

SAMSUNG SDS

Foresee

# Techtonic 2021

Disrupt

Partner



(NeurIPS 2021)

# AI를 사용해 기업의 조합최적화 작업을 처리할 수 있을까?

권영대 프로

## OUTLINE

인공신경망에 조합최적화 문제를?

MatNet 소개

MatNet을 이용한 조합최적화 실험 결과

## OUTLINE

인공신경망에 조합최적화 문제를?

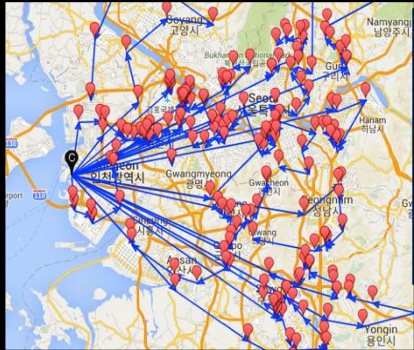
MatNet 소개

MatNet을 이용한 조합최적화 실험 결과

# 조합최적화(Combinatorial Optimization)

## 산업 현장 생산성 증대의 KEY

다양한 선택지가 주어지는 상황에서,  
최적의 순서 또는 최적의 할당 방식(mapping)을 찾는 문제



운송경로 최적화



설비 운영 최적화



자원 할당 최적화

## Challenges

- ☑ 대부분 NP-Hard 문제로, 최적의 해를 찾는 것이 불가능
- ☑ 최적에 충분히 가까운 해를, 빠른 시간안에 찾아내는 방법이 필요
- ☑ 전통적 Meta-Heuristics 방식보다 더 빠르고 정확하게 풀 수 있을까?

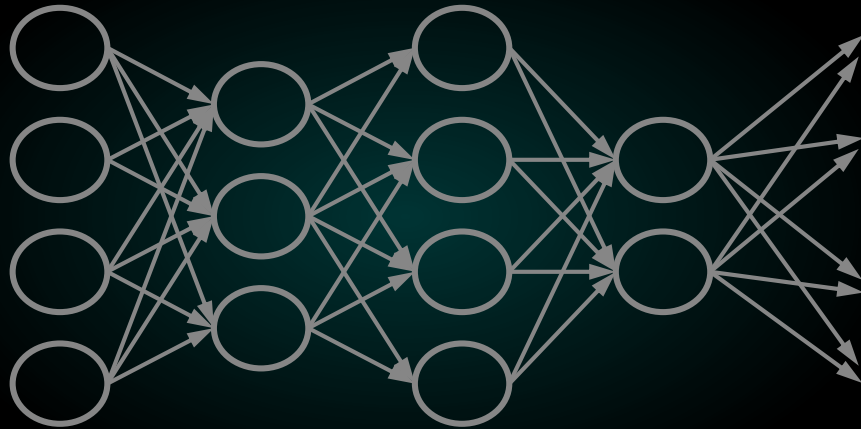
# AI 기반 조합최적화



## 조합최적화 문제의 예

Sanity Check:

인공 신경망에,  
문제 입력은 어떻게??

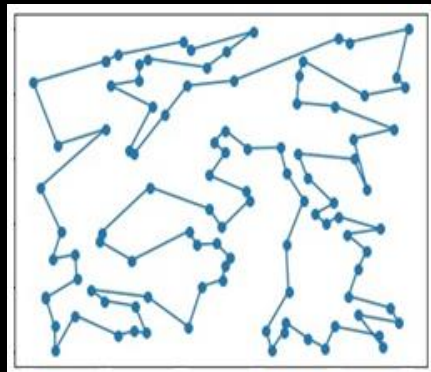
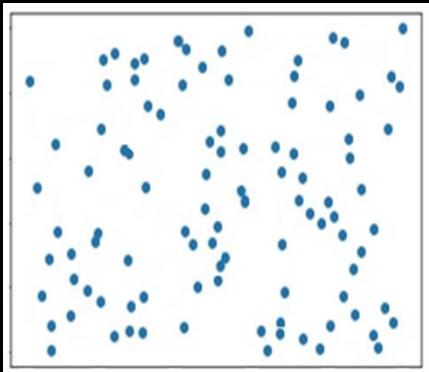


1	A	B	C	D	E	F	G
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

# Basics: 단일 테이블 데이터 처리

외판원 문제

Traveling Salesman Problem (TSP)



	X-좌표	Y-좌표
도시1	0.8998	0.3771
도시2	0.5350	0.1672
도시3	0.8149	0.5805
도시4	0.8756	0.2171
도시5	0.5470	0.2957
도시6	0.2813	0.6415
도시7	0.8086	0.7460
도시8	0.1223	0.7336
도시9	0.7876	0.7693
도시10	0.6353	0.1236
도시11	0.1374	0.2086
도시12	0.8343	0.4912
⋮		

→ 신경망에  
2개 숫자 입력

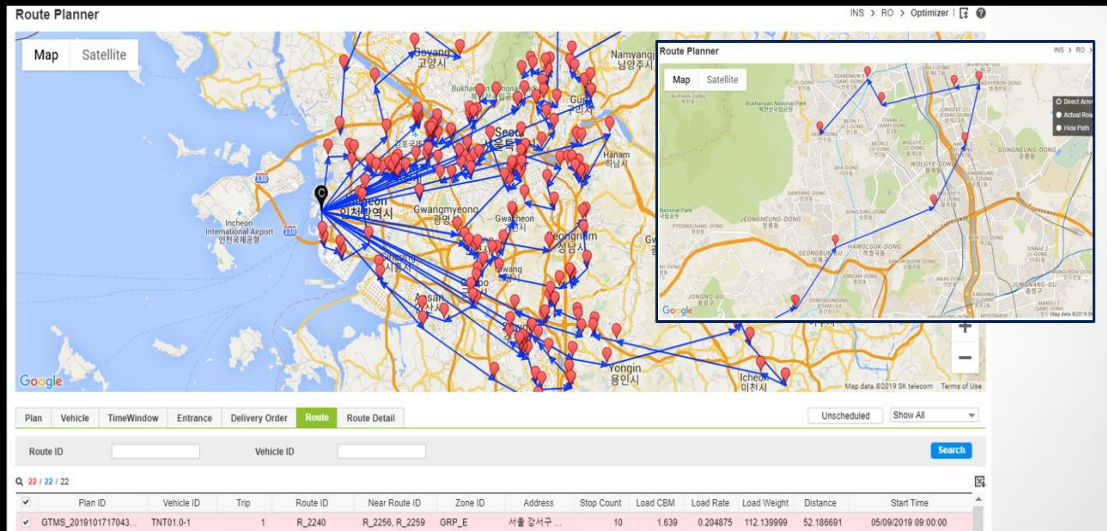
→ 신경망에  
2개 숫자 입력

⋮

(도시 개수 만큼  
xN 반복)

# Next Step: 행렬 데이터 처리

실제 물류 운영에는 수많은 제약 사항 추가됨  
 → (예) 이동 시간 예측에 도로 상황 고려  
 → 행렬 데이터 처리 필요



도시간 이동 소요 시간 (행렬 데이터)

도착 출발	도시 1	도시 2	도시 3	도시 4	도시 5	도시 6	...
도시1	-	0.07	0.46	0.65	0.80	0.00	
도시2	0.25	-	0.93	0.74	0.52	0.96	
도시3	0.92	0.88	-	0.69	0.74	0.37	...
도시4	0.19	0.56	0.03	-	0.19	0.63	
도시5	1.00	0.30	0.15	0.18	-	0.79	
도시6	0.57	1.00	0.96	0.21	0.27	-	

⋮

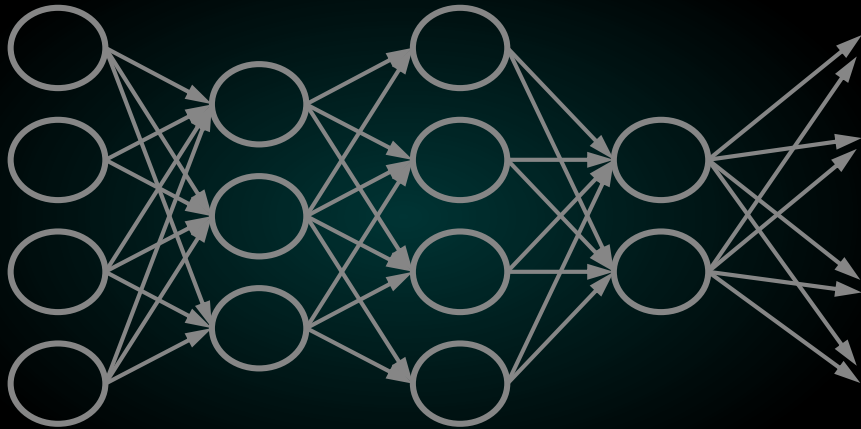
⋮



# Next Step: 행렬 데이터 처리

Big Question:

인공 신경망에,  
행렬 입력은 어떻게??



도시간 이동 소요 시간 (행렬 데이터)

도착 출발	도시 1	도시 2	도시 3	도시 4	도시 5	도시 6	...
도시1	-	0.07	0.46	0.65	0.80	0.00	...
도시2	0.25	-	0.93	0.74	0.52	0.96	...
도시3	0.92	0.88	-	0.69	0.74	0.37	...
도시4	0.19	0.56	0.03	-	0.19	0.63	...
도시5	1.00	0.30	0.15	0.18	-	0.79	...
도시6	0.57	1.00	0.96	0.21	0.27	-	...

# MatNet: Matrix Encoding Networks

## 행렬 데이터 처리를 위한 인공 신경망 구조

---

### Matrix Encoding Networks for Neural Combinatorial Optimization

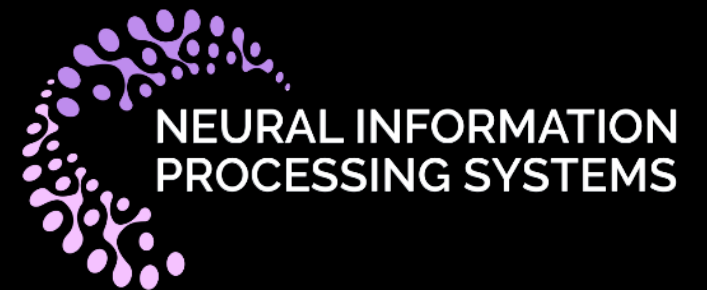
---

Yeong-Dae Kwon, Jinho Choo, Iljoo Yoon, Minah Park, Duwon Park, Youngjune Gwon  
Samsung SDS  
{y.d.kwon, jinho12.choo, iljoo.yoon, minah86.park, dw21.park, gyj.gwon}@samsung.com

#### Abstract

Machine Learning (ML) can help solve combinatorial optimization (CO) problems better. A popular approach is to use a neural net to compute on the parameters of a given CO problem and extract useful information that guides the search

Accepted  
@NeurIPS\_2021



<https://arxiv.org/abs/2106.11113>

# OUTLINE

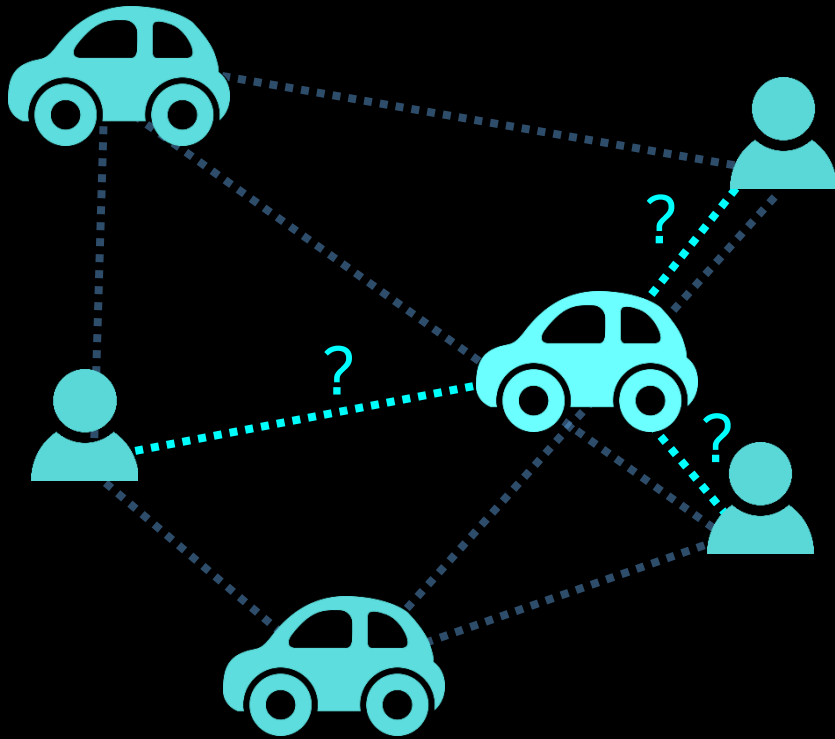
인공신경망에 조합최적화 문제를?

MatNet 소개

MatNet을 이용한 조합최적화 실험 결과

# Assignment Problem

승객이 기다리는 시간의 합이 최소가 되도록 택시를 배차하려면...



	승객1	승객2	승객3
택시1	25	30	80
택시2	60	90	35
택시3	100	75	40

# 도전! Assignment Problem

1번 택시는 어떤 승객을 태워야 할까?

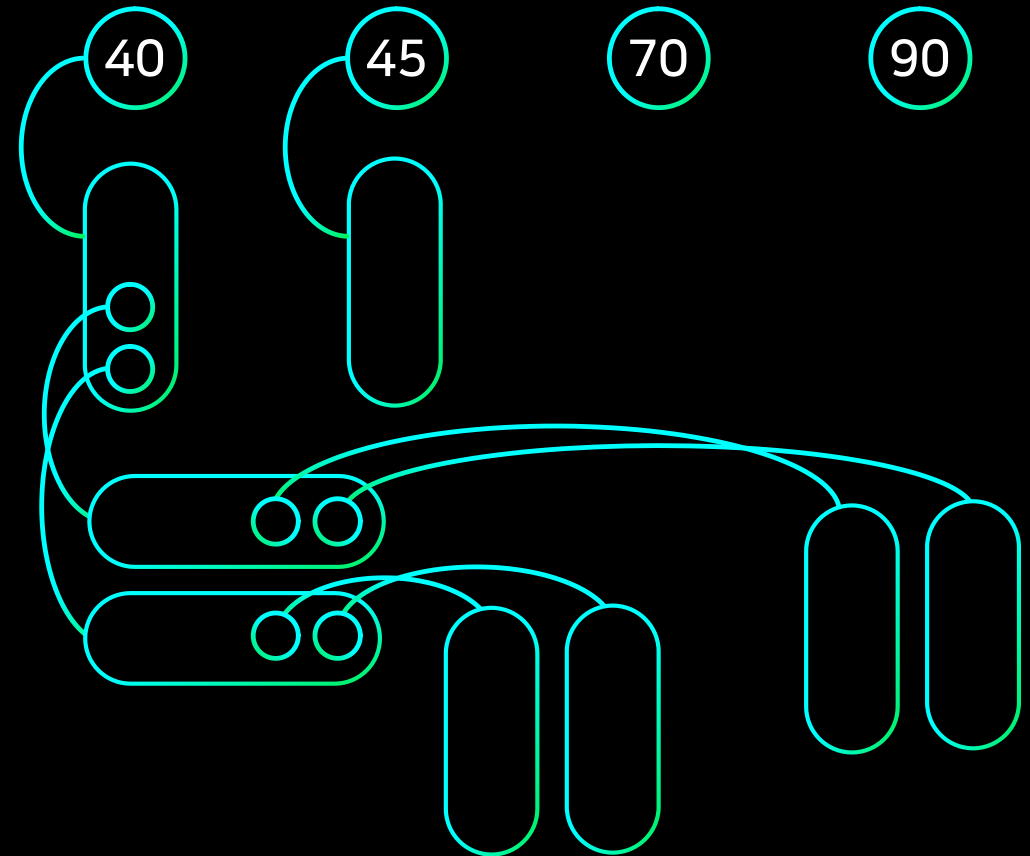
	승객 1	승객 2	승객 3	승객 4
택시 1	40	45	70	90
택시 2	50	60	10	80
택시 3	20	65	95	5
택시 4	30	85	15	25

# 도전! Assignment Problem

1번 택시는 어떤 승객을 태워야 할까?

	승객 1	승객 2	승객 3	승객 4
택시 1	40	45	70	90
택시 2	50	60	10	80
택시 3	20	65	95	5
택시 4	30	85	15	25

내 뇌가 처리 중인 정보

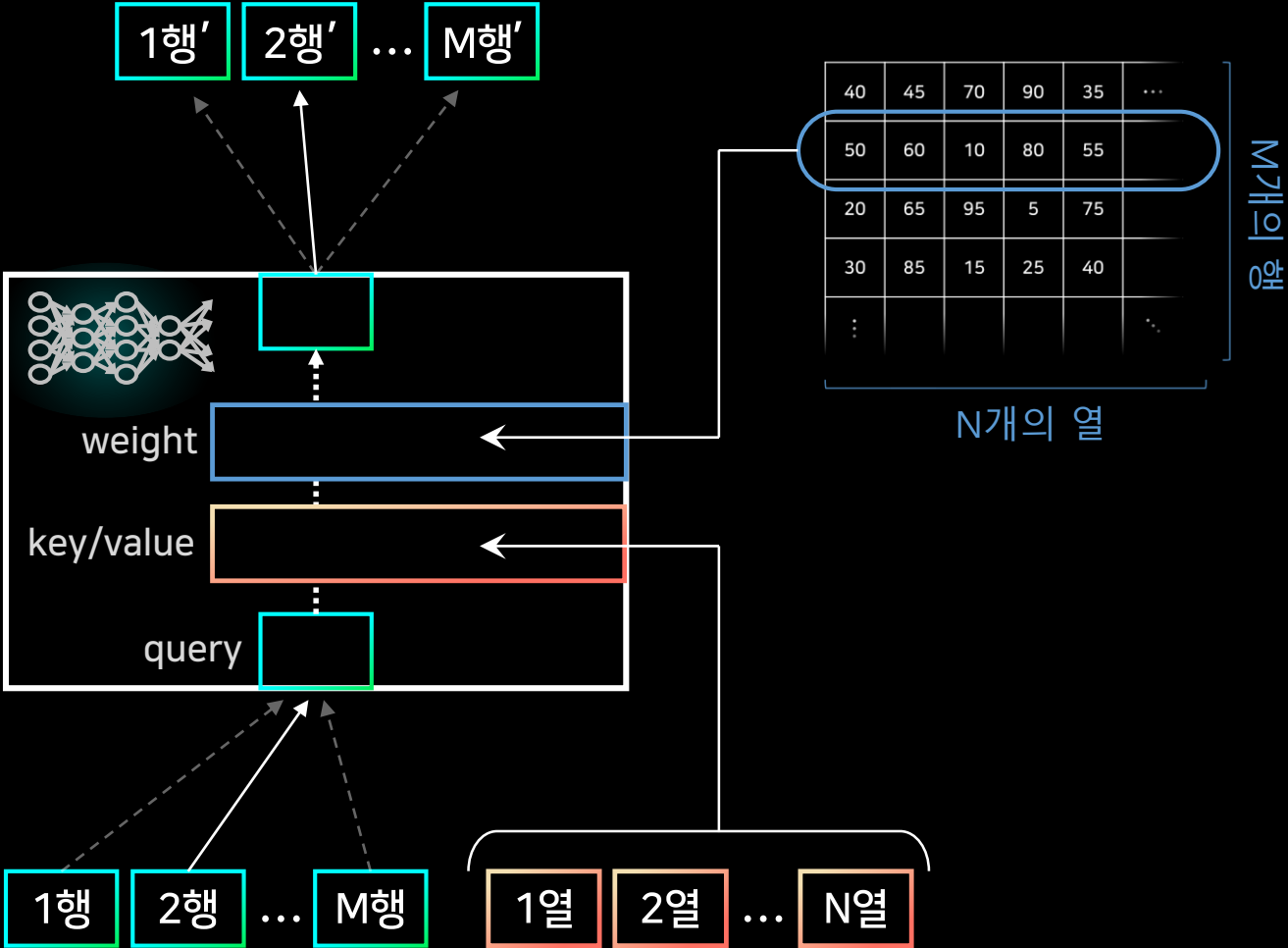


# MatNet 신경망을 이용한 행렬 데이터 처리

각 행과 열을  
256개의 숫자로 인코딩

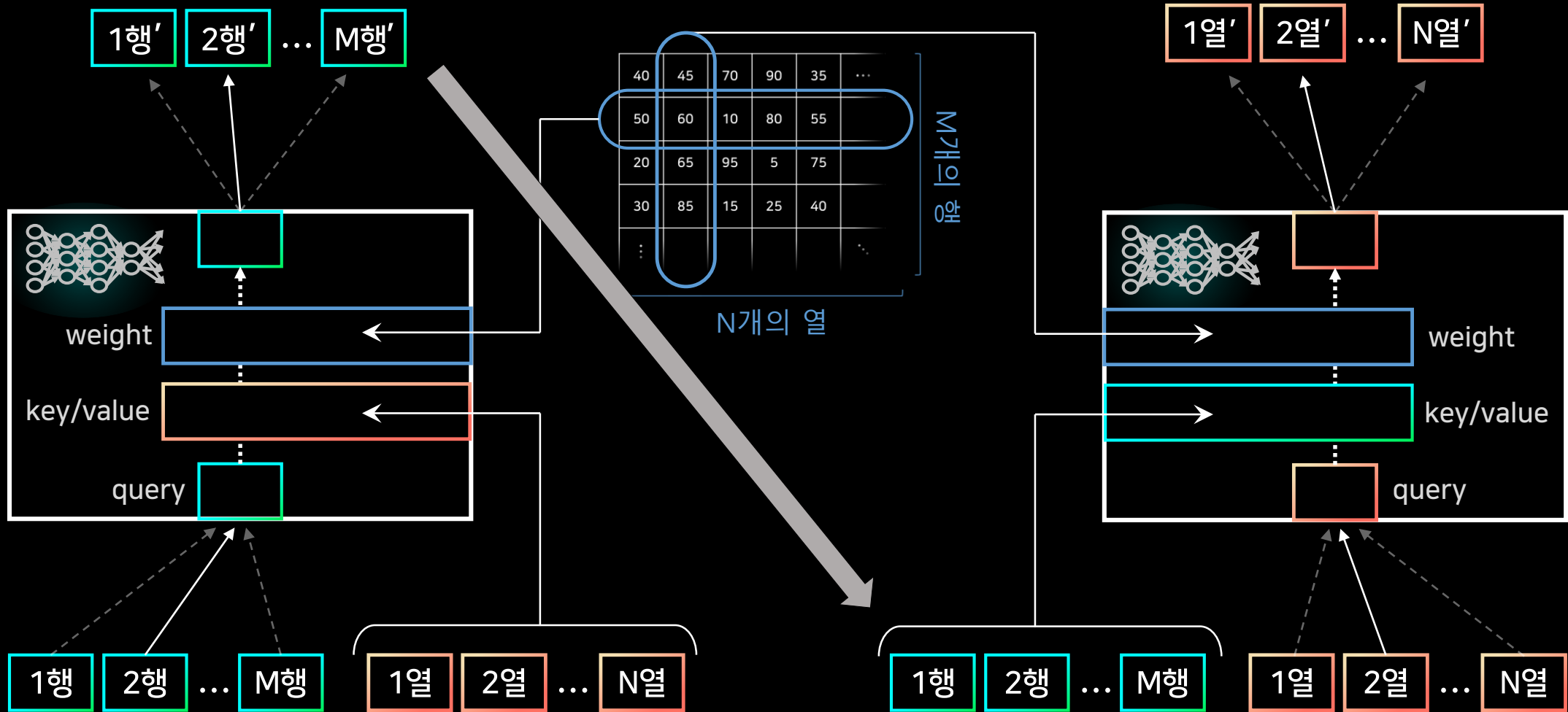


# MatNet 신경망을 이용한 행렬 데이터 처리

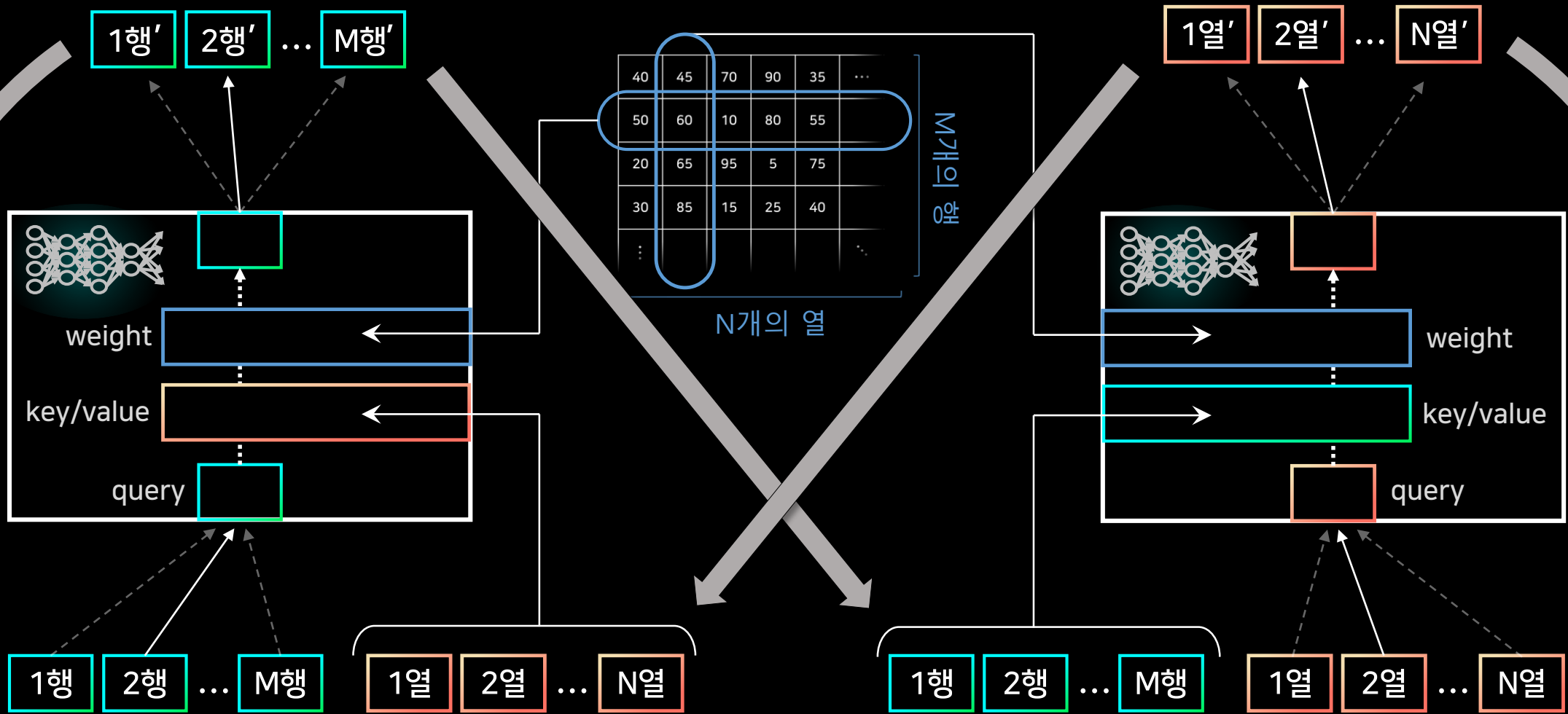




# MatNet 신경망을 이용한 행렬 데이터 처리



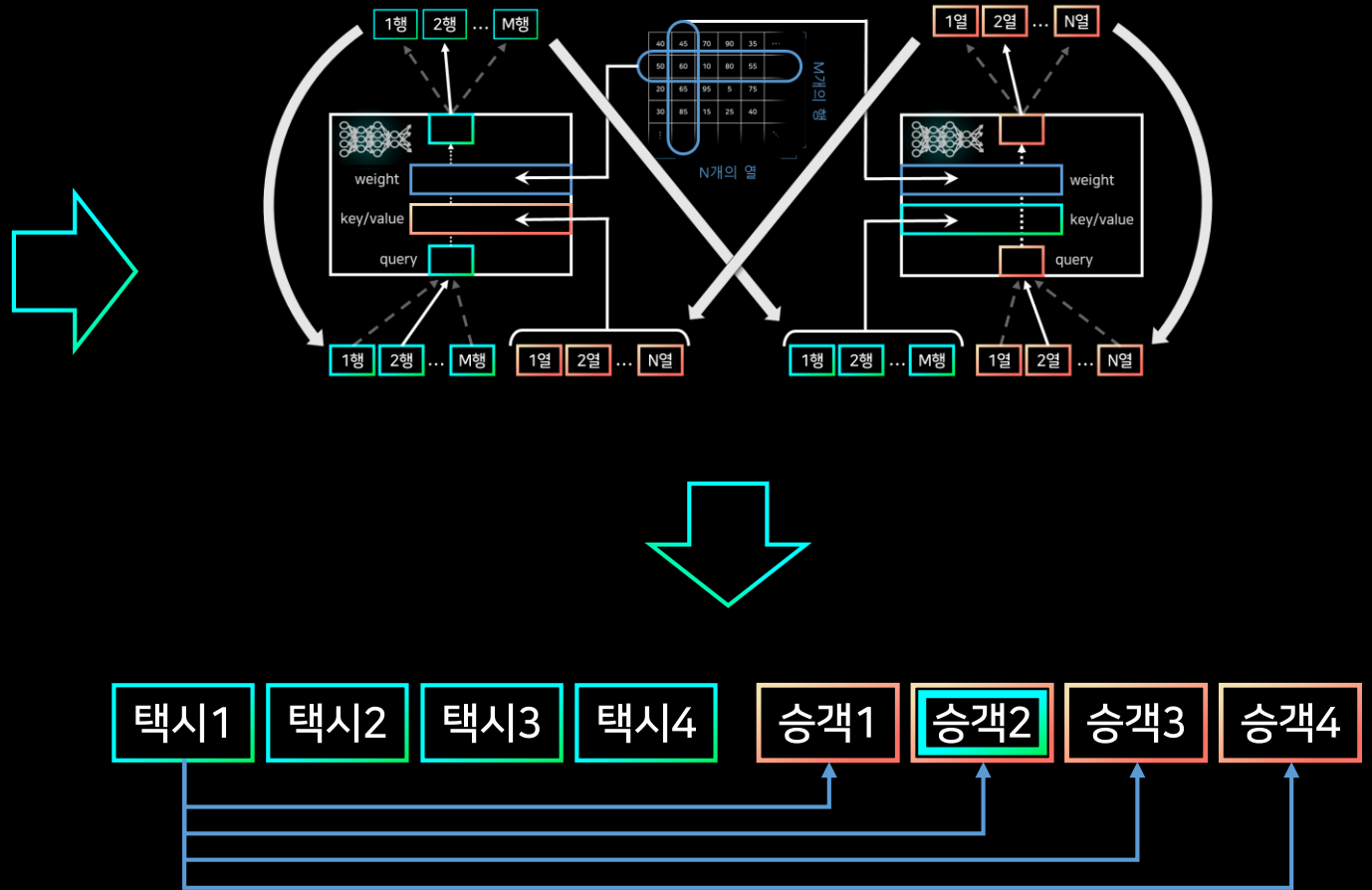
# MatNet 신경망을 이용한 행렬 데이터 처리



# MatNet 을 이용한 Assignment Problem

1번 택시 는 어떤 승객을 태워야 할까?

	승객 1	승객 2	승객 3	승객 4
택시 1	40	45	70	90
택시 2	50	60	10	80
택시 3	20	65	95	5
택시 4	30	85	15	25



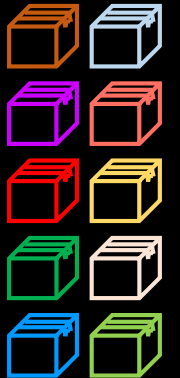
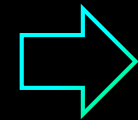
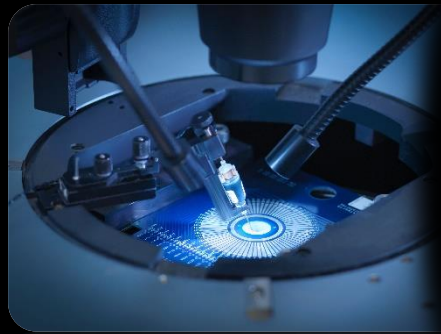
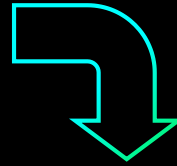
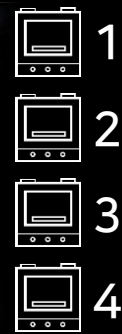
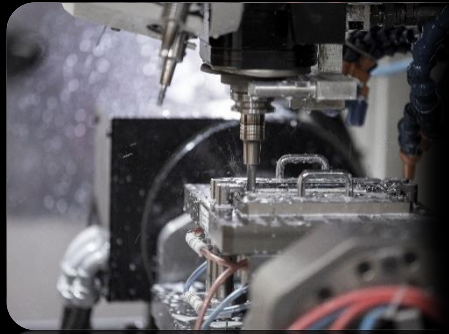
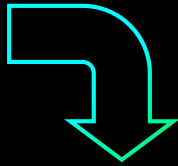
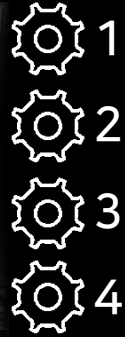
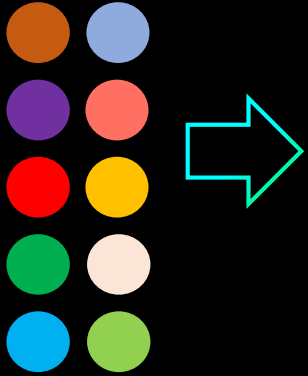
# OUTLINE

인공신경망에 조합최적화 문제를?

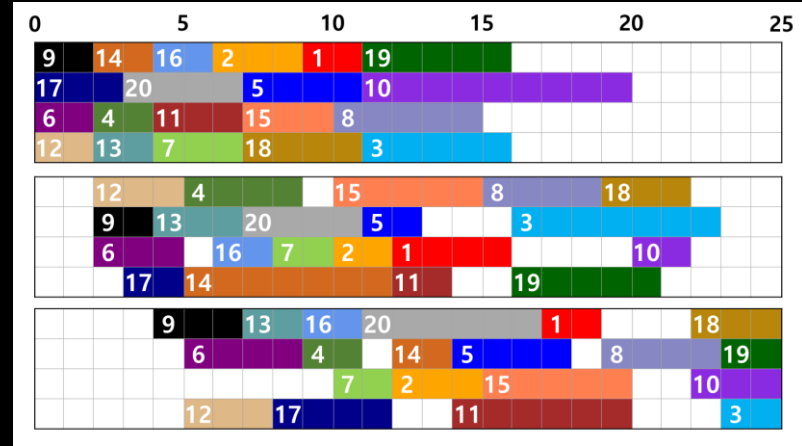
MatNet 소개

MatNet을 이용한 조합최적화 실험 결과

# Application: 공정 스케줄 최적화(FFSP)

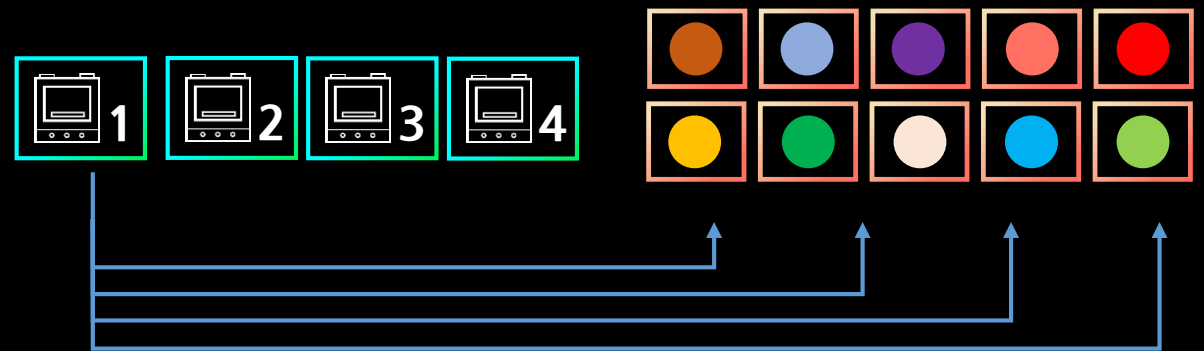
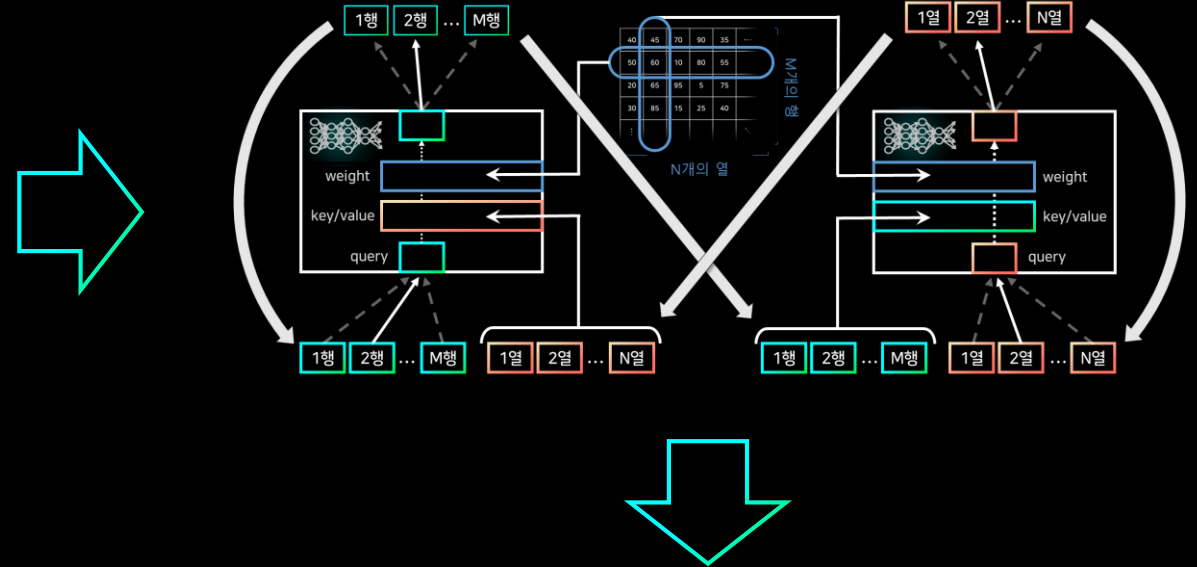


time →



# Application: 공정 스케줄 최적화(FFSP)

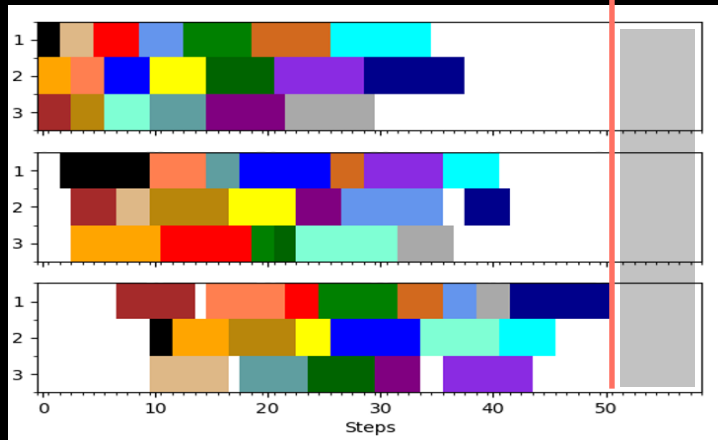
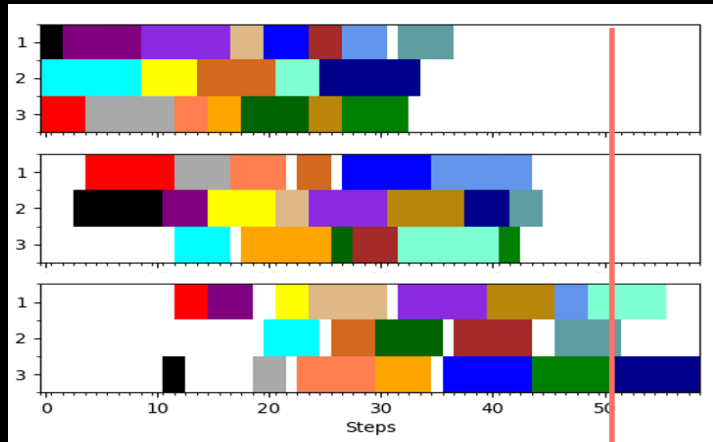
										
 1	2	3	8	8	4	5	6	2	8	5
 2	5	9	6	5	4	5	6	8	9	8
 3	7	6	5	2	6	7	5	5	7	3
 4	9	6	5	4	5	3	9	5	8	4



# Application: 공정 스케줄 최적화(FFSP)

Job 100개짜리 FFSP, 1000 문제 처리

알고리즘 별, 스케줄 길이 @ 풀이시간



Heuristics

Random 167.2 (+86.4%) @ 3 min  
 SJF (Shortest Job First) 99.3 (+10.7%) @ 2 min

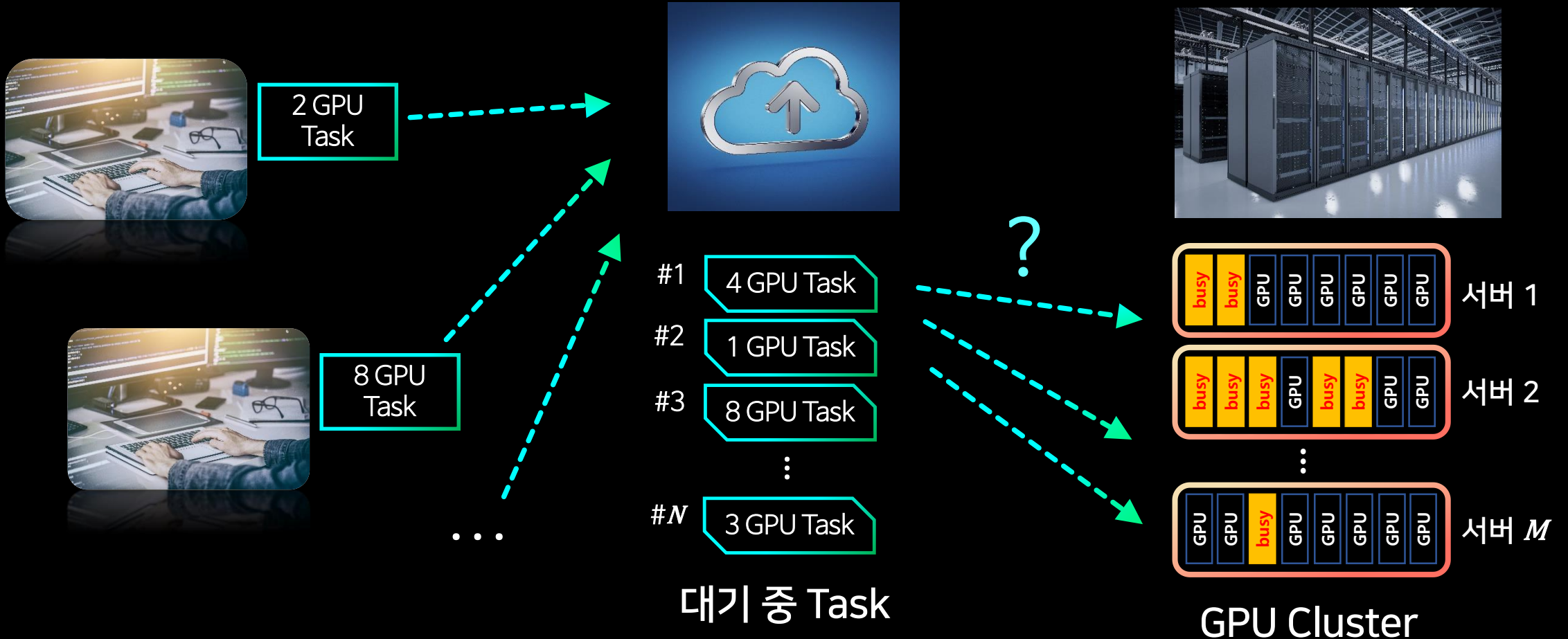
Meta-Heuristics

GA (Genetic Algorithm) 98.7 (+10.0%) @ 29 hr  
 PSO (Particle Swam Opt.) 97.3 (+8.5%) @ 48 hr

MatNet 91.5 (+2.0%) @ 30 sec  
 89.7 ( - ) @ 23 min

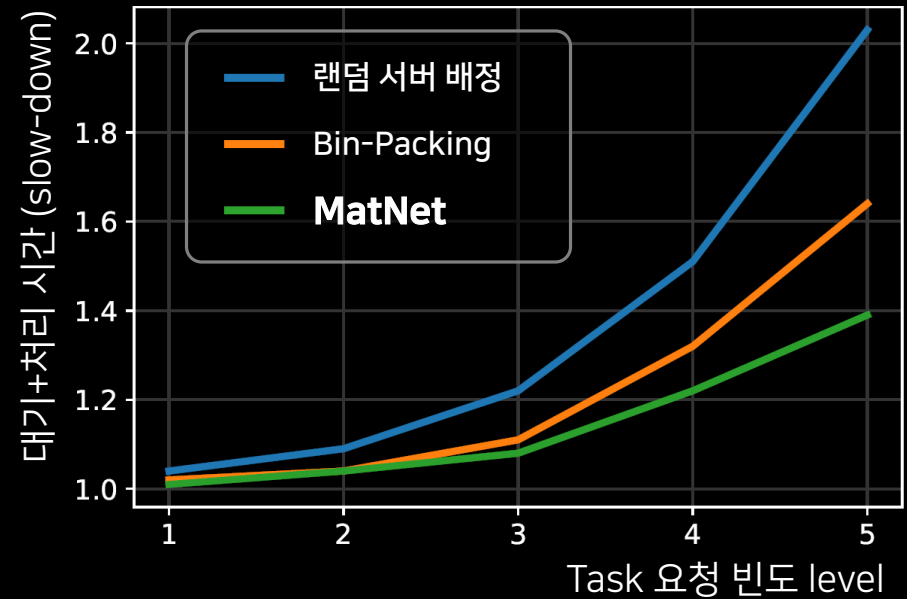
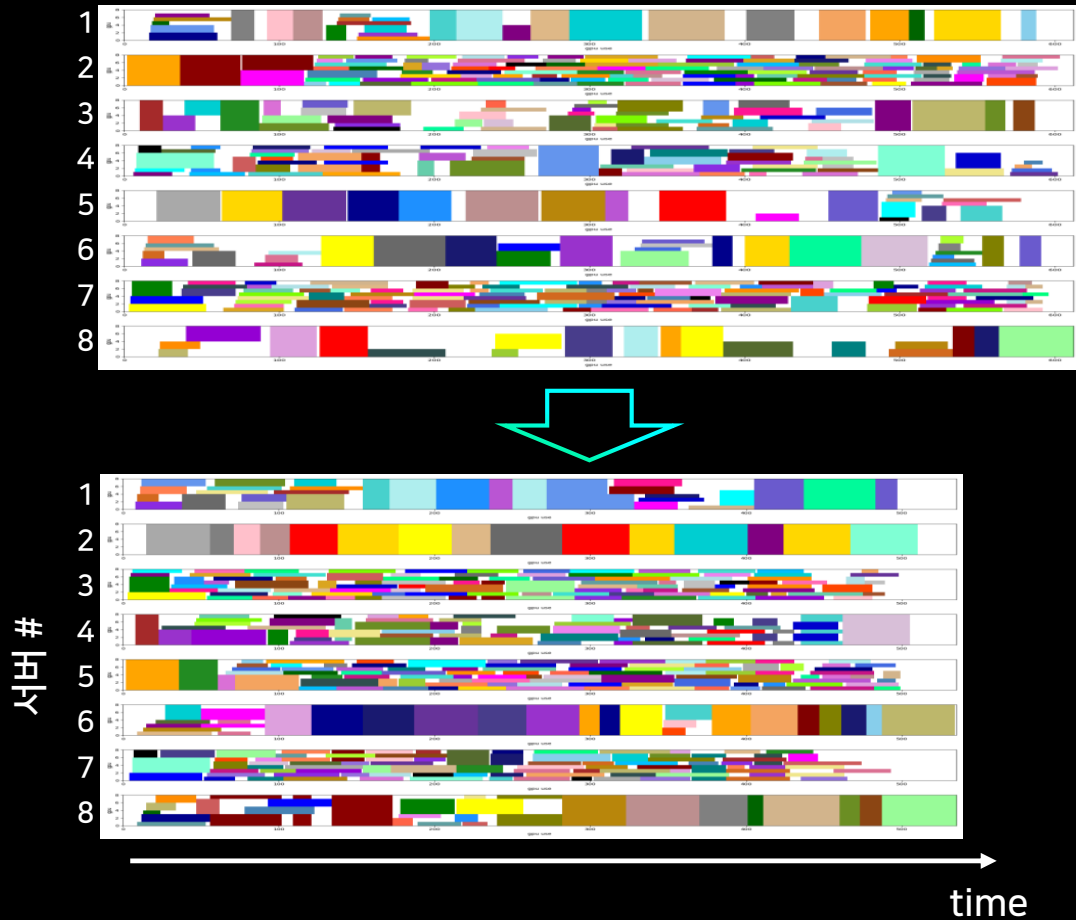
# Application: GPU Cluster 자원 할당 스케줄 최적화

요청된 Task들을 어떤 순서로, 어떤 서버에 할당할 것인가?





# Application: GPU Cluster 자원 할당 스케줄 최적화



- ☑ 과부하 상황에서  
Heuristic 기반 스케줄러 대비  
30% 이상 대기 시간 감소

**Thank you**

**SAMSUNG SDS**