

ANED-M

ADVANCED NOZZLE EXTENSION DESIGN METHODOLOGY



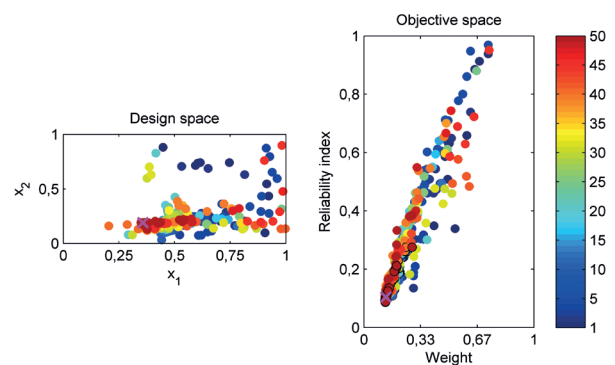
ČVUT v Praze
Fakulta stavební, Katedra mechaniky
 Thákurova 7
 166 29 Praha 6
mech.fsv.cvut.cz/wiki

Project duration: 2012 to 2013
 Project manager: Matej Leps, Ph.D.
leps@klobouk.fsv.cvut.cz

Department of Mechanics

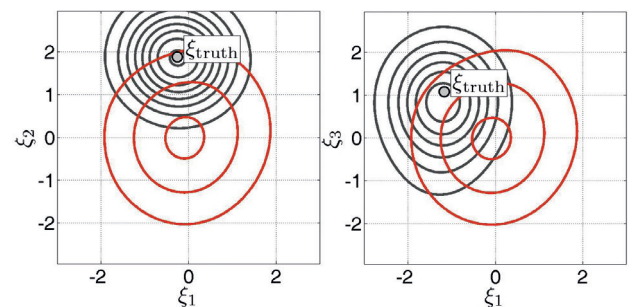
is formed by specialists in the fields of solid, soil and structural mechanics, computer science, applied mathematics, reliability of structures, multi-scale modelling or biomechanics. The scientific group directly involved in the project focuses mainly on solving optimisation and inverse problems in civil engineering or materials science, structural reliability or modelling of heterogeneous materials. This includes development of probabilistic methods from the field of Bayesian statistics with applications in inverse problems under uncertainties, bio-inspired methods like evolutionary algorithms or artificial neural networks for solution of ill-posed or multimodal optimisation problems and different kinds of surrogate models for acceleration of optimisation processes or reliability analysis.

geometry so as to minimise its weight and maximise its reliability with respect to the prescribed uncertain loading. The process was thus multi-objective, high-dimensional and computationally very challenging, but opened the possibility for important savings and technological improvements.



A process of multi-objective optimization under uncertainties - a design space is depicted on the left in contrast to compromise solutions on the right represented by relevant weight and reliability of structure.

The project ANED-M was divided into three separate tasks. The first one - statistical fitting of model parameters to measurements - dealt with the probabilistic description of uncertain material parameters based on uncertain experimental data. The objective of this task was to develop and implement a methodology which takes into account expert knowledge, i.e. prior information and to update this information by using noisy experimental data. More specifically, the methodology was applied to the parameter identification of a visco-plastic constitutive material model based on a set of data observed during five different loading tests. The result was a probabilistic description of material properties, which took into account all the available information and allowed for more reliable simulation of structural performance. The partner institution will implement the obtained data as well as the developed methodology into the future launcher design process.



Comparison of prior and posterior probability density functions for the pairs of variables obtained during the identification Bayesian process.

The second task entitled - identification of worst case scenario - dealt with identification of a parameter combination leading to the structural failure. In such a case, parameters comprised all the material properties and geometry or loading parameters of a nozzle extension design and thus the problem was high-dimensional. Moreover, the analysis included the simulation of nozzle extension taking into account different types of failure and was computationally very demanding. The developed methodology allowed to identify some of these worst case parameter combinations which provided an invaluable insight into reliability of the structure.

The last task dealt with geometry optimisation and its goal was to propose a methodology for optimisation of nozzle extension

What would you name as main benefits of the project to you and your company?



"The project gave our team an exceptional opportunity to utilize our theoretical knowledge on optimisation and identification problems, and to test the robustness and versatility of the developed methods when applied to complex problems of engineering practice. In addition, establishing cooperation with key partners in the field of future launcher development is of an immense importance to our department. It opened the possibilities for broader cooperation currently resulting into two new projects starting in December 2013."

ANED-M

METODOLOGIE PRO POKROČILÝ NÁVRH VÝTOKOVÉ TRYSKY



ČVUT v Praze
Fakulta stavební, Katedra mechaniky
Thákurova 7
166 29 Praha 6
mech.fsv.cvut.cz/wiki

Trvání projektu: 2012 až 2013
Vedoucí projektu: doc. Ing. Matěj Lepš, Ph.D.
leps@klobouk.fsv.cvut.cz

Katedru mechaniky

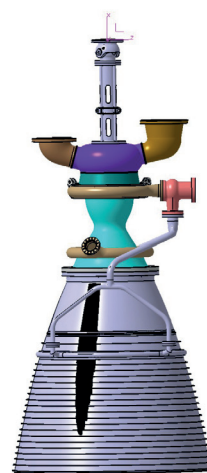
tvorí specialisté v oborech stavební mechaniky, těles, mechaniky zemin, počítačových věd, aplikované matematiky, spolehlivosti konstrukcí, víceúrovňového modelování nebo biomechaniky. Skupina vědců přímo zapojených do projektu mechaniky se zabývá především optimalizačními a inverzními problémy stavebního či materiálového inženýrství, spolehlivosti konstrukcí nebo modelováním heterogenních materiálů. Řešení této problematiky zahrnuje vývoj efektivních nástrojů jako jsou například: pravděpodobnostní metody z oblasti bayesovské statistiky využívané v inverzních problémech se zahrnutím nejistot, metody vycházející z biologických principů jako evoluční algoritmy nebo umělé neuronové sítě pro řešení špatně podmíněných či vícekriteriálních optimalizačních úloh nebo různé typy náhradních modelů pro urychlení optimalizačních procesů nebo analýzy spolehlivosti.

Projekt ANED-M se dělí na tři části. První z nich se zaměřovala na pravděpodobnostní popis nejistých materiálových parametrů založený na nejistých experimentálních datech. Předmětem této části projektu byl vývoj a implementace metody, která kombinuje známé expertní znalosti, tzv. apriorní informace, s naměřenými daty v novou přesnější informaci. Konkrétně byla tato metoda použita pro identifikaci parametrů viskoplastického konstitutivního materiálového modelu na základě dat obdržných během pěti různých zatěžovacích zkoušek. Výstupem byl pravděpodobnostní popis materiálových vlastností, který zahrnuje všechny dostupné informace a umožňuje tak spolehlivější predikci odezvy konstrukce. Získaná data i metoda jejich získání budou partnerskou institucí zahrnuty do procesu návrhu budoucí nosné rakety.

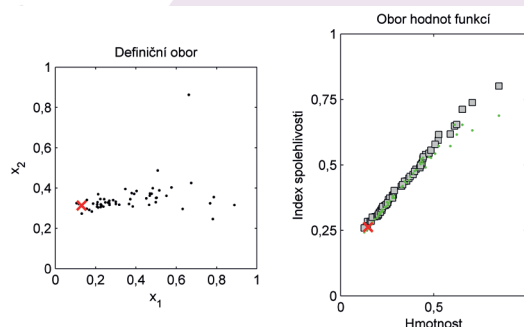
Úkolem druhé části projektu bylo určení kombinací hodnot parametrů, při nichž dochází k selhání konstrukce. Testovací aplikací byl model raketové výtokové trysky, kde mezi uvažované parametry patřily nejen materiálové vlastnosti, ale i parametry geometrie a zatížení. Problém byl mnohorozměrný a analýza navíc zahrnovala velmi výpočetně náročné simulace trysky včetně různých způsobů jejího porušení. Vyvinutý postup umožnil určit některé z nejnepríznivějších kombinací parametrů, což poskytlo velmi hodnotné informace o spolehlivosti řešené konstrukce.

Poslední část projektu zahrnovala optimalizaci geometrických vlastností výtokové trysky, kdy je minimalizována její váha a zároveň maximalizována její spolehlivost s ohledem na předepsané nejistoty.

zatížení. Optimalizační proces byl v tomto případě vícekriteriální, mnohorozměrný a výpočetně velmi náročný, ovšem jeho možný přínos v podobě významných úspor a technologických vylepšení je neocenitelný.



Geometrický model raketového motoru. Projekt se zabýval optimalizací šedé nejspodnější části.



Vybrané nejlepší návrhy vícekriteriální optimalizace zahrnující vliv nejistot znázorňující definiční obor návrhových proměnných (vlevo) spolu s kompromisními řešeními hmotnosti konstrukce a její spolehlivosti (vpravo) odpovídající jednotlivým zadáním v levém obrázku.

Co vám účast v projektu přinesla?



„Díky tomuto projektu měl náš tým výjimečnou příležitost využít své teoretické vědomosti o optimalizačních a identifikačních problémech a otestovat robustnost a univerzálnost vyvinutých metod na složitých problémech z technické praxe. A naopak řešení prezentovaných problémů nás přivedlo k dalšímu studiu a k vylepšení našich postupů. Ohromný význam má ale pro naši katedru především navázání spolupráce s klíčovými partnery z oblasti vývoje nosných raket. Projekt nám umožnil širší spolupráci, jejímž výsledkem jsou v současnosti dva nové projekty začínající v prosinci 2013.“