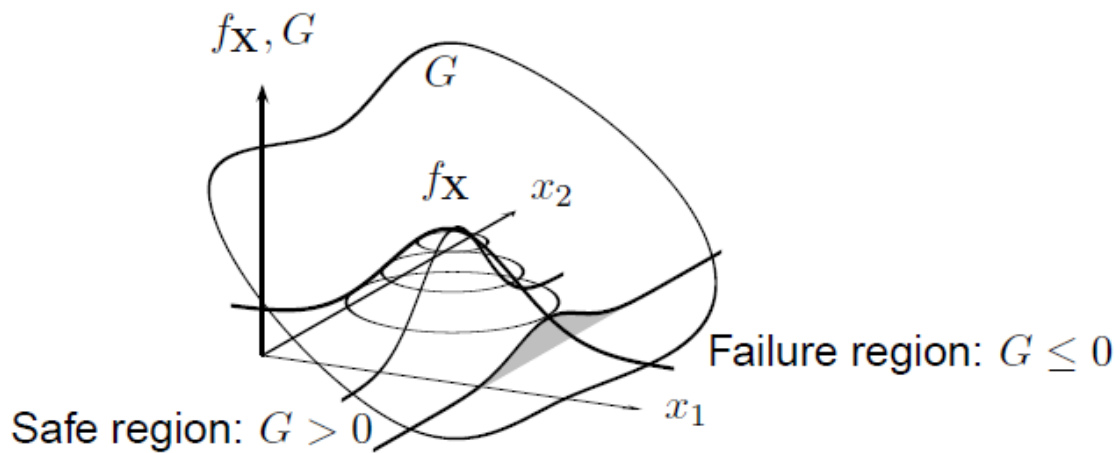


Stokastisk simulering inom hållfasthetslära



Tomas Dersjö
2012-04-30
Delprogram: Fordonsutveckling

Innehåll

1. Sammanfattning.....	3
2. Bakgrund	3
3. Syfte.....	4
4. Genomförande.....	5
5. Resultat	5
5.1 Bidrag till FFI-mål	5
6. Spridning och publicering.....	6
6.1 Kunskaps- och resultatspridning	6
6.2 Publikationer	6
7. Slutsatser och fortsatt forskning.....	7
8. Deltagande parter och kontaktpersoner	7

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings-, innovations- och utvecklingsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Säkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör hälften.

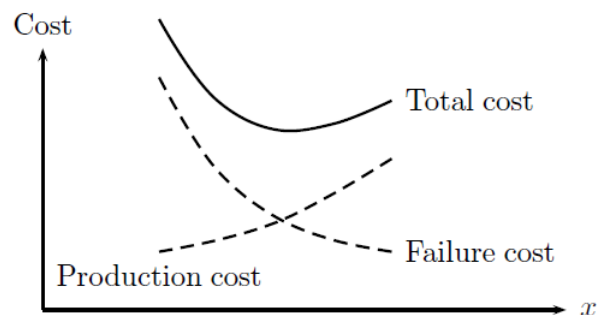
För närvarande finns fem delprogram Energi & miljö, Fordons- och trafiksäkerhet, Fordonsutveckling, Hållbar produktionsteknik och Transporteffektivitet. Läs mer på www.vinnova.se/ffi

1. Sammanfattning

För tunga fordon är tillförlitlighet, och därmed kvaliteten, för belastade komponenter av högsta betydelse. Detta projekt syftar till att utveckla effektiva metoder för datorstödda prediktioner av tillförlitligheten för belastade komponenter med avseende på styrka och hållfasthet. De utvecklade metoderna bör kunna inkludera variation i viktiga egenskaper i simuleringar, en förutsättning för noggrann bedömning av tillförlitlighet för belastade komponenter. Projektet har varit framgångsrikt i att uppfylla sina mål: En metod som visade sig vara 80% effektivare än den mest effektiva befintliga metoden för ett frekvent använt jämförelseexempel har utvecklats. Det är ett nödvändigt första steg mot implementering av tillförlitlighetsbaserade utvecklingsprocesser inom fordonsindustrin. Ytterligare projektmål sattes både av FFI och de deltagande parterna och de har alla uppfyllts.

2. Bakgrund

Kostnad och kvalitet är viktiga egenskaper hos en produkt, kanske till och med de två viktigaste. En definition av kvalitet är ändamålsenlighet. Lastbärande produkter, dvs strukturkomponenter, förlorar sin ändamålsenlighet om de fallerar. Sålunda är tillförlitligheten ett grundläggande mått på kvaliteten för strukturkomponenter. Emellertid är ökad tillförlitlighet ofta associerad med en ökad produktkostnad. Detta förhållande illustreras schematiskt i Figur 1.



Figur 1. Schematisk illustration av förhållandet mellan en konstruktionsvariabel x och produktionskostnaden, kostnaden för fallering, samt den totala produktkostnaden.

Något förenklat kommer komponenter med för låg tillförlitlighet slösa resurser på grund av lågt utnyttjande, medan komponenterna med för hög tillförlitlighet är ett slöseri med resurser till exempel på grund av överdriven användning av material i produktionen, vilket ofta leder till ökade driftskostnader samt, t.ex. ökad bränsleförbrukning. Utveckling av komponenter med en balanserad tillförlitlighet möjliggör produktion av komponenter med ett minimum av resurser. Tillförlitlighetsbaserad konstruktionsoptimering (RBDO)



FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

är en metod för utveckling av strukturkomponenter som syftar till att minimera kostnaderna och samtidigt uppfylla villkor på tillförlitligheten. Metoden är dock beräkningskapacitetskrävande, vilket har förhindrat tillämpning på storskaliga tekniska problem i industriella tillämpningar. I detta projekt har effektiva algoritmer för RBDO utvecklats, vilket lägger grunden för en tillförlitlighetsbaserad, och därmed minimalt resurskrävande, utvecklingsprocess i fordonsindustrin.

Detta projekt är en del av FFI. FFI är ett samarbete mellan den svenska regeringen och fordonsindustrin för gemensam finansiering av forskning, innovation och utveckling med fokus på Klimat & Miljö och Säkerhet. FFI kommer att bidra till följande huvudsakliga mål: Att minska miljöpåverkan från transporter, minska antalet dödade och skadade i trafiken och stärka den internationella konkurrenskraften.

Inom FFI finns det för närvarande fem delprogram. Detta projekt är en del av delprogrammet Fordonsutveckling (FU) som är inriktat mot fordonsrelaterade forsknings-, innovations- och utvecklingsaktiviteter inom flera områden, däribland Utvecklingsmetoder, vilket detta projekt avser.

3. Syfte

De FFI-mål som bedömts relevanta i projektet är att

1. Medverka till en fortsatt konkurrenskraftig fordonsindustri i Sverige.
2. Leda till industriell teknik- och kompetensutveckling.
3. Verka för att ny kunskap tas fram och implementeras, samt att befintlig kunskap implementeras i industriella tillämpningar.
4. Stärka samverkan mellan fordonsindustrin och statliga myndigheter, universitet, högskolor och forskningsinstitut.
5. Verka för att den nationella kompetensförsörjningen tryggas samt att FoU med internationell konkurrenskraft etableras.

FU-programmets vision är att

- Utveckla och tillämpa metoder som gör utvecklingsprocessen avsevärt mer effektiv med ökad kvalitet i hela utvecklingskedjan.

Det uttalade målet är att:

- Utveckla verifierade metoder vilka kan implementeras och göra produktutvecklingen mer effektiv.

Utöver dessa mål, deklarerade projektet följande övergripande mål vid ansökan om finansiering:

- Utarbeta en förbättrad metodik baserad på stokastisk simulering för hållfasthetsberäkning av komponenter till tunga fordon.

Förutom huvudmålet angavs följande delmål/förväntade resultat:

1. Djupare kunskap om stokastisk simulering inom hållfasthetsberäkning.
2. Robusta komponenter med rätt kvalitet.
3. En doktorsexamen inom området.

4. Genomförande

Projektet har bedrivits i samarbete mellan Kungliga Tekniska Högskolan (KTH) och Scania CV AB. En doktorand, Tomas Dersjö, har varit ansvarig för det operativa arbetet. Professor Mårten Olsson vid institutionen för hållfasthetslära på KTH har handlett arbetet och en styrgrupp bestående av representanter från Scania och KTH har sammanträtt en gång per kvartal för att fortlöpande övervaka utvecklingen i projektet, totalt 25 möten.

5. Resultat

Resultaten från projektet presenteras i en doktorsavhandling, eller mer exakt i de forskningsartiklar som den består av. De forskningsbidrag som presenteras i avhandlingen utgör samtliga allt effektivare metoder för datorstödd prediktion av tillförlitligheten hos strukturkomponenter med avseende på styrka och hållfasthet. I den sista artikeln i avhandling presenteras en metod som är 80% effektivare än den mest effektiva befintliga metoden för ett vanligt jämförelseexempel. I ett annat, mer komponentlikt exempel konstaterades att beräkningstiden för att finna en kostnadsoptimal men tillförlitlig konstruktion reducerats med 85% jämfört med den första metoden som tagits fram i projektet. Den första presenterade metoden i sin tur innebar en betydande förbättring från befintliga metoder.

5.1 Bidrag till FFI-mål

De fem FFI-mål som anges i avsnitt 3 har alla uppfyllts. Målen är något allmänt uttryckta och svåra att mäta och därmed är det svårt att säga i vilken utsträckning de har uppfyllts. Det råder dock ingen tvekan om att projektet svarat upp mot målen.

FU-programmets vision och mål är mer specifika. Projektet anser at det mycket väl överensstämmer med programmets visionen. Ett antal forskningsrapporter har publicerats i vetenskapliga, förhandsgranskade tidskrifter under projektets gång. Samtliga behandlar RBDO, dvs metoder för kostnadsoptimering av komponenter med bivillkor på

tillförlitlighet och kombinerat visar de signifikanta förbättringar jämfört med befintliga (globalt) publicerade metoder. Således anses programmets mål vara helt uppfyllt.

Projektets egen övergripande mål liknar det som specificerats av FU-programmet och det anses därmed också uppnått. När det gäller delmål har nummer 1) och 3) uppfyllts och mål 2) förväntas bli den långsiktiga effekten när den färdiga teknologie doktorn tillämpar erhållna färdigheter på Scania CV AB i framtiden.

6. Spridning och publicering

6.1 Kunskaps- och resultatspridning

Projektet har presenterat betydande ny kunskap och nya metoder inom området RBDO. Två artiklar har publicerats i vetenskapliga tidskrifter och ytterligare två kommer att skickas för publicering inom kort. Dessutom har doktoranden presenterat arbetet på en nationell vetenskaplig konferens och en internationell. Vidare var doktoranden gästforskare vid University of Tokyo i fyra veckor under sina studier för att tillgodogöra sig akademisk kompetens och utbyta resultat inom tillförlitlighetsområdet. Ett antal besök på japanska industriföretag gjordes också, där industriell erfarenhet från utveckling med fokus på tillförlitlighet erhöles.

Under projektets gång har professor Mårten Olsson anställt ytterligare en doktorand för att arbeta med tillförlitlighetsbaserad konstruktion och fler kommer att följa. Sålunda har en kontinuitet etablerats som sannolikt kommer att gynna fordonsindustrin i allmänhet framöver.

6.2 Publikationer

Projektet har resulterat i en doktorsavhandling:

Dersjö, T., 2012, *Methods for reliability based design of structural components*, Doktorsavhandling, TRITA HLF-0520, ISSN 1654 – 1472, ISRN KTH/HFL, Stockholm, Sverige

som finns i sin helhet på <http://kth.divaportal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:506434>. Avhandlingen består av en introduktion och fyra artiklar. De kan alla hittas på webbadressen ovan, de två första endast via länk till de tidskrifter som de publicerats i och de sista två i fulltext. Artiklarna är:

- A) Dersjö, T., Olsson, M., 2011, *Reliability based design optimization using a single constraint approximation point*, Journal of Mechanical Design, 133(3):031006.
- B) Dersjö, T., Olsson, M., 2012, *Efficient design of experiments for structural optimization using significance screening*, Structural and multidisciplinary optimization 45 (2), 185–196.

- C) Dersjö, T., Olsson, M., 2012, *A directional surrogate model tailored for efficient reliability based design optimization*, Report HLF 2012:518, Institutionen för Hållfasthetslära, Kungliga Tekniska Högskolan, 100 44 Stockholm, Sverige.
- D) Dersjö, T., Olsson, M., 2012, *Reliability based design optimization with experiments on demand*, Report HLF 2012:519, Institutionen för Hållfasthetslära, Kungliga Tekniska Högskolan, 100 44 Stockholm, Sverige.

7. Slutsatser och fortsatt forskning

Detta projekt har varit framgångsrikt. Alla de i förväg uppställda mål har uppfyllts i mer eller mindre hög grad. Det betyder inte att det inte finns mer att göra. Arbetet som utförts i det här projektet har främst behandlat det som identifierades som det största hindret för industriell tillämpning av tillförlitlighetsbaserad konstruktion; att minska erforderlig datorkraft. Mer kan göras inom detta område, till exempel när det gäller att hantera mycket små fel sannolikheter och korrelerade icke-Gaussiska fördelningar. Dessutom finns det ytterligare utmaningar som bör behandlas, såsom modellfel, statistisk osäkerhet och systemtillförlitlighet för att nämna några. Detta är fortfarande – av en anledning - ett mycket aktivt forskningsområde där Sverige inte är framträdande. Således tillämpar företag i Nordamerika, Japan, och Tyskland i större utsträckning en tillförlitlighetsbaserad utvecklingsprocess som sannolikt kommer att ge dem en framtida kvalitetsfördel om ytterligare forskning inte bedrivs.

8. Deltagande parter och kontaktpersoner

De deltagande parterna i detta projekt är Scania CV AB och Kungliga Tekniska Högskolan (KTH). Projektledare är Martin Edberg, Scania CV AB (martin.edberg@scania.com). Han har varit ansvarig för ekonomin och kontakt med VINNOVA. Tomas Dersjö, Scania CV AB (tomas.dersjo@scania.com) är doktoranden som utfört forskningen. Han har handledts av professor Mårten Olsson (mart@kth.se) som innehar Sverker Sjöström professur i tillförlitliga konstruktioner. Frågor om det tekniska innehållet i projektet kan riktas till antingen Tomas eller Mårten. Projektet har finansierats till lika delar av VINNOVA och Scania CV AB.