

concept

Kjell Austeng, Vibeke Binz and Frode Drevland

Uncertainty analysis – Sources of error in method and analysis

Concept report No 13

 **NTNU**
Det skapende universitet

concept



© Concept-programmet 2005

Concept report no. 13

Uncertainty analysis - Sources of error in method and analysis

Kjell Austeng, Vibeke Binz and Frode Drevland

ISSN: 0803-9763 (paper versjon)

ISSN: 0804-5585 (web versjon)

ISBN: 978-82-92506-32-5 (paper versjon)

ISBN: 978-82-92506-33-2 (web versjon)

Sammendrag: Rapporten søker å belyse hvorvidt, og i hvilken grad, tre antatte feilkilder i kostnadsanalyse med usikkerhet virkelig bidrar til feil i sluttresultatene fra analysen. Disse mulige feilkildene er å ikke ta hensyn til korrelasjon, antakelsen om normaltilnærming, og uhensiktsmessig oppdeling.

For å belyse virkningen av mulig korrelasjon er det studert en case. Resultatene fra casen viser oss at i praksis, med realistisk vurdering av størrelsen på korrelasjonen, vil feilen antakelig ligge godt under 30 % av forventet standardavvik, mens i teorien og noen ganger kanskje også i praksis, kan feilen bli mange hundre prosent.

Antakelsen om at sluttresultatet av en stokastisk kalkyle er normalfordelt er basert på sentralgrenseteoremet. Hovedkonklusjonen er at vi i nesten alle praktiske sammenhenger trygt kan bruke normalfordelingen som substitutt for den virkelige sannsynlighetsfordelingen til totalresultatet fra kostnadskalkyler.

Når det gjelder detaljering av analyseobjektet er konklusjonen den at det finnes ikke en standardinndeling som vil være god uansett prosjekt og fase. En god inndeling vil være ulik fra gang til gang, og det er viktig at dette vurderes ut fra hva som er mest hensiktsmessig i det aktuelle prosjektet i forhold til formålet med analysen. En for detaljert oppdeling har en tendens til å introdusere korrelasjon som ikke blir håndtert, og bidrar derved til en undervurdering av usikkerheten.

Date: 1.12.2005

Publisher:

Concept research programme

Department of Civil and Transport Engineering

Norwegian University of Science and Technology

Høgskoleringen 7A

NO-7491 NTNU - Trondheim

Tel. +47 73594640

Fax. +47 73597021

<http://www.concept.ntnu.no>

Responsibility for the information in the reports produced on behalf of the Concept programme is on the commissioned party. Views and conclusions is on account of the authors and not necessary identical to the views of the Concept program.

Summary

Kjell Austeng, Vibeke Binz and Frode Drevland

Uncertainty analysis - Sources of error in method and calculation

Concept Report no. 13

The report seeks to find out whether, and to what degree, three assumed sources of error in cost analyses really contribute to errors in the final result from an analysis. These possible sources of error fail to consider correlations, the assumption that the central limit theorem applies, and inappropriate partitioning.

If our basis is that the items in an analysis are stochastically independent, and this assumption is incorrect, then the uncertainty in the analysis will be underestimated. The expected value is not effected by possible correlation between the elements.

To shed light on the effect of possible correlation between items, the report includes a theoretical reflection on how large an error could be realistically. There exist no known empirical data that can support this reflection, and provide an indication as to where the 'true' area is located. Hence, there is no foundation upon which to draw a firm conclusion on this subject.

The other way to approach correlation problem has been to study a case. Here, we have made several different attempts to simulate practical situations. The results from the case show that in practice, and as long as we do not introduce correlation by uncritically partitioning, even with very high correlations, the errors in the standard deviation are under 30%, while in theory and maybe sometimes in real life, the error can be several hundred percent.

The assumption that the final result of an analysis is normal distributed is based on the central limit theorem. The question is whether or not the premises for the central limit theorem are present in the analysis and how large the errors are, if this is not the case. To shed light on this, a series of simulations have been made. Applied models consist of cost estimates of sum and product of cost elements with different distributions.

The main conclusion is that in almost all practical contexts we can safely use the normal distribution as a substitute for the real probability distribution of the total result from cost analysis. There are some exceptions with regard to analysis with very few items, analysis with peculiar connections between the items, and where multiplications of uncertain factors are a dominating element in the analysis. However, with regard to the mentioned exceptions, it is important to note that even if the real distribution is not normal distributed, the calculated expected value will be correct, it just will not be located at P50. This means that were we can potentially err by assuming normal distribution is when we are trying to determine quantile values.

When it comes to the detailing of an analysis object, the conclusion is that there does not exist one standard partitioning that would be suitable regardless of project and phase. Good partitioning will differ from analysis to analysis, and it is important that this is assessed based

on what is the most suitable for the project in relation to the goal of the analysis. A good rule of thumb is that in an analysis everything should be included, and detailed as needed.

The limits on how much we should detail are generally connected to:

- the danger of losing the big picture
- that things will fall between stools
- the danger of hiding uncertainty by spreading it out
- the danger of introducing correlations that are not handled, and that by doing so we calculate away the uncertainty.

Literature

- Austeng, Kjell og Torp, Olav 2001: *Usikkerhetsanalyse i prosjekt - mer enn tallbehandling og S-kurver*, artikkel i Prosjektledelse nr 2-2001, Norsk Forening for Prosjektledelse (NFP)
- Austeng, Kjell & Hugsted, Reidar 1995: *Trinnvis kalkulasjon*. Institutt for bygg- og anleggsteknikk, NTH.
- Bier, V. M., 2000: *On the "state of the art": risk communication to decision-makers*. Center for Human Performance and Risk Analysis, University of Wisconsin, artikkel i ELSEVIER - European Journal of Operational Research
- Binz, Vibeke, 2004: *Håndtering av usikkerhet i Fregattprosjektet*, prosjektoppgave ved NTNU
- DEMO2000, 2001, *Standardized method for multidisciplinary uncertainty analysis*, CTR no B5, rapport nr FBP/00AAAB9H, revisjon nr 3, DNV
- Devore, Jay L. og Farnum, Nicholas R., 1999, *Applied Statistics for Engineers and Scientists*, 0-534-35601-x
- Dougherty, Edward R. 1990: *Probability and Statistics for the Engineering, Computing and Physical Sciences*. Prentice Hall International Editions. ISBN 0-13-715913-7
- Dragøy, Siri, 2004, *Analyse av usikkerhet i kostnad for byggeprosjekter*, TMA4210 Matematisk Prosjekt, semesteroppgave ved NTNU
- Draper, N.R., Smith, H., 1996, *Applied Regression Analysis*, John Wiley & Sons Inc
- Drevland, Austeng, og Torp 2005: *Usikkerhetsanalyse - Modellering, estimering og beregning*. Concept programmet, Institutt for bygg anlegg og transport, NTNU.
- FIN- Finansdepartementet, *Anbudsinnbudelse for rammeavtale om ekstern risikoanalyse*, Ref.nr. 99/6049 C, desember 1999.
- Gómez-Senent Martínez, Eliseo, 1997, *El Proyecto Diseño en Ingeniería*, Universidad Politécnica de Valencia, SPUPV-97.761
- Grundt, Nilsen, Palmstrøm, Pedersen, 2003, *Miljø og samfunnstjenlige tunneler*, Publikasjon nr 101 Vegdirektoratet
- Hjallen, Erling og Lichtenberg, Steen, 2001, *Prosjektledere kan nå sikre seg mot forsinkelser og overskridelser*, artikkel i Prosjektledelse nr 2-2001, Norsk Forening for Prosjektledelse (NFP)
- HM Treasury, 2004, (Det Britiske Finansdepartementet) - *Assurance, Control and Risk Team*, 2004, "The Orange Book"

- Husby, Kilde, Klakegg, Torp, Berntsen og Samset 1999: *Usikkerhet som gevinst - Styring av usikkerhet i prosjekter*. Prosjektstyring år 2000, Trondheim.
- Høyland, Arnljot 1979: *Sannsynlighetsregning og statistiske metodelære*. Tapir
- Jessen, Svein Arne 2000: *Prosjektarbeid og konsekvensanalyser*. Universitetsforlaget, Norge.
- Jordanger, Ingemund, 2004, *Kvalitetssikring av analyser og resultat*, oppdrags nr. 1088002, rapport nr 2, rev. nr. 0, Concept og PTL.
- Jorion, Philippe, 2003, *Financial Risk Manager Handbook*, 2nd edition, ISBN: 0-471-43003
- Jørgensen, Trond og Wallace, Stein W., 2000, *Improving project cost estimation by taking into account Managerial Flexibility*, Elsevier - European Journal of Operational Research 127 (2000) 239±251, NTNU
- Klakegg, Ole Jonny. 1993: *Trinnvis-prosessen*. Institutt for bygg og anleggsteknikk.
- Kreyszig, Erwin 1999: *Advanced engineering mathematics*, 8th edition. John Wiley & Sons. ISBN 0-471-15496-2
- Law, Averill M. & Kelton, David W. 2000: *Simulation Modelling and Analysis, third edition*. McGraw-Hill Higher Education. ISBN 0-07-059292-6
- Lichtenberg, Steen. 1978: *PROJEKT PLANLEGGING - i en foranderlig verden*. Polyteknisk Forlag Lyngby.
- Lichtenberg, Steen 2000: *Proactive Management of Uncertainty using the Successive Principle*. Polyteknisk Press, Danmark.
- Lindgren, G., Leadbetter, M.R. and Rootzén H. 1983: *Extremes and related properties of stationary sequences and processes*. Springer, New York
- Magnussen, Ole Morten & Olsson Nils, 2004, *Comparative Analysis of Cost Estimates of Major Public Investment Projects*, Accepted for publication by International Journal of Project Management. (Muligens i august 2006)
- Metier Scandinavia AS, 1.2.2005, Foreløpig rapport til Samferdselsdepartementet, *Kvalitetssikring av kostnadsoverslag - Prosjekt E16 Wøyen-Bjørum*
- Myking, Eystein, (TerraMar AS) 2001, *MonteCarlo-Simulering vs Suksessiv kalkulasjon*, artikkel i Prosjektledelse nr 1-2001, Norsk Forening for Prosjektledelse (NFP)
- Odeck, James, 2004, *Cost overruns in road construction-what are their sizes and determinants*, Pergamon -Transport Policy 11 (2004) 43-53, NTNU
- Palisade Corporation. 2002: *A Concise Summary of @RISK Probability Distribution Functions*. Palisade Corporation.
- Raftery, John, 1994, *Risk Analysis in Project Management*, E & FN Spon, London, ISBN: 0-419-184420-1

-
- Reibnitz, Ute von. 1988: *Scenario techniques*. McGraw Hill.
- Ringland, Gill. 2002: *Scenarios in Business*. John Wiley & Sons, Chichester, Storbritannia.
- Rolstadås, Asbjørn. 2001: *Praktisk Prosjektstyring*. Tapir Akademisk Forlag . ISBN 82-519-1652-6.
- Rolstadås, Asbjørn. 1997: *Praktisk Prosjektstyring*. Tapir, Trondheim.
- Rowntree, Derek, 2000, *Statistics without tears*, Penguin books, England
- Rubinstein, Reuven Y., 1981, *Simulation and the Monte Carlo Method*, John Wiley & Sons, ISBN 0-471-08917-6
- Samset, Knut, 2001, *Prosjektvurdering i tidligfasen*. Trondheim: Tapir Akademiske Forlag, ISBN: 82-519-1679-8
- Smith, G.N., 1986, *Probability and Statistics in civil engineering; an introduction*, ISBN 0-00-383154
- Spiegel, Murray R. & Stephens, Larry J. 1999: *Schaum's Outline of Theory and Problems of Statistics Third Edition*. McGraw-Hill. ISBN 0-07-060281-6
- Terramar og Arne Bang Huseby (UiO), 2003, rapport: *Kommentarer til FLO/I: Metode for kostnadsfastsetting av usikkerhet*
- Torp, Olav, 2002, Litteraturstudie, *Tidligfasevurderinger i prosjekter*, Concept-rapport, ISBN 82-91412-08-1
- Walpole, Ronald E, Myers, Raymond H. & Myers, Sharon L. 1998: *Probability and Statistics for Engineers and Scientists*. Prentice Hall. ISBN 0-13-095246-X
- Williams, Terry, 2002, *Modeling Complex Projects*, John Wiley & Sons LTD, ISBN: 0-471-89945-3

Concept reports

Paper version: ISSN 0803-9763

Elektronisk web version: ISSN 0804-5585

Available at

www.concept.ntnu.no/Publikasjoner/Rapportserie/concept_rapport.htm

Report	Title	Author
Nr. 15	Kostnadsusikkerhet i store statlige investeringsprosjekter; Empiriske studier basert på KS2 Cost Uncertainty in large Public Investment Projects; Empirical studies based on QA2	Olav Torp (red.), Ole Morten Magnussen, Nils Olsson og Ole Jonny Klakegg
Nr. 14	Positiv usikkerhet og økt verdiskaping Positive uncertainty and increasing utility	Ingemund Jordanger
Nr. 13	Usikkerhetsanalyse – Feilkilder i metode og beregning Uncertainty analysis – sources of error in data and analysis	Kjell Austeng, Vibeke Binz og Frode Drevland
Nr. 12	Metoder for usikkerhetsanalyse Uncertainty analysis – Methodology	Kjell Austeng, Jon Terje Midtbø, Vidar Helland, Olav Torp og Ingemund Jordanger
Nr. 11	Usikkerhetsanalyse – Modelling, estimering og beregning Uncertainty analysis – modeling, estimation and calculation	Frode Drevland, Kjell Austeng og Olav Torp
Nr. 10	Usikkerhetsanalyse – Kontekst og grunnlag Uncertainty analysis – context and foundations	Kjell Austeng, Olav Torp, Jon Terje Midtbø, Ingemund Jordanger og Ole Morten Magnussen
Nr. 9	Bedre utforming av store offentlige investeringsprosjekter. Vurdering av behov, mål og effekt i tidligfasen Improved design of public investment projects. Making up-front appraisals of needs, objectives and effects	Petter Næss med bidrag fra Kjell Arne Brekke, Nils Olsson og Ole Jonny Klakegg
Nr. 8	Realopsjoner og fleksibilitet i store offentlige investeringsprosjekt Real options and flexibility in major public investment projects	Kjell Arne Brekke
Nr. 7	Hvordan trur vi at det blir? Effektvurderinger av store offentlige prosjekt An estimated guess. Up-front assessment of anticipated effects of major public investment projects	Nils Olsson
Nr. 6	Målformulering i store statlige investeringsprosjekt Formulation of objectives in major public investment projects	Ole Jonny Klakegg
Nr. 5	Bedre behovsanalyser. Erfaringer og anbefalinger om behovsanalyser i store offentlige investeringsprosjekt Needs analysis in major public investment projects. Lessons and recommendations	Petter Næss
Nr. 4	Konseptutvikling og evaluering i store statlige investeringsprosjekt Concept development and evaluation in major public investment projects	Hege Gry Solheim, Erik Dammen, Håvard O. Skaldebø, Eystein Myking, Elisabeth K. Svendsen og Paul Torgersen
Nr. 3	Beslutningsunderlag og beslutninger i store statlige investeringsprosjekt Decisions and basis for decisions in major public investment projects	Stein V. Larsen, Eilif Holte og Sverre Haanæs
Nr. 2	Statlig styring av prosjektledelse. Empiri og økonomiske prinsipper. Economic incentives in public project management	Dag Morten Dalen, Ola Lædre og Christian Riis
Nr. 1	Styring av prosjektporteføljer i staten. Usikkerhetsavsetning på porteføljenivå Public project portfolio management. Estimating provisions for uncertainty at portfolio level.	Stein Berntsen og Thorleif Sunde