

ЕПИСТЕМИЧНА НЕОПРЕДЕЛЕНОСТ ПРИ ИНЖЕНЕРНА ОЦЕНКА НА БАЗОВИТЕ РАЗХОД И ГРАФИК НА СТРОИТЕЛНИ ПРОЕКТИ

Жулиета Манчева

Университет по архитектура, строителство и геодезия, 1046 София, eng.mancheva@gmail.com

РЕЗЮМЕ. Епистемичната неопределеност е компонент на базовата неопределеност при инженерна оценка на базовите разход и график на строителния проект. Докладът разглежда формата на вероятностно разпределение за дефиниране на епистемичната неопределеност, наричана още базова променливост. Анализират се често използвани вероятностни разпределения за определяне на базовата променливост. Резултатите са в полза на симетричното вероятностно разпределение като по-коректен и прецизен избор спрямо несиметричното вероятностно разпределение за представяне на епистемичната неопределеност.

Ключови думи: епистемична неопределеност, базова променливост, риск, оценка, вероятностно разпределение, базов разход и график

EPISTEMIC UNCERTAINTY IN ENGINEER'S ESTIMATE OF THE BASE COST AND SCHEDULE OF CONSTRUCTION PROJECTS

Julietta Mancheva

University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, 1046 Sofia, eng.mancheva@gmail.com

ABSTRACT. The epistemic uncertainty is component of the base uncertainty in engineer's estimate of the base cost and schedule of the construction project. The report considers the shape of the probability distribution for define epistemic uncertainty, called base variability. Commonly used probability distributions are analyzed for determination the base variability. The results are in favor of symmetrical probability distribution as more correct and precise choice to unsymmetrical probability distribution for presentation of the epistemic uncertainty.

Keywords: epistemic uncertainty, base variability, risk, estimate, probability distribution, base cost and schedule

Въведение

Строителните проекти са изложени на риск и работят в несигурна среда. Причина за това са фактори като различни етапи на планиране, проектиране и строителство, наличие на различни групи по интереси (възложители, проектанти, строители, кредитиращи институции, консултанти, доставчици и т.н.), различни ресурси (работна ръка, материали, оборудване и средства), финансови и икономически фактори, политическа среда и/или законови разпоредби.

Детерминираното оценяване на разходите и графика на строителния проект не отчита факторите риск и несигурност. За да бъде по-добро управлението на един строителен проект трябва да се включи и риск анализ при инженерното оценяване на проекта. Настоящата разработка разглежда някои компоненти на оценяването с риск анализ и дефинира понятия и термини, които са малко третиран в специализираните издания, особено при управлението и оценката на строителни проекти.

В специализираната научна литература се срещат различни определения, свързани с понятието „риск“ (Regu and Hayes, 1985). В строителните проекти „риск“ се определя като шанса за поява на отрицателно или положително събитие, засягащо целите на проекта, като следствие от несигурността (Al-Baha and Crandall, 1990).

Под „риск“ в управлението на строителни проекти се разбира въздействие на несигурността върху целите на проекта /бюджет, график, обхват/. Несигурността е състояние на недостиг от информация, свързана с разбирането и знанието за дадено въздействие, неговите последствия или вероятност.

Повечето автори използват променливост, неопределеност и рискове като взаимозаменяеми думи, но на практика това са различни понятия. Американският учен Франк Найт пръв определя практическата разлика между категориите риск и неопределеност в Knight (1921). В неговата дисертация „Риск, несигурност и печалба“, Найт формулира известното разграничение между риск (случайност с известни възможности) и несигурност (случайност с неизвестни възможности). При риска разпределението на резултатите в група е известно чрез априорни изчисления или от изучаване статистиката на предшестващия опит, а при неопределеността това липсва. Тази липса много често е предизвикана от невъзможността да се извърши групиране на случаите поради уникалността на ситуацията. Пояснение за риска и неопределеността може да се даде със следния пример: Нека в една урна има 10 топки - 8 бели и 2 черни, то рискът да се изтегли една черна топка е с вероятност 1/5. Ако обаче не се знае колко и какви топки има в урната, то тогава ситуацията е на неопределеност (Попчев, 2004).

В изложението е въведен и терминът променливост, дефиниран като обхват на диапазона от очаквани стойности на конкретен риск или въздействие, породен от неопределеността. Съществуват техники, една от които е симулационен метод „Монте Карло“, които могат да се използват за намаляване на променливостта на оценките, при условие, че разполагаме с достатъчно данни, за да проведем симулационен анализ.

Докладът анализира епистемичната неопределеност, като елемент на неопределеността при оценка на базовите разход и график на строителни проекти. Епистемичната неопределеност е дефинирана тук като базова променливост. Застъпва се тезата за използване на симетрично вероятностно разпределение при въвеждане на базовата променливост като част от оценката на разхода и графика на проекта с включен риск анализ. Анализирани са някои често използвани вероятностни разпределения като триъгълно, ПЕРТ и правоъгълно. Изследвани са влиянието на различните форми на разпределенията, както едно спрямо друго, така и върху детерминираната оценка на проекта по отношение на основните му цели – разход и график.

Базовите разход и график на проекта като част от оценка на проекта с риск анализ

Оценката с риск анализ трябва да се разглежда като интеграция на риск оценяване на разходите и графика на проекта и е разяснена в Манчева (2014), където е наречена риск базирана оценка. Детерминираната оценка се използва като фундамент за развитие на риск базираната оценка. Базовите разходи и график на проекта, като част от риск базираната оценка, са детерминираната оценка на проекта с включена базова променливост. Процесът на оценяване на разхода и графика с риск анализ е показан на фиг.1.

Детерминираното оценяване игнорира ефекта на несигурност и не взема предвид рисковите събития, които могат да променят оценката по позитивен или негативен начин. С детерминираното оценяване няма възможности да се управлява проактивно риска.

Процесът започва със съществуващото оценяване, наричано инженерно оценяване, което трябва да съдържа всички разходни компоненти, които формират оценката на проекта. Инженерното оценяване се осъществява по методология на детерминираното оценяване. Оценяващият проекта утвърждава базовия разход и график, получени в резултат на инженерното оценяване. Основавайки се на качеството на данните включени в оценката, оценителите трябва да препоръчат обхват на променливостта на базовата оценка на разхода и графика.

След утвърждаването на базовите разход и график и определяне на базовата променливост, експертите се фокусират на значимите риск събития, които могат да променят разхода и продължителността на проекта извън лимитите, дадени от базовата променливост. Тази дейност е известна като риск разкриване или идентификация на риска.



Фиг. 1. Процес на оценяване на разход и график с риск анализ на строителен проект

След потвърждение на базовите разход и график и след количествено определяне на рисковете се включва симулационния метод „Монте Карло“, 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.

Стойността на оценката на базовите разход и график трябва да бъде толкова точна, колкото проектните условия позволяват. Те са крайъгълният камък на проектното оценяване и всяка грешка ще индуцира линейни грешки в общата оценка на проекта.

Основните стъпки на процеса на определяне на базовите разход и график са следните:

- Преглед и утвърждаване на основата за оценка /допусканията по проекта/;
- Преглед на проектните разходи и график;
- Отстраняване на скритите или изрично представени непредвидени разходи;
- Включване на „непознати разходи“ по различни въпроси;
- Определяне променливостта на базовата оценка.

Прегледът на допусканията по проекта е изучаване, дискусия и документиране на основата за оценяване. Тази стъпка е много важна, защото помага на участниците занимаващи се с този процес, по-добре да разберат проекта като обхват и график. Резултатите от тази стъпка ще положат основите на риск идентификацията.

По време на прегледа на проектните разходи и график, оценителите преглеждат единичните цени и количествата и ги обновяват, ако е необходимо, въз основа на разполагаемата информация. Важен аспект е да се документират всякакви промени, които са направени спрямо базовата оценка.

При отстраняване на скритите или изрично представени допълнителни разходи, оценяващите се фокусират върху премахването на всички допълнителни разходи, които са скрити или са включени в различни точки, за да покрият сценарии „Какво, ако...“ или рискове. Премахнатите допълнителни разходи ще бъдат заменени с ясно идентифицирани и количествено определени рискове. Остава само едно разходно перо, допълнение за непредвидени разходи, което ще покрива малки пропуски или грешки в проекта.

Непознатите разходи по различни точки понякога са наричани надценки по проекта. Тази стъпка покрива разходите по точки, които са включени в проекта, но по времето на оценяването има малко или няма данни за това колко биха могли да струват.

След окончателното утвърждаване на базовите разход и график на проекта е необходимо да се оцени базовата променливост, която е епистемичния компонент на базовата неопределеност.

Оценяване на проекта с включен риск анализ дава по-реалистичен поглед на перспективите пред проекта. Тази прогнозируемост ще помогне на проектните ръководители да приоритизират усилията си, да фокусират ресурсите по-ефективно и да вземат необходимите решения, за да управляват разходите, графика и риска.

Базова неопределеност

Настоящият доклад прави ясно разграничение между базова променливост и базова неопределеност. Неопределеността на базовата оценка създава диапазон за базовите разходи. Когато е използвана голяма неопределеност за базовите разходи и график, има реална опасност моделът да дублира влиянието на много незначителни рискове и да създаде значително и неоправдано преместване надясно на цялото разпределение.

Базовата неопределеност на оценката на разхода и графика на проекта 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 (Karanki, 2009).

Епистемичната неопределеност е дефинирана като базова променливост. Променливостта се свива с напредването на проектирането, когато повечето данни за проекта стават известни. Променливостта трябва да има симетрично разпределение. На фиг. 2 е представен базов разход от 10 млн. валутни единици с $\pm 10\%$ променливост. Променливостта показва абсолютните граници на диапазона на разпределението т.е. базовият разход не може да бъде по-голям от 11 млн. валутни единици и по-малък от 9 млн. валутни единици. Всяка асиметрия е необходимо да

бъде подкрепена с риск събитие. Базовите разход и график се определят за условия, които са лишени от рискови събития.



Фиг. 2. Базова променливост от $\pm 10\%$

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. Тя не е предмет на настоящия доклад.

Базовата променливост като компонент на базовата неопределеност

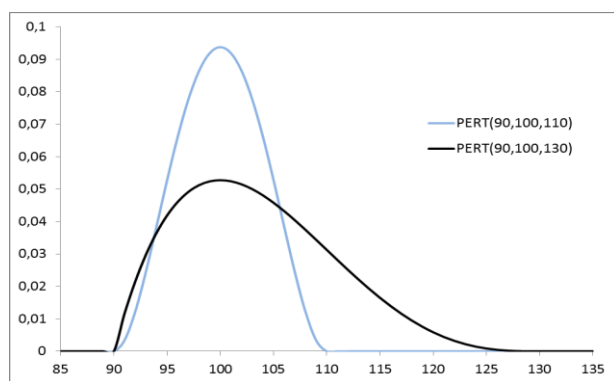
Има различни становища за това как променливостта следва да се приложи към базовите разходи и график. Някои прилагат обхват и форма на всяко разходно перо с принос към базовия компонент, но това е практика, която води до необосновано тесен обхват, ако няма позитивна корелация. В много случаи обхватът, приложен на базова оценка или базов компонент, е асиметричен (-10% , $+20\%$). Асиметричното разпределение на базовата променливост е възможно да има негативни последици за целия процес на оценяване. Най-лошият случай се създава, когато широката базова неопределеност е оправдана с различни събития, които могат да се случат, но не са идентифицирани т.е. рисковете се разглеждат, но не се идентифицират и определят. Когато се проведе процесът на идентифициране на рискове, тези които са скрити в базовата неопределеност, могат да бъдат определени и включени в анализа. Така анализът ще дублира техния ефект. За да се избегне този проблем е необходимо базовата променливост да изключва всякакви рискови събития.

Нека направим сравнителен анализ на това, как ще повлияе на базовата оценка, ако приемем асиметрично разпределение на базовата променливост и каква е разликата ако изберем симетрично разпределение на някои често използвани разпределения.

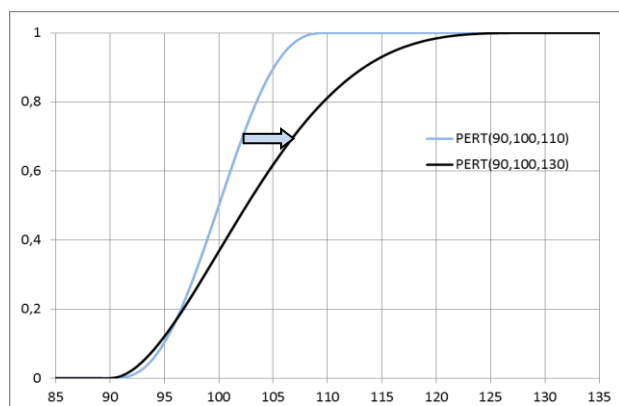
ПЕРТ разпределение

Разпределението на Бета-ПЕРТ (наричано в изложението ПЕРТ разпределение) е полезен инструмент за моделиране на експертни данни. Когато се прилага симулационен анализ „Монте Карло“, разпределението на

ПЕРТ може да се използва за идентифициране на рискове в проекта, както и в разходни модели с произволен брой компоненти на проекта. Разпределението на ПЕРТ е в по-голяма степен реалистично вероятностно разпределение отколкото разглежданите по-нататък триъгълно и правоъгълно разпределения, заради по-доброто му представяне в областта на опашките. ПЕРТ разпределението се описва с три параметъра: минимална, най-вероятна и максимална стойност. В зависимост от предоставените стойности ПЕРТ разпределението може да се приближи до нормалното или логнормално разпределение. Визуално сравнението при прилагане на ПЕРТ симетричното разпределение и ПЕРТ асиметрично е показано на фиг. 3. Двете разпределения имат еднаква най-вероятна стойност, 100 единици, с дименсия във валутни единици за измерване на разходите или във времеви единици, обикновено месеци, за измерване на графика или времетраенето на проекта. Симетричното ПЕРТ разпределение се дефинира с $\pm 10\%$ от средната стойност за минимум и максимум на обхвата, а асиметричното ПЕРТ разпределение се дефинира с -10% под най-вероятната стойност за минимална стойност и $+30\%$ върху най-вероятната стойност за максимална стойност.



Фиг. 3. Графика на функция на вероятностна плътност на случайна величина с ПЕРТ разпределение - симетрично и несиметрично



Фиг. 4. Графика на функция на разпределение на случайна величина с ПЕРТ разпределение - симетрично и несиметрично

Приемаме, че най-вероятната стойност от 100 единици представлява базовия разход на проекта, оценен по детерминиран начин. При симетрично ПЕРТ разпределение минималната стойност е 90 валутни единици, а максималната 110 валутни единици, ако измерваме разхода. При асиметричното ПЕРТ разпределение минималната стойност е 90 валутни единици, най-вероятната е

100, а максималната стойност съответно 130 валутни единици.

Таблица 1.

Статистически данни на ПЕРТ разпределение - симетрично и несиметрично

функция	PERT(90,100,110)	PERT(90,100,130)	делта
Минимум	90	90	
Максимум	110	130	
Средно аритм.	100	103.33	3.33%
Мода	100	100	
Медиана	100	102.55	2.55%

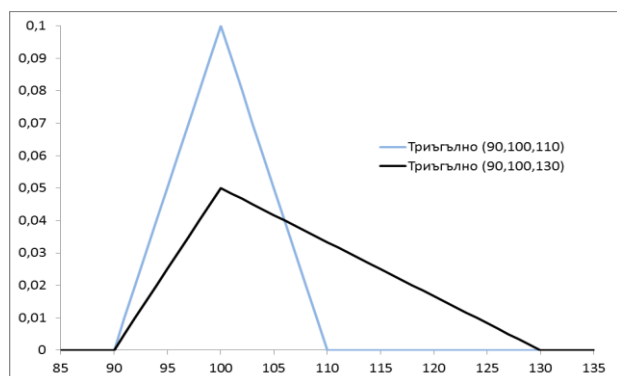
Кумулативната функция на разпределението на фиг. 4, показва, че базовата оценка на разхода от 100 единици е с по-високо ниво на доверителност /приблизително 50%/ при симетричното вероятностно разпределение, докато при асиметричното, същият базов разход /или базов график/ е с ниво на доверителност под 40%. Разликата в нивата на доверителност е над 10% в полза на симетричното разпределение. При 70% ниво на доверителност, при което много фирми често създават бюджета си, ако приемем, че анализирам разхода, асиметричното разпределение показва увеличение от 5% на разхода спрямо симетричното, показано със стрелка на фиг. 4, а спрямо детерминираната базова стойност дава увеличение от 7,5%. Неточностите, които се получават при използване на асиметрично разпределение сравнено със симетрично ПЕРТ разпределение са посочени в последната колона на табл. 1, делта, отчитайки статистическите данни. Делта показва допълнителното и ненужно завишаване на разхода /графика/ от асиметричността на разпределението. Средната стойност и медианата са увеличени средно със 3%, което подсказва скрита смяна на базовия разход /базовия график/ към по-висока стойност, и тази промяна генерира ефект, който се отнася до недокументирана и неоправдана промяна в базовите стойности.

Триъгълно разпределение

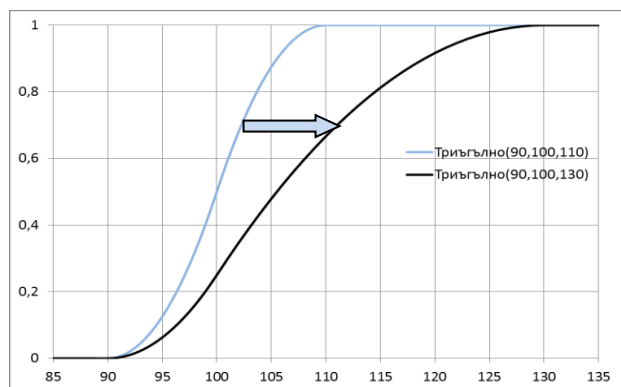
Триъгълното разпределение също се описва с три параметъра: минимална, най-вероятна и максимална стойност. С помощта на триъгълна форма, то поставя по-голям акцент върху най-вероятната стойност, за сметка на стойностите на двете опашки. Триъгълното разпределение е полезно с това, че е лесно да се изчисли и генерира, но е по-ограничено спрямо ПЕРТ в способността си да моделира реални оценки.

При триъгълното разпределение, промяната в базовите стойности е по-значителна, спрямо ПЕРТ разпределението. Фиг. 5 и 6 показват, че асиметрията на триъгълното разпределение има значително влияние върху изменение стойностите на разпределението спрямо симетричното разпределение и динамиката спрямо базовата стойност. Кумулативните функции на триъгълното разпределение не се пресичат докато тези на ПЕРТ се пресичат. От друга страна асиметрията на триъгълното

разпределение намалява стойностите на плътността на разпределението в лявата опашка и ги увеличава в дясната опашка на разпределението. Ефектът е значителна промяна на базовите стойности в посока максималната стойност на техния обхват.



Фиг. 5. Графика на функция на вероятностна плътност на случайна величина с триъгълно разпределение - симетрично и несиметрично



Фиг. 6. Графика на функция на разпределение на случайна величина с триъгълно разпределение - симетрично и несиметрично

Таблица 2.

Статистически данни на Триъгълно разпределение - симетрично и несиметрично

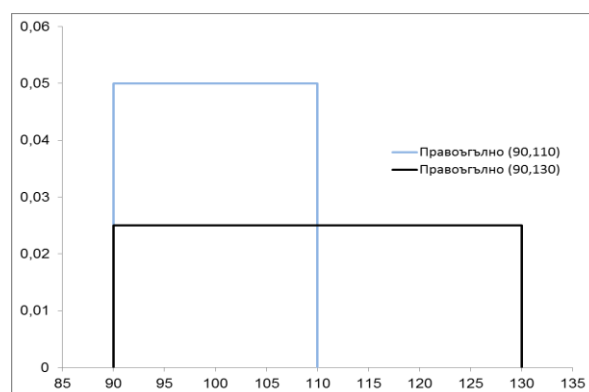
функция	Triang(90,100,110)	Triang(90,100,130)	делта
Минимум	90	90	
Максимум	110	130	
Средно аритм.	100	106.67	6.67%
Мода	100	100	
Медиана	100	105.51	5.06%

В сравнение с ПЕРТ разпределението, при триъгълното има по-голямо увеличение в стойностите на средната и медианата, освен това увеличението на стойностите на базовия разход /базовия график/ при по-високите нива на доверителност е по-голямо. Например, при ниво на доверителност от 70% прилагането на асиметрично разпределение увеличава с 9% разхода /графика/, над този при прилагане на симетрично разпределение, а цялостно добавя 12% увеличение върху стойността на базовия

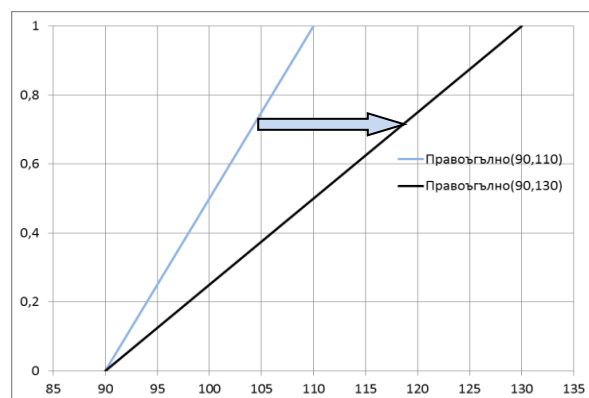
разход /базовия график/ от 100 единици. Увеличението от 9% е показано със стрелка на фиг. 6. В табл. 2 е сметнато увеличението от прилагане на асиметрично разпределение, което е 6,67% и 5,06% съответно за средно аритметичната стойност и медианата, почти двойно повече отколкото при ПЕРТ разпределението.

Правоъгълно разпределение

Правоъгълното или наричано още равномерно разпределение е възможно най-лесното вероятностно разпределение за описване на избрани оценки. При него, всяка стойност, от минимума до максимума е с една и съща вероятност. Използването на равномерното разпределение е полезно в ситуации, в които са известни минимална и максимална оценка, но няма друга информация. При повечето реални ситуации е възможно да се получи допълнителна оценка на очакваната или най-вероятна стойност.



Фиг. 7. Графика на функция на вероятностна плътност на случайна величина с правоъгълно разпределение



Фиг. 8. Графика на функция на разпределение на случайна величина с правоъгълно разпределение

При използване на правоъгълно разпределение за описване на неопределеността в базовите стойности се забелязват най-значителни отклонения, видно от фиг. 7 и 8. При базова стойност 100 валутни единици /или седмици за времетраене/ неопределеността може да се дефинира със стойности за минимум и максимум съответно 90 и 110, което е симетрично увеличение от 10% и съответно 90 единици минимум и 130 максимум при асиметрично увеличение. Повишението на базовата стойност е с 10% за средното и медианата при асиметрично разпределение спрямо симетричното, изразено с делта в табл. 3.

Увеличението от използване на асиметрично разпределение, при високите нива на доверителност, е значително. При 70% ниво на доверителност, означено със стрелка на фиг. 8, разходът /графикът/ ще има по-висока стойност от около 18% над детерминираната стойност, ако се използва правоъгълно разпределение (90,130) и само около 4% ако се приложи правоъгълно разпределение (90,110). В сравнение с ПЕРТ и триъгълното разпределение, при равномерното има най-голямо увеличение в стойностите на средно аритметичното и медианата-10%. Увеличението е в резултат на прилагане на правоъгълно разпределение (90,130), което е асиметрично спрямо базовата стойност от 100 единици.

Правоъгълното разпределение е случай при който по най-ясен и недвусмислен начин се виждат подвеждащите ефекти за риск анализа при използване на асиметрично разпределение за базовата променливост.

Таблица 3.

Статистически данни на Правоъгълно разпределение, дефинирано с различни максимални стойности

функция	Uniform(90,110)	Uniform(90,130)	делта
Минимум	90	90	
Максимум	110	130	
Средно аритм.	100	110	10.00%
Мода	N/A	N/A	
Медиана	100	110	10.00%

Заклучение

Инвестиционните дейности в строителството са свързани с проекти, които отнемат време и голям разход на ресурси. Всяка оптимизация, дори и неголяма като процентно изражение, измерена в абсолютни стойности, ще има много голямо влияние върху финансовия резултат на изпълнителя и/или възложителя. Всяко забавяне, всяко непредвидено усложнение и най-общо казано всякаво отклонение от рамките на проекта водят до преразходи и загуби, защото независимо от конкретната природа на отклонението от плана, накрая ефектът винаги се измерва в пари. По тази причина управлението на риска в проектите е може би най-важният аспект на инвестиционната дейност. Ефективното управление на риска е важно при всяка фаза, за да се осигури успехът на проекта.

Основният извод от настоящия труд е, че използването на асиметрично разпределение за определяне на

променливостта в базовия разход или график ще промени смисъла на дефиницията за оценка на базов разход и график и всяка промяна в стойността на базовия разход и/или график, осъществявана чрез асиметрично разпределение, се извършва „под скрито условие“. Базовият разход /график/ по дефиниция не трябва да съдържа никакви рискови събития, които биха могли да изтеглят неговото разпределение в дясно най-често. Базовият разход /график/ е оценената стойност на разхода /графика/, когато проектът е изпълнен както е планиран. Променливостта в базовата оценка е проектирана да обхване неопределеността в разходите за материали, механизация и работна ръка в условия, когато няма събития, които разстройват изпълнението на проекта.

Изследвани са варианти с прилагане на несиметрична и симетрична форма при ПЕРТ, триъгълно и правоъгълно разпределение за описване на базовата променливост. При използване на асиметрично разпределение, най-голямо отклонение показва използването на правоъгълно разпределение и най-малко отклонение при ПЕРТ разпределението. Препоръчва се да се използва симетричната форма на вероятностните разпределения, които най-добре описват смисъла на променливостта.

Правилното определяне на базовата променливост гарантира, че допусканията и оценката са подходящи за проекта и условията на обекта, а оценките на базовия разход и график са коректни и точни отражения на проектния обхват на работа.

Литература

- Манчева Ж. *Управление на риска в строителните проекти*. С., Експертпринт, 2014. -192 с.
- Попчев, И. *Стратегии за управление на риска (записки на лектора)*, С., НБУ – ЦДО, 2004
- Al-Bahar, J., K. Crandall. Systematic Risk Management Approach for Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 116, 3, 533-546 p.
- Knight F.H. *Risk, Uncertainty and Profit*. Boston, MA: Hart, Schaffner & Marx; Houghton Mifflin Co., 1921. (<http://www.econlib.org/library/Knight/knRUPCover.html>)
- Perry, J. G., R. W. Hayes. Risk and its management in construction projects. *Proceedings of Institution of Civil Engineers*, Part 1, 78, 1985, 499-521 p.
- D. Karanki, H. Kushwaha, A. Verna, S. Ajit, 2009. Uncertainty Analysis Based on Probability Bounds (P-Box) Approach in Probabilistic Safety Assessment. *Risk Analysis*, 29 (5), 662–675 p.

Статията е препоръчана за публикуване от Редакционен съвет.