



Получена: 18.03.2018 г.

Приета: 22.10.2018 г.

ОЦЕНКА НА РИСКА ПРИ УПРАВЛЕНИЕ НА ИНФРАСТРУКТУРНИ ПЪТНИ ПРОЕКТИ

Ж. Манчева¹

Ключови думи: риск, разход, график, симулационен метод, вероятност

РЕЗЮМЕ

Докладът предлага вероятностен модел за количествена оценка на въздействието на риск събития върху разходите и срока на изпълнение на обекти от пътната инфраструктура. За съставяне на вероятностния модел, включително за отчитане на неопределеността на основните променливи и рискови събития е приложен симулационен метод Монте Карло, чрез специализиран софтуерен продукт @RISK 7.5.1. Създаването и въвеждането на такъв модел ще даде възможност на участниците в процеса на подготовка и изпълнение на пътен проект, като изпълнители, възложители и бенефициенти, да имат максимален достъп до предварителна информация и влияние върху потенциалните събития, застрашаващи целите на проекта.

1. Въведение

Същността на управлението на пътни инфраструктурни проекти е да се извърши договорената дейност в рамките на бюджета, за договореното време и с наличните ресурси. Бюджетът, времето и ресурсите винаги са ограничени и управлението на проекти на практика е постоянен стремеж за вмястване в ограниченията. През последните години офанзивата да се завършат пътните проекти по оперативните програми в срок беше много голяма. През 2015 г. в експлоатация със съответните разрешения за ползване са пуснати 63 km – лот 2 от АМ „Марица“, участъкът Шумен – Белокопитово и дясното платно на Свиленград от Капитан Андреево, лот 4 на АМ „Струма“, обходния път на

¹ 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

Монтана и участък 1 от Западната дъга на СОП. Лот 4 на АМ „Струма“ Сандански – Кулата е пуснат за движение в средата на 2015 година след множество проблеми и затруднения. Процедурата за избор на изпълнител на Лот 4 на АМ „Струма“ Сандански – Кулата стартира на 20 юни 2011 г. На 31 юли 2015 г. е пуснато за движение основното трасе на лота, като довършителните работи продължават до 10 септември 2015 г., когато отсечката с дължина 14,7 km официално е въведена в експлоатация, след около четири-годишен период от стартирането на тръжната процедура и около 18 месеца закъснение.

Строежът на автомагистрала „Марица“ започва през 1979 година, като до края на 1991 година са пуснати в експлоатация пътни участъци с обща дължина 19,14 km. От средата на 1992 до 2010 година строителството на магистралата е изпълнявано по коригирани и променени няколкократно графици. От 1992 година по проекта са сключвани три договора – по един за всеки от трите участъка и 54 анекса. Общата стойност на изградените участъци за целия период е 132 милиона лева, сочат данните на АПИ. На 16 май 2007 е открит готов участък от 16,66 km (от km 71+011 до km 89+100) между Харманли и Любимец. Инвестицията е за 65 милиона лева. Впоследствие се оказва, че липсва износващият пласт асфалтобетон и участъкът е затворен за ремонт. Лот 2 на автомагистралата е с прогнозен бюджет за отсечката 105 милиона евро. Строителството започва на 26 юли 2011 г., като по договор изпълнителят трябва да завърши строителството в срок от 25 месеца (до август 2013 година), но впоследствие срокът е отложен за началото на юни 2015 г. През юли 2014 г. строителството на отсечката се оскъпява поради възложени допълнителни работи за около 16 млн. лева, включващи реконструкция за електропровод, укрепване на откоси, реконструкция на напоителни съоръжения, изграждане на армиран насип при пътен възел Димитровград, проектиране и изграждане на осветление при пътните възли Димитровград, Симеоновград и Харманли и изграждане на шумозащитни стени. След удължения на срока участъкът е пуснат в експлоатация на 28 май 2015 г. или с около 21 месеца над предварително заложения срок.

През 2015 г. е открит ЛОТ 1 Оризово – Димитровград от автомагистрала „Марица“ с дължина 31,4 km. Строителството започва през октомври 2011 г., а срокът по договор е 25 месеца. Срокът за изпълнение се удължава заради допълнителни дейности по отсечката. В крайна сметка на 29 октомври 2015 г. е открит ЛОТ 1 Оризово – Димитровград от автомагистрала „Марица“ с 23 месеца закъснение. Оскъпяването е с 43 млн. лева.

Проект „Обходен път на гр. Монтана“ – Път I-1 (E79) от km 102+060 до km 114+512.20 е по маршрута на общоевропейски транспортен коридор № IV и се осъществяват транспортните връзки между три европейски държави – Румъния, България и Гърция. Проектът е с обща дължина 12,452 km и срок за изпълнение 480 календарни дни /16 месеца/. Стойността на договора за СМР е 46 572 618.11 лв с ДДС и е сключен на 27 август 2013 г. С близо 6 млн. лв поскъпва изграждането на околновръстния път на Монтана заради завиряване след проливните дъждове в региона. Към 26.12.2015 г. има около 12 месеца забавяне.

Обходният път на Габрово беше обявен за нефункциониращ от УО на ОП „Транспорт и транспортна инфраструктура“. Строителството му трябва да завърши през 2018 г. Смята се, че от обекта са завършени около 46%. Ще има нужда от допълнителен бюджет – по него са използвани около 24 млн. евро от ОП, около 50 млн. лв е доплащането за този обект, което следва да се осигури от държавния бюджет [1].

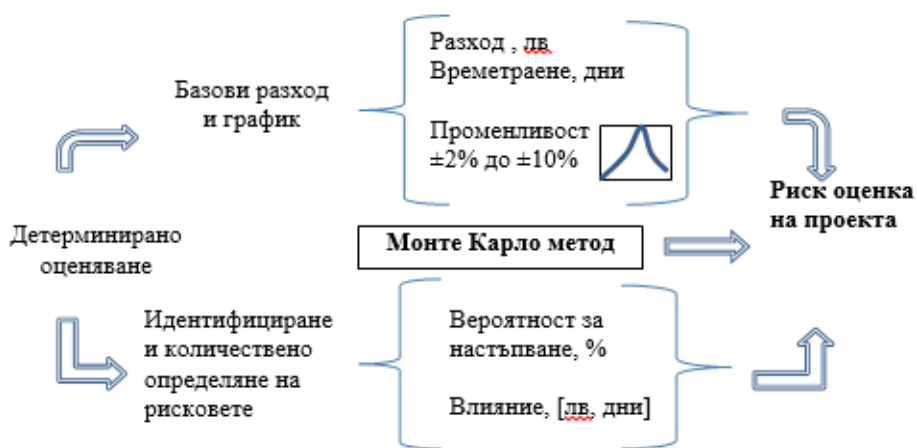
Текущото състояние за обекти от пътната инфраструктура показва надвишение на разходите до около 25% и надвишение на графика до 92%, като надвишението на времетраенето е в силна корелация с надвишение на бюджета. При голяма част от обектите е налице силна концентрация на изпълнение на работите преди пусковия срок, с цел наваксване на вече направените закъснения, което в определена степен рефлектира на

качеството на изпълнение и води до проблеми през експлоатационния период и най-важното – влияе на безопасността на ползващите крайния строителен продукт [2].

Преодоляването на текущите проблеми при управление на изпълнението и успешна реализация на проектите от пътно инфраструктурно строителство изисква висока ефективност на процеса и качествено управление на проекта, което задължително включва управление на риска. Настоящият доклад предлага разработване на вероятностен модел за управление на риска на обекти от пътната инфраструктура, приложен със симулационен анализ, с което може да се подпомогне управлението на проектите от пътния сектор, да се подобри ефективността на проектите, а оттам и икономическите, и социални ползи за обществото.

2. Вероятностен подход за управление на риска на пътен проект

Инфраструктурните пътни проекти са комплексни и сложни начинания и оценката на риска на такива проекти е също толкова сложен процес. Анализ на рисковите фактори и причините, водещи до превишаване на бюджета и графика на строителни проекти, включително и за пътна инфраструктура, е правено от редица изследователи, в различни държави и чрез различна методика. В България беше проведено проучване, в рамките на научноизследователския проект към ЦНИП-УАСГ, показващо основните причини за проблемите с времетраенето и бюджета при управление на пътни проекти [2].



Фиг. 1. Механизъм на оценка на риска на пътен инфраструктурен проект

Процесът на управление на рисковете на проекта обикновено включва изпълнението на следните етапи: *планиране на управлението на рисковете; идентификация на рисковете; качествена оценка на рисковете; количествена оценка на рисковете; планиране на реакцията при риск и мониторинг и контрол на рисковете*. Всички тези етапи си взаимодействат. Всеки от тях се изпълнява поне веднъж, във всеки проект. Механизмът на оценка на риска на пътен инфраструктурен проект схематично е показан на фиг. 1. Започва се с инженерното оценяване, което е детерминирано оценяване, с цел определяне и утвърждаване на базовия разход и график на проекта. Основавайки се на качеството на данните, включени в оценката, оценителите ще препоръчат обхват на променливостта на базовата оценка. След утвърждаването на базовия разход и график и опре-

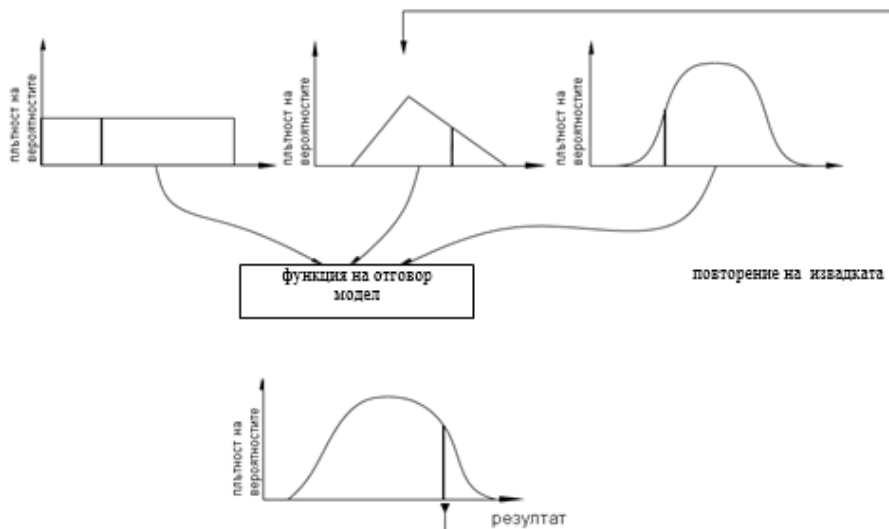
деляне на базовата променливост, експертите ще се фокусират на значимите риск събития, които могат да променят разхода и продължителността на проекта извън лимитите, дадени от базовата променливост. Тази дейност се нарича идентификация на риска. Детерминираната оценка се използва за детерминирано оценяване на разходите и графика и осигурява базата за съставяне на риск базираната оценка на проекта.

Проектната оценка за базовия разход и график се състои от два основни типа неопределеност: (1) епистемична (липса на знания) неопределеност и (2) случайна неопределеност.

Епистемичната неопределеност е произведена от липсата на знания за проекта и нейният магнитуд може винаги да бъде редуциран чрез придобиване на информация по проекта и/или чрез консултиране с експерти. Епистемичната неопределеност, позната също като неувереност, незнание, субективна несигурност, неспецифична или редуцируема неопределеност, може да бъде лесно редуцирана чрез получаване на познание за субекта [3]. Епистемичната неопределеност е определена като променливост. Променливостта се свива с напредването на проектирането, когато повечето данни за проекта стават известни. Променливостта, като епистемична неопределеност, има симетрично разпределение. Всяка асиметрия е необходимо да бъде подкрепена с риск събитие. Базовия разход и график се определят за условия, при които няма риск събития.

Вторият компонент на неопределеността в базовото оценяване има случаен характер и се произвежда от неконтролируеми промени. Познат е като случайна неопределеност, стохастична неопределеност, обективна неопределеност, дисонанс или нередуцируема неопределеност. Генерира се от природни бедствия, решения от по-високо ниво, пазарни условия и др. [4].

След потвърждение на базовия разход и график и след количествено определяне на рисковете, се включва Монте Карло методът, който използва хиляди итерации на правдоподобни случаи и създава база данни от възможни резултати. Базата данни е ресурс за създаване на хистограми, таблици, кумулативни функции на разпределения и торнадо диаграми, които ще визуализират кумулативния ефект на всички идентифицирани рискове и ще подпомагат вземащите решения да разберат по-добре проекта и неговата среда.



Фиг. 2. Схема на приложение на стимулационен метод Монте Карло

Прилагането на Монте Карло симулационен метод дава възможност за осигуряване на количествен резултат при оценка на риска. Резултатът се представя в таблична форма и графично, което създава възможности за онагледяване на резултатите от оценка и анализ на риска. В основата му е изграждането на модел, който отразява връзката между набор от входни величини и набор от изходни величини. Стойността на изходните величини ще зависи от стойността на набор от детерминирани и набор от случайни входни величини. Наличието и равнището на риска се определя от наличието и характеристиките на случайните величини. Изграденият за нуждите на симулацията модел трябва да е в състояние да изчисли стойността на изходните величини, ако са зададени стойностите на входните величини. Графична интерпретация на метода е показана на фиг. 2.

Съществуват разнообразни програмни продукти, предназначени за количествена оценка на риска [5]. Има продукти, които са специализирани за разработване на различни видове симулационни модели Монте Карло. Провеждането на компютърен експеримент с метода Монте Карло обикновено преминава през следните етапи:

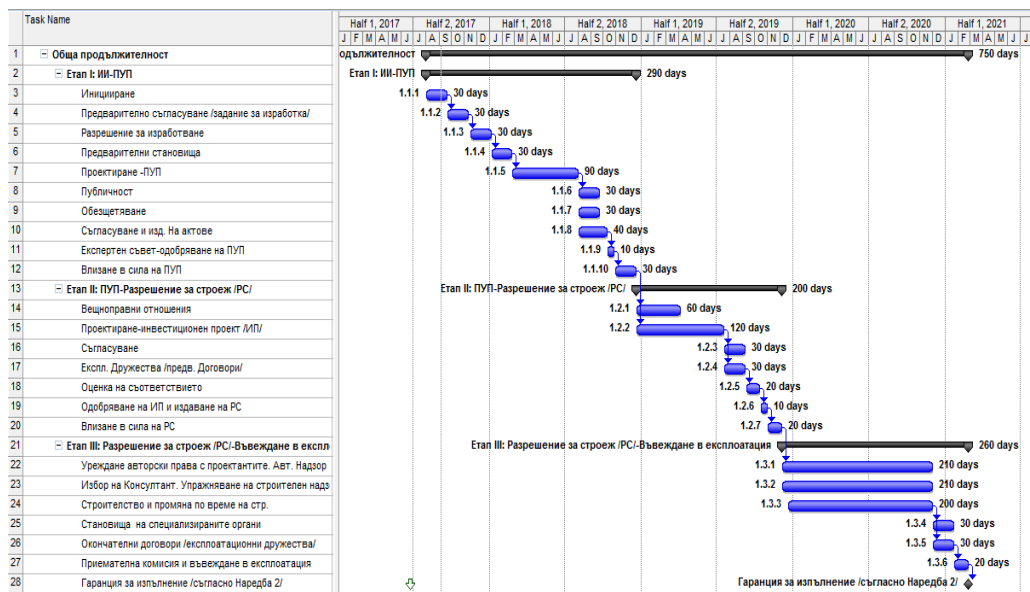
- i. Съставяне на математически модел, в който се определя връзката между входните величини (фактори) и резултатите във вид на математическо уравнение или неравенство.
- ii. Задаване на закон за разпределение на вероятностите за тези променливи на модела, чиито стойности не е възможно да се определят точно – т. нар. „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 изминали периоди за дадена входяща променлива, те може в определена степен 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.
- iii. Провеждане на компютърен експеримент, 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 и по този начин се получава извадка от възможните сценарии на бъдещото поведение на случайните величини на модела. Методът Монте Карло представлява извадков метод.
- iv. Пресмятане на основни числови характеристики на входящите величини и получените резултати и анализ на резултатите, включително и статистически анализ, анализ на риска, графични резултати и други в зависимост от възможностите на софтуерния продукт, с който се прилага метод Монте Карло.

3. Приложение на вероятностен модел за управление на риска на пътен проект

3.1. Входни данни в модела

Нека разгледаме как работи моделът на конкретен проект. Първоначално се определя времетраенето и разходите на пътния проект с детерминирана оценка. Времетраенето се определя с линеен график. Примерен линеен график на пътен проект, за изпъл-

нение на около 20 km магистрала, е показан на фиг. 3. Изпълнението на подобен обект без наличие на рискови събития и в прогнозен детерминиран вариант би отнело 750 дни, като времето за изпълнение е разделено на три етапа, съответно: Етап I обхваща всички дейности от инициране на проекта, през проектиране на ПУП, обезщетяване и влизане в сила на ПУП, с обща продължителност 290 дни; Етап II включва дейностите проектиране на инвестиционния проект, съгласуване, одобряване и издаване на разрешение за строеж, с продължителност 200 дни; и Етап III с дейности като строителство, строителен надзор, окончателни договори с експлоатационните дружества, организирани на приемателна комисия, с обща продължителност 260 дни. Графикът включва дейности и от четирите типа зависимости: край-към-начало (Finish-to-Start, FS), начало-към-край (Start-to-Finish, SF), начало-към-начало (Start-to-Start, SS) и край-към-край (Finish-to-Finish, FF). Повечето дейности в графика са от типа край-към-начало (FS) т.е. началото на работата по следващата дейност зависи от приключването на работата по предишната дейност. Етап I съдържа 10 позиции, етапи II и III съдържат по 7 позиции.



Фиг. 3. Линеен график за реализация на пътен инфраструктурен проект

При изпълнение на пътни инфраструктурни проекти трябва да се обърне специално внимание на изискванията на екологичното законодателство и опазването на недвижимото културно наследство и тяхното присъствие в графика, поради факта, че част от възможните рискови събития са свързани с тях. Заинтересовани страни са Министерството на околната среда и водите /МОСВ/и Министерството на културата /МК/, освен прекия Възложител, който най-често е Агенция „Пътна инфраструктура“ или община, при общински път. Дейностите, свързани с тези изисквания, по етапи, са:

Eman I:

– Позиция 2 (предварително съгласуване – задание) има съгласуване от МОСВ и МК на заданието за изработване. Допуска се изработване на ПУП (посочват се препоръки и указания).

– Позиция 8 (съгласуване и издаване на актове).

МОСВ се произнася по реда на гл. 6 от ЗООС и чл. 31 от ЗБР – по отношение на необходимостта от Екологичната оценка (ЕО) и ОВОС, съвместяването им, или липсата на необходимост от извършване.

МК се произнася по реда на Закона за културното наследство (ЗКН). Съгласно чл. 84 на ЗКН, МК съгласува – с писмено становище и заверка с печат.

Етап II:

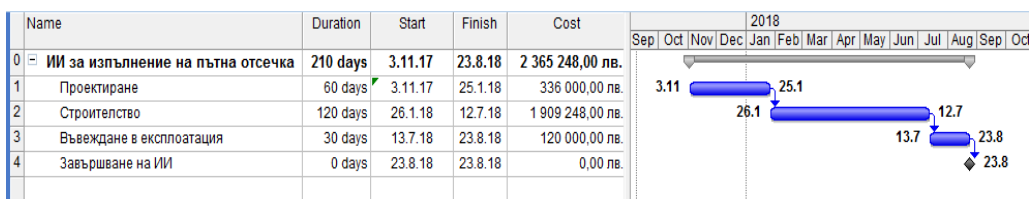
– Позиция 3 (съгласуване) – МОСВ и МК се произнасят по отношение на инвестиционните проекти (в случай, че се засягат обекти, предмет на контрол).

Етап III:

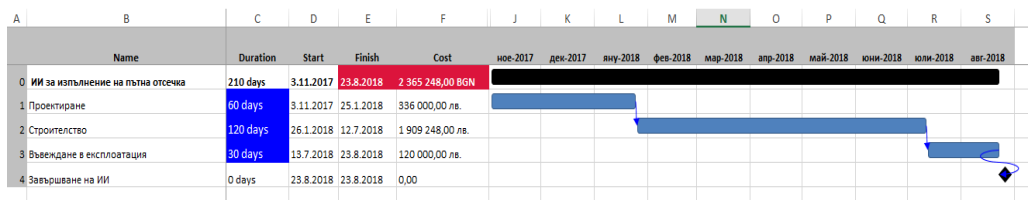
– Позиция 3 (строителство) – МОСВ и МК съблюдават изпълнението (в случай, че се засягат обекти, предмет на контрол).

– Позиция 4 (становища) – МОСВ и МК се произнасят по отношение изпълнението (в случай, че се засягат обекти, предмет на контрол).

С цел представяне на практическото прилагане на модела е направена извадка от линейния график и са избрани три позиции, една от етап II-проектиране и две от етап III-строителство и въвеждане в експлоатация. Приемаме, че частта от инвестиционната инициатива за трите дейности от изпълнение на пътна отсечка: проектиране, строителство, въвеждане в експлоатация е с обща продължителност от 210 дни и сумарна стойност 2 365 248 лв за всички дейности от уедрения график, вж. фиг. 4. Примерният уедрен график е съставен със сравнително популярния софтуер Microsoft Project. За да се приложи моделът за управление на рисковете, е използван софтуерен продукт RISK 7.5.1, индустриална версия, на американската компания Palisade Corporation. RISK 7.5.1 е съвместим с Microsoft Project и графикът преминава в среда на Microsoft Excel, за да може да се приложи риск анализът, вж. фиг. 5.



Фиг. 4. Уедрен линейен график, съставен с Microsoft Project

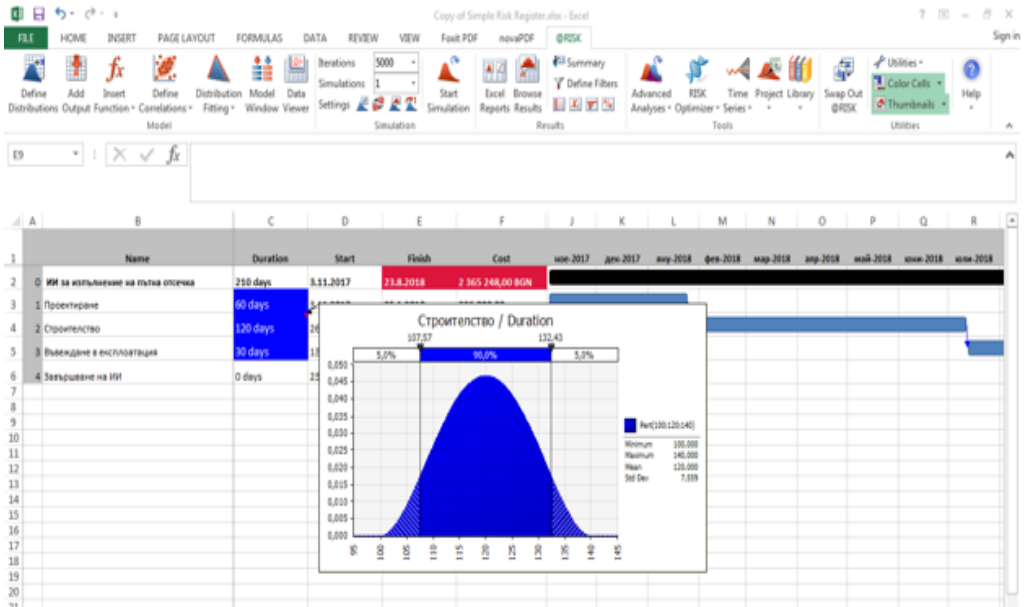


Фиг. 5. Уедрен линейен график в среда на Microsoft Excel за вероятностно моделиране

При детерминирания график всяка от дейностите е с продължителност съответно проектиране 60 дни, строителство 120 дни и въвеждане в експлоатация 30 дни. Продължителността на дейностите е приета условно. Трите дейности са от типа finish to start (FS), т.е. всяка следваща дейност започва след завършване на предходната.

3.2. Дефиниране на вероятностен математически модел

Вероятностният модел включва три вероятности величини и две резултативни. Използвано е вероятно разпределение RiskPert (minimum, most likely, maximum). Примерен вид на разпределението е показан на фиг. 6 за продължителността на една от дейностите – строителство, с дименсия дни. Перт (минимална, най-вероятна, максимална) определя разпределение с определени минимални, най-вероятни и максимални стойности. Разпределението на Перт 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 по-голяма гъвкавост и извита плътност в опашките. Често се използва за описване стохастичният характер на продължителност, разходи и цени в строителните дейности. С вероятностни разпределения са въведени всички продължителности на дейностите, посочени в табл. 1, за да се отчете тяхната базова променливост, която е нещо различно от риск събитието. Перт разпределението е симетрично. Най-вероятната стойност на разпределението съвпада с детерминираната стойност. Минималните и максималните стойности може да се определят по експертни оценки. Трите оценки на Перт разпределенията са посочени в последните три колони на табл. 1.



Фиг. 6. Уедрен линеен график в Microsoft Excel за вероятно моделиране с @RISK 7.5.1

Всяка дейност е със зададено начало и край с конкретна дата. Резултативните величини са в клетки E2 и F2 на фиг. 6, в червено. Едната резултативна величина е крайната дата на завършване на проекта, а другата е сумарният разход на проекта. Сумарният разход се получава като се съберат разходите по отделните дейности. Целта е да получим вероятно разпределение, посредством симулационен метод Монте Карло, на двете резултативни величини поотделно – разход и срок за изпълнение и вероятностни разпределения на дните и разходите, с които ще се надвиши планираният график и бюджет.

Таблица 1. Входни вероятностни променливи в модела

Category: Въвеждане в експлоатация							
Въвеждане в експлоатация / Duration	Tasks	C5		RiskPert(25;30;35;RiskStatic(ProjectFieldVal))	25	30	35
Category: Проектиране							
Проектиране / Duration	Tasks	C3		RiskPert(50;60;75;RiskStatic(ProjectFieldVal))	50	60,83333	75
Category: Строителство							
Строителство / Duration	Tasks	C4		RiskPert(100;120;140;RiskStatic(ProjectFieldVal))	100	120	140

Таблица 2. Рисковете в риск регистъра на модела

	A	B	C	D	E
1					
2	Риск регистър				
3					
4	Риск	Вероятност		Симулирано настъпване	Възникване?
5	R1 - Риск от неодобрение на клиент	40%		0	No
6	R2 - Екологичен риск	20%		1	Yes
7	R3 - Риск от цени на материали	50%		1	Yes
8					

Таблица 3. Въздействие на рисковете върху графика и разходите на проекта

Въздействия върху графика (дни) / Schedule Impact (days)							Въздействие върху разходите (лв) / Cost Impacts (BGN)							Риск функции за закъснения и разходи/Risk
Мин	Най-вероятна	Макс	Средна	Симулирано по график въздействие	Добавени дни към плана / Days added to plan	Мин	Най-вероятна	Макс	Средна	Симулирано разход въздействи	Добавени разходи към плана / Costs added to plan	Дата на добавяне на разходите		
15	20	30	8	21	21	25 000	50 000	75 000	20 000	50 000	50 000	-	TRUE	
15	30	45	6	30	30	-	-	-	-	-	-	-	-	
30	50	75	14	-	-	50 000	100 000	200 000	58 333	116 667	116 667	17.3.2018	116 666,67	
					51						166 667			

За да се получат тези резултати, трябва да се състави риск регистър. Съставен е риск регистър за управление на риска на проекта с три риска: R1 „Риск от неодобрение на проекта“, R2 „Риск, свързан с изпълнение на екологичните изисквания“ и R3 „Риск от повишаване на цените на материалите“. Основната характеристика на всеки риск е вероятността за настъпването му /табл. 2/ и въздействието върху графика и разходите на проекта /табл. 3/. Функциите на разпределенията могат да се използват за определяне на настъпването (или ненастъпването) на рисковете и тяхното въздействие, ако настъпят. При всяка итерация по време на симулационен анализ се определя дали да настъпи

определен риск или не, и неговото въздействие, ако настъпи. Рисковете в регистъра се проявяват по време на симулация.

Въздействието на рисковете от регистъра се свързва чрез формули на Excel и @RISK със задачите и ресурсите в проекта. Може, например, да се използва формула в клетка, която препраща стойността на въздействието в Регистъра на рисковете. На листа с дейностите формулата в клетка C5 /фиг. 6/, която е продължителността на дейност „Въвеждане в експлоатация“ е RiskPert(25,30,35,RiskStatic(ProjectFieldVal))+Risk Register!L6. По време на симулация тази формула изчислява продължителността на задачата „Въвеждане в експлоатация“ чрез сумиране на две стойности. Първо, разпределението RiskPert (25,30,35) генерира базова продължителност между 25 и 35 дни. След това се добавя въздействието на екологичния риск от регистъра (по отношение на допълнителните дни, необходими за „Въвеждане в експлоатация“ от клетка „Регистър на риска“!L6), ако се случи този риск.

ProjectFieldVal трябва да бъде добавен към клетка, свързана със задача или ресурс за проект, който е бил импортиран в Excel чрез @RISK. Тази клетка трябва да е препратка към клетка в работния лист за задачи /дейности/ или ресурси за даден проект. ProjectFieldVal връща стойността директно от Microsoft Project към съответната клетка в Excel. Това е полезно, за да може вероятностните разпределения (когато не се изпълнява симулация), да върнат същата стойност за дадено поле, както е показано в Microsoft Project. В противен случай може да се види средната стойност на разпределението в Excel, което може да не е същото като стойността в Microsoft Project. Ако например е въведена функцията RiskPert (53.1,59,80, RiskStatic (ProjectFieldVal)), в клетка в Excel, свързана с продължителността на дадена задача, стойността, показана в Excel, когато симулацията не се изпълнява („статичната“ стойност), ще бъде стойността, въведена в съответното поле за продължителност в Microsoft Project.

Регистърът съдържа два други възможни риска. Рискът от неодобрение на клиента води до добавянето на допълнителна задача (и свързаните с нея разходи) към графика, когато възникне рискът. Тази задача се извършва след дейността за проектиране, вероятно поради добавените ревизии и прегледи на проекта. Новата задача има различна продължителност и цена, както е изчислено в регистъра. Когато е необходимо по време на симулацията, функцията RiskProjectAddDelay добавя тази нова задача, свързана с риска, след дейността проектиране.

Таблица 4. Моделиране на настъпването на рисковете в риск регистър

	A	B	C	D	E
1					
2	Риск регистър				
3					
4	Риск	Вероятност		Симулирано настъпване	Възникване?
5	R1 - Риск от неодобрение на клиента	0,4		=RiskDiscrete({1\0};B5:C5;RiskStatic(0))	=IF(D5>0;"Yes";"No")
6	R2 - Екологичен риск	0,2		=RiskDiscrete({1\0};B6:C6;RiskStatic(1))	=IF(D6>0;"Yes";"No")
7	R3 - Риск от цени на материали	0,5		=RiskDiscrete({1\0};B7:C7;RiskStatic(1))	=IF(D7>0;"Yes";"No")

Таблица 5. Моделиране на въздействието на рисковете върху графика в риск регистър

Въздействия върху графика (дни) /Schedule Impact (days)/					
Мин	Най-вероятна	Макс	Средна	Симулирано график въздействие	Добавени дни към плана / Days added to plan
15	20	30	=RiskTheoMean(K5)*B5	=RiskPert(G5;H5;I5)	=RiskMakeInput(K5*D5;RiskName(A5&" Schedule Impact"))
15	30	45	=RiskTheoMean(K6)*B6	=RiskPert(G6;H6;I6)	=RiskMakeInput(K6*D6;RiskName(A6&" Schedule Impact"))
0	0	0	0	=RiskPert(G7;H7;I7)	=RiskMakeInput(K7*D7;RiskName(A7&" Schedule Impact"))
=SUM(G5:G7)			=SUM(H5:H7)	=SUM(I5:I7)	=RiskOutput()+SUM(L5:L7)

Таблица 6. Моделиране на въздействието на рисковете върху разходите в риск регистър

Въздействие върху разходите (лв)/Cost Impacts (BGN)						
Мин	Най-вероятна	Макс	Средна	Симулирано разход въздействие	Добавени разходи към плана/Costs added to plan	Дата на добавяне на разходите към плана/Date when Costs added to plan
25000	50000	75000	=RiskTheoMean(R5)*B5	=RiskTriang(N5;O5;P5;RiskName(A5&" Cost Impacts"))	=RiskMakeInput(D5*R5;RiskName(A5&" Cost Impacts"))	=RiskUniform(2018;1;1)
0	0	0	0	=RiskTriang(N6;O6;P6;RiskName(A6&" Cost Impacts"))	=RiskMakeInput(D6*R6;RiskName(A6&" Cost Impacts"))	=RiskUniform(2018;1;1)
50000	100000	200000	=RiskTheoMean(R7)*B7	=RiskTriang(N7;O7;P7;RiskName(A7&" Cost Impacts"))	=RiskMakeInput(D7*R7;RiskName(A7&" Cost Impacts"))	=RiskUniform(2018;1;1)
				=RiskOutput()+SUM(S5:S7)		

Моделирането на настъпването на рисковете в риск регистъра на модела е показано в табл. 4. За настъпването на риска се използва разпределението RiskDiscrete ($\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$, $\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$) с n възможни резултати. Всеки възможен изход има стойност X и вероятностна тежест p , която определя вероятността от възникване на резултата. Вероятностните тегла са единица, при сумиране. Това разпределение е много гъвкаво и може да се използва за всяка отделна група от възможности. В модела вероятността за настъпване на R1 е 40%, съответно вероятността за не настъпване е остатъкът до 100% или 60%. Вероятността за настъпване на R2 е 20% и вероятността за настъпване на R3 е 50%.

Моделирането на въздействието на рисковете върху графика в риск регистъра на модела е показано в табл. 5, а моделирането на въздействието на рисковете върху разходите – в табл. 6. В клетки K5, K6 и K7 на табл. 5 е въведено RiskPert (minimum,m.likely,maximum) вероятностно разпределение за определяне на въздействието на трите риска върху графика на проекта, ако настъпят За R1 най-вероятната стойност е 20 дни, а минималната и максималната съответно 15 и 30 дни. За R2 най-вероятната стойност е 30 дни, а минималната и максималната съответно 15 и 45 дни. И за последния риск R3 най-вероятната стойност е 0 дни, прието е, че този риск няма влияние върху графика на проекта, а само върху разходите му. В табл. 6, в клетки R5, R6 и R7 е

въведено RiskTriang (minimum, m.likely, maximum) вероятностно разпределение за определяне на въздействието на трите риска върху разходите на проекта, ако настъпят. За R1 най-вероятната стойност е 50000 лв, а минималната и максималната съответно 25 000 лв и 75 000 лв. За R2 най-вероятната стойност е 0 дни, прието е, че този риск няма влияние върху разходите на проекта, а само върху графика му. И за последния риск R3 най-вероятната стойност е 100 000 лв, а минималната и максималната съответно 50 000 лв и 200 000 лв. RiskTriang определя триъгълно разпределение, определено от минимална, най-вероятна стойност и максимална стойност. То може да бъде наклонено в двете посоки, в зависимост от позицията на най-вероятната стойност спрямо минималната и максималната. Това разпределение е може би най-лесно разбираемото разпределение за основните модели на риска. Недостатък за реалните приложения е, че не се позволяват никакви възможни стойности извън обхвата минимум-максимум.

Въздействията и върху двете цели на пътния проект: разход и график се утвърждават с функцията RiskMakeInput. За въздействието върху графика е посочено в клетки L5, L6 и L7 на табл. 5, а за въздействието върху разходите в клетки S5, S6 и S7 – на табл. 6. Дните, които ще се добавят към планирания график, за Риск 1 например, се утвърждават с функцията RiskMakeInput (K5*D5;RiskName(A5&“ Schedule Impact“)), като се отчита настъпването на риска и въздействието му, ако настъпи, в дни, а по отношение на разходите се използва RiskMakeInput (D5*R5;RiskName(A5&“ Cost Impact“)), като се отчита отново настъпването на риска и въздействието му, в лева, ако настъпи. По същия начин е и за другите два риска.

RiskMakeInput (формула) указва, че изчислената стойност за формулата ще се третира като входна величина за симулационния анализ, по същия начин като вероятностно разпределение. Тази функция позволява резултатите от изчисленията на Excel (или комбинация от разпределителни функции) да се третират като единствен „вход“ в анализ на чувствителността. Вероятностните разпределения, които предхождат или захранват функцията RiskMakeInput, не се включват в анализа на чувствителността на симулационните резултати. Това предотвратява двойно отчитане на въздействието им.

Същевременно функцията RiskMakeInput не трябва да бъде предшестваща на резултативната променлива, която да бъде включена в неговия анализ на чувствителността. Само разпределенията, които предхождат RiskMakeInput, се включват в анализа на чувствителността. RiskTheoMean (cellref) връща средната стойност на функцията на разпределение във формулата, в референтната клетка.

За да се добави разход към проекта на определена дата или в определен времеви диапазон, се използва функцията RiskProjectAddCost (CostToAdd, TimeToAdd), която добавя нова цена към проекта на датата TimeToAdd. Тази функция се използва за добавяне на допълнителни разходи към проекта, по време на симулация, в итерации, когато настъпи рисково събитие.

RiskProjectAddCost е активен само по време на симулация и добавя нов разход само към итерации, където аргументът CostToAdd е положителен. Разходът се добавя към проекта в работната книга, където се намира функцията. Например RiskProjectAddCost (10000, DATE (2018,1,1)) добавя нов разход от 10 000 на 1 януари 2018 г. или RiskProjectAddCost (RiskNormal (10000,1000), RiskUniform (DATE (2018,1,1), DATE (2019,1,1), RiskIsDate (TRUE))) добавя нов разход, взет от разпределението RiskNormal (10000,1000) на датата, взета от разпределението RiskUniform (DATE (2018,1,1), DATE (2019,1,1), RiskIsDate (TRUE))). Моделиране с тази функция е показано на табл. 7, клетка V7.

Таблица 7. Моделиране на надвишението на графика и разходите с рискове, въздействащи на точно определени задачи

	U	V	W
3			
4		Риск функции за закъснения и разходи/Risk Functions for Delays and Costs	
5		=RiskProjectAddDelay(INDIRECT(X5);L5;S5;RiskName(A5))	
6			
7		=RiskProjectAddCost(S7;T7;RiskName(A7))	

Таблица 8. Моделиране на надвишението на графика и разходите с риск, въздействащ на няколко задачи

	U	V	W	X	Y
3					
4		Риск функции за закъснения и разходи/Risk Functions for Delays and Costs		Задача със закъснение/Task To Delay	
5		=RiskProjectAddDelay(INDIRECT(X5);L5;S5;RiskName(A5))		=Tasks!&CHOOSE(RiskDiscrete({1,2,3});{0,3\0,3\0,4});Y5;Y6;Y7)	B3
6					B4
7		=RiskProjectAddCost(S7;T7;RiskName(A7))			B5
8					

За моделиране на закъсненията в графика при настъпване на рискови събития се използва функцията RiskProjectAddDelay (PrecedingTask, DelayLength, DelayCost), която добавя нова задача към проект след завършване на предходната задача. Тази задача или закъснение има определена дължина DelayLength и цена DelayCost. Функцията се използва за добавяне на допълнителна задача към проекта, по време на симулация, само при итерации, където възниква рисково събитие. RiskProjectAddDelay е активен само по време на симулация и добавя нова задача само към повторения, където аргументите DelayLength и DelayCost са положителни.

Предходната задача трябва да е препратка към клетка в работния лист със задачи /дейности/ за проекта. Редът, където се намира клетката, определя задачата, която ще се използва като предходна задача. DelayCost се присвоява на закъснението и се добавя към обобщената стойност на проекта в Microsoft Project.

В началото на всяка итерация всички задачи, добавени в предходната итерация от RiskProjectAddDelay, се премахват и проектът се връща към първоначалните си задачи.

В итерация, при която се добавя задача, наследникът на предходната задача се променя на новата задача, добавена от RiskProjectAddDelay. Наследниците с новата задача са определени за първоначалните наследници на предходната задача.

Ако няколко функции на RiskProjectAddDelay препращат към една и съща предходна задача и са активни в една итерация, задачите, които добавят, следват предходната задача последователно. Това означава, че втората задача за закъснение ще последва първото закъснение и т.н. Това позволява да се добави блок от задачи или забавяния, когато възникне рисково събитие.

В по-сложни ситуации, когато трябва да се моделира рисково събитие, което може да въздейства на няколко задачи или дейности, се използват допълнителни функции. Ако Риск 1, в нашия пример, води до допълнителна задача (и свързаните с нея разходи), която се добавя към графика и стойността на проекта, когато възникне рискът, тази нова задача може да възникне след дейностите за проектиране, строителство или въвеждане в експлоатация, в зависимост от изчислението на формулата в клетка X5 в листа с регистъра на риска, в табл. 8. Тази формула създава препратка към избраната задача (като текст), която след това се използва във функцията RiskProjectAddDelay, в клетка V5, от табл. 7. Функцията INDIRECT преобразува текста в клетка X5 в референция, която служи за посочване на задачата, която трябва да получи въздействието на риска. В клетка X5, е използвана функцията „Tasks!&CHOOSE(RiskDiscrete({1\2\3};{0,3\0,3\0,4});Y5;Y6;Y7), която съдържа дискретна функция за набор от задачи, в случая 3 и съответните вероятности за настъпване на всяка от задачите с референции в работен лист със задачи.

Таблица 9. Моделиране на настъпването на рискови събития

Category: R1 - Риск от неодобрение на клиента							
R1 - Риск от неодобрение на клиента / Simulated Occurrence	Risk Register	D5		RiskDiscrete({1\0};B5:C5;RiskStatic(1))	0	0,4	1
Category: R2 - Екологичен риск							
R2 - Екологичен риск / Simulated Occurrence	Risk Register	D6		RiskDiscrete({1\0};B6:C6;RiskStatic(1))	0	0,2	1
Category: R3 - Риск от цени на материали							
R3 - Риск от цени на материали / Simulated Occurrence	Risk Register	D7		RiskDiscrete({1\0};B7:C7;RiskStatic(1))	0	0,5	1

Таблица 10. Моделиране на въздействието на настъпилите рискови събития

Category: Yes							
Yes / Simulated Schedule Impact	Risk Register	K5		RiskPert(G5;H5;I5)	15	20,83333	30
Yes / Simulated Schedule Impact	Risk Register	K6		RiskPert(G6;H6;I6)	15	30	45
Yes / Simulated Schedule Impact	Risk Register	K7		RiskPert(G7;H7;I7)	0	0	0
Yes / Date when Costs added to plan	Risk Register	T7		RiskUniform(Date(2018;1;1);Date(2018;6;1);RiskIsDate(TRUE))	1.1.2018 г.	17.3.2018 г. 12:00:00	1.6.2018 г.

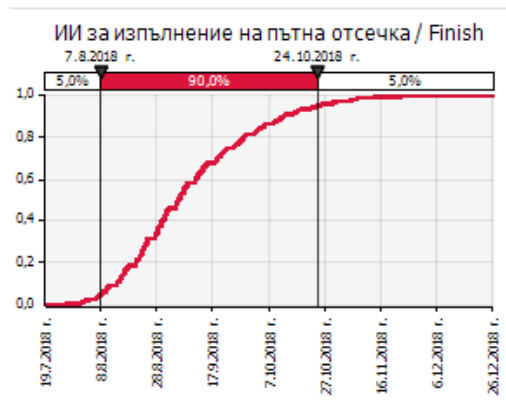
Визуализация, включително графична, на настъпването на трите риска, е показана в табл. 9, а в табл. 10 е моделиране на въздействието на рисковите събития. В тези две таблици са входните параметри за симулационния анализ.

3.3. Резултати от симулационен анализ

Резултатите от вероятностния модел са под формата на диференциална и интегрална графика, и статистически доклад, с конкретни стойности на вероятностните разпределения.

Отделни доклади за всяка от резултативните величини са в табл. 10 до 13, като в табл. 10 е докладът за симулационни резултати за крайния срок на завършване на пътната отсечка, табл. 11 са симулационни резултати за общия разход за проекта, табл. 12 са симулационни резултати за надвишение на времето за изпълнение на проекта и табл. 13 са симулационни резултати за надвишение на разхода за изпълнение на проекта.

Таблица 10. Симулационни резултати за времето /датата на завършване на проекта/ за изпълнение на проекта



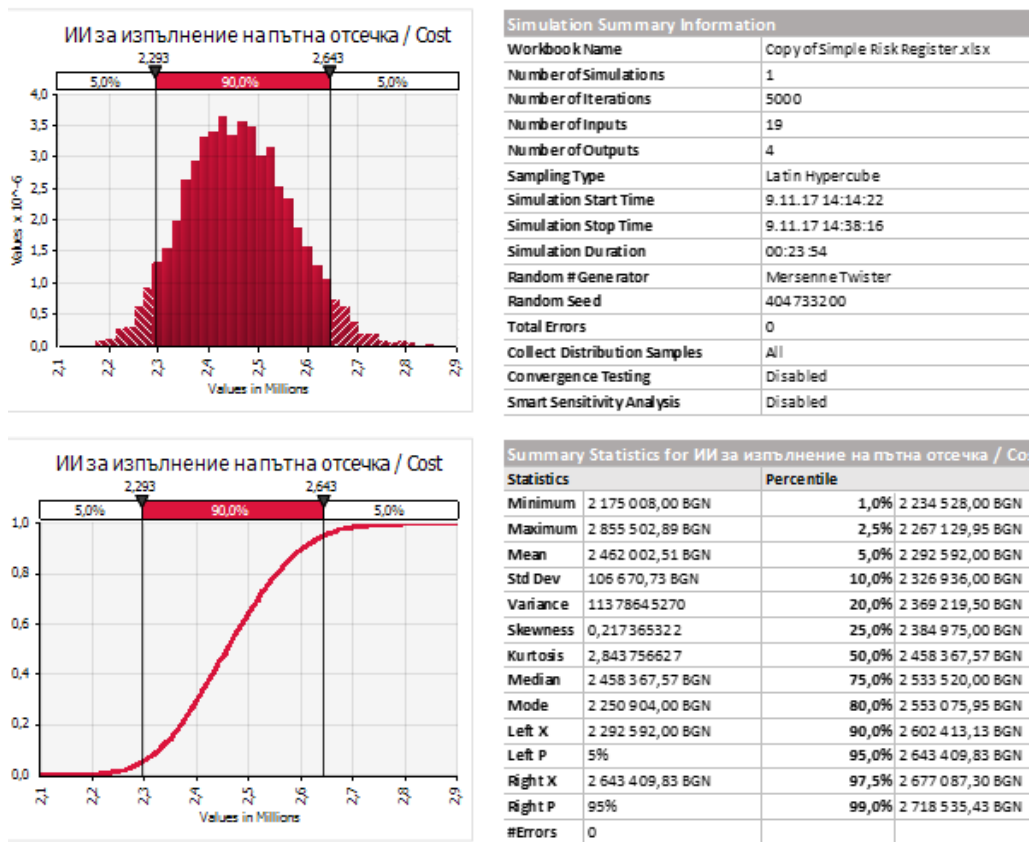
Simulation Summary Information	
Workbook Name	Copy of Simple Risk Register.xls
Number of Simulations	1
Number of Iterations	5000
Number of Inputs	19
Number of Outputs	4
Sampling Type	Latin Hypercube
Simulation Start Time	9.11.17 14:14:22
Simulation Stop Time	9.11.17 14:38:16
Simulation Duration	00:23:54
Random # Generator	Mersenne Twister
Random Seed	404733200
Total Errors	0
Collect Distribution Samples	All
Convergence Testing	Disabled
Smart Sensitivity Analysis	Disabled

Summary Statistics for ИИ за изпълнение на пътна отсечка			
Statistics	Percentile		
Minimum	20.7.2018	1,0%	31.7.2018
Maximum	18.12.2018	2,5%	3.8.2018
Mean	8.9.2018	5,0%	7.8.2018
Std Dev	23,97586917	10,0%	13.8.2018
Variance	574,8423024	20,0%	20.8.2018
Skewness	0,777731332	25,0%	22.8.2018
Kurtosis	3,344570744	50,0%	4.9.2018
Median	4.9.2018	75,0%	24.9.2018
Mode	27.8.2018	80,0%	28.9.2018
Left X	7.8.2018	90,0%	12.10.2018
Left P	5%	95,0%	24.10.2018
Right X	24.10.2018	97,5%	5.11.2018
Right P	95%	99,0%	14.11.2018
#Errors	0		

След провеждане на симулационния анализ се установява, че максималната дата на завършване на обекта е 18.12.2018 г., а най-рано проектът може да бъде завършен на 20.07.2018 г. Най-вероятната дата на завършване е 08.09.2018 г. Резултативното вероятностно разпределение е с дясно изтеглено рамо, и от статистическия доклад в табл. 10, може да се види при която и да е дата от обхвата между минималната и максималната, каква е вероятността за завършване на обекта на точно тази дата. Например, има 90%

вероятност проектът да бъде завършен до 12.10.2018 г. и 95% сигурност за завършване до дата 24.10.2018 г. От проведения анализ на чувствителността и от торнадо графиката, в долната част на същата таблица, става ясно, че от всички входни вероятностни променливи онези, които са с най-голямо влияние върху средната стойност на вероятностното разпределение на датата на завършване на обекта, са, в низходящ ред: екологичен риск, продължителността на дейност „строителство“, продължителността на дейност „проектиране“, риск от неодобрение на клиента при въздействие върху графика и риск от неодобрение на клиента при въздействие върху разходите. С тези параметри на модела трябва да се внимава особено и да се следи всяка тяхна непланирана промяна, защото те влияят в най-голяма степен на резултативната променлива: дата на завършване на проекта.

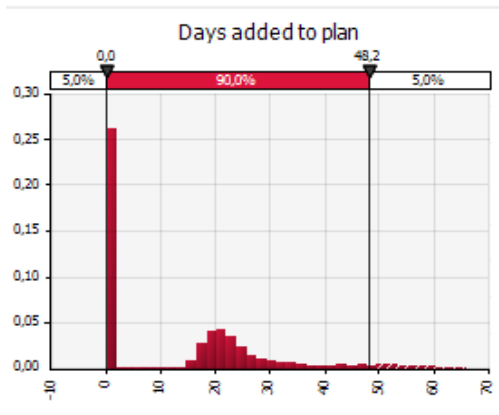
Таблица 11. Симулационни резултати за разходите за изпълнение на проекта



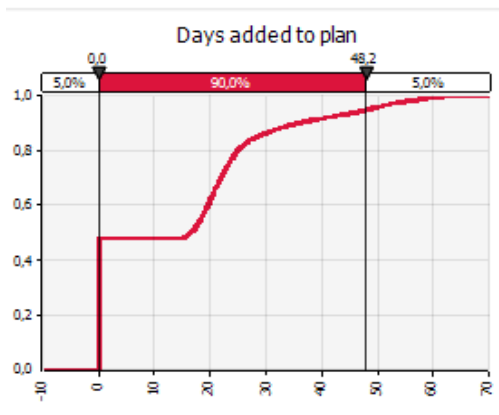
В табл. 11 са симулационните резултати за разходите за изпълнение на проекта. Минималната стойност на разходите, при тези входни параметри на модела, е 2 175 008 лв, а максималната стойност е 2 855 502, 89 лв. Резултатът е със средна стойност 2 462 002,51 лв и стандартно отклонение 106 670, 73 лв. Медианата е 2 458 367, 57 лв, а модата 2 250 904 лв. В резултат от вероятностния анализ можем да оценим несигурността и да установим, че бюджетът на проекта може да е 2 553 075, 95 лв или по-малко с 80% сигурност, или 2 643 409, 83 лв с 95% вероятност.

В табл. 12 са симулационните разходи за надвишението на планирания график, в дни. Максималният брой дни, с които може да се надвиши планираното време, са 66 дни. Ако заложим 17 дни закъснения, това може да се случи с 50% вероятност, съгласно симулационните резултати. Нашата цел ще бъде да сведем до минимум тези надвишения или закъснения от планираното и трябва да сме наясно с най-чувствителните в това отношение входни променливи, а те са екологичният риск и рискът от одобрение на клиента.

Таблица 12. Резултати за надвишение на времетраенето на проекта



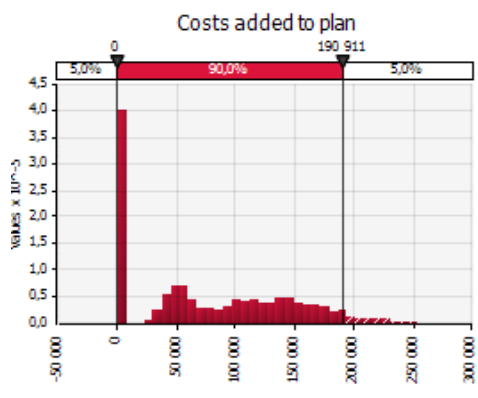
Simulation Summary Information	
Workbook Name	Copy of Simple Risk Regi
Number of Simulations	1
Number of Iterations	5000
Number of Inputs	19
Number of Outputs	4
Sampling Type	Latin Hypercube
Simulation Start Time	9.11.17 14:14:22
Simulation Stop Time	9.11.17 14:38:16
Simulation Duration	00:23:54
Random # Generator	Mersenne Twister
Random Seed	404733200
Total Errors	0
Collect Distribution Samples	All
Convergence Testing	Disabled
Smart Sensitivity Analysis	Disabled



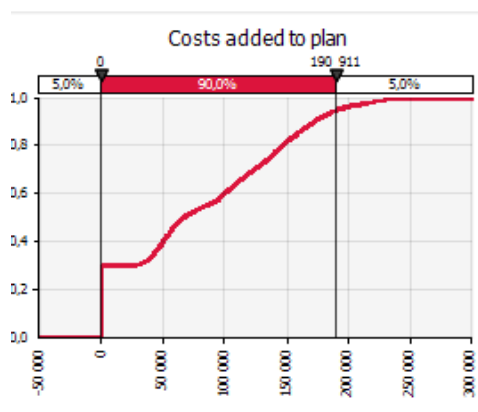
Summary Statistics for Days added to plan			
Statistics	Percentile		
Minimum	-	1,0%	-
Maximum	66	2,5%	-
Mean	14	5,0%	-
Std Dev	16	10,0%	-
Variance	255,9108738	20,0%	-
Skewness	0,874605105	25,0%	-
Kurtosis	3,038684227	50,0%	17
Median	17	75,0%	23
Mode	-	80,0%	25
Left X	-	90,0%	36
Left P	5%	95,0%	48
Right X	48	97,5%	54
Right P	95%	99,0%	58
#Errors	0		

По същия начин е ситуацията с надвишението над планираните разходи за проекта, които са последната резултативна величина от вероятностния модел и са показани в табл. 13, като резултат от симулацията. Максималният размер на надвишение на разходите, при заложените параметри в модела е 268 153 лв. Има 50% вероятност надвишенията да бъдат равни или по-малки от 66 178 лв. Подробно, през определени проценти, може да се получи информация за всяко надвишение и неговата вероятност да се случи от статистическия доклад, разположен в долната, дясна част на табл. 13. Резултативната величина отново е в диференциален и интегрален графичен вид.

Таблица 13. Резултати за надвишение на разходите за изпълнение на проекта



Simulation Summary Information	
Workbook Name	Risk Register.xlsx
Number of Simulations	1
Number of Iterations	5000
Number of Inputs	19
Number of Outputs	4
Sampling Type	Latin Hypercube
Simulation Start Time	9.11.17 14:14:22
Simulation Stop Time	9.11.17 14:38:16
Simulation Duration	00:23:54
Random# Generator	Mersenne Twister
Random Seed	404733200
Total Errors	0
Collect Distribution Samples	All
Convergence Testing	Disabled
Smart Sensitivity Analysis	Disabled



Summary Statistics for Costs added to plan			
Statistics		Percentile	
Minimum	-	1,0%	-
Maximum	268 153	2,5%	-
Mean	78 524	5,0%	-
Std Dev	67 760	10,0%	-
Variance	459 13823 51	20,0%	-
Skewness	0,3427 19214	25,0%	-
Kurtosis	1,9454 02652	50,0%	66 178
Median	66 178	75,0%	135 811
Mode	-	80,0%	146 630
Left X	-	90,0%	172 039
Left P	5%	95,0%	190 911
Right X	190 911	97,5%	211 908
Right P	95%	99,0%	228 516
#Errors	0		

4. Заключение

Инфраструктурните пътни проекти са комплексни проекти и оценката на риска на такива начинания изисква специфична методология и подход. Рисковите събития, като причинители на закъснения и надвишения на бюджета са често взаимно свързани. Транспортните проекти имат много участници, повечето от които носят отговорност към риска. Всички пътни проекти, финансирани по новата Оперативна програма „Транспорт и транспортна инфраструктура“ 2014 – 2020 г., са изключително сложни за изпълнение и изискват голяма мобилизация и добър експертен потенциал на бенефициенти и изпълнители.

Основен принос на разработката е методичното усъвършенстване при управление на риска на пътен проект, чрез въвеждане на подхода на вероятностна оценка на разход и график на пътен инфраструктурен проект.

Създаден е действащ модел за практическо приложение на вероятностен модел чрез оценка на разхода и график и симулационно моделиране по метода Монте Карло. Разработеният модел съдържа модул за вероятностна оценка на надвишение на времетраенето и разходите при изпълнение на пътния проект.

Прилагането на вероятностен подход на управлението на рисковете ще подобри управлението на проекта и ще въведе добра строителна практика у нас, което ще помогне

не на специалистите в областта на пътно-транспортните проекти да се съсредоточат върху потенциалните източници на риск още във фазата на планиране. Чрез управление на потенциалните рискове ще се подобри бюджетът и изпълнението на графика на проекта. Ефективно могат да бъдат определени резерви от време при възникване на рискови събития, както и да се планират резервни разходи и време за потенциални рискови събития, което ще доведе до предвидимост и по-добро планиране на проекта.

Благодарности

Изготвянето и публикуването на настоящата студия беше проведено в рамките на работата по втория етап от научноизследователски проект към УАСГ-ЦНИП, с договор БН 185/2016. За провеждане на изследванията в проекта е използван специализиран софтуерен продукт @RISK 7.5.1, закупен с финансиране от ЦНИП-УАСГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Василева, М.* Пътни проекти на България 2017-2020, 2017. http://infrastructure.bg/news/2017/07/13/3001138_putni_proekti_na_bulgaria_2017_-_2020/, последно посетен на 12.10.2018 г.

2. *Манчева, Ж., Ф. Рангелова, В. Попова.* Рискови фактори, влияещи на разходите и графика за изпълнение на инфраструктурни пътни проекти в България. // Годишник на Университета по архитектура, строителство и геодезия, том 50, бр. 4, стр. 185-198, 2017. http://uacg.bg/UserFiles/File/UACEG_Annual/2017/%D0%91%D1%80%D0%BE%D0%B9_4/13-S.pdf, последно посетен на 12.10.2018 г.

3. *Манчева, Ж.* Епистемична неопределеност при инженерна оценка на базовите разход и график на строителни проекти. // Годишник на МГУ „Св. Иван Рилски”, том 59, св. IV, стр. 89-94, 2016.

4. *Манчева, Ж.* Управление на риска в строителните проекти. Експертпринт, София, 2014.

5. *Palisade Corporation.* User's Guide @RISK Risk Analysis and Simulation Add-In for Microsoft® Excel Version 7 July, 2016 http://www.palisade.com/downloads/documentation/75/EN/RISK7_EN.pdf, последно посетен на 12.10.2018 г.

RISK MANAGEMENT MODEL IN INFRASTRUCTURE ROAD PROJECTS

J. Mancheva¹

Keywords: risk, cost, schedule, simulation method, probability

ABSTRACT

The paper proposes a probabilistic model for quantifying the impact of risk events on the cost and timing of implementation of road infrastructure projects. To compile the probability model, including the uncertainty of the main variables and risk events, a Monte Carlo simulation method is applied using the specialized software product @RISK 7.5.1. Creating and implementing such a model will enable participants in the process of preparing and implementing a road project, such as contractors, contracting authorities and beneficiaries, to have maximum access to prior information and impact on potential events endangering the project objectives.

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