

상충 관계의 다중 목적함수를 갖는 후륜 현가시스템의 최적설계

최 병 열^{*1)} · 김 승 욱¹⁾ · 정 지 인²⁾

(주)피도텍¹⁾ · 현대자동차²⁾

Optimization of a rear suspension system

with multiple objective functions of trade-off relationships

Byung-Lyul Choi¹⁾ · Seung-Wook Kim¹⁾ · Ji-In Jung^{*2)}

PIDOTECH Inc.¹⁾, Hyundai Motor Company²⁾

Key words : Optimization (최적설계), Data Storytelling(데이터 스토리텔링), Screening(스크리닝), Metamodeling(예측모델링), Multi-objective (다중목적함수), Suspension(현가장치)

교신저자, E-mail: blchoi@pidotech.com

통상적인 엔지니어링 문제는 상충 관계의 성능지수들의 타협 안을 구하는 과정이다. 상충 관계가 존재하지 않는다면, 여러 성능지수들의 타협 안을 고려할 필요 없이 모든 성능지수들을 동시에 개선할 수 있다. 이렇게 되려면, 각각의 성능지수들을 제어할 수 있는 각각의 설계변수가 독립적으로 존재해야 한다. 즉, 하나의 설계변수는 하나의 성능지수만을 제어할 수 있어야 하며, 설계변수의 변화는 해당 성능지수만을 개선할 수 있고, 다른 성능지수에 영향은 없어야 한다.

하지만, 우리가 다루는 엔지니어링 문제에서 하나의 설계변수가 특정 성능지수에만 영향을 주는 경우도 드물고, 그 시스템에서 결정되어야 하는 모든 설계변수들이 각각 한개의 성능지수에만 영향을 주는 시스템은 존재하기 어렵다. 상충 관계는 이러한 원인으로 인해 발생한다. 특정 설계변수를 변경했을 때 어떤 성능지수는 개선되지만 또 다른 성능지수는 악화되는 경우가 늘 발생한다. 시스템이 복잡해지고 대형화될 수록 이러한 상충 관계의 발생 확률은 높아진다.

개선하고자 하는 목적함수가 2개 이상인 경우를 다중 목적함수 최적설계 문제라고 부른다. 통상적으로 상충 관계의 다중 목적함수 문제의 최적해는 각 목적함수의 가중치에 따라 여러 개가 존재하며 파레토셋이라고 부른다. 이러한 파레토셋 중에서 엔지니어의 의사결정에 따라 하나의 최적해가 설계 변경에 반영된다. 따라서, 최적설계를 통해 방대한 양의 파레토셋을 얻어내는 것도 중요하지만 의사결정에 도움이 되는 인사이트를 제공하는 것이 더 중요하다.

다중 목적함수 최적설계를 다룰 수 있는 다양한 기존 툴들이 존재한다. 하지만 이러한 툴들은 최적설계 알고리즘을 실행해서 방대한 양의 파레토셋을 제공하는 것으로 그 역할을 다한다. 물론 다양한 시각화 도구로 사용자가 원하는 그래프를 직접 그릴 수 있게 지원하는 툴들도 있다. 하지만, 데이터 분석가가 아닌 엔지니어가 직접 성능지수들 사이에 상충 관계와 그 원인을 파악하기 위해서 데이터를 어떤 방식으로 획득해서 어떤 분석기법으로 결론을 내릴 지 알기는 어렵다.

요약하자면, 기존의 최적설계 툴들은 파레토셋 데이터를 제공해 줄 뿐 어떠한 인사이트를 제공해 주진 않아서, 엔지니어는 인사이트를 얻기 위해 데이터 획득을 위한 설계방법론, 데이터 분석 기법, 시각화 방법 등의 다양한 교육을 이수해야만 한다.

본 연구에서는 상충 관계를 갖는 다중 목적함수 문제에서 AADO(AI-Aided Design Optimization) 기술로 인사이트를 획득하는 최적설계 대중화 방안에 대해 소개한다. AADO는 최적설계 Best Practice의 4단계 프로세스를 캡처하여 재활용함으로써 최적해와 인사이트를 획득한다.

1단계에서는 민감도 분석을 통해 주요 설계변수를 선정하는 스크리닝을 수행하고, 2단계에서는 최적설계와 인사이트 획득에 필요한 충분한 데이터를 제공할 수 있는 예측모델을 자율적으로 생성한다. 3단계에서는 예측모델 기반 최적화를 수행하고, 인사이트를 획득하고, 4단계에서는 확인해석을 통해 최적해를 검증한다. 각 단계마다 최적설계 인사이트를 도출하기 위해 데이터 스토리텔링 기법을 활용한다.

AADO 기술의 핵심인 DAVIS 로직은 각 단계 결과의 수치적인 Raw Data를 데이터 스토리텔링의 3요소인 Data, Narratives, Visualization로 변환하고, 최종적으로 엑셀 형태의 보고서로 제공한다.

AADO 기술의 검증을 위해, 후륜 현가장치 최적화 문제에 적용해 보았다. (Fig. 1 참조) 후륜 현가장치 시스템은 하드포인트와 부시에 따라 K&C 성능지수들 간에 상충 관계가 발생하는 전형적인 시스템이다. 다중 목적함수 최적설계 문제의 파레토셋을 도출하고, 목적함수들의 상충 관계와 그 원인을 파악함으로써 최적해 선정의 근거와 추가 개선 방향에 대한 인사이트를 획득할 수 있음을 보였다.

Acknowledgements

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20212020800020)

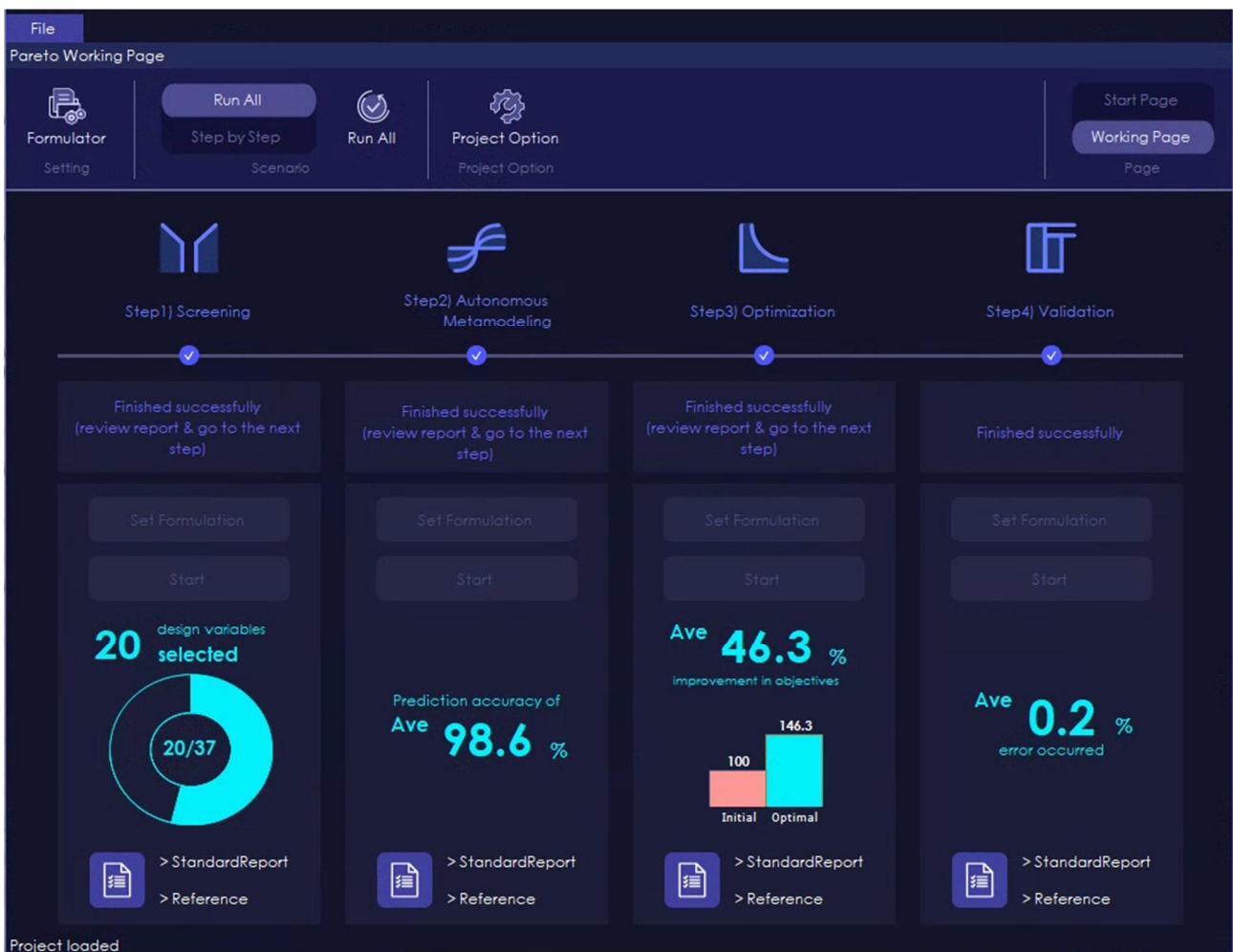


Fig. 1 Dashboard showing the AADO 4-step process