

# 난류 제트 신경망 모델

## Neural network model for turbulent jet

최성은\*, 황진환\*\*

Seongeun Choi, Jin Hwan Hwang

### 요 지

제트류는 복잡한 흐름 중 하나로 다양한 크기의 에디가 다양한 운동량을 가지고 있다. 이러한 제트류를 구현하기 위해서는 난류 운동 에너지 등 제트류의 특성을 잘 반영하여야 한다. 제트를 구현하기 위해서는 수리학적 모델, 현장 실험 등 많은 방법이 있으며, 본 연구에서는 상대적으로 공간, 시간적 비용이 적게 드는 수치해석 방법을 사용하여 연구를 진행하였다.

대표적인 수치해석방법에는 DNS(Direct Numerical Simulation), LES(Large Eddy Simulation), RANS(Reynolds Averaged Navier Stokes) 등이 있다. RANS는 시간 평균 흐름 특성만 산출하며 제트의 복잡성을 재현하는 데 한계가 있어, 본 연구는 DNS와 LES 모델을 이용하여 제트류를 구현하는 것에 초점을 맞추었다. DNS는 해당 격자에서 발생하는 모든 에디를 직접 해석 때문에 난류 모델링이 필요하지 않지만, 많은 수의 그리드가 필요하여 수치해석 시 소요시간이 긴 편이다. LES는 대규모 에디는 직접 해석하지만 일정 크기 이하의 소용돌이를 해석하기 위해서 모델이 필요하다. 따라서 서브 그리드 모델에 따라 약간 다른 결과를 보인다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 LES의 기존 서브 그리드 모델을 사용하지 않고 신경망 모델로 학습한 DNS 결과를 활용하는 방법을 제안한다.

우선 DNS와 LES 모델을 사용하여 에너지 스펙트럼을 비교하여 서브 그리드 모델이 시작하는 파수를 찾는다. 이후 특정 파수 아래의 작은 에디를 모사할 적절한 신경망 모델을 결정하여 DNS의 작은 에디를 신경망 알고리즘이 모사할 수 있도록 학습시킨다. 이후 기존 서브 그리드 모델을 사용하지 않고 학습된 신경망 알고리즘을 사용한 LES 모델이 모사한 제트류와 실제 DNS 모델을 사용한 제트류를 비교 및 평가한다.

**핵심용어 : 난류제트, 신경망모델, LES, DNS**

### 감사의 글

이 연구는 해양수산부의 재원으로 해양수산과학기술진흥원(해양 수치모델링과 지능정보기술을 활용한 해양예측 정확도 향상 연구, PM62220)의 지원을 받아 수행되었습니다.

\* 정회원 · 서울대학교 공과대학 건설환경공학부 박사과정 · E-mail : [sechoi94@snu.ac.kr](mailto:sechoi94@snu.ac.kr)

\*\* 정회원 · 서울대학교 공과대학 건설환경공학부 정교수 · E-mail : [jinhwang@snu.ac.kr](mailto:jinhwang@snu.ac.kr)