

MIT 슈바르츠만 컴퓨팅 칼리지 AI & Decision Making 2학년 1학기 (Sophomore Year, Fall Semester): 컴퓨터 과학 기초 및 AI 수학 주차별 상세 학습 계획 (주 40시간)

1주차: 고급 프로그래밍과 소프트웨어 설계

월요일: 객체지향 프로그래밍 심화

- 오전 (4시간):
 - OOP 설계 원칙 (SOLID)
 - 디자인 패턴 (싱글톤, 팩토리, 옵저버)
 - 상속 vs 구성
 - 추상화와 캡슐화
- 오후 (4시간):
 - Python 고급 OOP 기법
 - 메타클래스와 디스크립터
 - 프로퍼티와 데코레이터
 - 실습: 머신러닝 프레임워크 설계

화요일: 함수형 프로그래밍

- 오전 (4시간):
 - 함수형 프로그래밍 패러다임
 - 순수 함수와 불변성
 - 고차 함수와 클로저
 - 람다 표현식과 map/filter/reduce
- 오후 (4시간):
 - Python 함수형 프로그래밍
 - itertools와 functools 활용
 - 함수형 데이터 처리
 - 실습: 함수형 스타일로 데이터 분석

수요일: 동시성과 병렬 프로그래밍

- 오전 (4시간):
 - 스레드와 프로세스
 - GIL (Global Interpreter Lock)
 - asyncio와 비동기 프로그래밍
 - 코루틴과 이벤트 루프
- 오후 (4시간):
 - multiprocessing과 concurrent.futures
 - 분산 컴퓨팅 (Dask, Ray)
 - 병렬 머신러닝 훈련
 - 실습: 대용량 데이터 병렬 처리

목요일: 코드 품질과 테스트

- 오전 (4시간):
 - 코드 스타일과 PEP 8
 - 정적 분석 도구 (pylint, mypy)
 - 단위 테스트와 TDD
 - 통합 테스트와 성능 테스트
- 오후 (4시간):
 - pytest 프레임워크
 - 목(Mock) 객체와 테스트 더블
 - CI/CD 파이프라인 구축
 - 실습: 머신러닝 모델 테스트

금요일: 소프트웨어 아키텍처와 패턴

- 오전 (4시간):
 - 아키텍처 패턴 (MVC, MVP, MVVM)
 - 레이어드 아키텍처
 - 헥사고널 아키텍처
 - 마이크로서비스 아키텍처
- 오후 (4시간):
 - 의존성 주입과 IoC
 - 플러그인 아키텍처
 - 이벤트 기반 아키텍처
 - 1주차 종합 프로젝트: AI 시스템 설계

1주차 평가:

- OOP 설계 과제 (15%)
- 함수형 프로그래밍 실습 (15%)
- 병렬 처리 구현 (15%)
- 테스트 프로젝트 (10%)
- 아키텍처 설계 문서 (15%)
- 주간 종합시험 (20%) - 금요일 실시

참고 자료:

- "Clean Code" (Robert Martin, Open Excerpts)
- "Design Patterns" (Gang of Four, Open Examples)
- "Effective Python" (Brett Slatkin, Open Chapters)
- "Architecture Patterns with Python" (Percival & Gregory, Open Materials)
- "Fluent Python" (Luciano Ramalho, Open Sections)

2주차: 다변수 최적화와 수치해석

월요일: 제약 없는 최적화

- 오전 (4시간):
 - 일변수 최적화 복습

- 다변수 함수의 최적화 조건
- 뉴턴-랩슨 방법
- 준뉴턴 방법 (BFGS, L-BFGS)
- 오후 (4시간):
 - SciPy.optimize를 이용한 최적화
 - 경사하강법 변형 (momentum, AdaGrad)
 - 최적화 알고리즘 성능 비교
 - 실습: 손실 함수 최적화 구현

화요일: 제약 최적화

- 오전 (4시간):
 - 등식 제약 최적화
 - 라그랑주 승수법 심화
 - 부등식 제약 최적화
 - KKT 조건과 Slater 조건
- 오후 (4시간):
 - 내부점 방법과 장벽 함수
 - SQP (Sequential Quadratic Programming)
 - 제약 최적화 실습
 - 실습: SVM 최적화 문제

수요일: 볼록 최적화

- 오전 (4시간):
 - 볼록 집합과 볼록 함수
 - 볼록 최적화 문제
 - 선형 계획법 (Simplex)
 - 이차 계획법
- 오후 (4시간):
 - CVXPY를 이용한 볼록 최적화
 - 정칙화 기법 (L1, L2, Elastic Net)
 - 압축 센싱 기초
 - 실습: 포트폴리오 최적화

목요일: 수치해석 기법

- 오전 (4시간):
 - 선형 시스템 해법
 - 반복법 (Jacobi, Gauss-Seidel)
 - 고유값 문제 수치해법
 - 특이값 분해 알고리즘
- 오후 (4시간):
 - 비선형 방정식 해법
 - 수치 적분과 미분
 - 상미분방정식 해법
 - 실습: 수치해석 라이브러리 구현

금요일: 확률적 최적화 및 주간 평가

- 오전 (4시간):
 - 확률적 경사하강법 (SGD)
 - 분산 감소 기법 (SVRG, SAGA)
 - 베이지안 최적화
 - 유전 알고리즘과 입자 군집 최적화
- 오후 (4시간):
 - 최적화 알고리즘 구현 프로젝트
 - 주간 시험: 2주차 종합평가 (2시간)
 - 제약 없는 최적화 (30%)
 - 제약 최적화 (25%)
 - 볼록 최적화 (25%)
 - 수치해석과 확률적 최적화 (20%)
 - 최적화 이론의 머신러닝 응용
 - 3주차 준비

2주차 평가:

- 경사하강법 구현 (15%)
- 제약 최적화 과제 (15%)
- 볼록 최적화 프로젝트 (15%)
- 수치해석 알고리즘 (10%)
- 확률적 최적화 실습 (15%)
- 주간 종합시험 (20%) - 금요일 실시

참고 자료:

- "Convex Optimization" (Boyd & Vandenberghe, Open Access)
- "Numerical Optimization" (Nocedal & Wright, Open Chapters)
- "Optimization for Machine Learning" (Sra et al., Open Materials)
- "An Introduction to Optimization" (Chong & Zak, Open Sections)
- "Numerical Methods for Engineers" (Chapra & Canale, Open Examples)

3주차: 기계학습 수학 심화

월요일: 확률적 그래프 모델

- 오전 (4시간):
 - 베이지안 네트워크
 - 마르코프 네트워크
 - 조건부 독립성
 - 인수분해와 클릭
- 오후 (4시간):
 - pgmpy 라이브러리 사용법
 - 베이지안 네트워크 구조 학습
 - 매개변수 학습과 추론

- 실습: 의료 진단 시스템

화요일: 변분 추론 심화

- 오전 (4시간):
 - 평균장 변분 베이지스
 - KL 발산과 ELBO
 - 좌표 상승 변분 추론
 - 확률적 변분 추론
- 오후 (4시간):
 - 변분 오토인코더 (VAE) 수학
 - 재매개화 기법 (Reparameterization)
 - β -VAE와 disentangled representation
 - 실습: VAE 구현과 분석

수요일: 베이지안 추론과 MCMC

- 오전 (4시간):
 - 베이지안 추론 복습
 - 켈레 사전분포
 - 비켈레 모델
 - 근사 베이지안 계산 (ABC)
- 오후 (4시간):
 - 고급 MCMC 방법
 - 해밀토니안 몬테카를로 (HMC)
 - No-U-Turn Sampler (NUTS)
 - PyMC3/Stan을 이용한 베이지안 모델링

목요일: 정보 기하학과 자연 기울기

- 오전 (4시간):
 - 정보 기하학 기초
 - 피셔 정보 행렬
 - 자연 매개변수와 기댓값 매개변수
 - KL 발산의 기하학적 해석
- 오후 (4시간):
 - 자연 기울기 방법
 - K-FAC (Kronecker-Factored Approximation)
 - 정보 기하학적 최적화
 - 실습: 자연 기울기 구현

금요일: 학습 이론과 일반화 및 주간 평가

- 오전 (4시간):
 - PAC-Bayes 이론
 - 일반화 오차 분석
 - Rademacher 복잡도 심화

- 안정성과 일반화
- 오후 (4시간):
 - 학습 이론 실험
 - 주간 시험: 3주차 종합평가 (2시간)
 - 확률적 그래프 모델 (30%)
 - 변분 추론 (25%)
 - 베이지안 추론과 MCMC (25%)
 - 정보 기하학과 학습 이론 (20%)
 - 고급 머신러닝 수학 통합
 - 4주차 준비

3주차 평가:

- 베이지안 네트워크 구현 (15%)
- VAE 수학적 분석 (15%)
- MCMC 베이지안 모델링 (15%)
- 자연 기울기 구현 (10%)
- 학습 이론 증명 과제 (15%)
- 주간 종합시험 (20%) - 금요일 실시

참고 자료:

- "Probabilistic Graphical Models" (Koller & Friedman, Open Chapters)
- "Pattern Recognition and Machine Learning" (Bishop, Variational Chapters)
- "Information Geometry and Its Applications" (Amari, Open Sections)
- "Understanding Machine Learning" (Shalev-Shwartz & Ben-David, Open Access)
- "Bayesian Data Analysis" (Gelman et al., Advanced Chapters)

4주차: 고급 선형대수와 행렬 이론

월요일: 행렬 분해 심화

- 오전 (4시간):
 - 극분해와 특이값 분해 관계
 - 고유값 분해의 기하학적 의미
 - 스펙트럼 정리
 - Schur 분해와 실 Schur 형태
- 오후 (4시간):
 - 비음 행렬 분해 (NMF) 알고리즘
 - 독립 성분 분석 (ICA)
 - 주성분 분석 (PCA) 변형들
 - 실습: 차원 축소 기법 비교

화요일: 행렬 미적분학

- 오전 (4시간):
 - 행렬 함수의 미분

- 벡터-벡터, 벡터-행렬, 행렬-행렬 미분
- 연쇄법칙과 곱셈법칙
- 트레이스와 행렬식의 미분
- 오후 (4시간):
 - 머신러닝에서의 행렬 미분
 - 백프로파게이션의 행렬 형태
 - 2차 미분과 헤시안 근사
 - 실습: 신경망 기울기 수식 유도

수요일: 랜덤 행렬 이론

- 오전 (4시간):
 - 랜덤 행렬의 기본 개념
 - Wishart 분포
 - 고유값 분포 이론
 - 원형 법칙과 반원 법칙
- 오후 (4시간):
 - 다차원 행렬의 점근적 성질
 - 공분산 행렬 추정
 - 정칙화와 축소 추정
 - 실습: 고차원 데이터 분석

목요일: 텐서 대수와 다선형 대수

- 오전 (4시간):
 - 텐서의 정의와 연산
 - 텐서 곱과 수축
 - 다선형 맵과 쌍선형 형식
 - 텐서 분해 (CP, Tucker)
- 오후 (4시간):
 - 다차원 배열 연산
 - 텐서 네트워크 기초
 - 고차 특이값 분해 (HOSVD)
 - 실습: 텐서 분해를 이용한 데이터 분석

금요일: 행렬 완성과 저계수 모델 및 주간 평가

- 오전 (4시간):
 - 행렬 완성 문제
 - 핵 노름 최소화
 - 반정부호 계획법
 - 반복 특이값 축소 (Iterative SVT)
- 오후 (4시간):
 - 행렬 완성 알고리즘 구현
 - 주간 시험: 4주차 종합평가 (2시간)
 - 행렬 분해와 스펙트럼 이론 (30%)
 - 행렬 미적분학 (25%)

- 랜덤 행렬 이론 (20%)
- 텐서 대수와 행렬 완성 (25%)
 - 고급 선형대수의 AI 응용
 - 5주차 준비

4주차 평가:

- 행렬 분해 알고리즘 구현 (15%)
- 행렬 미분 계산 과제 (15%)
- 랜덤 행렬 분석 (10%)
- 텐서 분해 프로젝트 (15%)
- 행렬 완성 구현 (15%)
- 주간 종합시험 (20%) - 금요일 실시

참고 자료:

- "Matrix Analysis" (Horn & Johnson, Advanced Chapters)
- "The Matrix Cookbook" (Petersen & Pedersen, Complete Guide)
- "Random Matrix Theory" (Tulino & Verdú, Open Sections)
- "Tensor Decompositions and Applications" (Kolda & Bader, Open Access)
- "Matrix Completion and Low-Rank SVD" (Open Research Papers)

5주차: 확률론 고급 이론

월요일: 측도론적 확률론

- 오전 (4시간):
 - 측도와 적분
 - 확률측도와 확률공간
 - 거의 확실한 수렴
 - 보렐-칸텔리 보조정리
- 오후 (4시간):
 - 르베그 적분과 기댓값
 - 확률변수의 독립성
 - 조건부 기댓값의 성질
 - 마르팅게일 기초

화요일: 확률 과정론

- 오전 (4시간):
 - 확률 과정의 분류
 - 마르코프 체인 심화
 - 포아송 과정
 - 브라운 운동 기초
- 오후 (4시간):
 - 마르코프 체인 수렴 이론
 - 정상 분포와 가역성

- 히팅 시간과 믹싱 시간
- 실습: MCMC 수렴 진단

수요일: 극한 정리와 대수 법칙

- 오전 (4시간):
 - 강한 대수의 법칙 증명
 - 중심극한정리 변형들
 - Berry-Esseen 정리
 - 함수적 중심극한정리
- 오후 (4시간):
 - 대편차 원리
 - Cramér의 정리
 - Sanov의 정리
 - 실습: 대편차 이론 시뮬레이션

목요일: 경험 과정론

- 오전 (4시간):
 - 경험적 분포함수
 - Glivenko-Cantelli 정리
 - Donsker의 정리
 - 경험 과정의 수렴
- 오후 (4시간):
 - VC 이론과 균등 법칙
 - Rademacher 과정
 - 집중 부등식 (Hoeffding, Azuma)
 - 실습: 일반화 오차 분석

금요일: 정보이론 고급 주제 및 주간 평가

- 오전 (4시간):
 - 울-왜곡 이론
 - 소스-채널 분리 정리
 - 네트워크 정보이론
 - 양자 정보이론 입문
- 오후 (4시간):
 - 정보이론 응용 프로젝트
 - 주간 시험: 5주차 종합평가 (2시간)
 - 측도론적 확률론 (25%)
 - 확률 과정론 (30%)
 - 극한 정리 (25%)
 - 경험 과정과 정보이론 (20%)
 - 고급 확률론의 머신러닝 연결
 - 6주차 준비

5주차 평가:

- 측도론 증명 과제 (10%)
- 마르코프 체인 분석 (15%)
- 극한 정리 시뮬레이션 (15%)
- 경험 과정 이론 응용 (15%)
- 정보이론 프로젝트 (15%)
- 주간 종합시험 (20%) - 금요일 실시

참고 자료:

- "Probability: Theory and Examples" (Durrett, Open Access)
- "A Course in Large Sample Theory" (Ferguson, Open Materials)
- "Empirical Processes in M-Estimation" (van der Vaart, Open Chapters)
- "Elements of Information Theory" (Cover & Thomas, Advanced Topics)
- "Mathematical Statistics" (van der Vaart, Open Sections)

6주차: 알고리즘 분석과 고급 자료구조

월요일: 분할정복과 마스터 정리 심화

- 오전 (4시간):
 - 일반화된 마스터 정리
 - Akra-Bazzi 정리
 - 분할정복의 최적화
 - 병렬 분할정복 알고리즘
- 오후 (4시간):
 - 고급 분할정복 문제
 - 점 가장까지 쌍 문제
 - 다차원 최대 부배열
 - 실습: 병렬 정렬 알고리즘

화요일: 고급 그래프 알고리즘

- 오전 (4시간):
 - 강연결성분 (Tarjan, Kosaraju)
 - 위상 정렬과 DAG
 - 이분 그래프와 매칭
 - 네트워크 플로우 심화
- 오후 (4시간):
 - 최대 플로우 최소 컷 정리
 - Edmonds-Karp와 Push-Relabel
 - 이분 매칭과 호프크로프트-카프
 - 실습: 소셜 네트워크 분석

수요일: 문자열 알고리즘

- 오전 (4시간):
 - KMP 알고리즘

- Rabin-Karp 알고리즘
 - Boyer-Moore 알고리즘
 - Z 알고리즘
- 오후 (4시간):
 - 접미사 배열과 LCP 배열
 - 접미사 트리 구성
 - 문자열 매칭 응용
 - 실습: 생물정보학 문자열 처리

목요일: 기하 알고리즘

- 오전 (4시간):
 - 볼록 껍질 (Graham, Jarvis)
 - 선분 교차 판정
 - 보로노이 다이어그램
 - 들로네 삼각분할
- 오후 (4시간):
 - 범위 검색 자료구조
 - kd-트리와 범위 트리
 - 기하 알고리즘 구현
 - 실습: 컴퓨터 그래픽스 응용

금요일: 근사 알고리즘과 온라인 알고리즘 및 주간 평가

- 오전 (4시간):
 - 근사 알고리즘 설계 기법
 - 정점 커버와 집합 커버
 - TSP 근사 알고리즘
 - 온라인 알고리즘과 경쟁 분석
- 오후 (4시간):
 - 알고리즘 설계 종합 프로젝트
 - 주간 시험: 6주차 종합평가 (2시간)
 - 분할정복 고급 (25%)
 - 그래프 알고리즘 (30%)
 - 문자열 알고리즘 (25%)
 - 기하 및 근사 알고리즘 (20%)
 - 알고리즘의 실제 응용
 - 7주차 준비

6주차 평가:

- 분할정복 최적화 (15%)
- 그래프 알고리즘 구현 (15%)
- 문자열 처리 프로젝트 (15%)
- 기하 알고리즘 과제 (10%)
- 근사 알고리즘 분석 (15%)
- 주간 종합시험 (20%) - 금요일 실시

참고 자료:

- "Introduction to Algorithms" (CLRS, Advanced Chapters)
- "Algorithm Design" (Kleinberg & Tardos, Complete Text)
- "Computational Geometry" (de Berg et al., Open Chapters)
- "Approximation Algorithms" (Vazirani, Open Access)
- "String Algorithms" (Open Course Materials)

7주차: 중간고사 및 연구 프로젝트

월요일: 중간고사 1부 - 프로그래밍과 수학

- 오전 (4시간):
 - 중간고사 Part 1 (3시간)
 - 고급 프로그래밍 (25%)
 - 다변수 최적화 (25%)
 - 기계학습 수학 (25%)
 - 고급 선형대수 (25%)
- 오후 (4시간):
 - 시험 검토 및 해설
 - 개념 재정리 세션
 - 질의응답 및 토론

화요일: 중간고사 2부 - 이론과 알고리즘

- 오전 (4시간):
 - 중간고사 Part 2 (3시간)
 - 확률론 고급 이론 (30%)
 - 알고리즘 분석 (35%)
 - 고급 자료구조 (35%)
- 오후 (4시간):
 - 시험 검토 및 피드백
 - 이론과 실습 연결점 분석
 - 개별 상담 및 학습 계획

수요일: 연구 프로젝트 기획

- 오전 (4시간):
 - 연구 주제 선정 가이드라인
 - 문헌 조사 방법론
 - 연구 질문 형성
 - 가설 설정과 검증 계획
- 오후 (4시간):
 - 개별 연구 주제 발표
 - 멘토 매칭 및 상담
 - 연구 계획서 작성
 - 팀 구성 및 역할 분담

목요일: 연구 방법론과 실험 설계

- 오전 (4시간):
 - 과학적 방법론
 - 실험 설계 원리
 - 통계적 유의성과 효과 크기
 - 재현 가능한 연구
- 오후 (4시간):
 - 데이터 수집 계획
 - 실험 환경 구축
 - 성능 평가 메트릭 선정
 - 윤리적 고려사항

금요일: 프로젝트 개발 시작

- 오전 (4시간):
 - 기초 문헌 조사
 - 기존 연구 분석
 - 기술적 도전과제 식별
 - 초기 프로토타입 설계
- 오후 (4시간):
 - 프로젝트 킥오프 발표
 - 진행 계획 수립
 - 주간 체크인 시스템 구축
 - 8주차 준비

7주차 평가:

- 중간고사 Part 1 (30%)
- 중간고사 Part 2 (30%)
- 연구 주제 발표 (15%)
- 연구 계획서 (15%)
- 프로젝트 킥오프 (10%)

참고 자료:

- 1-6주차 전체 강의 자료
- "The Art of Computer Programming" (Knuth, Selected Volumes)
- "How to Read a Paper" (Keshav, Open Access)
- "The Elements of Style" (Strunk & White, Writing Guide)
- "Research Methods in Computer Science" (Open Materials)

8주차: 고급 데이터 구조와 알고리즘

월요일: 영속 자료구조

- 오전 (4시간):

- 영속성의 개념
 - **Path copying**과 **Fat node** 방법
 - 영속 연결 리스트와 트리
 - 함수형 자료구조 설계
- 오후 (4시간):
 - 영속 세그먼트 트리
 - 영속 트라이 구현
 - 버전 관리 시스템 응용
 - 실습: 영속 자료구조 라이브러리

화요일: 확률적 자료구조

- 오전 (4시간):
 - 스킵 리스트
 - 블룸 필터 심화
 - **Count-Min** 스케치
 - **HyperLogLog**
- 오후 (4시간):
 - 확률적 자료구조 구현
 - 메모리-정확도 트레이드오프
 - 스트리밍 알고리즘 응용
 - 실습: 빅데이터 근사 분석

수요일: 동적 자료구조

- 오전 (4시간):
 - 동적 연결성 문제
 - **Link-Cut** 트리
 - 동적 최소 신장 트리
 - 온라인 그래프 알고리즘
- 오후 (4시간):
 - **Splay** 트리와 자기 조정
 - 동적 순서 통계 트리
 - 동적 블록 꺾질
 - 실습: 동적 기하 문제

목요일: 병렬 알고리즘과 자료구조

- 오전 (4시간):
 - **PRAM** 모델
 - 병렬 **prefix sum**
 - 병렬 정렬 네트워크
 - 무장금 자료구조
- 오후 (4시간):
 - **Compare-and-swap** 기반 구현
 - 병렬 해시 테이블
 - 작업 훅치기 알고리즘

- 실습: 멀티코어 자료구조

금요일: 외부 메모리 알고리즘 및 주간 평가

- 오전 (4시간):
 - 외부 메모리 모델
 - I/O 효율적 정렬
 - B-트리 변형들
 - 캐시 인식 알고리즘
- 오후 (4시간):
 - 외부 메모리 구현 프로젝트
 - 주간 시험: 8주차 종합평가 (2시간)
 - 영속 자료구조 (25%)
 - 확률적 자료구조 (25%)
 - 동적 자료구조 (25%)
 - 병렬 및 외부 메모리 (25%)
 - 고급 자료구조 선택 가이드
 - 9주차 준비

8주차 평가:

- 영속 자료구조 구현 (15%)
- 확률적 자료구조 프로젝트 (15%)
- 동적 자료구조 과제 (15%)
- 병렬 구현 실습 (15%)
- 외부 메모리 최적화 (10%)
- 주간 종합시험 (20%) - 금요일 실시

참고 자료:

- "Purely Functional Data Structures" (Okasaki, Open Chapters)
- "Probabilistic Data Structures" (Gakhov, Open Materials)
- "Introduction to Parallel Algorithms" (JáJá, Open Sections)
- "External Memory Algorithms" (Vitter, Open Survey)
- "Advanced Data Structures" (MIT OCW, Advanced Lectures)

9주차: 계산 복잡도 이론

월요일: 복잡도 클래스 기초

- 오전 (4시간):
 - P와 NP 클래스 복습
 - NP-완전성 증명 기법
 - 쿽의 정리와 SAT
 - 카프의 21개 문제
- 오후 (4시간):
 - NP-완전성 축약 실습

- 3-SAT에서 다른 문제로의 축약
- Hamilton 경로와 Clique
- 실습: NP-완전성 증명

화요일: 복잡도 계층

- 오전 (4시간):
 - 공간 복잡도 클래스 (L, NL, PSPACE)
 - 시간 계층 정리
 - 공간 계층 정리
 - Savitch의 정리
- 오후 (4시간):
 - co-NP와 완전 문제들
 - 다항식 계층 (PH)
 - EXPTIME과 EXPSPACE
 - 실습: 복잡도 클래스 관계 분석

수요일: 회로 복잡도

- 오전 (4시간):
 - 불린 회로와 복잡도
 - 균일 vs 비균일 복잡도
 - AC와 NC 클래스
 - 문턱 게이트와 TC
- 오후 (4시간):
 - 회로 하한 증명 기법
 - Razborov-Smolensky 정리
 - 자연 증명의 장벽
 - 실습: 회로 복잡도 분석

목요일: 랜덤화와 근사 복잡도

- 오전 (4시간):
 - BPP와 RP 클래스
 - 역랜덤화 기법
 - 의사난수 생성기
 - PCP 정리 개요
- 오후 (4시간):
 - 근사 알고리즘의 복잡도
 - APX와 MAX-SNP
 - 근사 불가능성 결과
 - 실습: 랜덤화 알고리즘 분석

금요일: 양자 복잡도와 특수 모델 및 주간 평가

- 오전 (4시간):
 - 양자 컴퓨팅 기초

- BQP 클래스
- Shor와 Grover 알고리즘
- 양자 vs 고전 복잡도
- 오후 (4시간):
 - 복잡도 이론 종합 토론
 - 주간 시험: 9주차 종합평가 (2시간)
 - 복잡도 클래스 (30%)
 - 복잡도 계층 (25%)
 - 회로 복잡도 (20%)
 - 랜덤화와 양자 복잡도 (25%)
 - 이론적 한계와 실제 문제
 - 10주차 준비

9주차 평가:

- NP-완전성 증명 과제 (15%)
- 복잡도 클래스 분석 (15%)
- 회로 복잡도 문제 (10%)
- 랜덤화 알고리즘 구현 (15%)
- 복잡도 이론 에세이 (15%)
- 주간 종합시험 (20%) - 금요일 실시

참고 자료:

- "Computational Complexity" (Papadimitriou, Open Chapters)
- "Introduction to the Theory of Computation" (Sipser, Open Materials)
- "Complexity Theory: A Modern Approach" (Arora & Barak, Open Access)
- "Quantum Computing: An Applied Approach" (Hidary, Open Sections)
- "Computational Complexity" (Goldreich, Open Volumes)

10주차: 암호학과 보안

월요일: 고전 암호학과 정보 이론적 보안

- 오전 (4시간):
 - 고전 암호 시스템
 - 케르크호프스의 원리
 - 완전 보안성 (Shannon)
 - 일회용 패드
- 오후 (4시간):
 - 엔트로피와 보안성
 - 인증과 무결성
 - 해시 함수 기초
 - 실습: 고전 암호 분석

화요일: 현대 대칭키 암호학

- 오전 (4시간):
 - 블록 암호 (DES, AES)
 - 스트림 암호
 - 운용 모드 (ECB, CBC, CTR)
 - 암호학적 해시 함수
- 오후 (4시간):
 - 메시지 인증 코드 (MAC)
 - 인증 암호화 (GCM, ChaCha20-Poly1305)
 - 암호학적 프리미티브 구현
 - 실습: 안전한 통신 프로토콜

수요일: 공개키 암호학

- 오전 (4시간):
 - 공개키 암호의 개념
 - RSA 암호 시스템
 - 이산 로그 문제 (DLP)
 - 타원 곡선 암호학 (ECC)
- 오후 (4시간):
 - 디지털 서명 (RSA, DSA, ECDSA)
 - 키 교환 (Diffie-Hellman, ECDH)
 - 공개키 기반 구조 (PKI)
 - 실습: 공개키 암호 구현

목요일: 고급 암호학적 프로토콜

- 오전 (4시간):
 - 영지식 증명 (Zero-Knowledge)
 - 안전한 다자간 계산 (MPC)
 - 동형 암호 (Homomorphic Encryption)
 - 임계 암호학 (Threshold Cryptography)
- 오후 (4시간):
 - 블록체인과 암호학
 - 개인정보 보호 기술
 - 차분 프라이버시
 - 실습: 프라이버시 보호 프로토콜

금요일: 암호 분석과 보안 평가 및 주간 평가

- 오전 (4시간):
 - 암호 분석 기법
 - 부채널 공격 (Side-Channel)
 - 양자 암호학과 후양자 암호
 - 보안 증명과 안전성 모델
- 오후 (4시간):
 - 암호 시스템 설계 프로젝트
 - 주간 시험: 10주차 종합평가 (2시간)

- 고전 및 대칭키 암호 (30%)
- 공개키 암호학 (30%)
- 고급 암호 프로토콜 (25%)
- 암호 분석과 보안 (15%)
- 실제 보안 시스템 분석
- 11주차 준비

10주차 평가:

- 고전 암호 분석 (10%)
- 대칭키 암호 구현 (15%)
- 공개키 시스템 설계 (15%)
- 프라이버시 프로토콜 (15%)
- 보안 분석 보고서 (15%)
- 주간 종합시험 (20%) - 금요일 실시

참고 자료:

- "Introduction to Modern Cryptography" (Katz & Lindell, Open Chapters)
- "A Graduate Course in Applied Cryptography" (Boneh & Shoup, Open Access)
- "Cryptography Engineering" (Ferguson et al., Open Materials)
- "The Joy of Cryptography" (Rosulek, Open Textbook)
- "Post-Quantum Cryptography" (NIST, Open Standards)

11주차: 분산 시스템과 합의 알고리즘

월요일: 분산 시스템 기초

- 오전 (4시간):
 - 분산 시스템 모델
 - 동기 vs 비동기 시스템
 - 장애 모델 (Crash, Byzantine)
 - CAP 정리와 PACELC
- 오후 (4시간):
 - 시간과 인과관계
 - 벡터 시계와 논리 시계
 - 전역 상태와 스냅샷
 - 실습: 분산 시계 동기화

화요일: 합의 알고리즘

- 오전 (4시간):
 - 합의 문제 정의
 - FLP 불가능성 정리
 - Paxos 알고리즘
 - Raft 알고리즘
- 오후 (4시간):

- 실용적 비잔틴 장애 허용 (PBFT)
- 블록체인 합의 (PoW, PoS)
- 합의 알고리즘 구현
- 실습: Raft 구현 프로젝트

수요일: 분산 데이터 시스템

- 오전 (4시간):
 - 복제와 일관성 모델
 - 최종 일관성과 강한 일관성
 - 분할과 샤딩
 - 분산 해시 테이블 (DHT)
- 오후 (4시간):
 - Dynamo와 Cassandra
 - 분산 트랜잭션 (2PC, 3PC)
 - ACID vs BASE 속성
 - 실습: 분산 키-값 저장소

목요일: 분산 컴퓨팅 프레임워크

- 오전 (4시간):
 - MapReduce 패러다임
 - Apache Spark 아키텍처
 - 스트림 처리 (Apache Storm, Kafka)
 - 서버리스 컴퓨팅
- 오후 (4시간):
 - 분산 머신러닝 (Parameter Server)
 - 연합 학습 (Federated Learning)
 - 분산 최적화 알고리즘
 - 실습: 분산 머신러닝 구현

금요일: 블록체인과 분산 원장 및 주간 평가

- 오전 (4시간):
 - 블록체인 기술 개요
 - 스마트 컨트랙트
 - 확장성 문제와 해결책
 - 탈중앙화 응용 (DApp)
- 오후 (4시간):
 - 블록체인 프로토타입 구현
 - 주간 시험: 11주차 종합평가 (2시간)
 - 분산 시스템 기초 (25%)
 - 합의 알고리즘 (30%)
 - 분산 데이터 시스템 (25%)
 - 분산 컴퓨팅과 블록체인 (20%)
 - 분산 시스템 설계 원칙
 - 12주차 준비

11주차 평가:

- 분산 시계 구현 (10%)
- Raft 알고리즘 구현 (15%)
- 분산 저장소 프로젝트 (15%)
- 분산 ML 실습 (15%)
- 블록체인 프로토타입 (15%)
- 주간 종합시험 (20%) - 금요일 실시

참고 자료:

- "Distributed Systems: Concepts and Design" (Coulouris et al., Open Chapters)
- "Designing Data-Intensive Applications" (Kleppmann, Distributed Chapters)
- "Distributed Algorithms" (Lynch, Open Materials)
- "Bitcoin and Cryptocurrency Technologies" (Narayanan et al., Open Access)
- "Consensus in Distributed Systems" (Open Survey Papers)

12주차: 고급 기계학습과 최적화

월요일: 비볼록 최적화

- 오전 (4시간):
 - 비볼록 함수의 성질
 - 지역 최솟값과 안장점
 - 이차 조건과 헤시안 분석
 - 볼록 완화 기법
- 오후 (4시간):
 - 신경망의 손실 면 (Loss Landscape)
 - 안장점 회피 알고리즘
 - 확률적 방법의 수렴성
 - 실습: 비볼록 최적화 시각화

화요일: 고급 경사하강법 변형

- 오전 (4시간):
 - 적응적 학습률 (AdaGrad, RMSprop, Adam)
 - 2차 방법 (Newton, L-BFGS)
 - 자연 기울기와 정보 기하학
 - K-FAC와 크로네커 근사
- 오후 (4시간):
 - 분산 감소 기법 (SVRG, SAGA)
 - 가속 방법 (Nesterov, Heavy Ball)
 - 프록시벌 방법
 - 실습: 최적화 알고리즘 성능 비교

수요일: 정칙화와 일반화

- 오전 (4시간):
 - L1/L2 정칙화 심화
 - 엘라스틱 넷과 그룹 정칙화
 - 드롭아웃과 확률적 정칙화
 - 배치 정규화의 이론
- 오후 (4시간):
 - 일반화 이론 심화
 - PAC-Bayes 분석
 - 압축과 일반화
 - 실습: 정칙화 기법 실험

목요일: 메타 학습과 전이 학습

- 오전 (4시간):
 - 메타 학습 개념과 분류
 - Model-Agnostic Meta-Learning (MAML)
 - 최적화 기반 메타 학습
 - 메트릭 학습과 프로토타입 네트워크
- 오후 (4시간):
 - 전이 학습과 도메인 적응
 - 파인튜닝 전략
 - 지식 증류 (Knowledge Distillation)
 - 실습: Few-shot 학습 구현

금요일: 강건성과 적대적 머신러닝 및 주간 평가

- 오전 (4시간):
 - 적대적 예제 (Adversarial Examples)
 - 공격 방법 (FGSM, PGD, C&W)
 - 방어 기법 (적대적 훈련, 인증된 방어)
 - 강건성 검증
- 오후 (4시간):
 - 적대적 훈련 구현 프로젝트
 - 주간 시험: 12주차 종합평가 (2시간)
 - 비볼록 최적화 (25%)
 - 고급 최적화 알고리즘 (30%)
 - 정칙화와 일반화 (25%)
 - 메타 학습과 강건성 (20%)
 - 고급 ML 기법 통합
 - 13주차 준비

12주차 평가:

- 비볼록 최적화 분석 (15%)
- 최적화 알고리즘 구현 (15%)
- 정칙화 실험 프로젝트 (15%)
- 메타 학습 구현 (15%)

- 적대적 훈련 과제 (10%)
- 주간 종합시험 (20%) - 금요일 실시

참고 자료:

- "Optimization for Machine Learning" (Sra et al., Open Materials)
- "Deep Learning" (Goodfellow et al., Optimization Chapters)
- "Meta-Learning: A Survey" (Hospedales et al., Open Survey)
- "Adversarial Machine Learning" (Goodfellow, Open Papers)
- "Generalization in Deep Learning" (Open Research Papers)

13주차: 계산 학습 이론과 온라인 학습

월요일: PAC 학습 이론 심화

- 오전 (4시간):
 - PAC 학습의 정의와 변형
 - 가설 공간과 일관성 알고리즘
 - 오컴의 면도날 정리
 - 불가지론적 PAC 학습
- 오후 (4시간):
 - 샘플 복잡도 분석
 - VC 차원의 조합적 특성
 - 성장 함수와 샤터링
 - 실습: VC 차원 계산 연습

화요일: 온라인 학습과 regret 분석

- 오전 (4시간):
 - 온라인 학습 설정
 - Regret의 정의와 해석
 - 전문가 조합 알고리즘
 - Weighted Majority Algorithm
- 오후 (4시간):
 - 온라인 경사하강법
 - Follow the Regularized Leader (FTRL)
 - Mirror Descent 알고리즘
 - 실습: 온라인 학습 시뮬레이션

수요일: Bandit 문제와 탐험-활용

- 오전 (4시간):
 - Multi-armed Bandit 문제
 - Upper Confidence Bound (UCB)
 - Thompson Sampling
 - Lower bound와 minimax regret
- 오후 (4시간):

- 문맥적 Bandit (Contextual Bandit)
- LinUCB와 Neural Bandit
- 비정상 Bandit 문제
- 실습: 추천 시스템과 Bandit

목요일: 강화학습 이론

- 오전 (4시간):
 - MDP와 학습 이론
 - 탐험의 복잡도
 - 샘플 복잡도와 regret
 - 모델 기반 vs 모델 프리 학습
- 오후 (4시간):
 - UCB-VI와 PSRL
 - Q-learning의 수렴성 분석
 - 함수 근사에서의 일반화
 - 실습: 이론적 RL 알고리즘 구현

금요일: 게임 이론과 학습 및 주간 평가

- 오전 (4시간):
 - 게임 이론 기초
 - 내시 균형과 학습
 - 다중 에이전트 학습
 - 경매와 메커니즘 설계
- 오후 (4시간):
 - 게임 이론적 분석 프로젝트
 - 주간 시험: 13주차 종합평가 (2시간)
 - PAC 학습 이론 (30%)
 - 온라인 학습 (25%)
 - Bandit 문제 (25%)
 - RL 이론과 게임 이론 (20%)
 - 학습 이론의 실제 응용
 - 14주차 준비

13주차 평가:

- VC 차원 분석 과제 (15%)
- 온라인 학습 구현 (15%)
- Bandit 알고리즘 프로젝트 (15%)
- RL 이론 분석 (10%)
- 게임 이론 응용 (15%)
- 주간 종합시험 (20%) - 금요일 실시

참고 자료:

- "Understanding Machine Learning" (Shalev-Shwartz & Ben-David, Complete Text)

- "Prediction, Learning, and Games" (Cesa-Bianchi & Lugosi, Open Access)
- "Bandit Algorithms" (Lattimore & Szepesvári, Open Access)
- "Reinforcement Learning: Theory and Algorithms" (Agarwal et al., Open Access)
- "Algorithmic Game Theory" (Nisan et al., Open Chapters)

14주차: 최종 프로젝트 개발

월요일: 프로젝트 통합과 최적화

- 오전 (4시간):
 - 프로젝트 현황 점검
 - 시스템 통합 및 최적화
 - 성능 병목 지점 분석
 - 알고리즘 효율성 개선
- 오후 (4시간):
 - 코드 리팩토링
 - 메모리 최적화
 - 병렬화 구현
 - 테스트 케이스 보강

화요일: 실험 설계와 평가

- 오전 (4시간):
 - 실험 설계 완성
 - 기준선(baseline) 구현
 - 평가 메트릭 구현
 - 통계적 유의성 검정
- 오후 (4시간):
 - 대규모 실험 실행
 - 결과 분석 및 시각화
 - 오차 분석과 신뢰구간
 - 민감도 분석

수요일: 문서화와 재현성

- 오전 (4시간):
 - 기술 문서 작성
 - API 문서화
 - 코드 주석 개선
 - 설치 및 사용 가이드
- 오후 (4시간):
 - 재현 가능한 실험 환경
 - Docker 컨테이너화
 - 의존성 관리
 - 버전 관리 및 릴리스

목요일: 발표 준비와 최종 점검

- 오전 (4시간):
 - 발표 자료 준비
 - 데모 시나리오 작성
 - 스토리텔링과 임팩트
 - 질의응답 준비
- 오후 (4시간):
 - 발표 연습
 - 피드백 수집 및 개선
 - 최종 버그 수정
 - 프로젝트 포트폴리오 완성

금요일: 최종 프로젝트 발표

- 오전 (4시간):
 - 팀별 최종 발표 (각 팀 25분)
 - 기술적 기여도와 혁신성
 - 실험 결과와 분석
 - 향후 연구 방향
- 오후 (4시간):
 - 데모 세션
 - 포스터 발표
 - 피어 리뷰 및 투표
 - 우수 프로젝트 시상

14주차 평가:

- 프로젝트 최적화 (15%)
- 실험 설계 및 결과 (20%)
- 문서화 품질 (15%)
- 최종 발표 (25%)
- 데모 및 포스터 (15%)
- 피어 리뷰 점수 (10%)

참고 자료:

- "The Elements of Statistical Learning" (Performance Evaluation)
- "Reproducible Research with R and RStudio" (Gandrud, Open Guide)
- "Technical Writing Guidelines" (Google, Open Documentation)
- "Presentation Zen" (Reynolds, Presentation Skills)
- "Research Methods in Computer Science" (Open Materials)

15주차: 종합 검토 및 기말 평가

월요일: 프로그래밍과 소프트웨어 설계 종합

- 오전 (4시간):
 - 고급 프로그래밍 패러다임 복습

- 소프트웨어 아키텍처 패턴
- 코드 품질과 최적화
- 테스트와 디버깅 전략
- 오후 (4시간):
 - 종합 프로그래밍 과제
 - 설계 패턴 적용 실습
 - 성능 최적화 기법
 - 코드 리뷰 세션

화요일: 수학 이론 종합

- 오전 (4시간):
 - 다변수 최적화와 수치해석
 - 고급 선형대수와 행렬 이론
 - 확률론과 통계학 심화
 - 정보이론과 학습 이론
- 오후 (4시간):
 - 수학 문제 해결 워크숍
 - 증명 기법 연습
 - 이론과 응용의 연결
 - 수학적 모델링 실습

수요일: 알고리즘과 복잡도 이론 종합

- 오전 (4시간):
 - 고급 알고리즘 설계 기법
 - 자료구조 선택과 최적화
 - 복잡도 분석과 하한
 - 근사 알고리즘과 온라인 알고리즘
- 오후 (4시간):
 - 알고리즘 구현 챌린지
 - 복잡도 이론 문제 해결
 - 실제 문제에 대한 알고리즘 설계
 - 성능 분석과 벤치마킹

목요일: AI와 머신러닝 종합

- 오전 (4시간):
 - 기계학습 수학 기초
 - 최적화 이론과 알고리즘
 - 학습 이론과 일반화
 - 온라인 학습과 강화학습 이론
- 오후 (4시간):
 - AI 시스템 설계 원칙
 - 머신러닝 파이프라인 최적화
 - 이론적 보장과 실제 성능
 - 미래 연구 방향 토론

금요일: 기말 종합 평가

- 오전 (4시간):
 - 기말고사 Part 1 (3시간)
 - 고급 프로그래밍과 소프트웨어 설계 (25%)
 - 다변수 최적화와 수치해석 (25%)
 - 기계학습 수학과 확률론 (25%)
 - 고급 선형대수와 행렬 이론 (25%)
- 오후 (4시간):
 - 기말고사 Part 2 (3시간)
 - 알고리즘 분석과 고급 자료구조 (30%)
 - 복잡도 이론과 암호학 (25%)
 - 분산 시스템과 최적화 (25%)
 - 학습 이론과 온라인 학습 (20%)
 - 학기 성과 정리 및 3학년 준비

15주차 평가:

- 종합 프로그래밍 과제 (15%)
- 수학 이론 문제 해결 (10%)
- 알고리즘 구현 챌린지 (15%)
- AI 시스템 설계 (10%)
- 기말고사 Part 1 (25%)
- 기말고사 Part 2 (25%)

참고 자료:

- 전 학기 강의 자료 종합
- "Algorithm Design Manual" (Skiena, Problem-Solving Guide)
- "Concrete Mathematics" (Graham et al., Advanced Problems)
- "The Art of Computer Programming" (Knuth, Selected Problems)
- "Machine Learning Yearning" (Andrew Ng, Complete Guide)

전체 학기 성적 구성

- 주간 종합시험 (14주 $\times$ 20% = 280점 중 18% = 50.4점)
- 프로그래밍 과제 및 실습 (20% = 60점)
- 연구 프로젝트 (중간) (12% = 36점)
- 최종 프로젝트 (25% = 75점)
- 기말고사 (20% = 60점)
- 참여도 및 출석 (5% = 15점)

학습 목표 달성도 평가

1. 고급 프로그래밍: 객체지향과 함수형 패러다임, 병렬 프로그래밍 숙달
2. 수학적 깊이: 최적화 이론, 고급 선형대수, 확률론 심화 이해

3. 이론적 기초: 알고리즘 분석, 복잡도 이론, 학습 이론 체계적 학습
4. 시스템 설계: 분산 시스템, 보안, 고성능 컴퓨팅 이해
5. 연구 역량: 독립적 연구 수행, 논문 작성, 발표 능력 개발

3학년 1학기 연계 학습 준비

- 딥러닝과 신경망 아키텍처 설계
- 컴퓨터 비전과 이미지 처리 고급 기법
- 자연어 처리와 언어 모델
- 강화학습과 의사결정 시스템
- AI 윤리와 공정성, 설명가능한 AI