

# M1399.000400 / M3309.005200 딥러닝의 통계적 이해

## M1399.000500 / M3309.005200 Deep Learning: Statistical Perspective

2024년 2학기 (Fall)

교수	김지수, jkim82133@snu.ac.kr	조교	조민철, code1478@snu.ac.kr
수업시간	월, 수 15:30 - 16:45	수업장소	24동 211호
면담시간 (교수)	목 09:00 - 12:00	면담장소 (교수)	25동 335호
면담시간 (조교)	월 14:00 - 15:00	면담장소 (조교)	25동 304호
홈페이지	<a href="https://jkim82133.github.io/M1399.000400/2024F/">https://jkim82133.github.io/M1399.000400/2024F/</a>		
eTL	<a href="https://myetl.snu.ac.kr/courses/266640/">https://myetl.snu.ac.kr/courses/266640/</a>		

### 수업 소개

본 교과목은 심층학습모형(deep learning model)에 중점을 둔다. 교육 목표는 심층학습(deep learning)의 방법들을 소개하고 관련된 통계적 이론을 배우는 것이다. 우선 인공신경망의 기초, 다층 퍼셉트론, 역전파 같은 심층학습의 기본적인 개념들을 배우고, 지도학습(supervised learning)의 관점에서 심층학습을 통계적으로 분석하는 데에 사용되는 이론적인 도구들을 배운다. 그 도구들을 바탕으로 심층학습을 근사 이론(approximation theory) 측면과 동적 분석(dynamical analysis) 측면에서 통계적으로 분석하는 결과들을 배우고, 또한 생성 모형(generative model)에 해당하는 통계적 이론을 배운다. 또한, 비지도 학습(unsupervised learning)의 관점에서 심층학습을 어떻게 사용하고 어떤 통계적 이론 분석을 할 수 있는지 알아본다.

- 키워드: 심층학습(deep learning), 지도학습(supervised learning), 비지도학습(unsupervised learning), 학습 이론(learning theory), 최적화(optimization), 생성 모형(generative models)

### 수업 목표

- 심층학습(Deep Learning)을 접하고 이해한다.
- 심층학습에 어떤 통계적 도구가 쓰이는지 이해한다.
- 상황에 맞게 적절한 심층학습 모형을 선택할 수 있다.
- 심층학습 모형에 따라 적절한 통계적 분석을 할 수 있다.

### 선수과목

- 확률(probability)의 기본적 개념에 최소한 학부 수준으로는 익숙해야 하며, 학부에서는 확률의 개념 및 응용(326.211), 측도이론과 확률(M1407.002500), 실변수함수론(881.425), 대학원에서는 확률론 1(326.513), 실해석학(3341.503) 등과 같은 과목에서 다룬다.
- 수리통계(mathematical statistics)의 기본적 개념에 최소한 학부 수준으로는 익숙해야 하며, 수리통계 1(326.311), 수리통계(M1399.000900) 등과 같은 과목에서 다룬다.

- 선형사상, 기저, 차원 등 선형대수(linear algebra)의 기본 개념에 익숙해야 하며, 선형대수학 1(300.203A), 선형대수학(881.007) 등과 같은 과목에서 다룬다.

위의 필수과목들 외에 다음의 개념을 접해보면 좋으나 필수는 아니며, 수업에서 사용하는 개념들은 수업에서 정의한다.

- 회귀분석을 접해보면 좋으며, 회귀분석 및 실습(326.313) 등과 같은 과목에서 다룬다.
- 볼록 최적화(convex optimization)를 접해보면 좋으며, 최적화의 수학적 이론 및 계산(3341.454) 등과 같은 과목에서 다룬다.
- 기계학습(machine learning)의 이론적 분석을 접해보면 좋으며, 통계적 기계학습(M1399.000500) 등과 같은 과목에서 다룬다.

## 교재 및 참고문헌

정해진 교재의 내용을 처음부터 끝까지 따라가진 않지만, 다음 서베이 논문을 주로 참조한다.

- Namjoon Suh, Guang Cheng, A Survey on Statistical Theory of Deep Learning: Approximation, Training Dynamics, and Generative Models, 2024. <https://arxiv.org/abs/2401.07187/>

또한, 수업 전반적으로 다음 문헌들을 참조할 수 있다.

- Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman, The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference and Prediction, Second Edition, 2009. <https://hastie.su.domains/ElemStatLearn/>
- Brian Ripley, Pattern Recognition and Neural Networks, 2006. <https://www.cambridge.org/core/books/pattern-recognition-and-neural-networks/4E038249C9BAA06C8F4EE6F044D09C5C/>
- Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, and Aaron Courville, Deep Learning, 2016. <https://www.deeplearningbook.org/>
- Shai Shalev-Shwartz and Shai Ben-David, Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms, 2014. <https://www.cs.huji.ac.il/~shais/UnderstandingMachineLearning/>
- Jianqing Fan, Cong Ma, Yiqiao Zhong, A Selective Overview of Deep Learning, 2021. <https://doi.org/10.1214/20-STS783/>

그 외에 각 주제에 맞춰서 참조하는 많은 참고문헌들이 있다.

## 평가 방법

- 최종학점은 다음과 같이 계산한다: 과제 40%, 중간 20%, 기말 20%, 프로젝트 40%, 수업 참여 10%
- 과제 / 중간+기말 / 프로젝트 중에 둘을 선택해서 제출하고 평가받는다.

### 과제

- 과제는 4번 제출할 예정이며 과제는 과제 제출 마감 날짜 23:59까지 eTL로 제출하거나 서면으로 제출해야 한다.
- 과제를 기한 내로 완성하지 못했을 경우 10%의 점수를 감점하고 1주일의 시간을 더 쓸 수 있다. 1주일 후까지도 제출하지 못하면 0점 처리된다.

### 중간고사와 기말고사

중간고사와 기말고사 일정은 다음과 같다.

- 중간고사: 10/29(화)
- 기말고사: 12/17(화)

## 프로젝트

이 수업의 프로젝트에서는 수업과 관련 있으면서 관심 있는 주제를 골라, 심층학습과 관련된 최대 8쪽 분량의 보고서를 쓰는 것을 목표로 한다. 예로 다음과 같은 주제를 선택할 수 있지만, 꼭 여기에 한정되지는 않는다:

- 심층학습 모형을 이용한 실생활 자료의 분석
- 심층학습에서 일어나는 현상에 대한 수치 실험 또는 이론적 설명
- 심층학습 관련 이론적 결과들의 정리
- 심층학습 관련 논문 조사

기존 논문들을 다룰 경우, 논문 1개만 다루어도 되고 논문의 일부만 다루어도 된다. 반드시 새로운 연구를 수행할 필요는 없다.

보고서에는 배경지식, 중요한 이론적 결과들, 증명의 간단한 열개가 포함되어야 한다. 2단계에 걸쳐서 제안서와 최종 보고서를 제출한다.

- 제안서: 프로젝트 제안서에는 (1) 프로젝트 제목, (2) 프로젝트에서 다루는 문제의 정확한 명세, (3) 프로젝트가 다루는 범위, (4) 읽을 참고문헌 등이 포함되어야 한다.
- 최종 보고서: 최종 보고서는 NeurIPS 형식으로 작성해야 하며 최대 8쪽까지 허용한다. 예를 들어, 다음과 같은 구조로 작성할 수 있다.
- 실험 위주의 보고서일 경우:
  1. 서론: 문제의 동기와 해당 분야의 요약
  2. 기존 연구
  3. 방법론 및 중요 결과들
  4. 실험
  5. 결론: 결과에 대한 주석과 미해결 문제들
- 이론 위주의 보고서일 경우:
  1. 서론: 문제의 동기와 해당 분야의 요약
  2. 표기법과 가정
  3. 중요 이론 결과들
  4. 증명 열개
  5. 결론: 결과에 대한 주석과 미해결 문제들

## 프로그래밍 언어

과제 중에 프로그래밍을 이용하는 문제가 나올 수 있다. 프로그래밍 언어는 수강생이 편한 언어를 고를 수 있으며, 수업 시간 중에 파이썬으로 예시를 들어줄 예정이다.

## 과제 협력에 관한 원칙

과제를 동료 학생과 같이 협력하는 것을 장려한다. 하지만 답안지는 반드시 본인 스스로 작성해야 한다. 도움을 받았을 때는 도움을 준 학생의 이름을 과제 제출 시 명시해야 한다. 그렇지 않으면 같은 답안을 제출한 과제는 모두 0점 처리한다.

## 일정표

아래의 일정표는 잠정적으로 작성한 것으로, 최신 일정표는 항상 홈페이지에서 확인한다.

날짜	주제	비고
1주 (9/2, 9/4)	Introduction, Overview of Supervised Learning	
2주 (9/9, 9/11)	Overview of Supervised Learning, Deep Learning Frameworks	
3주	추석 연휴	
4주 (9/23, 9/25)	Multi-layer perceptron, Backpropagation	과제1 마감 (9/27)
5주 (9/30, 10/2)	Statistical Learning Theory: Concentration Measure	
6주 (10/7)	Statistical Learning Theory: Concentration Measure	
7주 (10/14, 10/16)	Approximation-based Statistical guarantees	과제2 마감 (10/18)
8주 (10/21, 10/23)	Approximation-based Statistical guarantees	
9주 (10/28, 10/30)	Dynamic-based Statistical guarantees: Neural Tangent Kernel	중간고사 (10/29)
10주 (11/4, 11/6)	Dynamic-based Statistical guarantees: Mean Field	
11주 (11/11, 11/13)	Statistical guarantees for Generative models: GAN, Diffusion Model, LLM	과제3 마감 (11/15)
12주 (11/18, 11/20)	Statistical guarantees for Generative models: GAN, Diffusion Model, LLM	
13주 (11/25, 11/27)	Unsupervised Learning and Deep Learning	
14주 (12/2, 12/4)	Deep Learning in non-Euclidean spaces	과제4 마감 (12/6)
15주 (12/9, 12/11)	Other topics	기말고사 (12/17)

## 장애학생 지원사항

장애유형	강의수강 관련	과제 및 평가 관련
시각장애	교재 제작(디지털교재, 점자교재, 확대교재 등), 대필도우미 허용	과제 제출기한 연장, 과제 제출 및 응답 방식의 조정, 평가 시간 연장, 평가 문항 제시 및 응답 방식의 조정, 별도 고사실 제공
지체장애	교재 제작(디지털교재), 대필도우미 및 수업보조 도우미 허용	
청각장애	대필 및 문자통역 도우미 활동 허용, 강의 녹취 허용	
건강장애	질병 등으로 인한 결석에 대한 출석 인정, 대필도우미 허용	
학습장애	대필도우미 허용	
지적장애	대필도우미 및 수업 멘토 허용	
자폐성장애		