формулите, представящи различните методи за финансова и икономическа оценка. Такива величини са цена на труд, материали, горива, лихвен процент, експлоатационни разходи и др. Вероятностният характер на променливите, които участват в даден модел, всъщност означава да се отчете риска при определяне на ефективността на дадено инвестиционно решение.

Органите, институциите и отделните лица, които са натоварени да вземат решения в условията на неопределеност, се нуждаят от съвременна методика за оценка на риска. Следващата стъпка при анализа е да се изрази отношението към риска, т.е. при дадена характеристика на рискова ситуация да се вземе подходящо управленско решение.

Единственият начин за провеждане на множеството повтарящи се изчисления при симулационния анализ е чрез използване на компютър със специализиран софтуерен продукт. Крайните резултати от анализа се представят в графичен и аналитичен вид.

2.3. Анализ на чувствителността

Целта на този метод е да се определят ключовите променливи, които имат най-голямо влияние върху избран критерий за оценка на дадена величина. Техниката на провеждане на анализа се състои в това, че при изменение в стойностите на една променлива (при константно значение на всички останали) се определя влиянието ѝ върху резултативната величина (избраният критерий за ефективност). След това се избира втора променлива (при постоянни стойности на останалите) и се проследява влиянието ѝ върху резултативната величина. По този начин се определя и влиянието на останалите променливи. Обикновено резултатите се представят и в графичен вид. Ако изменението на дадена променлива води до чувствителна промяна в резултативната величина, това означава, че оценката на тази променлива е от особено значение за крайното решение. В противен случай това означава, че променливата не е от съществено значение за анализа. Въз основа на това може да се направи заключение, че анализът на чувствителността е метод, чрез който могат да се определят онези променливи, които са от особено значение за оценката на риска.

3. Прилагане на вероятностна оценка на ефективността на управление на риска от наводнения за с. Ясна Поляна

Изложеният подход за вероятностна оценка на ефективността на управление на риска от наводнение след язовири е приложен към реален обект – с. Ясна поляна, намиращо се на около 3 km след язовир „Ясна поляна”. Язовирът е изграден в долината на р. Дудинска (р. Дяволска) на 12 km западно от гр. Приморско и на 36 km от гр. Бургас. Язовирът, проектиран от ИПП „Водпроект” през 1965 – 1969 г., е основен хидротехнически обект в схемата за питейно водоснабдяване на Южното Черноморско крайбрежие,

понастоящем с дебит от 0,25 m³/s през зимния период и до 0,850 m³/s през летните месеци, а по проект до 1,250 m³/s.

Хидровъзел „Ясна поляна” се състои от язовирна стена с открит челен преливник, водовземна кула, основен изпускател с шибърно помещение, административна сграда и помощни сгради. Анализът на техническото състояние и на съществуващите условия на експлоатация на язовир „Ясна поляна“ обхваща измерванията и наблюденията, извършени през 2015 г. и дава следните оценки:

- нивото на техническа експлоатация на язовир „Ясна поляна” е много добро;
- яз. стена „Ясна поляна” и прилежащи съоръжения са в добро (изправно) техническо състояние.

Това дава основание при дефиниране на вероятните сценарии на заплахата от наводнение да се изключи сценарият за разрушаване на язовирната стена.

Вероятностният подход за оценка на ефективността на управление на риска от наводнения след язовира се илюстрира при разглеждане на следните сценарии:

- Сценарий А: преливане през преливника на яз. „Ясна поляна” на висока вълна /ВВ/ с вероятност 1:1000 год. (оразмерително водно количество с обезпеченост 0,1% без резервиран обем);
- Сценарий Б: преливане през преливника на яз. „Ясна поляна” на висока вълна с вероятност 10000 год. (по-голяма от оразмерителната и равна на проверочната висока вълна с обезпеченост 0,01% без резервиран обем).

Изготвен е 1D хидродинамичен модел на реката в района на с. Ясна Поляна за симулиране на заплахата. Направен е анализ на картите на риска и елементите в риск, съгласно одобрената методика от МОСВ, за всеки от двата сценария.

3.1. Мерки за защита от наводнения

За осигуряване на ефективна защита на района на с. Ясна поляна от наводнения се предвиждат пакети от мерки за всеки от разглежданите сценарии.

Сценарий А: Преливане на 1000 годишна ВВ през преливника (оразмерително водно количество с обезпеченост 0,1%).

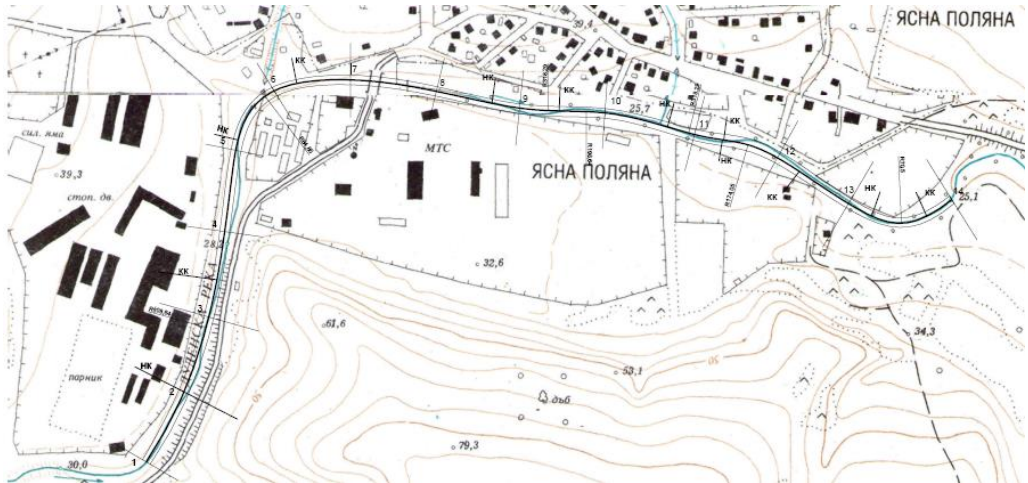
Пакетът от мерки включва мерки от различни групи – структурни и неструктурни, съгл. Националния каталог от мерки. Основната структурна мярка, която се предвижда, е изграждане на корекция на реката в участъка на с. Ясна поляна. За целта върху ситуация в мащаб 1:5000 е проектирана корекция, с дължина 1330 m. Построен е надлъжен профил, показан на фиг. 1, чрез който е направено хидравлическо оразмеряване на сечението на корекцията. В участъка са нанесени 14 бр. напречни профили, през 100 m, единствено между предпоследния и последния разстоянието е 130 m.

За всеки напречен профил е проектирана корекция в два варианта, на фиг. 2:

- 1) Корекция с насипни диги, защитени с едроломен камък;
- 2) Корекция със стоманобетонени стени и дъно.

Количествено-стойностна сметка за СМР при двата варианта е изготвена, като за всяка СМР са определени единични анализни цени, при минимална и максимална цена за труд – часова ставка за съответните квалификационни степени. Часовите ставки се използват за определяне на минимална и максимална цена. Приета е минимална и максимална цена за механизация (мсм), с разлика от 10%, с цел да се изследва влиянието на

тези ценообразуващи фактори върху икономическата оценка на ефективността на мерките, с отчитане на тенденцията за повишаване на нивото на заплащане. Останалите ценообразуващи фактори са фиксирани със средни нива, използвани при ценообразуване на строителството в България, съответно: коефициент за доставка 10%, допълнителни разходи върху труд 90%, допълнителни разходи върху механизация 40% и печалба 10%.



Фиг. 1. Ситуация с напречни профили на корекцията в участъка на с. Ясна поляна



Фиг. 2. Варианти на корекция: с насипни диги и със ст.бет. стени и дъно

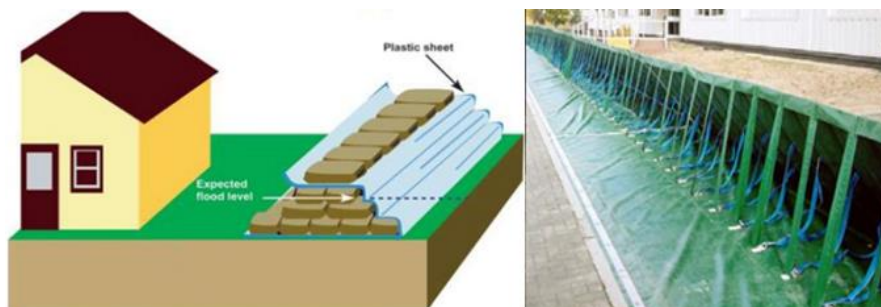
Сценарий Б: Преливане на 10 000-годишна ВВ през преливника (проверочно водно количество с обезпеченост 0,01%).

Защитата на заливаемите зони при с. Ясна поляна при провеждане на ВВ с обезпеченост по-голяма от 0,1% и по-малка от 0,01% (проверочна за преливника), ще се осъществи чрез прилагане на два варианта оперативни мерки, на фиг. 3:

- 1) Надграждане с временна защита от чували с пясък.
- 2) Надграждане с модулни сглобяеми панели.

Двата варианта са остойностени с цени, за пясъка и чувалите, на доставчици в района, а за модулните сглобяеми панели – по пазарни цени.

В табл. 1 е синтезирана информация за инвестиционните разходи за СМР през първата година от инвестиционния шестгодишен период, при различни варианти и сценарии.



Фиг. 3. Временна защита с чували с пясък/модулни сглобяеми панели

Таблица 1. Инвестиционни разходи за СМР при различни сценарии

Сценарий: преливане на 1000-годишна ВВ			
корекция с насипни диги		ст. бет. корекция	
1 857 952,20 лв.		3 806 349,54 лв.	
Сценарий: Преливане на 10 000-годишна ВВ			
корекция с насипни диги		ст. бет. корекция	
и надграждане от чували с пясък	и надграждане със сглобяеми модулни панели	и надграждане от чували с пясък	и надграждане със сглобяеми модулни панели
2 077 338,77 лв.	2 115 042,16 лв.	4 030 643,41 лв.	4 068 346,80 лв.

3.2. Анализ „разходи-ползи” (СВА) на проектите за пакети от мерки при детерминирани стойности на разходите и ползите

С получените резултати на разходите по години за шестгодишен период и оценените щети (ползи) от тяхната реализация е направен анализ „разходи-ползи“ (СВА). Резултатите и изчисленията обхващат проектите за реализиране на структурни мерки – корекция на реката с насипни диги и реализиране на структурни мерки – ст.бет. корекция на реката, показани съответно в табл. 2 и 3. В края на шестгодишния период е изчислена остатъчната стойност след амортизацията на дълготрайните активи. Изходящите парични потоци са сума от инвестиционните разходи и експлоатационните разходи в размер на 0,5% върху стойността на изграждане на земно-насипна дига с 1% нарастване на година.

Преките ползи са всъщност щетите, които няма да се допуснат в резултат на реализацията на проекта. Общата щета в размер на 5 980 730 лв. е разпределена за петте години по 1 196 145,97 лв. на година. Ежегодните преки ползи са входящите парични потоци. Нетният паричен поток (NCF) е разликата между входящите и изходящи парични потоци. Дисконтираният NCF се получава от умножението на нетния паричен поток (NCF) с дисконтовия фактор DF, получен с 5% дисконтов процент.

СВА за яз. Ясна поляна е приложен с методите икономическа нетна настояща стойност (ENPV) и съотношение ползи/разходи (BCR). ENPV е сума на всички дисконтирани NCF за шестгодишния период, а BCR е отношението на всички дисконтирани входящи парични потоци и всички дисконтирани изходящи парични потоци. Тези два метода са приложени за всички сценарии и варианти.

Таблица 2. Сценарий А /1000 г. ВВ/ и корекция на реката с насипни диги

1000-годишна ВВ – корекция с насипни диги	1	2	3	4	5	6
Инвестиционни разходи /лв./	1 857 952,20	9 042,00	9 042,00	9 042,00	6 692,00	12 042,00
Експлоатационни разходи (0,5% в/у диги с 1% нарастване за година) /лв./		9 019,42	9 109,61	9 200,71	9 292,72	9 385,64
Изходящи парични потоци /лв./	1 857 952,20	18 061,42	18 801,61	18 242,71	15 984,72	21 427,64
Преки ползи /лв./		1 196 145,97	1 196 145,97	145,97	145,97	1 196 145,97
Входящи парични потоци /лв./		1 196 145,97	1 196 145,97	145,97	145,97	2 664 007,43
Нетен паричен поток (NCF) /лв./	-1 857 952,20	1 178 084,55	1 177 344,36	903,26	161,25	2 642 579,79
DF	0,9524	0,9070	0,8638	0,8227	0,7835	0,7462
Дисконтиран NCF /лв./	-1769478,29	1 068 557,41	1 017 034,32	969 063,93	924 687,22	1 971 933,73
Икономическа нетна настояща стойност (ENPV) /лв./	4 181 798,32					
Съотношение ползи/разходи BCR	3,27					

Таблица 3. Сценарий А /1000 г. ВВ/ и ст.бет. корекция на реката

1000-годишна ВВ – ст.бет. корекция	1	2	3	4	5	6
Инвестиционни разходи /лв./	3 806 349,54	9 042,00	9 692,00	9 042,00	6 692,00	12 042,00
Експлоатационни разходи (0,1% в/у корекцията с 1% нарастване за година) /лв./		3 787,25	3 825,12	3 863,37	3 902,01	3 941,03
Изходящи парични потоци /лв./	3 806 349,54	12 829,25	13 517,12	12 905,37	10 594,01	15 983,03
Преки ползи /лв./		1 196 145,97	1 196 145,97	145,97	145,97	1 196 145,97
Входящи парични потоци /лв./		1 196 145,97	1 196 145,97	145,97	145,97	4 133 675,05
Нетен паричен поток (NCF) /лв./		1 196 145,97	1 196 145,97	145,97	145,97	4 223 133,73
DF	0,9524	0,9070	0,8638	0,8227	0,7835	0,7462
Дисконтиран NCF /лв./	-3694526,19	1 183 432,06	1 182 745,34	358,25	670,79	4 207 270,72
Икономическа нетна настояща стойност (ENPV) /лв./	3 618 597,32					
Съотношение ползи/разходи BCR	1,96					

При сценарий 1000-годишна ВВ, и за двата варианта от мерки: корекция на реката с насипни диги и ст.бет. корекция на реката, стойностите на показателите ENPV и BCR показват висока икономическа ефективност, защото ENPV има стойности, по-големи от нула, а BCR – стойности по-големи от единица.

Проектът за корекция на реката с насипни диги, при сценарий 1000 ВВ, има стойности на показателите $ENPV = 4\,181\,798,32$ лв. и $BCR = 3,27$, което показва по-добра икономическа ефективност от другия проект за ст.б. корекция на реката със стойности на показателите съответно $ENPV = 3\,618\,597,32$ лв. и $BCR = 1,96$.

За икономическа оценка на пакетите от мерки при сценарий: преливане на 10 000-годишна ВВ (проверочно водно количество за язовирната стена с обезпеченост 0,01%), са определени четири варианта с комбинирани структурни и оперативни мерки, а именно:

1) проект за реализиране на структурни мерки – корекция на реката с насипни диги и оперативни мерки – надграждане с чували с пясък;

2) проект за реализиране на структурни мерки – корекция на реката с насипни диги и оперативни мерки – надграждане със сглобяеми модулни панели;

3) проект за реализиране на структурни мерки – стоманобетонова корекция на реката и оперативни мерки – надграждане с чували с пясък;

4) проект за реализиране на структурни мерки – стоманобетонова корекция на реката и оперативни мерки – надграждане със сглобяеми модулни панели.

Инвестиционните разходи за шестгодишен период са определени, за всяка от годините за варианти 1), 2,) 3) и 4), с адитивен модел. Основната част от инвестициите е през първата година от периода. Начислени са експлоатационни разходи за всяка от следващите пет години в размер на 0,5% върху първоначалната инвестиция и е отчетено 1% нарастване на година за варианти 1) и 2).

За вариант 3) експлоатационните разходи са в размер на 0,1% върху инвестицията за стоманобетонова корекция и 0,5% върху надграждане с чували и с 1% нарастване за година. За вариант 4) експлоатационните разходи са в размер на 0,1% върху инвестицията за стоманобетонова корекция и надграждане с панели, с 1% нарастване за година.

Преките ползи, и за четирите варианта, са разпределените поравно щети от 12461423,44 лв. за сценарий от 10000-годишна ВВ, в размер на 2 492 284,69 лв. за всяка година. В резултат на извършената инвестиция през първата година ще бъдат предотвратени евентуалните щети, приети като ползи. Входящите парични потоци са преките ползи от инвестицията. Нетният паричен поток (NCF) е разликата между входящите и изходящите парични потоци. Дисконтираният NCF се получава от умножението на нетния паричен поток (NCF) с дисконтовия фактор DF, получен с 5% дисконтов процент.

При сценарий 10000-годишна ВВ, и за четирите варианта от мерки: корекция на реката с насипни диги и надграждане с чували и модули и ст.бет. корекция на реката отново с надграждане с чували и модули, стойностите на показателите ENPV и BCR показват висока икономическа ефективност, защото ENPV има стойности, по-големи от нула, а BCR – стойности, по-големи от единица.

Таблица 4. Обобщени резултати от икономическата оценка „разходи-ползи“

	Сценарий:	Преливане на 1000 год. ВВ		Преливане на ≤ 10000 год. ВВ			
		Структурна мярка	Корекция с насипни диги	Ст.бет. Корекция	Корекция с насипни диги		Ст.бет. Корекция
	Оперативна мярка	няма	няма	чували с пясък	модулни панели	чували с пясък	модулни панели
Детерминирана оценка	Икономическа нетна настояща стойност (ENPV) /лв./	4 181 798,32	3 618 597,32	9 438 461,57	9 428 571,33	8 766 269,16	8 756 378,92
	Съотношение ползи/разходи (BCR)	3,27	1,96	5,58	5,50	3,25	3,23

Проектът за корекция на реката с насипни диги и надграждане от чували с пясък, при сценарий 1000 ВВ, има най-високи стойности на показателите $ENPV = 9\,438\,461,57$ лв. и $BCR = 5,58$ и е най-ефективен от икономическа гледна точка. Всички стойности на показателите за четирите варианта са обобщени в табл. 4.

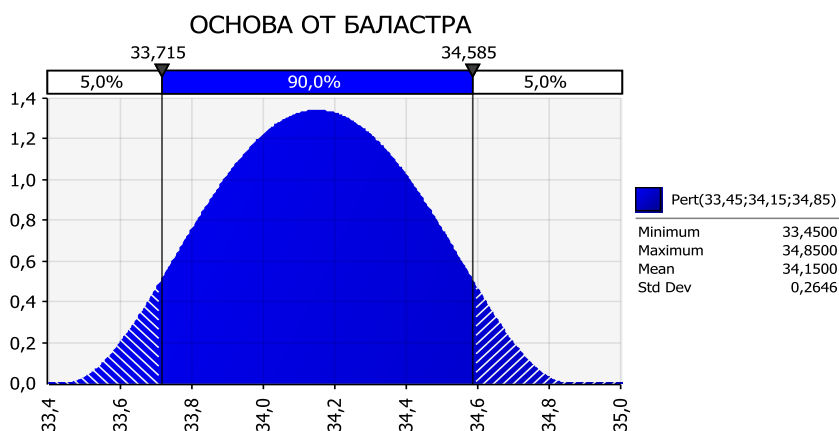
3.3. Вероятностна оценка на икономическата ефективност на мерките за защита от наводнение след яз. Ясна поляна

За сценарий А: Преливане на 1000-годишна ВВ през преливника (оразмерително водно количество с обезпеченост 0,1%), съставеният вероятностен модел включва 38 входни вероятностни променливи и пет резултативни величини: $ENPV$ и инвестиционни разходи за проекта за корекция на реката с насипни диги, $ENPV$ и инвестиционни разходи за проекта за ст.б. корекция на реката и обобщената щета за 1000 годишна ВВ.

Направена е оценка на засегнатите активи и стойност на щетите при сценарий 1000-годишна ВВ, с отчитане на риска, като е използвано вероятно разпределение за някои от параметрите, вследствие на съвършенството на картите на риска.

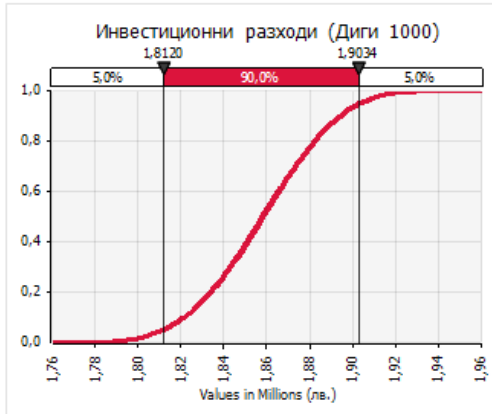
Използвано е вероятно разпределение RiskPert (minimum, most likely, maximum). Примерен вид на разпределението е показан на фиг. 4, за цена, за основа от баластра с дименсия лв./ m^3 . Разпределението на PERT е подобно на триъгълно разпределение, тъй като има същия набор от три лесно разбираеми параметри, но може да бъде предпочитано пред триъгълното разпределение поради своята извита плътност в опашките. Често се използва за описване на стохастичния характер на разходи и цени в строителните дейности. Оценка на разходите на проектите за корекция на реката с насипни диги и стоманобетоневата корекция е всъщност съставяне на бюджета на проектите. С вероятностни разпределения са въведени всички единични цени за СМР и основните параметри при формиране на щетите.

За провеждане на симулационния анализ е използван софтуерен продукт @RISK 7.5.1, индустриална версия, на американската фирма Palisade Corporation [5]. Изпълнени са 5000 итерации. Приложен е метод „Латински суперкуб“, който е усъвършенстван вариант на метод „Монте Карло“. Резултативните величини са в графичен вид със съпътстващи статистически данни.



Фиг. 4. PERT вероятно разпределение за цена на СМР – Основа от баластра, лв./ m^3

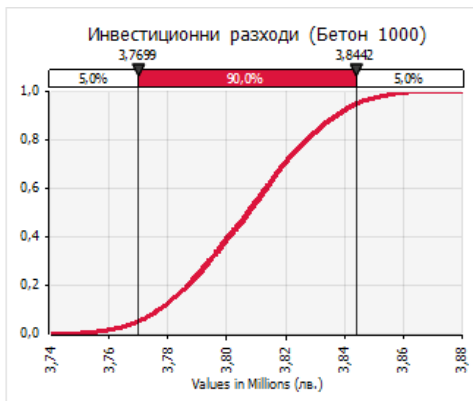
След провеждане на симулационния анализ се установява, че има 49,7% вероятност бюджетът през първата година от периода да е равен или по-малък от детерминантата стойност – 1 857 952,20 лв. или има 50,3% вероятност той да бъде надвишен при проекта от мерки за корекция с диги. Ако възложителят на проекта иска сигурност на бюджета от 95% например, той трябва да заложи 1 903 917,47 лв. или с 45 965,27 лв. повече от планираното, както се вижда на фиг. 5.



Summary Statistics for Инвестиционни разходи (Диги 1000)			
Statistics	Percentile		
Minimum	1 771 706,25 лв.	1,0%	1 795 459,84 лв.
Maximum	1 940 211,63 лв.	2,5%	1 804 337,37 лв.
Mean	1 858 066,15 лв.	5,0%	1 812 029,34 лв.
Std Dev	27 597,90 лв.	10,0%	1 821 501,55 лв.
Variance	761643921,1	20,0%	1 834 087,98 лв.
Skewness	-0,029053113	25,0%	1 839 179,24 лв.
Kurtosis	2,682088302	50,0%	1 858 005,15 лв.
Median	1 858 005,15 лв.	75,0%	1 877 627,28 лв.
Mode	1 856 480,63 лв.	80,0%	1 882 141,87 лв.
Left X	1 812 029,34 лв.	90,0%	1 894 564,52 лв.
Left P	5%	95,0%	1 903 375,61 лв.
Right X	1 903 375,61 лв.	97,5%	1 910 950,95 лв.
Right P	95%	99,0%	1 919 073,58 лв.
#Errors	0		

Фиг. 5. Интегрална вероятностна крива за инвестиционните разходи на проекта при сценарий А /1000 г. ВВ/ и структурни мерки – корекция на реката с наспини диги

При проекта от мерки за ст.б. корекция анализът показва, че 51,3% от възможните стойности на бюджета са между 3 806 349,54 лв. и 3 871 847,22 лв. Вероятността детерминантата стойност на бюджета от 3 806 349,54 лв. да се случи е 48,7%, или вероятността тя да се надвиши е 51,3%, както се вижда на фиг. 6.

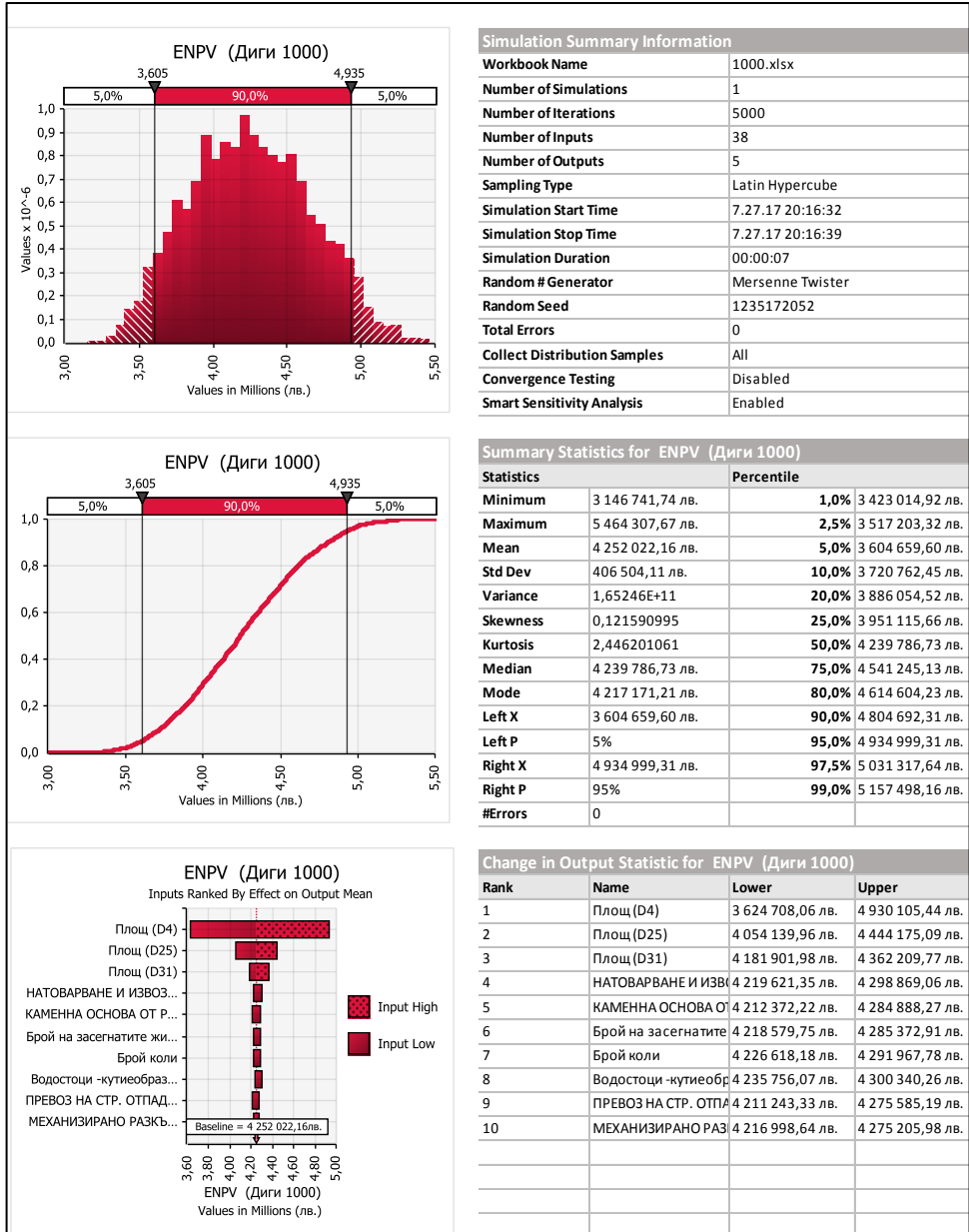


Summary Statistics for Инвестиционни разходи (Бетон 1000)			
Statistics	Percentile		
Minimum	3 743 416,93 лв.	1,0%	3 755 970,52 лв.
Maximum	3 878 678,42 лв.	2,5%	3 763 246,03 лв.
Mean	3 806 915,31 лв.	5,0%	3 769 884,48 лв.
Std Dev	22 695,84 лв.	10,0%	3 776 918,84 лв.
Variance	515101249,6	20,0%	3 786 985,45 лв.
Skewness	-0,002874924	25,0%	3 790 592,30 лв.
Kurtosis	2,572320646	50,0%	3 807 179,55 лв.
Median	3 807 179,55 лв.	75,0%	3 822 782,28 лв.
Mode	3 806 974,40 лв.	80,0%	3 826 951,25 лв.
Left X	3 769 884,48 лв.	90,0%	3 836 945,90 лв.
Left P	5%	95,0%	3 844 237,37 лв.
Right X	3 844 237,37 лв.	97,5%	3 850 931,06 лв.
Right P	95%	99,0%	3 856 343,06 лв.
#Errors	0		

Фиг. 6. Интегрална вероятностна крива за инвестиционните разходи на проекта при сценарий А /1000 г. ВВ/ и структурни мерки – ст.бет. корекция на реката

Резултатите показват, че детерминантата стойност е средно вероятна стойност. Ако лицето, вземащо решения, няма склонност към риск и се стреми към гаранционна вероятност от 95%, ще заложи на бюджет от 3 844 237,37 лв. или с 37 887,83 лв. повече от първоначално определения.

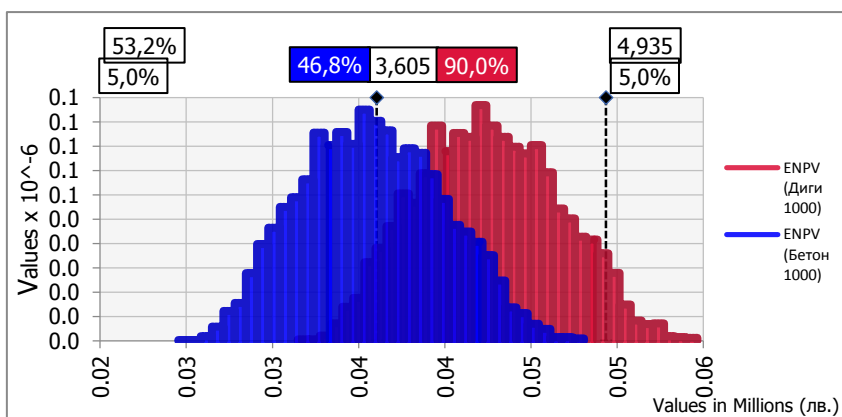
След провеждане на симулационен анализ се установява, че проектът за корекция на реката с насипни диги има минимални и максимални стойности на показателя ENPV съответно 3 146 741,74 лв. и 5 464 307,67 лв., със стандартно отклонение 406 504,11 лв. Статистическият доклад, съпровождащ интегралната вероятностна крива, дава информация за стойностите на ENPV през 2,5% и/или 5% и данни за кривата като стандартно отклонение, дисперсия, ексцес, асиметрия, медиана, мода, видно от фиг. 7.



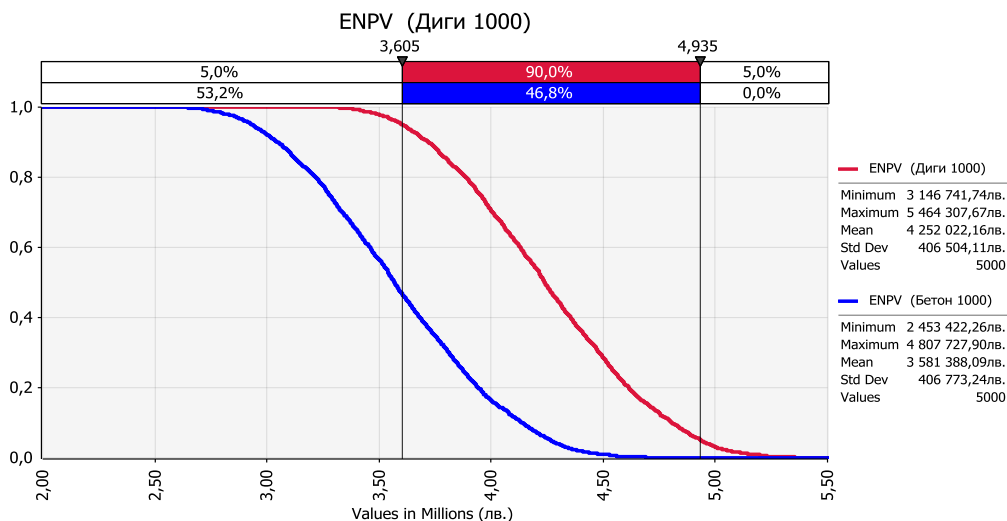
Фиг. 7. Симулационни резултати за оценка на проекта при сценарий А /1000 г. ВВ/ и структурни мерки – корекция на реката с насипни диги

Под формата на кратък статистически доклад, като показания на фиг. 7, може да има резултати за всяка изходна величина.

Резултатите показват, че има 44,6% вероятност ENPV да е равна или по-голяма на детерминираната стойност 4 181 798,32 лв. за проекта с насипни диги и 59,1% вероятност да е равна или по-голяма от детерминираната стойност 3 618 597,32 лв. при проекта за ст.б. корекция. Минималната и максималната стойност на показателя е съответно 2 453 422,26 лв. и 4 807 727,90 лв. при проекта за ст.б корекция на реката, със стандартно отклонение 406 773,24 лв. Стандартното отклонение е мярка на разсейването на данните и от сравнителния вероятностен анализ на кривата на показателя ENPV се вижда, че двата варианта от мерки за защита, освен че имат приблизително еднакво стандартно отклонение, са със значителна разлика в средната стойност. В диференциален вид кривите са показани на фиг. 8, а в интегрален вид на фиг. 9.



Фиг. 8. Диференциални вероятностни криви за ENPV на проектите от мерки при сценарий: преливане на 1000-годишна ВВ



Фиг. 9. Интегрални вероятностни криви за ENPV на проектите от мерки при сценарий: преливане на 1000-годишна ВВ

При това разположение на вероятностните криви и стойности на вариацията изборът за проект е лесно определим и това е проектът за мерките за корекция на реката с насипни диги. Предпочитанията идват от по-високата средна стойност на вероятностната крива на ENPV и почти еднакви стойности на стандартното отклонение.

Проведен е анализ на чувствителността, при който са определени основните вероятностни променливи, влияещи на средната стойност на показателя ENPV. В табл. 5 са обобщени основните шест променливи и за двата пакета от мерки, влияещи на средната стойност на ENPV. Пет от тях са общи и за двата варианта: площ на жилищни райони, площ транспортна инфраструктура, площ индустриална инфраструктура, в да, натоварване и извозване на отпадъци, добити при разрушаване на сгради и брой засегнати жители. Освен тях, при мерките за корекция на реката с насипни диги влияние има и цената за каменна основа от ръчно подреден едроломен камък (основен калдъръм) в лв./m³, а при мерките за ст.б. корекция на реката – цената за система „Хюнебек“ – кофраж стени, лв./m². Може да се направи заключение, че основен принос при формиране на средната стойност на показателя ENPV имат в по-голяма степен елементите на формиране на обобщената щета и в по-малка степен някои единични цени, като този извод е в сила и за двата варианта от проекти за мерки срещу наводнения при сценарий 1000-годишна ВВ. Ключовите променливи трябва да бъдат наблюдавани с абсолютен приоритет и внимателно да се контролират стойностите им, защото всяка промяна при тях ще рефлектира в най-голяма степен за крайния показател.

Таблица 5. Ключови вероятностни променливи, влияещи на средната стойност на ENPV при различните варианти от мерки при сценарий А /1000 г. ВВ/

Корекция на реката с насипни диги	Ст.б. корекция на реката
Площ на жилищни райони, да /D4/	Площ на жилищни райони, да /D4/
Площ транспортна инфраструктура, да /D25/	Площ транспортна инфраструктура, да /D25/
Площ индустриална инфраструктура, да /D31/	Площ индустриална инфраструктура, да /D31/
Натоварване и извозване на отпадъци, добити при разрушаване на сгради /H26/	Натоварване и извозване на отпадъци, добити при разрушаване на сгради /H26/
Каменна основа от ръчно подреден едроломен камък (основен калдъръм), лв./m ³ /H18/	Система „Хюнебек“ – кофраж стени, лв./m ² /H7/
Брой на засегнатите жители /D5/	Брой на засегнатите жители /D5/

За сценарий Б: Преливане на 10 000-годишна ВВ през преливника (проверовъчно водно количество с обезпеченост 0,01%), съставеният вероятностен модел включва 41 входни вероятностни променливи и 9 резултативни величини, като 8 от тях са за показателя ENPV и инвестиционни разходи за четири варианта на проекти: проектът за корекция на реката с насипни диги и надграждане от чували с пясък; проектът за корекция на реката с насипни диги и надграждане със сглобяеми модулни панели; проектът за стоманобетонова корекция на реката и надграждане от чували с пясък; проектът за стоманобетонова корекция на реката и надграждане със сглобяеми модулни панели. Има една резултативна величина за обобщената щета за сценарий 10000-годишна ВВ, която ще бъде предмет на друг доклад.

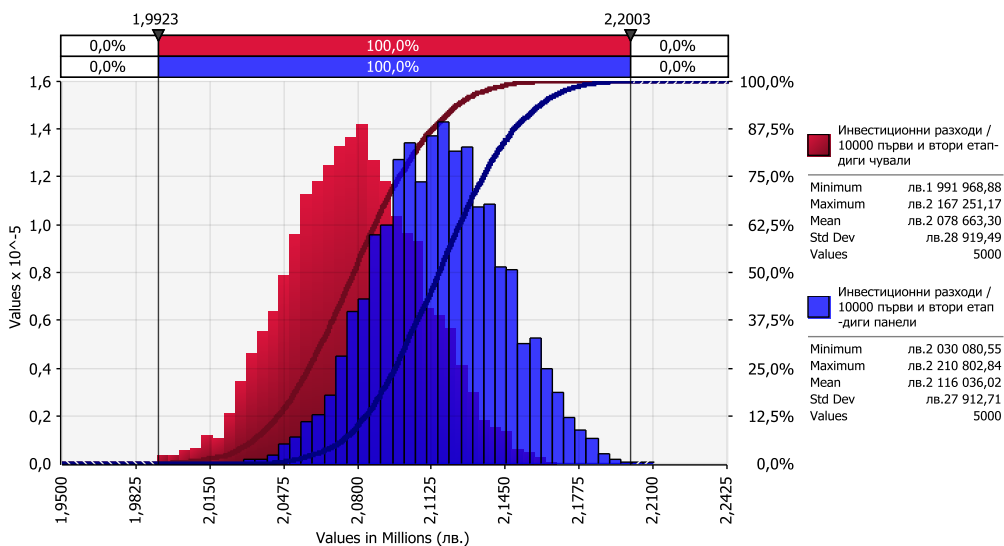
Направена е оценка на засегнатите активи и стойност на щетите при сценарий 10000-годишна ВВ, с отчитане на риска, като е използвано вероятностно разпределение за някои от параметрите, вследствие на съвършенството на картите на риска. Използвано е отново вероятностно разпределение RiskPert (minimum, most likely, maximum). С ве-

роятностни разпределения са въведени всички единични цени за СМР и основните параметри при формиране на сметите.

За провеждане на симулационния анализ е използван отново софтуерен продукт @RISK 7.5.1, индустриална версия с 5000 итерации. След провеждане на симулационния анализ са получени статистически доклади и графики за всички резултативни величини.

При симулационния анализ разходните компоненти се третират като случайни променливи и са представени с вероятностно разпределение. Инвестиционните разходи за всеки вариант се приемат за бюджет на съответния проект, както и при предишния вариант на пакет от марки. При детерминирано определяне на разходните компоненти, стойността на разходите през първата година /бюджетът/ е 2 077 338,77 лв. за проекта за корекция на реката с насипни диги и надграждане от чували с пясък, а за проекта за корекция на реката с насипни диги и надграждане със сглобяеми модулни панели е 2 115 042,16 лв. Проектът за стоманобетонова корекция на реката и надграждане от чували с пясък е с бюджет 4 030 643,41 лв. и съответно за проекта за стоманобетонова корекция на реката и надграждане със сглобяеми модулни панели общият инвестиционен разход, осъществен през първата година, е 4 068 346,80 лв.

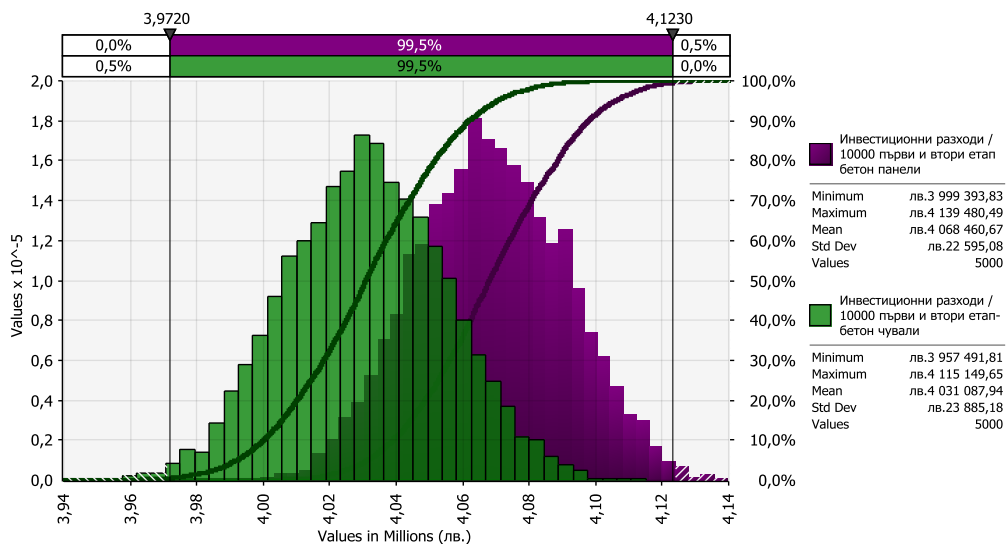
След провеждане на симулационния анализ се установява, че има 47,7% вероятност бюджетът през първата година от периода да е равен или по-малък от детерминананата стойност – 2 077 338,77 лв. или има 52,3% вероятност той да бъде надвишен при първия вариант от мерки. Ако възложителят на проекта иска гаранционна вероятност на бюджета от 95%, той трябва да заложи 2 125 779,00 лв. или с 48 440,23 лв. повече. Сравнителният вероятностен анализ в графичен вид е показан на фиг. 10.



Фиг. 10. Криви на инвестиционните разходи при сценарий Б /10000 г. ВВ/, структурни мерки – корекция на реката с насипни диги с два варианта оперативни мерки – надграждане с чували с пясък и с модулни сглобяеми панели

При проекта за втория вариант от мерки анализът показва, че вероятността детерминираната стойност на разходите от 2 115 042,16 лв. да се случи е 49,1% или вероятността тя да се надвиши е 50,9%. При детерминираната стойност 4 030 643,41 лв. 48,9% е вероятността реалният бюджет да се включи в тази стойност и съответно 51,1% да го

надвиши. При последния вариант има 49,7% вероятност да се случи детерминираната стойност от 4 068 346,80 лв. При необходимост от по-висока степен на сигурност и вероятност от 90% например, резултатите показват стойност на бюджета от 4 098 383,01 лв., или трябва да се заложи на бюджет с 30 036,20 лв. повече от първоначално определения. Сравнителният вероятностен анализ в графичен вид е показан на фиг. 11.



Фиг. 11. Криви на инвестиционните разходи при сценарий Б /10000 г. ВВ/, структурни мерки – стоманобетонова корекция на реката с два варианта оперативни мерки – надграждане с чувапи с пясък и с модулни сглобяеми панели

Ако се сравнят стойностите на показателя ENPV, изчислен по детерминиран начин, и оценките след провеждане на симулационния анализ, може да се получи информация за конкретната вероятност за настъпването на всяка една оценка и да се вземе решение за финансиране или не на проекта, според склонността към риск на лицето или органите, вземащи решения. В изложението се използва номерация на вариантите в следния ред, като в скоби е посочена детерминираната стойност на ENPV:

- 1) Проект за реализиране на структурни мерки – корекция на реката с насипни диги и оперативни мерки – надграждане от чувапи с пясък /ENPV = 9 438 461,57 лв./;
- 2) Проект за реализиране на структурни мерки – корекция на реката с насипни диги и оперативни мерки – надграждане със сглобяеми модулни панели /ENPV = 9 428 571,33 лв./;
- 3) Проект за реализиране на структурни мерки – стоманобетонова корекция на реката и оперативни мерки – надграждане от чувапи с пясък /ENPV = 8 766 269,16 лв./;
- 4) Проект за реализиране на структурни мерки – стоманобетонова корекция на реката и оперативни мерки – надграждане със сглобяеми модулни панели /ENPV = 8 756 378,92 лв./.

Статистическият доклад, съпровождащ вероятностните криви, дава информация за стойностите на ENPV през определен процент и данни за кривата като стандартно отклонение, дисперсия, ексцес, асиметрия, медиана, мода. Минималната и максималната стойност на показателя също са включени в доклада и дават информация за възможния спред на показателя, видно от табл. 6.

Симулационните резултати показват, че има 58,7% вероятност ENPV да е равна или по-голяма от детерминираната стойност 9 438 461,57 лв. за вариант 1) и 58,6% вероятност да е равна или по-голяма от детерминираната стойност 9 428 571,33 лв при проекта от вариант 2). При варианти 3) и 4) вероятността да се превиши определеният показател ENPV 8 766 269,16 лв. и 8 756 378,92 лв. е съответно 59,1% и 59,0%.

Категоричният извод е, че и четирите варианта от мерки са икономически ефективни с вероятност от около 60%. Дори и да се отчете минималната стойност като най-песимистичен изход, проектите са с достатъчна степен на икономическа ефективност. Стандартното отклонение, като мярка на разсейването, е приблизително равно за всички проекти, като най-високо е при вариант 1) и най-ниско при вариант 4), което означава, че с най-висока относителна рискованост е вариантът на проект за реализиране на структурни мерки – корекция на реката с насипни диги и оперативни мерки – надграждане от чували с пясък. Най-малка е дисперсията при варианта на проект за реализиране на структурни мерки – стоманобетонова корекция на реката и оперативни мерки – надграждане със сглобяеми модулни панели

Таблица 6. Статистически доклади за ENPV на проектите от мерки при сценарий: преливане на 10000-годишна ВВ

	ENPV 10000 първи и втори етап- диги, чували	ENPV / 10000 първи и втори етап- диги панели	ENPV/ 10000 първи и втори етап-бетон-чувал	ENPV/ 10000първи и втори етап- бетон панели
Minimum	8 657 562,89лв.	8 646 925,38лв.	7 969 479,81лв.	7 962 970,04лв.
Maximum	10 328 279,17лв.	10 319 138,92лв.	9 689 791,67лв.	9 681 855,05лв.
Mean	9 372 670,50лв.	9 362 904,73лв.	8 700 750,65лв.	8 690 984,87лв.
90% CI	± 6 871,44лв.	± 6 870,67лв.	± 6 870,30лв.	± 6 869,60лв.
Mode	9 154 751,77лв.	9 360 837,52лв.	8 542 918,94лв.	8 662 786,86лв.
Median	9 366 384,65лв.	9 357 343,69лв.	8 692 084,31лв.	8 682 899,33лв.
Std Dev	295 342,00лв.	295 308,79лв.	295 292,72лв.	295 262,92лв.
Skewness	0,1433	0,1435	0,1408	0,1410
Kurtosis	2,4098	2,4092	2,4088	2,4077
Values	5000	5000	5000	5000
Errors	0	0	0	0
Filtered	0	0	0	0
1%	8 780 923,69лв.	8 770 452,42лв.	8 107 522,49лв.	8 096 994,43лв.
5%	8 907 132,14лв.	8 896 643,55лв.	8 234 313,07лв.	8 225 073,17лв.
10%	8 982 876,56лв.	8 973 502,29лв.	8 310 427,06лв.	8 300 807,60лв.
15%	9 049 324,51лв.	9 040 303,15лв.	8 377 633,20лв.	8 367 613,56лв.
20%	9 102 229,73лв.	9 092 373,75лв.	8 430 193,63лв.	8 420 022,76лв.
25%	9 150 611,43лв.	9 140 813,54лв.	8 478 247,28лв.	8 468 147,10лв.
30%	9 192 643,04лв.	9 182 305,94лв.	8 519 137,09лв.	8 509 175,25лв.
35%	9 235 160,10лв.	9 225 739,14лв.	8 563 969,65лв.	8 554 609,49лв.
40%	9 279 366,81лв.	9 269 902,24лв.	8 607 377,68лв.	8 598 778,15лв.
45%	9 322 311,16лв.	9 313 064,89лв.	8 651 029,89лв.	8 640 837,55лв.
50%	9 366 384,65лв.	9 357 343,69лв.	8 692 084,31лв.	8 682 899,33лв.
55%	9 409 432,89лв.	9 400 114,16лв.	8 736 773,38лв.	8 727 103,97лв.
60%	9 448 963,40лв.	9 440 188,78лв.	8 777 937,13лв.	8 767 092,88лв.
65%	9 490 830,10лв.	9 482 272,81лв.	8 818 903,90лв.	8 809 425,44лв.
70%	9 534 788,78лв.	9 525 316,78лв.	8 862 201,33лв.	8 852 358,48лв.
75%	9 583 556,38лв.	9 573 261,39лв.	8 911 106,33лв.	8 900 724,52лв.
80%	9 638 826,32лв.	9 628 829,57лв.	8 968 542,96лв.	8 958 021,82лв.
85%	9 699 283,38лв.	9 690 427,97лв.	9 028 109,27лв.	9 019 619,98лв.
90%	9 776 467,80лв.	9 765 646,45лв.	9 101 538,52лв.	9 092 482,19лв.
95%	9 873 567,69лв.	9 863 162,37лв.	9 202 905,42лв.	9 191 966,79лв.
99%	10 036 380,13лв.	10 025 861,41лв.	9 358 786,06лв.	9 350 988,17лв.

От статистическия доклад в табл. 6 може да се направят изводи от конкретните стойности на параметрите. Стандартното отклонение е със сравнително близки стойности, като най-високата му стойност е при вариант 1), а най-ниската при вариант 4) т.е. при вариант 1) разсейването на данните и оттам рискът на променливата е най-висок, а при вариант 4) най-нисък. Стандартното отклонение е важна характеристика на вероятностното разпределение, като ниско стандартно отклонение означава, че данните или точките, които го описват на графиката, се групират много близо до една и съща стойност (средна стойност), докато голямо стандартно отклонение предполага, че данните са разположени върху голям набор от стойности.

Таблица 7. Ключови вероятностни променливи, влияещи на средната стойност на ENPV при различните варианти от мерки – сценарий Б /10000 г. ВВ/

Корекция на реката с насипни диги и надграждане от чували с пясък	Корекция на реката с насипни диги и надграждане със сглобяеми модулни панели	Ст.б. корекция на реката и и надграждане от чували с пясък	Ст.б. корекция на реката и надграждане със сглобяеми модулни панели
Площ транспортна инфраструктура, da / сценарий – 10000 годишна вълна (D25)	Площ транспортна инфраструктура, da / сценарий – 10000 годишна вълна (D25)	Площ транспортна инфраструктура, da / сценарий – 10000 годишна вълна (D25)	Площ транспортна инфраструктура, da / сценарий – 10000 годишна вълна (D25)
Площ индустриална инфраструктура, da / сценарий – 10000 годишна вълна (D31)	Площ индустриална инфраструктура, da / сценарий – 10000 годишна вълна (D31)	Площ индустриална инфраструктура, da / сценарий – 10000 годишна вълна (D31)	Площ индустриална инфраструктура, da / сценарий – 10000 годишна вълна (D31)
Натоварване разкопана земна почва на транспорт с багер, лв./m ³ (E6)	Цена прегради / сценарий 1:10000 г. – надграждане със сглобяеми панели, лв./m (M2)	Бр. коли / сценарий – 10000 годишна вълна, (D14)	Цена прегради/ сценарий 1:10000 г. – надграждане със сглобяеми панели, лв./m (M2)
Бр. коли / сценарий – 10000 годишна вълна, (D14)	Натоварване разкопана земна почва на транспорт с багер, лв./m ³ (E6)	Полагане бетон М300 филцов – бпомпа в стени за довежд.и отвежд. канали – филцов, лв./m ³ (E11)	Бр. коли / сценарий – 10000 годишна вълна, (D14)
Каменна основа от ръчно подреден едроломен камък (основен калдаръм), лв./m ³ (E18)	Бр. коли / сценарий – 10000 годишна вълна, (D14)	Натоварване разкопана земна почва на транспорт с багер, лв./m ³ (E6)	Полагане бетон М300 филцов – бпомпа в стени за довежд.и отвежд. канали – филцов, лв./m ³ (E11)
Механизирано разкъртване асфалтова настилка с d = 20 cm, лв./100 m ³ (E25)	Каменна основа от ръчно подреден едроломен камък (основен калдаръм), лв./m ³ (E18)	Площ на защитени зони по НАТУРА по ЗБР da/сценарий – 10000 годишна вълна (D49)	Натоварване разкопана земна почва на транспорт с багер, лв./m ³ (E6)

По-големи са разликите в средната стойност на показателя за различните варианти, като най-висока стойност има вариант 1), а най-ниска вариант 4). При това разположение на вероятностните криви и стойности на дисперсията и стандартното отклонение изборът на проект е по-труден, отколкото при предишния разглеждан сценарий. Базирайки се на резултатите, може да бъде избран проектът с пакет от мерки за корекция на реката с насипни диги и оперативни мерки – надграждане от чували с пясък. Пред-

почитанията идват от наличието на по-висока средна стойност на вероятностната крива на ENPV и почти еднаквите стойности на стандартното отклонение.

Класиране на вариантите според анализ „ползи-разходи“ в низходящ ред:

- i. Проект за реализиране на структурни мерки – корекция на реката с насипни диги и оперативни мерки – надграждане от чували с пясък;
- ii. Проект за реализиране на структурни мерки – корекция на реката с насипни диги и оперативни мерки – надграждане със сглобяеми модулни панели;
- iii. Проект за реализиране на структурни мерки – стоманобетонова корекция на реката и оперативни мерки – надграждане от чували с пясък;
- iv. Проект за реализиране на структурни мерки – стоманобетонова корекция на реката и оперативни мерки – надграждане със сглобяеми модулни панели.

Освен оценка, на показателя ENPV е направен също анализ на чувствителността, при който са определени основните вероятностни променливи, влияещи на средната стойност на показателя ENPV. Резултатите са във вид на торнадо графики и показват влиянието на входните вероятностни променливи в низходящ ред. В табл. 12 са обобщени основните шест променливи и за четирите пакета от мерки, влияещи на средната стойност на ENPV. Четири от тях са общи за всички варианти: площ транспортна инфраструктура, площ индустриална инфраструктура, в да, натоварване разкопана земна почва на транспорт с багер, лв./m³ и брой коли, като първите две са на първо и второ място по степен на влияние. На трето място е променливата: цени на прегради, за вариантите, в които има надграждане със сглобяеми панели. Освен тях, при мерките за корекция на реката с насипни диги и надграждане с чували влияние има и цената за механизано разкъртване на асфалтовата настилка с $d = 20$ cm, лв./100 m³, при мерките със ст.б. корекция на реката – цената за полагане на бетон М300 филцов – б.ломпа в стени за довежд. и отвежд. канали – филцов, лв./m³, а при мерките с корекция на реката с насипни диги – каменна основа от ръчно подреден едроломен камък (основен калдъръм), лв./m³. При проекта с мерките със ст.б. корекция на реката и надграждане с чували влияние има и променливата – площ на защитени зони по НАТУРА по ЗБР, да.

Вероятностните променливи – площ транспортна инфраструктура и площ индустриална инфраструктура, в да имат ключово влияние при всички разглеждани сценарии, и за сценарии 1000-годишна ВВ, и за 10000 годишна ВВ.

За формиране на показателя ENPV на проекта от мерки за стоманобетонова корекция на реката и надграждане от чували с пясък, превес имат вероятностните елементи на определяне на обобщената щета и в по-малка степен някои единични цени. При останалите варианти от мерки, с поравно влияние са вероятностните елементи на формиране на обобщената щета и единичните цени.

4. Заключение

В резултат на вероятностната оценка на икономическата ефективност на мерките за защита от наводнение след яз. Ясна поляна при сценарий: преливане на 10000-годишна ВВ през преливника (оразмерително водно количество с обезпеченост 0,1%) може да се направи следното обобщение:

1. Анализ „ползи-разходи“, извършен със симулационен анализ, позволява, чрез методите ENPV и BCR, да се определи вероятността за всяка от стойностите на пока-

зателите в определен обхват, отчитащ стохастичния характер на елементите, формиращи икономическата оценка на проектите от мерки за защита от наводнения.

2. С вероятностен анализ може да се направи сравнение и избор на проектите, както чрез средната стойност на ENPV, така и чрез показателите, характеризиращи риска, като стандартно отклонение, за да се избере предпочитан вариант. При избор на вариант между пакети от мерки за защита от 1000-годишна висока вълна по-ефективният пакет от мерки съдържа корекцията на реката с насипни диги. Вероятностният анализ е направен със софтуерен продукт. Всички варианти от мерки за сценарий от 10000-годишна вълна са икономически ефективни, като най-ефективният вариант е проект от мерки за защита чрез корекция на реката с насипни диги и надграждане с чували с пясък.

3. В резултат на анализ на чувствителността са определени основните вероятностни променливи, влияещи на средната стойност на показателя ENPV. Установено е, че ключови променливи, и за четирите варианта от мерки за защита от 10000 годишна висока вълна са: площ – транспортна инфраструктура, площ – индустриална инфраструктура, в дка, брой коли и единична цена за натоварване разкопана земна почва на транспорт с багер, лв./m³. Установено е, че ключови за двата варианта на пакети от мерки за защита от 1000 годишна висока вълна, са: площ на жилищни райони, площ транспортна инфраструктура, площ индустриална инфраструктура, в дка, натоварване и извозване на отпадъци, добити при разрушаване на сгради и брой засегнати жители. Освен тях, при мерките за корекция на реката с насипни диги влияние има и цената за каменна основа от ръчно подреден едроломен камък (основен калдъръм) в лв./m³, а при мерките за ст.б. корекция на реката – цената за система „Хюнебек“ – кофраж стени, лв./m².

4. Усъвършенстването на детерминираната оценка с включване на риск анализ, позволява да се определят допълнителните разходи, необходими за определяне на бюджета на разходите с изисквано ниво на доверителност и да се състави по-правдоподобен бюджет на проекта. Съставянето на бюджет, с определено ниво на доверителност, дава възможност да се отчете и отношението към риска на лицата или органите вземащи решение за проекта.

Предложеният подход води към методично усъвършенстване на защитата от наводнения чрез въвеждане на вероятностна оценка на ефективността на пакети от мерки за управление на риска от наводнения.

Благодарности

Изготвянето и публикуването на настоящата студия беше резултат от работата по научноизследователски проект към УАСГ-ЦНИП, с договор БН 197/2017. За провеждане на изследванията в проекта е използван специализиран софтуерен продукт @RISK 7.5.1, закупен с финансиране от ЦНИП – УАСГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геренски, А., Маврова-Гиргинова, М., Манчева Ж. Ефективно управление на риска от наводнения след язовири. // Годишник на УАСГ, 2017, 50 (3): 125 – 143.

2. Беляшка, М., Маврова-Гиргинова, М. Сценарии за разрушаване на язовирни стени при оценката и управлението на риска от наводнения. Шести Българо-Австрийски семинар „Практика и научни изследвания в областта на управлението на риска от наводнения”, 2013, София.

3. Манчева, Ж. Управление на риска в строителните проекти. Експертпринт, 2014, ISBN 978-619-7084-11-5.

4. Геренски, А., Маврова-Гиргинова, М., Ташева-Петрова, М., Беляшка, М. Проблеми на управлението на риска от наводнения в населени места след язовири. // Годишник на УАСГ, 2017, 50 (3): 145 – 164.

5. Palisade Corporation. User's Guide @RISK Risk Analysis and Simulation Add-In for Microsoft® Excel Version 7 July, 2016.

PROBABILITY ANALYSIS OF EFFICIENCY OF FLOOD RISK MANAGEMENT DOWNSTREAM AFTER DAMS

A. Gerenski¹, J. Mancheva², M. Mavrova-Guirguinova³

Keywords: flood risk, dam, management, efficiency, simulation method, probability

ABSTRACT

The paper proposes a methodological improvement in flood risk management by introducing a probabilistic assessment of the efficiency of management measures packages. To assemble the probability model, including the uncertainty of the main variables and risk events, a Monte Carlo simulation method was applied. Using such a model will enable the participants in the process of preparing and implementing flood risk management projects to have maximum access to preliminary information on the factors that affect the efficiency of the project.

¹ Angel Gerenski, Chief Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. “Construction Management and Economics”, UACEG, 1 H. Smirnski Blvd., Sofia 1046, e-mail: angel_gerenski@abv.bg

² Julieta Mancheva, Prof. Dr. Eng., Dept. “Construction Management and Economics”, UACEG, 1 H. Smirnski Blvd., Sofia 1046, e-mail: eng.mancheva@gmail.com

³ Maria Mavrova-Guirguinova, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Hydraulic Engineering”, UACEG, 1 H. Smirnski Blvd., Sofia 1046, e-mail: margir_fhe@abv.bg