



2024학년도 1학기 1인1Project

자기계발계획서

학번	3315
이름	윤시원

1. 간략히 자기소개하기(연구주제를 중심으로 - 전공, 진로, 직업 등과 연결하여)

컴퓨터하기를 좋아하며 우리 눈에 아니 보이는 시스템에 대하여 궁금합니다. REGENERON ISEF 2024 System Software에 참가를 준비하게 되어, 보다 System Software에 대하여 탐구하고 싶은 야망이 있습니다. 디미고 코스제에서 인공지능 코스를 선택하여 현재 학교에서 시스템 프로그래밍 과목을 수강하지는 못하고 있습니다 :(

2. 연구계획

연구주제	최신 연구에 기반한 SCOP 문제 해결 알고리즘 코드 구현		
선정이유	디미고 Web programming과 학생으로써, system software 분야에 관심을 가지고 최적화 기법에 대한 최신 연구를 찾아보고 관련 역량 증진을 목적.		
연구내용	미국의 고등학생 Michelle Wei가 2023년 공개한 Second-Order Cone Program (SOCP) 문제를 현재까지 공개된 어떤 알고리즘보다 빠르게 해결하는 새로운 방법을 python code로 구현하기		
연구방법	해당 연구를 진행한 Michelle Wei의 poster (https://sspcdn.blob.core.windows.net/files/Documents/SEP/STS/2024/posters/Wel_Michelle_display.pdf)를 분석		
연구일정	(3)월	연구 계획 구성	
	(4)월	연구 계획 구성	
	(5)월	poster 분석	
	(6)월	poster 분석 & code 구현 & 발표	





2024학년도 1학기 1인1프로젝트

연구결과보고서

학번	3315
이름	윤시원

1. 연구 과정과 결과물 설명

 [이미지설명] Figure 1: 제작한 프로그램의 코드 Figure 2: 참고한 Michelle Wei의 연구 포스터		
1. 연구 과정 설명 미국의 고등학생 Michelle Wei가 2023년 공개한 Second-Order Cone Program (SOCP) 문제를 현재까지 공개된 어떤 알고리즘보다 빠르게 해결하는 새로운 방법을 python code로 구현함.	2. 연구 과정에서 느낀 점 1. 고등학생이 자신의 관심 분야에서 과거 그 누구보다 훌륭한 결과물을 완성했다는 점서 공경감을 느낌 2. 어쩌면 다른 분야에서 이미 흔히 사용하는 방법(근사법, 문제 분할)을 새로운 주제에 적용하여 해결하였다는 점서 program의 각 기법의 원리를 이해함으로써 새로운 문제 해결에 적용 가능성을 느낌 3. poster에서 제시된 적용 예인 SVM을 해당 기법을 통해 직접 구현하고 싶었으나, 어려움을 느낌. 더 연구하여 직접 구현하고 싶음. 4. SOCP보다 더욱 복잡한 문제에 대한 해결 방법을 직접 연구해보고 싶음.	

2. 연구평가

결과물내용	최신 연구에 기반한 SCOP 문제 해결 알고리즘 코드 구현	
블로그주소	https://www.siwnsw.com/mind-map/1person-1project	
연구방법 & 활용도하우	Michelle Wei의 poster (https://sspcdn.blob.core.windows.net/files/Documents/SEP/STS/2024/posters/Wel_Michelle_display.pdf)를 참고함. 이하 이해가 어렵거나 기존 알고 있었으나 잊어버린 점은 internet을 통해 검색함.	
자기평가	A+ : 최선의 노력을 다하고 스스로 만족하는 우수한 결과물을 도출하였다. A : 최선의 노력을 다하지 못하였으나 스스로 만족하는 결과물을 도출하였다. B : 최선의 노력을 다하지 못하였고, 스스로 만족할 만한 결과물을 도출하지 못하였다.	A+
자기평가 이유 및 근거	디미고 Web programming과 학생으로써, system software 분야에 관심을 가지고 최적화 기법에 대한 최신 연구를 찾아봄. 추가로 해당 연구서 제시한 기법에 기반한 python code를 구현함	

교과특이사항

컴퓨터를 통해 최적의 시간에 문제를 해결하는 방법에 관심을 가짐. 1인 1프로젝트를 진행하며 일차방정식을 연립하여 선형의 조건을 만족하는 목적 함수를 최적화하는 문제를 Linear Programming을 예시로 들어 목적 함수가 Cone 모양을 만족할 경우 Second-Order Cone Program (SOCP)라고 함을 설명함. SOCP 문제를 현재 알려진 다른 연구에 비해 보다 빠르게 해결하는 2023년의 새로운 연구를 분석하였으며, 더 나아가 연구에서 제시된 수식으로 code로 변환하여 SOCP 문제를 해결하는 컴퓨터 프로그램을 제작함. 연구를 분석하는 과정에서 norm이나 라그랑주 승수법, 수식 표기법 등 평소 공부한 내용을 적용하고 자기계발을 이루었다는 점에서 뿌듯함을 표현함. 열정적으로 수업에 참여하였으며, 컴퓨터 과학 분야에 최신 연구를 분석하여 학생으로서의 자세를 키우고 올바른 학업 마인드를 함양함.



2024학년도 1학기 1인1프로젝트

포트폴리오

학번

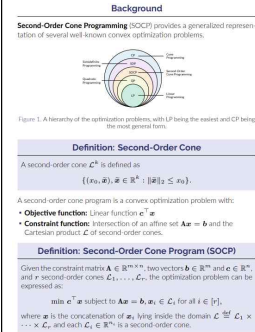
3315

이름

윤시원

1. 결과를 제출 파일 자료 설명 - 형식 자유, 페이지 제한 없음

관심을 가진 연구의 poster (https://sspcdn.blob.core.windows.net/files/Documents/SEP/STS/2024/posters/Wei_Michelle_display.pdf)에 대하여 분석함.



1. Background

Second-Order Cone Programming은 Convex (오목) 함수를 최적화하는 기법임을 확인함. 관심있는 Machine Learning 분야는 최적화하는 문제 상황을 다루는데 (e.g., Gradient Descent (경사하강법) 또한 Convex 함수에 대한 최적화 기법임) 해당 연구 역시 이와 관련됨을 확인함. Second-Order Cone은 norm을 이루는 변수와 norm의 최댓값의 집합임을 확인하였으며, 해당 cone을 조합하여 Second-Order Cone Program (SOCP)이 이루어짐을 확인함. SOCP의 목적 함수는 선형일, 조건 함수는 Affine 공간에서 적용됨을 확인함. DB 수업시간에 Cartesian product라는 개념을 학습하는데, 본 poster에서 또한 해당 개념을 확인할 수 있음. 여담으로, Cartesian은 철학자이자 수학자인 르네 데카르트의 라틴어 이름임을 검색을 통해 처음 알게 되었음.

Previous Work			
Table 1. Previous work using interior point methods in various convex problems.			
Year	Type of Convex Program	Complexity Achieved	Researchers
1984	Linear Program	$O(n^{3.5})$	Karmarkar
1994	Second-Order Cone Program	$O(n^{3+0.5})$	Nemirovski, Nemirovski
2019	Constant Dimension Convex Program	$O(n^{**})$	Lee, Song, Zhang
2021	Linear Program	$O(n^{**})$	Cohen, Lee, Song
2023	Quadratic Program	$O(n^{**})$	Gao, Song, Zhang
2023	Second-Order Cone Program	$O(n^{**})$	This research

Research Gap and My Approach	
Challenges	My Approach
<ul style="list-style-type: none">The highly complex structure of SOCP makes it difficult to find efficient algorithms.The sizes of the block matrices corresponding to constraints can vary significantly, high-dimensional blocks create bottlenecks in SOCP algorithms.Heuristic algorithms may not converge reliably in all cases.	<ul style="list-style-type: none">Identified approximation techniques to overcome the complexity barrier inherent in SOCP algorithms.Developed a novel algorithm to decompose large cone constraints into smaller ones, reducing the bottleneck.Mathematically proved that the proposed algorithm converges in a worst-case modification time by using bounds and utilizing self-concordance properties.

2. Previous Work & Research Gap and My Approach

해당 연구는 이전 어떤 연구보다 SOCP 문제를 효과적으로 해결하였음을 확인함. 해당 연구의 핵심 아이디어는 근사하는 방법 및, 문제를 분할하는 방법을 사용하였음을 확인함.

창의적 글로벌 IT인재의 요람
한국디지털미디어고등학교



2024학년도 1학기 1인1프로젝트

포트폴리오

학번	3315
이름	윤시원

1. 결과물 제출 파일 자료 설명 - 형식 자유, 페이지 제한 없음

Breakthrough 1: Approximation Technique

To reduce the cost of computing for A with respect to the approximation (A, B) , we use the cost of computing for A with respect to the approximation (A, B) as a proxy for the cost of computing for A with respect to the approximation (A, B) .

Figure 1: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 2: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 3: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 4: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 5: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 6: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 7: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 8: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 9: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 10: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 11: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 12: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 13: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 14: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 15: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 16: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 17: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 18: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 19: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 20: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 21: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 22: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 23: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 24: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 25: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 26: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 27: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 28: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 29: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 30: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 31: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 32: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 33: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 34: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 35: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 36: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 37: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 38: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 39: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

Figure 40: Approximation for a unit ball and a cone. The unit ball is approximated by a cone, and the cone is approximated by a unit ball.

3. My Main Theorem

두가지 핵심 아이디어를 확인할 수 있었음. 각 step을 통해 보다 최적값에 근사해가며, noise가 목표치 이하로 떨어지면 step을 멈춤.

```
1 import numpy as np
2 from scipy.optimize import minimize
3
4 def second_order_cone_constraint(x):
5     x0 = x[0]
6     ex = x[1:]
7     return x0 - np.linalg.norm(ex)
8     # x0 >= norm(ex)
9
10 def approximation_step(x, s, step_size=0.1):
11     x_new = x + step_size * (s - x)
12     s_new = s + step_size * (x - s)
13     return x_new, s_new
14
15 def cone_splitting(x, cone_dim):
16     a = x[:cone_dim]
17     b = x[cone_dim:cone_dim]
18     return np.concatenate((a, b))
19
20 def objective_function(c, x):
21     return np.dot(c, x)
22
23 def socp_solver(A, b, c, cone_dims, epsilon=1e-2, iterations=100):
24     m, n = A.shape
25     x = np.zeros(n)
26     s = np.zeros(n)
27
28     for iteration in range(iterations):
29         x, s = approximation_step(x, s)
30
31         for cone_dim in cone_dims:
32             x = cone_splitting(x, cone_dim)
33             # x = cone_splitting(x, cone_dim)
34
35     constraints = [{"type": "eq", "fun": lambda x: np.dot(A, x) - b},
36                   {"type": "ineq", "fun": second_order_cone_constraint}]
37
38     result = minimize(lambda x: objective_function(c, x), x, constraints=constraints)
39     # Lagrange Multipliers
40
41 socp_solver.py
```

4. code 구현

Python을 활용하여 해당 방법을 code로 구현함. approximation_step과 cone_splitting 함수는 제시된 두가지 breakthrough를 나타냄. 각 step에 대하여 조건을 가진 최적화 (라그랑주 승수법)를 활용하기 위해 scipy의 minimize 함수를 활용함. 연구의 poster가 빈약하여 (자세한 내용을 첨가하지 않아) 구현한 code가 방법을 옳게 구현하였는지는 확인할 수 없음. 비단 chat gpt가 생성한 두가지 문제 상황을 해당 code가 해결함.

나를 변화시키는, 나만의 경쟁력, 1인1project !