

Waarom gebruiken we Monte Carlo analyses?

Bert Brandts

Monte Carlo-analyses – waarschijnlijkheids- en nauwkeurigheidsberekeningen van gebeurtenissen – kunnen een bruikbaar instrument zijn om de post Onvoorzien in een begroting op realiteitsgehalte te beoordelen. Betrokken partijen kunnen mede op basis daarvan besluiten al of niet een bepaald project goed te keuren.

De post Onvoorzien in de begroting is een van de belangrijkste hulpmiddelen voor het afdekken van de financiële projectrisico's. Daarmee is de bepaling van Onvoorzien ook een onderdeel van het risicomanagementproces.

In de huidige praktijk worden begrotingen afgegeven met één bedrag als uitkomst en met een bijhorende classificatie (bijv. klasse C of B). De relatie tussen een nauwkeurigheid van de begroting van $\pm 40\%$, $\pm 25\%$ en $\pm 10\%$ (voor resp. klasse D, C of B begroting) en de waarschijnlijkheid van 60% (hetgeen betekent een mogelijke over- of onderschrijdingskans van 20%) wordt vaak niet begrepen. Dit kan leiden tot verwarring en onbegrip bij de projectautoriteit en gedurende de projectuitvoering. Tegenwoordig wordt Onvoorzien dan ook steeds meer beschouwd als een instrument voor de bedrijfsleiding. In deze context kan een Monte Carlo analyse gebruikt worden om de begrippen waarschijnlijkheid en nauwkeurigheid beter uit te leggen en te begrijpen. Voor het model is basiskennis van statistiek en ervaring met het samenstellen van begrotingen vereist. Met de presentatie van de resultaten van zo'n analyse in grafieken en tabellen is eenvoudig af te lezen hoeveel het bijvoorbeeld kost om de waarschijnlijkheid te verhogen (hoeveel extra Onvoorzien nodig zou zijn om de waarschijnlijkheid van een overschrijding te verlagen van bijv. $\pm 20\%$ naar $\pm 10\%$).

Risicomanagement

De bepaling van de post Onvoorzien als onderdeel van het risicomanagementproces kent twee stappen: een risico-inventarisatie en impactevaluatie en een Monte Carlo-simulatie. Tezamen vormen zij de Monte Carlo-analyse. Tijdens de eerste stap worden alle projectrisico's door het projectteam geïnventariseerd waarbij

tevens de waarschijnlijkheid en de impact worden vastgesteld. Voor de risico's die afgedekt worden door middel van de post Onvoorzien worden risicofactoren bepaald. Uit voorgaande projecten is een checklijst van risicofactoren opgesteld die gebruikt wordt in het model.

De risico-inventarisatie en impactevaluatie hoeven geen eenmalige actie te zijn maar kunnen op geëigende momenten tijdens de projectuitvoering herhaald worden, bijvoorbeeld tussen de verschillende projectfasen. In dit artikel worden de risico-inventarisatie en impactevaluatie verder buiten beschouwing gelaten.

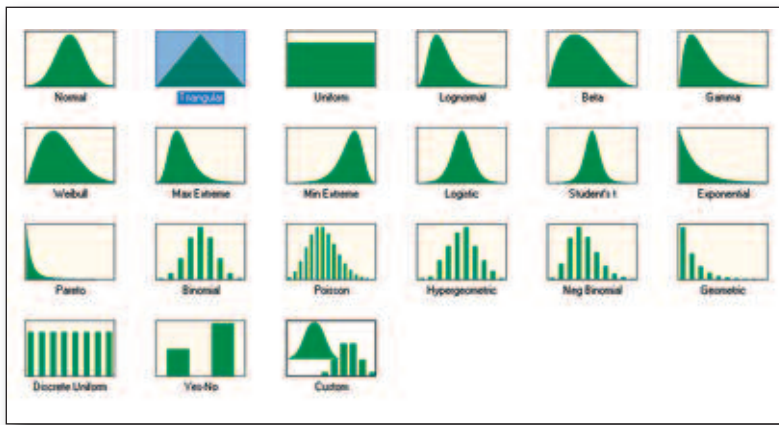
De Monte Carlo-simulatie (de tweede stap) gebruikt de risicofactoren (inclusief boven- en ondergrens) om per deel van de (kale) begroting de distributie van een groot aantal mogelijke uitkomsten van de totale begroting (inclusief Onvoorzien) te genereren. De risicofactoren met de grootste impact kunnen op een efficiënte manier in een Tornado- of Sensibility grafiek worden weergegeven. Er kunnen vervolgens maatregelen worden gedefinieerd om die risicofactoren anders af te dekken, een plan worden opgesteld voor een betere definitie van het project of een grotere nauwkeurigheid van de begroting worden nagestreefd.

Beschrijving van analyse en model

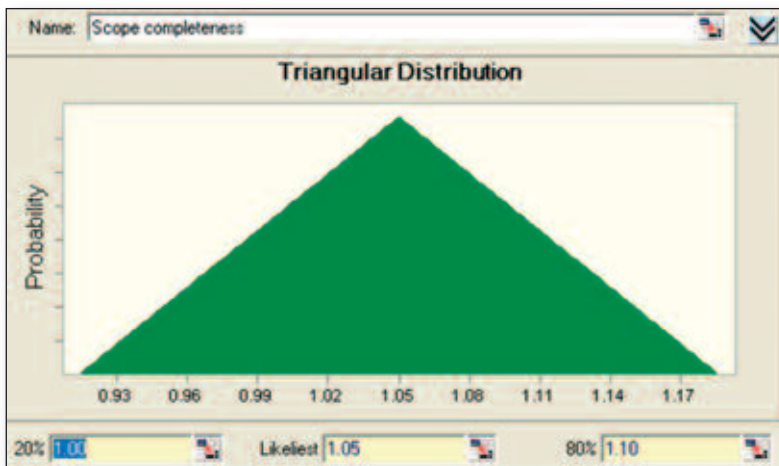
Voor de Monte Carlo-analyse zijn de uitkomsten van de risico-inventarisatie en impact-evaluatie nodig. De (kale) begroting dient op een zodanige manier opgebouwd te zijn dat de risico-factoren eraan toegekend kunnen worden. Een goed voorbeeld is bijvoorbeeld een equipmentbegroting die een groot bedrag aan compressoren bevat, met een groot commercieel risico. Deze post moet dan gesepareerd worden van de totale begroting om dit commercieel risico te kunnen simuleren.



B. Brandts, CCE,
Project Control
Manager, DSM



Figuur 1.
Distribution gallery



Figuur 2.
Typische driehoeksverdeling (symmetrisch)

Estimate in EUR x 1.000						
	Core plant	Revamp existing plant	Feedstock storage and supply	Inter-connecting (utilities)	Product storage	Total
Equipment	29.500	12.400	17.100	1.400	4.500	64.900
Materials & Construction						
Equipment erection	1.700	1.000		0.300	0.600	3.600
Piping	35.000	17.100	1.800	1.200	5.300	60.400
Civil	14.900	3.200	1.000	0.500	1.600	21.200
Process Control	8.500	0.900	1.000	0.100	0.300	10.800
Electrical	3.100	0.300	0.300	0.100	0.800	4.600
Engineering	27.300	15.100	3.800	1.400	6.900	54.500
SUBTOTAL	90.500	37.600	7.900	3.600	15.500	155.100
Owner cost	14.000	10.000	3.000	1.000	2.000	30.000
GRAND TOTAL	134.000	60.000	28.000	6.000	22.000	250.000

Tabel 1.
Voorbeeldbegroting

Verdelingen

Voor de efficiënte uitvoering van Monte Carlo-analyses kan gebruik gemaakt worden van in de handel verkrijgbare software pakketten die het opzetten van een model vergemakkelijken. In dit model wordt gebruikt gemaakt van Crystal Ball. Voordat de simulatie uitgevoerd kan worden moet het type verdeling gekozen en vastgelegd worden in de zgn. Assumption. In principe wordt gebruikt gemaakt van de beschikbare standaardverdelingen uit het softwarepakket. Alleen daar waar historische gegevens aantonen dat een bepaalde distributie van toepassing is, wordt die gebruikt. De volgende criteria worden aangehouden bij de keuze van standaardverdeling:

- gebruik van een minimum aantal parameters;
- zowel voor symmetrische als asymmetrische distributie;
- mathematische analyses moeten mogelijk zijn.

Het laatste criterium is minder belangrijk geworden dankzij nieuwe ICT-ontwikkelingen.

De mogelijke verdelingen van het Crystal Ball-pakket zijn aangegeven in figuur 1.

Elke distributie heeft een aantal voordelen en nadelen, zoals:

- 'Normaal': is altijd symmetrisch en past niet bij verwachte kostenafwijkingen;
- 'Log normaal': hoewel asymmetrisch, zijn mean en standard deviation nodig voor het vaststellen van de grenzen;
- 'Driehoek' (zie figuur 2): het meest geschikt als geen verdere informatie beschikbaar is (het is uiterst flexibel, minder precies dan de 'normaal'-verdeling en past daarom het beste bij de criteria).

De analyse

De begroting uit tabel 1 wordt gebruikt als voorbeeld voor de uitvoering van de Monte Carlo-simulatie. De gemarkeerde waarden worden overgenomen in het model.

De Monte Carlo-analyse bestaat uit de volgende stappen:

- hervorm de kale begroting (maak de juiste opsplitsing van kosten);
- definieer de risicofactoren (kies uit de checklist of voeg nieuwe factoren toe);
- koppel risicofactoren aan begrotingsposten en bepaal de verdeling (pas het model aan voor de projectspecifieke gegevens);
- start de Monte Carlo-simulatie en analyseer de uitkomst;
- vergelijk de uitkomst met de definitie van de begrotingsklasse.

Stap 1

Hervorm de begroting

De voorbeeldbegroting (tabel 1) is al op de juiste wijze opgesplitst. De opnieuw samengestelde kostenposten worden in het model ingebracht in de kolommen Section en Most Likely (zie tabel 2 die alleen het relevante deel van het model toont).

Het maximum aantal begrotingsposten in het model is beperkt tot 14. Uit praktische overweging is dit aantal voldoende maar het kan gemakkelijk uitgebreid worden.

De opsplitsing in posten kan onder meer per sectie, soort materieel, vakdiscipline en materiaal en montage.

Het is belangrijk dat deze opsplitsing het koppelen van de risicofactoren in stap 3 mogelijk maakt. Begrotingsposten kunnen met elkaar correleren. Door het koppelen aan risicofactoren wordt deze correlatie in het model en de Monte Carlo-simulatie ingebracht.

Stap 2

Definieer de risicofactoren en bepaal de verdeling

Het definiëren van de risico-factoren wordt in het model ondersteund door een checklijst van ca 30 factoren (tabel 3, die alleen een selectie van de risico factoren toont).

De risico-inventarisatie en impact evaluatie (stap 1) kunnen aanvullende risicofactoren opleveren die toegevoegd kunnen worden aan het model, waardoor de analyse projectspecifiek gemaakt wordt. Voor een organisatie die van haar ervaringen wil leren is het mogelijk om deze nieuwe risicofactoren te documenteren en aan de checklijst toe te voegen. In het model is het maximum aantal risicofactoren 36, incl. 30 reeds gedefinieerde factoren. De verdeling per risicofactor wordt bepaald door invulling van boven- en ondergrens in de kolommen 20% probability of underrun, 20% probability of overrun en de meest waarschijnlijke waarde in kolom Most Likely.

Met deze waarden is de standaardverdeling (driehoeksverdeling) bepaald en in kolom Crystal Ball wordt daarmee de zgn. Assumption voor de Monte Carlo-simulatie vastgelegd.

Bij voorkeur worden historische projectgegevens gebruikt voor de bepaling van de standaardverdeling. Als die objectieve info niet beschikbaar is wordt gebruik gemaakt van ervaring en inschatting, bijv.:

Project: Projectnummer: Monte Carlo Risk Analysis performed by:		Testcase B.123456
No	Section	Most Likely [KEUR]
1	Equipment Core Plant	29,500
2	Equipment Revamp existing plant	12,400
3	Equipment Feedstock storage and supply	17,100
4	Equipment Interconnecting (utilities)	1,400
5	Equipment Product storage	4,500
6	Core Plant	90,500
7	Revamp existing plant	37,600
8	Feedstock storage and supply	7,900
9	Interconnecting (utilities)	3,600
10	Product storage	15,500
11	Client costs	30,000
12		
13		
14		
Total		250,000

Tabel 2.

Nieuw samengestelde begroting

Risk factor ID	List of factors	Crystal Ball	Most Likely	20% probability of underrun	20% probability of overrun	# in risk analysis
1	Scope completeness	1.05	1.05	100%	110%	11
2	Plot plan clearance study	1.00	1.00	99%	101%	-
3	General lay-out	1.00	1.00	99%	101%	-
4	Non proven items in scope	1.00	1.00	99%	101%	-
5	Dependance on contractors (eg single source)	1.00	1.00	99%	101%	-
6	Worldwide procurement	1.00	1.00	99%	101%	-
7	Preferred vendors	1.00	1.00	99%	101%	-
8	Large equipment vendor selection	1.00	1.00	97%	103%	3
9	Contracting strategy	1.00	1.00	99%	101%	-
10	Availability of contractors during building period	1.00	1.00	90%	110%	5
11	Market conditions	1.00	1.00	99%	101%	-
12	Scale up factor	1.00	1.00	99%	101%	-
13	Revamp aspects	1.00	1.00	90%	110%	3
14	Re-use existing facilities	1.00	1.00	99%	101%	-
15	Location factor	1.00	1.00	99%	101%	-
16	Demolishing	1.00	1.00	99%	101%	-
17	Construction efficiency	1.03	1.03	90%	115%	3
18	Soil data	1.00	1.00	99%	101%	-

Tabel 3.

Lijst van risico factoren, incl. waarden voor de verdeling
Let op: de waarden in deze tabel zijn alleen voor een test case.

- meest waarschijnlijk: <1 (lager dan de kale begroting), =1 (is de kale begroting) of >1 (hoger dan de kale begroting);
- ondergrens: 90% (kosten kunnen max. 10% lager zijn);
- bovengrens: 105% (kosten kunnen max. 5% hoger zijn).

Project: Projectnummer: Monte Carlo Risk Analysis performed by:		Testcase B.123456													
No	Section	Most Likely [KEUR]	Column 1		Column 2		Column 3		Column 4		Column 5		Total including contingency [KEUR]	Contingency, based on 50 % probability of underrun	Contingency factor
			Risk factor ID	Factor value	Risk factor ID	Factor value	Risk factor ID	Factor value	Risk factor ID	Factor value	Risk factor ID	Factor value			
1	Equipment Core Plant	29,500	1	1.05	8	1.00							30,975	1,475	1.05
2	Equipment Revamp existing plant	12,400	1	1.05	8	1.00							13,020	620	1.05
3	Equipment Feedstock storage and supply	17,100	1	1.05	8	1.00							17,955	855	1.05
4	Equipment Interconnecting (utilities)	1,400	1	1.05		1.00							1,470	70	1.05
5	Equipment Product storage	4,500	1	1.05		1.00							4,725	225	1.05
6	Core Plant	90,500	1	1.05	10	1.00			17	1.03	20	1.03	100,812	10,312	1.11
7	Revamp existing plant	37,600	1	1.05	10	1.00	13	1.00	17	1.03	20	1.03	41,884	4,284	1.11
8	Feedstock storage and supply	7,900	1	1.05	10	1.00		17	1.03		20	1.03	8,800	900	1.11
9	Interconnecting (utilities)	3,600	1	1.05	10	1.00	13	1.00		1.00		1.00	3,780	180	1.05
10	Product storage	15,500	1	1.05	10	1.00	13	1.00		1.00		1.00	16,275	775	1.05
11	Client costs	30,000	1	1.05		1.00							31,500	1,500	1.05
12				1.00		1.00							-	-	1.00
13				1.00		1.00							-	-	1.00
14				1.00		1.00							-	-	1.00
Total		250,000											271,197	21,197	108%

Tabel 4.

Risicofactoren gekoppeld aan begrotingsposten

Let op: er worden slechts 5 kolommen met risicofactoren weergegeven.

Stap 3

Koppel risicofactoren aan begrotingsposten

De van toepassing zijnde risicofactoren worden in het model in kolom ('Column') 1 tot n, aan de begrotingspost(en) gekoppeld (zie de markering in tabel 4). Zo is risicofactor 1 in Column 1 aan alle posten gekoppeld. Er is geen noodzaak om een gehele kolom te reserveren voor de koppeling van een specifieke risicofactor (zie bijv. Column 2) maar dit maakt wel een efficiënte review mogelijk, alsmede heldere communicatie. Aan een begrotingspost kunnen meerdere risicofactoren gekoppeld worden en risicofactoren kunnen aan meerder begrotingsposten worden toegekend. Rechts in tabel 3, in de kolom # in risk analysis, wordt aangegeven hoe vaak een risicofactor gebruikt is. De gemarkeerde risicofactor ID 1 is 11 keer gekoppeld in het werkblad. In de kolommen rechts in tabel 4 wordt het resultaat van koppeling van de risicofactoren aan begrotingsposten, zoals in de huidige praktijk nog vaak gebruikelijk is, weergegeven. De kolom Total including Contingency wordt dan als volgt berekend: Most Likely x Factor value (Column 1) x Factor value (Column 2) x Factor value (Column n). De "kale" begroting, 250 miljoen euro, wordt met 21 miljoen euro Onvoorzien verhoogd tot 271 miljoen euro.

Stap 4

Start de Monte Carlo-simulatie en analyseer de uitkomst

Tijdens de Monte Carlo-simulatie worden de "kale" begrotingsposten vermenigvuldigd (in het voorbeeld 1000 keer) met een "at random" gegenereerde waarde tussen de boven- en ondergrens van de eraan gekoppelde risicofactoren en de resultaten worden weergegeven in een grafiek (figuur 3). De verdeling van dit totaal wordt bepaald door de verdelingen van de onderliggende risicofactoren.

De gegevens van de simulatie kunnen ook als cumulatieve verdeling, inclusief statistische gegevens en percentielen in tabelvorm gepresenteerd worden (zie tabel 5).

Na elke simulatierun worden de grafiek en tabel opnieuw samengesteld. Om de waarschijnlijkheid gelijk te houden met de definitie, zie ook het onder auspiciën van DACE uitgegeven Handboek voor Cost Engineers, wordt het veld Certainty gewijzigd in 60%.

In figuur 3 en tabel 5 worden de totale begrotingsbedragen, inclusief Onvoorzien, getoond. Normaal wordt een begroting gebaseerd op een over-/onderschrijdingskans van 50%. Het totale bedrag voor deze waarschijnlijkheid is 269 miljoen euro en het bedrag voor Onvoorzien is 19 miljoen euro (8%) (269 miljoen euro min 250 miljoen euro). Om de waarschijnlijkheid van het begrotingsbedrag te verhogen naar bijvoorbeeld 80%, is 50 miljoen euro Onvoorzien nodig (20%).

Het totale begrotingsbedrag volgens de tabel is dan 300 miljoen euro.

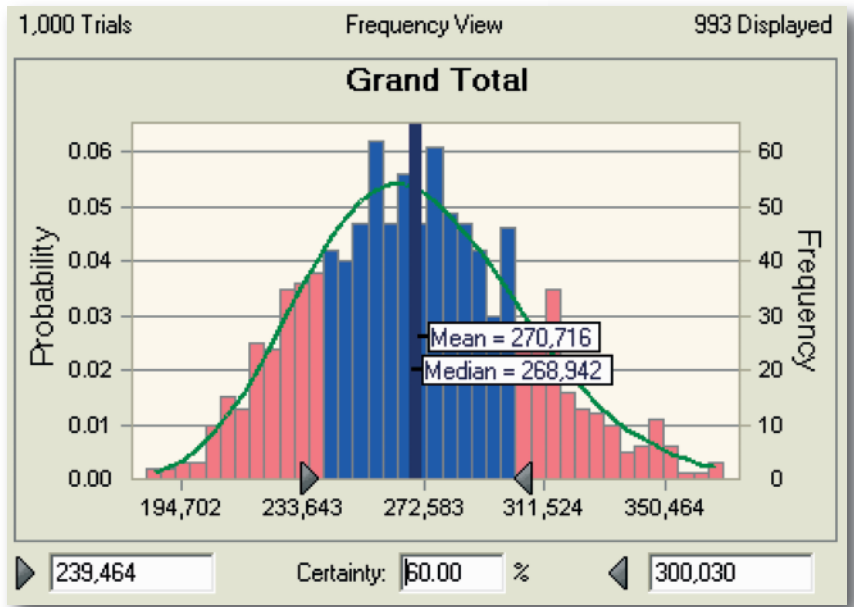
Stap 5

Vergelijk de uitkomst met de begrotingsclassificatie

Aanvullend op de analyse van het totale begrotingsbedrag wordt de uitkomst van de simulatie (zie figuur 3 en tabel 5), vergeleken met de definitie volgens het onder auspiciën van DACE uitgegeven Handboek voor Cost Engineers om zo de classificatie te bepalen. Het voorbeeld is klasse C, ± 20%.

Tenslotte

Met deze Monte Carlo analyse wordt de bepaling van het Onvoorzien beter afgestemd op de specifieke project risico's. Het effect van die specifieke project risico's op de nauwkeurigheid en haalbaarheid van de totale begroting wordt inzichtelijk gemaakt en daarmee worden deze onderdeel van de beslissing van de bedrijfsleiding.



Figuur 3.

Crystal Ball frequency grafiek, verwachte totale begroting

Forecast: Grand Total		
1,000 Trials Percentiles View 993 Displayed		
Percentile	Forecast values	
0%	183,405	
10%	227,110	
20%	239,464	
30%	251,518	
40%	259,717	
50%	268,942	
60%	278,017	
70%	287,616	
80%	300,030	
90%	315,098	
100%	395,186	

Tabel 5.

Crystal Ball percentiles verwachte totale begroting