

# 항공기 착륙 시 구조건전성 모니터링을 위한 인공신경망의 활용

## Artificial Neural Network Applications for Structural Health Monitoring in Aircraft Landing

김정호<sup>1</sup>, 정선호<sup>1</sup>, 조진연<sup>1</sup>

1) 인하대학교 항공우주공학과, 인천 22212

교신 저자: 김정호, JeongHoKim@inha.ac.kr

### 요약

인공신경망은 생물학적 신경망에 기반한 수학적 모델로서 입출력 간의 복잡한 관계를 모델링하거나 데이터의 패턴을 찾는 데 있어서 탁월한 성능을 보이고 있다. 이에 따라 항공기 유지보수 및 구조건전성 모니터링에도 인공신경망이 적극 활용되고 있는 추세이다. 본 연구에서는 항공기 착륙 단계의 구조물 상태 실시간 모니터링을 위해 인공신경망을 활용하였으며 착륙 직후의 비행과라미터로부터 착륙 이후 구조 관심부위에서 발생하는 최대 응력 및 최대 변형률을 추정하였다. 그 결과 학습된 신경망의 성능검증을 통해 본 연구에서 제안한 인공신경망 모델이 구조건전성 모니터링 등에 활용될 수 있음을 확인하였다.

### 서론

인공신경망은 일종의 비선형 통계 데이터 모델링 도구로서 입력과 출력간의 복잡한 관계를 모델링하거나 데이터의 패턴을 찾는 데 사용될 수 있다. 다양한 분야에 인공신경망이 활용되고 있지만 항공기 유지보수에 있어서 인공신경망이 활용될 경우 항공기 고장 진단이나 노후화 된 재료의 부식검출, 엔진 상태의 실시간 평가, 비정상적인 구조물의 손상 등을 판단하는데 있어서 큰 도움이 될 수 있다[1]. 본 연구에서는 항공기 착륙 상황에 대해 인공신경망을 적용한 후 그 활용 가능성을 확인하였다.

### 본론

#### 인공신경망 모델

인공신경망은 일반적으로 데이터의 보간에 많이 사용되는 다층 퍼셉트론 모델을 이용하였으며 학습 알고리즘은 LMBP(Levenberg-Marquardt backpropagation) 알고리즘을 적용하였다. 수식 (1)은 가중치와 바이어스를 갱신하는 LMBP 알고리즘으로 학습 진행 상태에 따라서 학습률( $\mu_k$ )의 크기를 변화시켜 Gauss-Newton 방법과 최급강하법을 적용하는 알고리즘이다. 이러한 특징으로 인해 수렴속도와 수렴성에 있어서 뛰어난 특성을 가지고 있으며 학습 시에 가장 먼저 시도해볼 알고리즘이다[2].

$$\mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{x}_k - [\mathbf{J}^T(\mathbf{x}_k)\mathbf{J}(\mathbf{x}_k) + \mu_k\mathbf{I}]^{-1}\mathbf{J}^T(\mathbf{x}_k)\mathbf{v}(\mathbf{x}_k) \quad (1)$$

## 인공신경망 성능검증

본 연구에서는 인공신경망을 활용하여 항공기 착륙 직후의 비행 파라미터로부터 구조 관심부위의 최대 응력 및 최대 변형률을 추정하였다. 학습데이터는 다물체 동역학 해석과 유한요소해석을 통해 획득하였으며 착륙 이후 보다 실제적인 항공기 거동을 모사하기 위해 자동 착륙 알고리즘을 연동하였다. 신경망 학습 시 입력 파라미터는 착륙 직후 항공기의 자세각, 속도, 가속도, 각속도 등이며 출력 파라미터는 착륙 이후 구조 관심부위에서 발생하는 최대 응력 및 변형률이다. 그림 1은 항공기를 구성하는 요소별 성능검증 결과이며 모든 요소의 평균 상대오차는 약 1.5%로 인공신경망의 활용 가능성을 확인하였다.

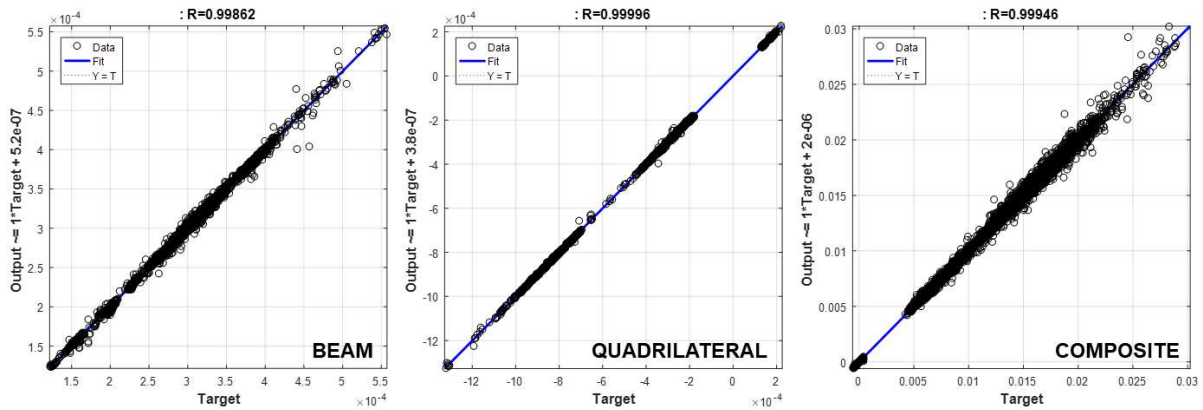


그림 1. 최대 응력 및 변형률 추정모델 요소별 성능검증 결과

## 결론

항공기의 유지보수 및 구조건전성 모니터링에 인공신경망을 활용한 연구가 다양하게 진행 중에 있다. 본 연구에서는 항공기 사고 발생 위험이 크며 구조적으로 큰 하중을 받는 착륙 단계에 있어서 인공신경망을 적용한 연구를 수행하였으며 비행파라미터로부터 최대 응력 및 최대 변형률을 추정하였다. 그 결과 학습된 신경망이 목표데이터를 잘 추정하는 것을 확인하였고 이를 바탕으로 항공기 착륙 상황에서의 구조건전성 모니터링 등에 있어서 인공신경망의 활용 가능성을 확인하였다.

## 참고문헌

1. Soumitra Paul, Kunal Kapoor, Devashish Jasani, Rachit Dudhwewala, Vijay Bore Gowda and T.R.Gopalakrishnan Nair, "Application of Artificial Neural Networks in Aircraft Maintenance, Repair and Overhaul Solutions," *Total Engineering, Analysis and Manufacturing Technologies*, September 2008.
2. Mark Hudson Beale, Martin T. Hagan and Howard B. Demuth, *Neural Network Toolbox™ User's Guide*, MATLAB R2015a, MathWorks.
3. J. Young, E. Hauge and C. Davis, "Structural Health Management an Evolution in Design," *Structural Health Monitoring 2009*, Vol. 1, September 2009, pp. 3-13.