



# Introduction to data driven smart factory

Hyerim Bae

Department of Industrial Engineering, Pusan National University

hrbae@pusan.ac.kr

# 강의 구성

- 강의일정
  - 9/10-11/19 (10주)
  - 매주 금 09:00 - 18:00
  - 부산 캠퍼스디 룸 다빈치
  - ❖ 주요 회사 일정과 겹치는 경우 목요일 강의
- Module
  - Module1: 자료구조와 데이터 처리
  - Module2: 산업데이터 과학
  - Module3: 산업인공지능
- 실습
  - 메인 코드 작성: Google colab
  - 클래스 만들기: Pycharm
- 강의자료 및 코드 저장
  - Github

Phase I 자료구조와 데이터처리		
Chapter	내용	강사
[1일차] 2020. 9. 10(금)	1. 데이터 기반 방법론 개요 2. 데이터분석 환경구축	배혜림, 이지환
[2일차] 2020. 9. 16(목)	3. 자료구조 개요 4. 선형구조 5. 매트릭스 및 테이블 구조	배혜림
[3일차] 2020. 9. 30(목)	6. 그래프와 트리 7. 재귀 및 탐색 8. D&C 및 Dynamic Programming	배혜림
[4일차] 2020.10.6(목)	9. 데이터베이스 I (ER modeling) 10. 데이터베이스 II (SQL) 11. 데이터 처리 사례	이지환
Phase II 산업데이터 과학		
Chapter	내용	강사
[5일차] 2020. 10. 14(목)	1. 데이터마이닝 방법론 2. 데이터시각화 3. EDA 및 데이터 품질 4. 데이터분석의 성능	배혜림
[6일차] 2020. 10. 22(금)	5. 회귀분석 (로지스틱 회귀 포함) 6. K-means 클러스터링 7. 분류(의사결정나무, SVM)	이지환
[7일차] 2020. 10. 29(금)	8. Naive Bayes 9. KNN 과 이상지 탐지 10. Time Series	이지환
Phase III 산업 인공지능		
Chapter	내용	강사
[8일차] 2020. 11. 5(금)	1. 인공지능 개론 2. 주론 3. Perceptron and Backpropagation 4. ANN	배혜림
[9일차] 2020. 11. 11(목)	5. 딥러닝 원리 및 CNN 6. RNN, LSTM, GRU 7. Auto Encoder	이지환
[10일차] 2020. 11. 19(금)	8. 자연어 처리 9. RL (강화학습) 10. 사례발표	배혜림, 이지환
※ 양산공장 압출라인 양불량 판정 모델 개발 사례 소개 포함		

# 실습 프로젝트

---

- 기간: 11/26-12/17
- 조편성 및 상세 일정: 추후 공지

# 강사소개



Professor Bae.  
배혜림 교수

## 주요활동

- 해운항만/제조 및 다양한 분야의 빅데이터 분석 및 AI 적용 관련 실제 현장 기반 연구 선도
- 지능형 항만물류 기술개발 공동추진단 등을 통해서 항만 물류 분야 집단 연구에 대한 풍부한 관리 경험
- BAB운영빅데이터 분석도구개발을 통한 오픈소스 프로젝트 개발 경험
- 운영 빅데이터 분야 국제 연구 네트워크  
(NUS, 미국 Georgia Tech, 네덜란드 TU/e, 호주 QUT)
- 플랫폼 연구 전문 기획 경험(부산항만기술기록방가원 전문위원)
- 연구분야: IoT 플랫폼, 운영빅데이터, 인공지능응용, 비즈니스 프로세스 최적화, 프로세스 어플리케이션

- 1990-2002 서울대학교 산업공학 학사/석사/박사
- 2002-2003 삼성카드 정보기획팀
- 2017-2018 부산과학기술기획평가원 전문위원
- 2014-2015 부산정보산업진흥원, 글로벌데이터 허브추진단 운영위원장
- 2017- 부산광역시 정보화위원회 (빅데이터분과 위원장)
- 2014- Open source BAB (Best Analytics of Big data) 프로젝트 PM
- 2016- Georgia Tech, 방문교수
- 2016- 부산항만공사 빅데이터 및 중장기 ICT 전략 자문
- 現 IoT 기반 지능형 항만물류 기술개발 공동추진단장
- 現 부산대학교 산업공학과 교수

제조, 항만, 조선, 물류 분야 프로세스분석 및 빅데이터 분석  
디수 수행을 통한 다양한 산업 레퍼런스 확보

## 주요 수행 과제



- 인공지능 기반 지능형 항만물류 데이터 처리기술”, 해양수산부
- ‘IoT 및 지능형 정보기반 물류관 제조 IT 기술혁신 및 인재양성’, 정보통신기술진흥센터
- ‘부산항항만운영계획 데이터분석 및 예측모델 구축’, 부산항만공사
- ‘빅데이터 활용한 해운·장비분석 연구’, 한국해양수산개발원
- ‘생산성 혁신을 위한 프로세스 기반 시뮬레이션 어플리케이션’, 중소기업기술진흥원
- ‘스마트항만 인프라구축 기술개발’ 해양수산부
- ‘생산성 혁신을 위한 IoT 및 운영빅데이터 기반 스마트팩토리’, 부산테크노파크

## 관련 논문 및 특허



- 국제저널(SCI)급 34편, 비SCJ 20, 국내저널 40편, 국내외학술대회 159편
- 국내 특허 15건, 국제특허 1건
- 기술이전 6건
- 국제학회 기조강연 (Keynote speech) 7회
- 국제학회 기조강연 (Keynote speech) 7회
- ICIC 국제학회 공로상(2015),  
한국과학기술인총연합회 우수논문상(2013),  
ICIC 국제학회 최우수논문상(2011),  
APIEMS 국제학회 최우수논문상(2011)

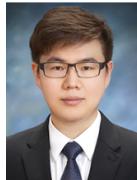
## 주요 보유 기술



- 오픈소스 기반 운영빅데이터 분석  
(오픈소스 운영빅데이터 BAB개발: <http://baelab.pusan.ac.kr>)
- 딥러닝을 이용한 해상 데이터 분석  
(물동량 예측, 항만 혼잡도 예측, 미세먼지 예측)
- 항만 운영빅데이터 기반 AI Simulator 개발
- 딥러닝을 이용한 해운운임지수 예측  
(RNN/LSTM 기반 BDI 지수 예측)
- GPS 위치데이터 분석을 통한 물류 최적화 기술

## 강사소개

이지환 (조교수, Ph.D.)



소속	부경대학교 시스템경영공학부(산업및데이터공학과)
분야	Industrial AI, Data Science, Business Analytics
Phone	051-629-6492
Mobile	010-3423-0286
e-mail	jihwan@pknu.ac.kr
homepages	pknu-balab.herokuapp.com

경력사항

2004 ~ 2008	공학학사, 서울대학교 산업공학과
2008 ~ 2015	공학박사, 서울대학교 산업공학과 (석박사 통합과정)
2015 ~ 2016	연수연구원, 서울대학교 지속기능혁신시스템 연구소
2016 ~ 2017	연구교수, 한국외국어대학교 글로벌캠퍼스, 산업경영공학과
2017 ~ 현재	조교수, 부경대학교 시스템경영공학부
2016 ~ 현재	기술고문, (주)브리프라이스

프로젝트 수행경력

1. 산업통상자원부(국가혁신클러스터R&D, 2단계). 스마트해양 융복합 서비스를 위한 개방형 클라우드 플랫폼 고도화. 2020.10~2022.12
  2. 산업통상자원부(국가혁신클러스터R&D, 1단계). 블록체인기반 선용품 거래추천시스템 개발. 2018.10~2020.12
  3. 한국전기연구원(영역과제). 한국수자원공사 수배전반 경제성평가기술 고도화 연구.  
2019.12~2020.02
  4. 한국연구재단(생애치연구자사업). 개방형 제품개발을 위한 플랫폼 아키텍처 개발. 2017.06~2019.03
  5. 브링프라이스(산학과제). 고객선호도 학습을 통한 Bringprice.com 검색엔진 최적화기술 개발. 2015.12.01~2016.02.29.
  6. 현대자동차(산학과제). 공용화 효과 극대화를 위한 하드포인트 도출방법론 개발. 2016.06.01~2017.03.30.

주요노무

1. (SCIE, 교신저자) 2021, "Performance evaluation of machine learning-based classification with rock-physics analysis of geological lithofacies in Tarakan Basin, Indonesia.", *Journal of Petroleum Science and Engineering*, (에너지 데이터)  
2. (SCIE, 교신저자) 2021, " Explainable Anomaly Detection Framework for Maritime Main Engine Sensor Data ", *Sensors*, 24. (선박 센서 데이터)  
3. (SCIE, 교신저자) 2020, " An Ensemble-Based Approach to Anomaly Detection in Marine Engine Sensor Streams for Efficient Condition Monitoring and Analysis. ", *Sensors*, 24. (선박 센서 데이터)  
4. (SCIE, 주저자) 2018, Data-driven prediction of change propagation using Dependency Network, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, (설계 변경 데이터)  
5. (SCIE, 주저자) 2017, Bayesian network approach to change propagation analysis, *Research in Engineering Design* (설계 변경 데이터)  
6. (SCIE, 주저자) 2016, Extraction and visualization of industrial service portfolios by text mining of 10-K Annual reports, *Flexible Services and Manufacturing Journal* (연차보고서 텍스트 데이터)

# The 4<sup>th</sup> Industrial Revolution

- ICBM, ABCD, AI-ICBM
- Smart factory
- AI
- Robot
- Bio



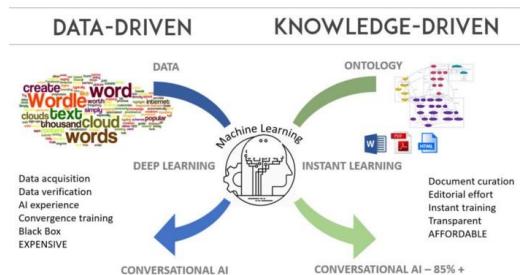
사진출처:조선일보

# Data driven approach

- Data resistant (데이터를 중요하게 생각)
    - Make data as a priority
  - Data aware (데이터의 가치를 인식하는)
    - Data being generated
    - Realize the value of data
  - Data guided (데이터를 분석에 대해 관심 가지 시작)
    - Focus on data analysis
    - Realize tactical value of data
  - Data savvy (데이터에 대한 요령)
    - Realize the strategic value of data
    - Self-service data science
  - Data driven (데이터가 곧 경쟁력)
    - Data is made available to all
    - Every major decision is made completely backed by data evidence
    - Data becomes the language of conversation between teams



By dataQraft, 2020.09

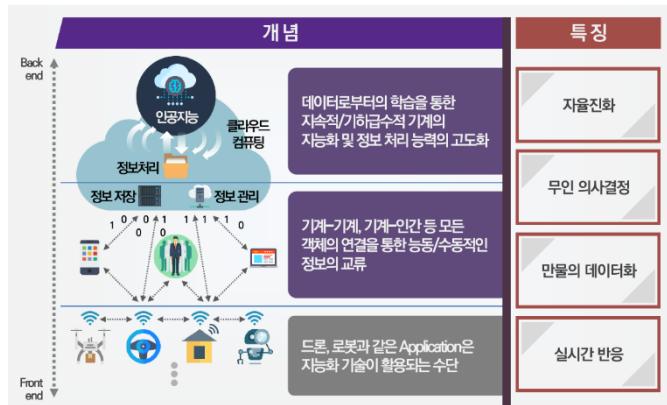


# Data driven approach

- Things to be required
  - Data base: 데이터가 모여야 함
  - Data structures and algorithm: 데이터를 처리
  - Data mining: 데이터를 분석
  - Deep learning and AI: 데이터로부터 가치를 만들어내기 위해서



# Data driven approach



# What is ML and AI?

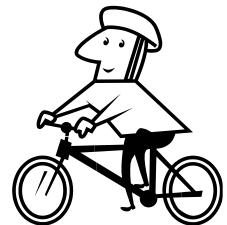
- ML
  - To Make Machine ‘Learn’: 기계가 학습을 하도록
- AI
  - 인공적으로 만들어진 지능

**Artificial intelligence (AI)**, sometimes called **machine intelligence**, is intelligence demonstrated by machines, in contrast to the **natural intelligence** displayed by humans and other animals. (from Wikipedia)

# What is learning

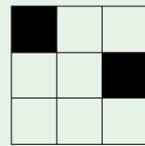
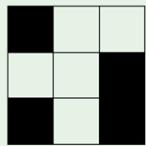
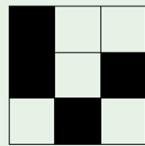
- Learning
  - A process that allows an agent to adapt its performance through **instruction** or **experience**
  - Considered fundamental to intelligent behavior
  - May be
    - Simple association task
      - A specific output is required when given some input
    - Acquisition of a skill

changes in a system that are adaptive in the sense that they enable the system to do the same task or tasks drawn from the same population more efficiently and more effectively **next time**.

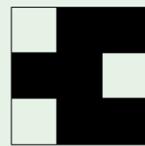
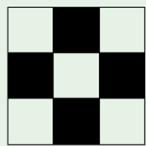
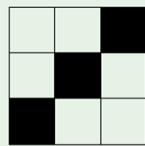


- Why?
  - Very active and large area of AI
  - Biological and cognitive perspective
    - Desire to understand more about our selves
  - Get machines to perform tasks that serve us in some way

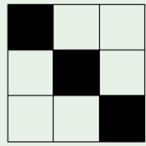
# Quiz #1: What is f?



$$f = -1$$



$$f = +1$$



$$f = ?$$

## Quiz #2: What is A, and what is B?

"A people bow but B people shake hands



# Quiz #3: What is y?

---

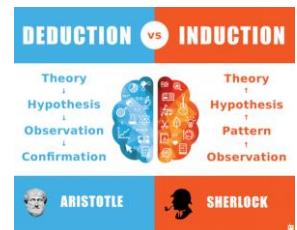
- $y=f(x) = x!$ 
  - $f(3) = ?$
- $y=f(x) = 3x+2$ 
  - $f(1)=? ?$
- $f(1)=5, f(2)=8,$ 
  - $f(3)=? ?$

# Inductive vs. Deductive

- Induction(귀납): Specific to General
  - A dies, B dies, C dies, ...
  - Everybody dies.



- Deduction(연역): General to specific
  - Every man dies. Socrates is a man.
  - Socrates dies.



# Deductive

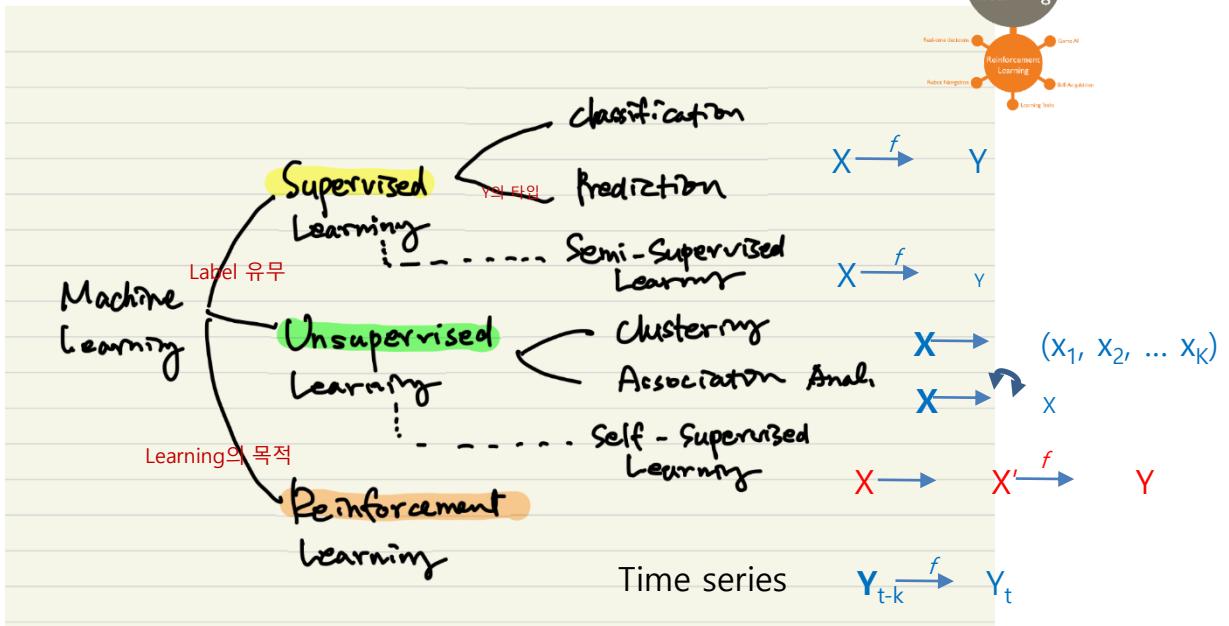
```
girl(sunae).  
boy(jungbae).  
rich(jungbae).  
pretty(sunae).  
likes(X, Y):- girl(X), boy(Y), rich(Y).  
likes(X, Y):- boy(X), girl(Y), pretty(Y).
```

- |?- likes(jungbae, sunae).



# Learning method

- Traditional learning



- Deep learning
- Reinforcement learning

- Supervised vs. Unsupervised
  - Supervised learning
    - learning from training instances of known classification
  - Unsupervised learning
    - learning from unclassified training data
    - conceptual clustering or category formation
  - Reinforcement learning

# What is (Machine) learning?

- Finding ' $f$ ' such that

$$Y = f(X)$$

rule  
pattern  
knowledge

- We use X and Y to find ' $f$ '

- Types of learning tasks
  - Classification learning
    - Example: optically scanning and automatically recognizing hand-printed character
  - Learning sequence of actions
    - Chess game and robots that navigate around offices emptying bins.
  - Learning optimal decisions
  - Learning regression function
    - Learning the association between variables
  - Learning programs
    - Specifically targeted at learning to represent the solution of a task

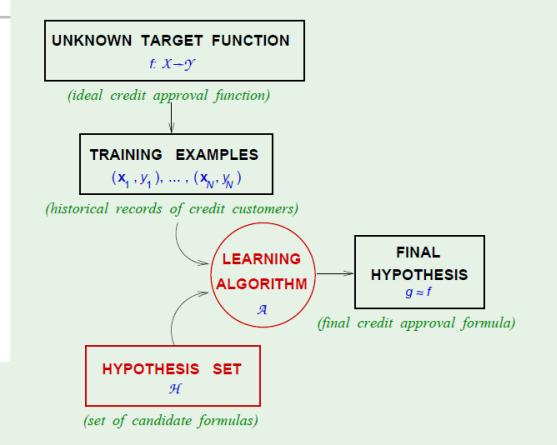
# Components of learning

## Formalization:

- Input:  $\mathbf{x}$  (*customer application*)
- Output:  $y$  (*good/bad customer?*)
- Target function:  $f : \mathcal{X} \rightarrow \mathcal{Y}$  (*ideal credit approval formula*)
- Data:  $(\mathbf{x}_1, y_1), (\mathbf{x}_2, y_2), \dots, (\mathbf{x}_N, y_N)$  (*historical records*)



- Hypothesis:  $g : \mathcal{X} \rightarrow \mathcal{Y}$  (*formula to be used*)



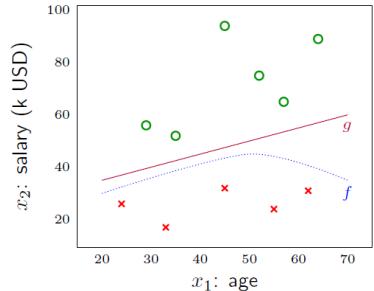
- Elements of learning
  - Algorithm
    - Define the process that is used for learning
    - Transform input data into a particular form of useful output
  - Target function
    - The product of learning
  - Training

$$\mathbf{W} \leftarrow \mathbf{W} + c(d - f)\mathbf{X}$$

$$\text{Weigh update} = \frac{\text{Direction reducing err. (decent)}}{-\eta \nabla_{\theta} J(\theta)} \times \frac{\text{Size of one step (learning rate)}}{\eta} \times \frac{\text{slope (gradient)}}{\nabla_{\theta} J(\theta)}$$

# PLA (Perceptron)

$n$	$x_1$	$x_2$	$y$
1	29	56k	approve
2	64	89k	approve
3	33	17k	deny
4	45	94k	approve
5	24	26k	deny
6	55	24k	deny
7	35	52k	approve
8	57	65k	approve
9	45	32k	deny
10	52	75k	approve
11	62	31k	deny



For input  $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_d)$  ‘attributes of a customer’

Approve credit if  $\sum_{i=1}^d w_i x_i > \text{threshold}$ ,

Deny credit if  $\sum_{i=1}^d w_i x_i < \text{threshold}$ .

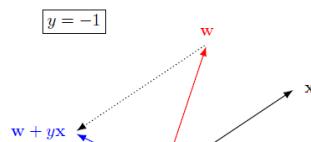
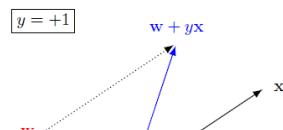
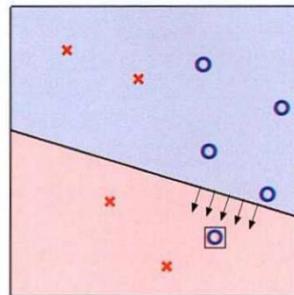
This linear formula  $h \in \mathcal{H}$  can be written as

$$h(\mathbf{x}) = \text{sign}\left(\left(\sum_{i=1}^d w_i x_i\right) - \text{threshold}\right)$$

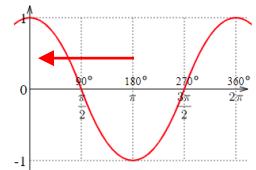
# How to make ‘P’ learn

- PLA (Perceptron Learning Algorithm)

$$\mathbf{w}(t+1) = \mathbf{w}(t) + y(t)\mathbf{x}(t).$$



$$\mathbf{w}^T \mathbf{x}$$



The weight update rule in (1.3) has the nice interpretation that it moves in the direction of classifying  $\mathbf{x}(t)$  correctly.

- Show that  $y(t)\mathbf{w}^T(t)\mathbf{x}(t) < 0$ . [Hint:  $\mathbf{x}(t)$  is misclassified by  $\mathbf{w}(t)$ .]
- Show that  $y(t)\mathbf{w}^T(t+1)\mathbf{x}(t) > y(t)\mathbf{w}^T(t)\mathbf{x}(t)$ . [Hint: Use (1.3).]
- As far as classifying  $\mathbf{x}(t)$  is concerned, argue that the move from  $\mathbf{w}(t)$  to  $\mathbf{w}(t+1)$  is a move ‘in the right direction’.

# The Widrow-Hoff Procedure

- Weight update procedure:
  - Using  $f = s = \mathbf{W} \cdot \mathbf{X}$
  - Data labeled 1 → 1, Data labeled 0 → -1
- Gradient: if  $f = s$ ,

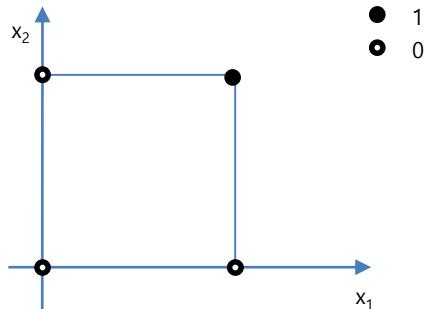
$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial \mathbf{W}} = -2(d - f) \frac{\partial f}{\partial s} \mathbf{X} = -2(d - f) \mathbf{X}$$

- New weight vector
- Widrow-Hoff (delta) rule
  - $(d - f) > 0 \rightarrow$  increasing  $s \rightarrow$  decreasing  $(d - f)$
  - $(d - f) < 0 \rightarrow$  decreasing  $s \rightarrow$  increasing  $(d - f)$

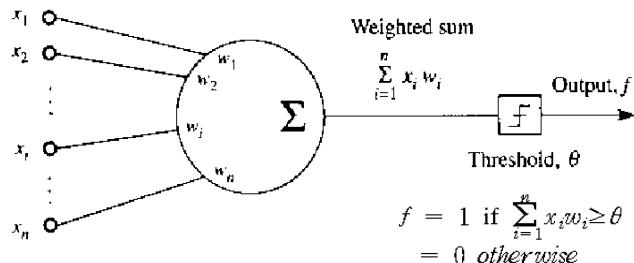
# A simple classifier: Perceptron

- Dataset

input		Output (by $f$ )		
$X_0$	$X_1$	AND	OR	XOR
0	0	0	0	0
0	1	0	1	1
1	0	0	1	1
1	1	1	1	0



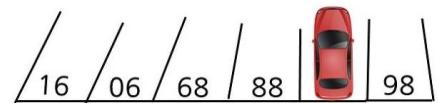
- Perceptron



# We need data

- 수치형, 범주형
  - (234, 0.327, ...) (토요일, 맑음, 배혜림)
- 연속형, 이산형
  - (0.234, 0.327, ...) (0, 1)
- 정형, 비정형
  - (Table, 벡터, 리스트), (이미지, 음성, 문서)
- 균형, 비균형
  - 양, 불량
- 기계는 모든 유형의 data를 받아 들일 수 있을까요?

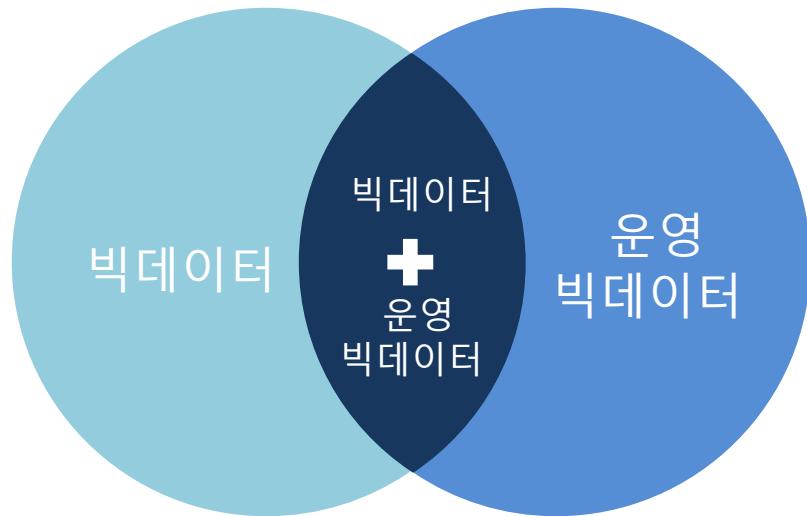
아래 그림에 주차된 자동차에 가려진 숫자는 무엇일까요?



Handling categorical variables  
Mixed input/output



# Data used for ML



# In Port Logistics

## ❖ 예) 항만 운영 빅데이터

VESSEL	CONTAINER_NO	MCHN_ID	MCHN_TP_CD	FULL_EMPTY	JOB_TYPE	POD	BLOCK_BAY	JOB_START_DT	JOB_END_DT
ALAP-001/2018	AXIU1484082-2	GC112	QC	F	DS-QUAYSIDE	KRPUS	1B-38	20180131211752	20180131211924
ALAP-001/2018	AXIU1484082-2	TC221	TC	F	DS-YARDSIDE	KRPUS	1B-38	20180131213633	20180131213805
ALAP-001/2018	AXIU1484082-2	YT511	YT	F	DS-MOVE	KRPUS	1B-38	20180131211924	20180131213633
ALAP-001/2018	BEAU2976719-1	GC111	GC	F	LD-QUAYSIDE	CAVAN	2B-19	20180131202120	20180131202353
ALAP-001/2018	BEAU2976719-1	TC223	TC	F	LD-YARDSIDE	CAVAN	2B-19	20180131200147	20180131200420
ALAP-001/2018	BEAU2976719-1	YT511	YT	F	LD-MOVE	CAVAN	2B-19	20180131200420	20180131202120
ALAP-001/2018	BGBU5060490-3	GC109	QC	F	DS-QUAYSIDE	KRPUS	3F-69	20180131205748	20180131205920
ALAP-001/2018	BGBU5060490-3	TC266	TC	F	DS-YARDSIDE	KRPUS	3F-69	20180131211132	20180131211304
ALAP-001/2018	BGBU5060490-3	YT538	YT	F	DS-MOVE	KRPUS	3F-69	20180131205920	20180131211132
ALAP-001/2018	BGBU5062868-1	GC109	QC	F	DS-QUAYSIDE	KRPUS	3F-69	20180131205358	20180131205530

## ❖ 컨테이너 관점의 데이터 해석

VESSEL	CONTAINER_NO	MCHN_ID	MCHN_TP_CD	FULL_EMPTY	JOB_TYPE	POD	BLOCK_BA	JOB_START_DT	JOB_END_DT
ALAP-001/2018	AXIU1484082-2	GC112	QC	F	DS-QUAYSIDE	KRPUS	1B-38	20180131211752	20180131211924
ALAP-001/2018	AXIU1484082-2	TC221	TC	F	DS-YARDSIDE	KRPUS	1B-38	20180131213633	20180131213805
ALAP-001/2018	AXIU1484082-2	YT511	YT	F	DS-MOVE	KRPUS	1B-38	20180131211924	20180131213633
ALAP-001/2018	BEAU2976719-1	GC111	GC	F	LD-QUAYSIDE	CAVAN	2B-19	20180131202120	20180131202353
ALAP-001/2018	BEAU2976719-1	TC223	TC	F	LD-YARDSIDE	CAVAN	2B-19	20180131200147	20180131200420
ALAP-001/2018	BEAU2976719-1	YT511	YT	F	LD-MOVE	CAVAN	2B-19	20180131200420	20180131202120
ALAP-001/2018	BGBU5060490-3	GC109	QC	F	DS-QUAYSIDE	KRPUS	3F-69	20180131205748	20180131205920
ALAP-001/2018	BGBU5060490-3	TC266	TC	F	DS-YARDSIDE	KRPUS	3F-69	20180131211132	20180131211304
ALAP-001/2018	BGBU5060490-3	YT538	YT	F	DS-MOVE	KRPUS	3F-69	20180131205920	20180131211132
ALAP-001/2018	BGBU5062868-1	GC109	QC	F	DS-QUAYSIDE	KRPUS	3F-69	20180131205358	20180131205530

무엇을?

누가?

어떻게?

언제?



부산대학교  
PUSAN NATIONAL UNIVERSITY



BAE Lab  
Bigdata Analytics & Engineering

<http://baelab.pusan.ac.kr>

빅데이  
터  
+  
운영  
빅데이  
터

운영  
빅데이터

해운

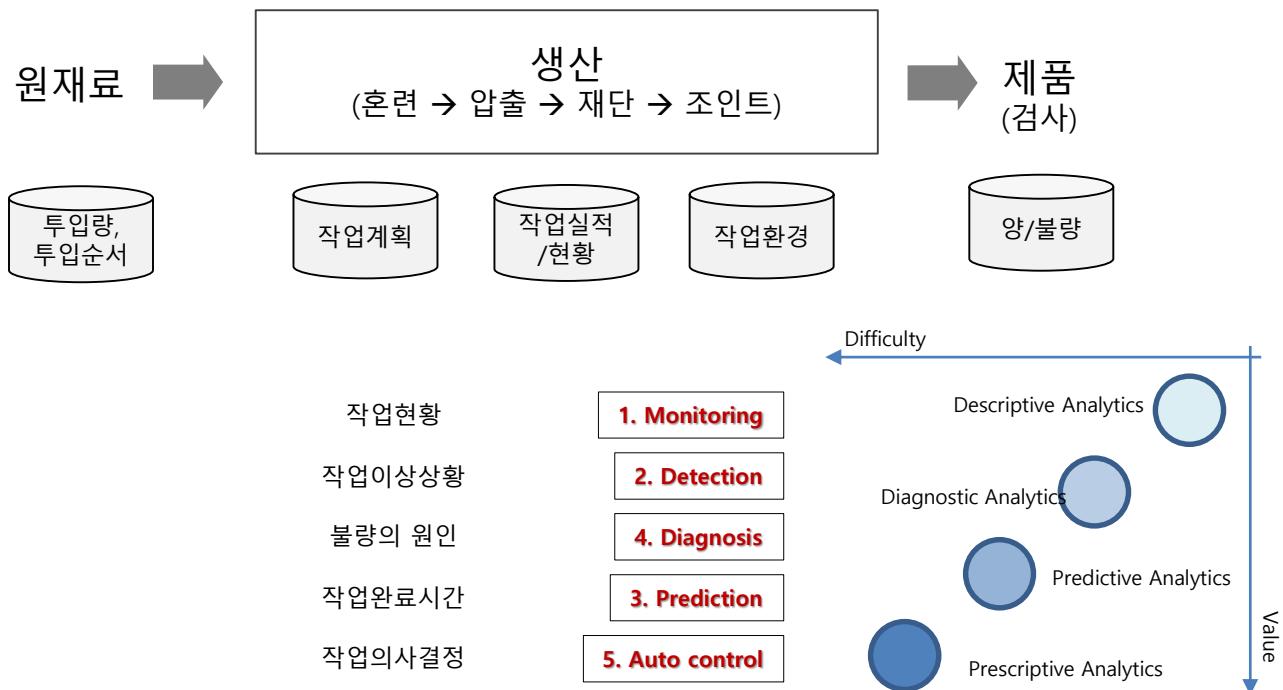
조선

항만

철강

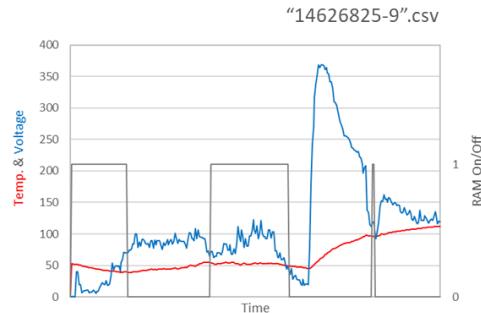
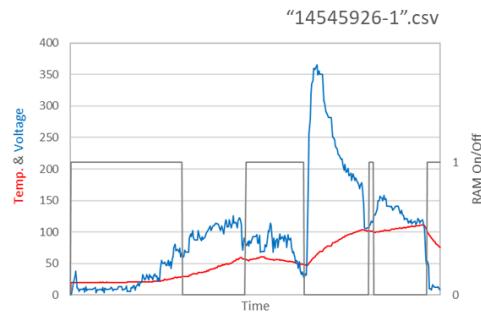
자동차  
부품

# 데이터 기반 접근법의 단계

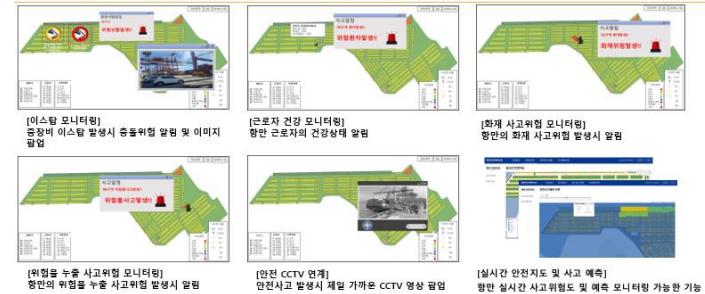


# 작업현황

- 기계의 현황
- 재고의 현황
- 현재까지의 작업 실적



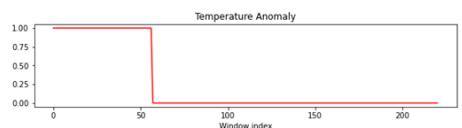
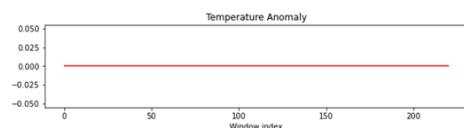
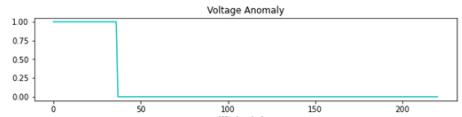
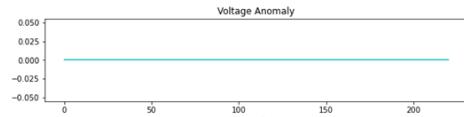
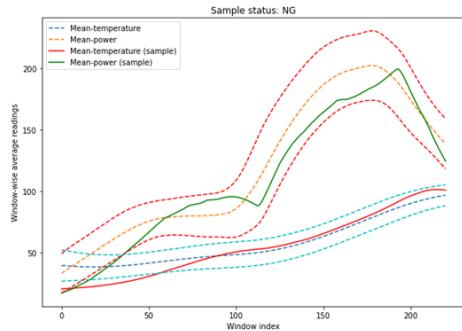
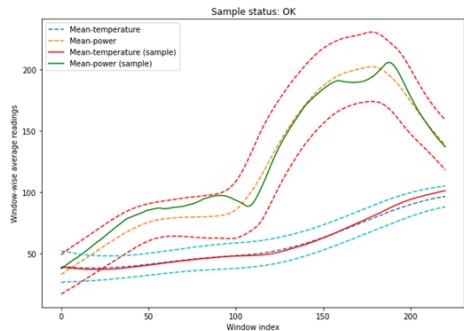
# 항만에서의 모니터링



## ▪ SafePort 3D 모니터링 시스템



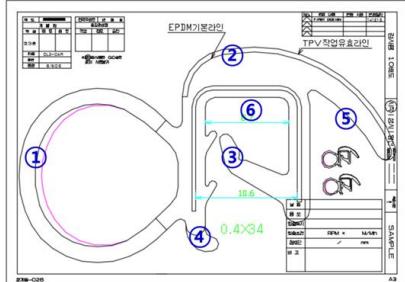
# 작업의 이상상황



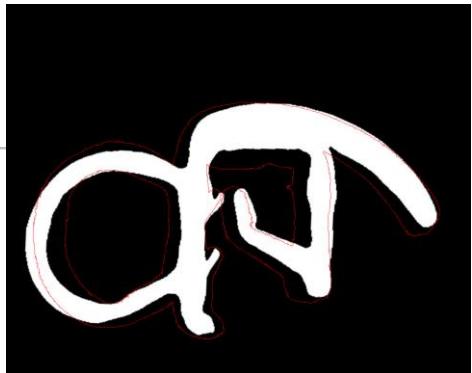
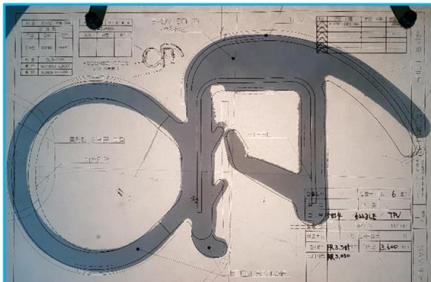
# 불량의 원인

## 1. 형상 불량 발생 유형 및 주요 제어 조건

### ▷ 형상 검사 기준

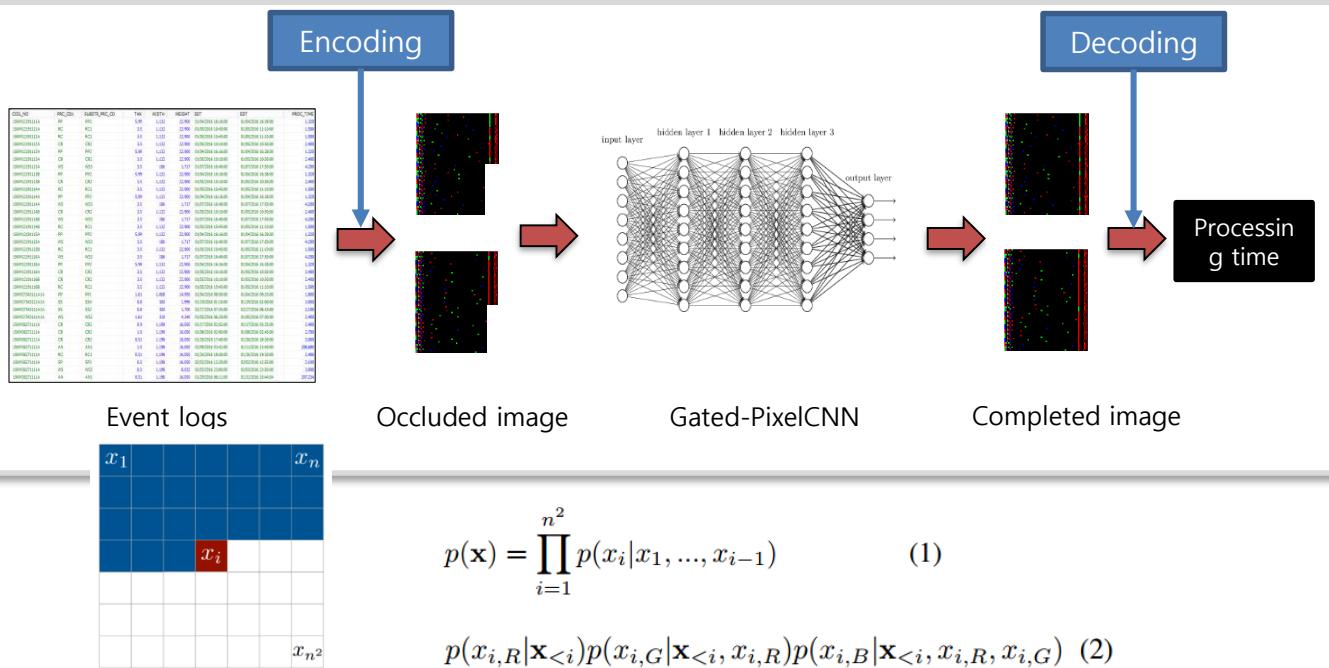


### ▷ 10배 투영 검사 결과 : 한도견본 수립후 육안검사



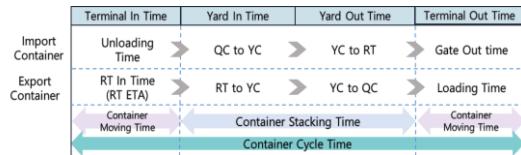
주요 관리 부위	불량 유형	주요 제어 조건	사용원재료
① 튜브	튜브 형상 크기/두께 산포, 튜브 상/하단부 변형	AIR 주입 압력, 스폰지발포, 가이드를 부착위치	스폰지고무(발포)
② 캐리어 상단	두께 산포, 내부 철심금 위치 산포	압출구금 마모, 압출기스크류 RPM, 프리포밍각도	슬리드고무
③ 그리프	두께/길이 산포, 끝단부상/하 각도 산포	압출기 스크류 RPM, 단면 이송용 지지를 간섭, 엔보롤간섭	
④ 수밀립	두께/길이/각도 산포	오븐벨트 속도	
⑤ 트림립	두께/길이 산포, 끝단부상/하 각도 산포	엔보롤 간섭, 가이드를 부착위치, 압출고무 무늬	
⑥ 벤딩 내폭	내폭 산포	사이드 벤딩롤 세팅 간격	

## 작업 완료시간 예측



# ML for Smart Operation

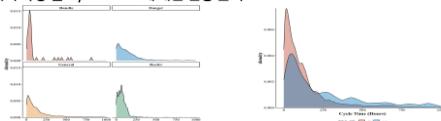
## 가. 미래 장치장 예측 정의



- 수출입 컨테이너에 따른 Container Cycle Time, Moving Time, Stacking Time 정의
- 야드 적재량 예측을 통한 **야드 운영 계획 효율성 증대 및 미래 훈련도 계산 기반 마련**

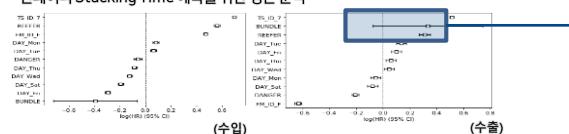
## 나. 분석 방법

### 컨테이너 특성별 Cycle Time에 대한 현황 분석



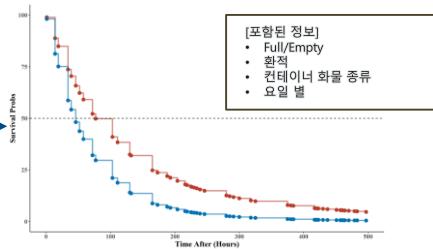
컨테이너 특성에 따른 컨테이너 물량 및 Cycle time 현황

### 컨테이너 Stacking Time 예측을 위한 생존 분석



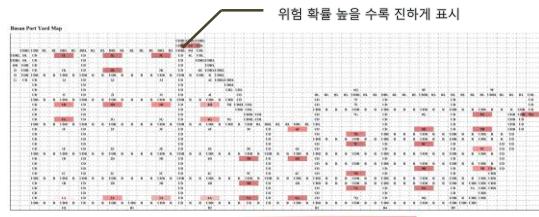
생존 분석을 통해 변수들의 유의성을 판단(영점 기준 오른쪽-유 의미)

### ■ 생존 분석을 활용한 컨테이너 속성 별 HR Ratio



환적의 영향이 가장 크기 때문에, 환적의 유무로 HR Ratio가 표현

### 다. 분석 결과



생존 분석을 통한 야드 적재량 확률을 색의 진함에 따라 Grid화 표시

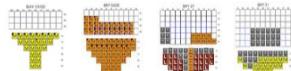
# ML for Smart Operation

## 가. QC 작업 패턴 분석 정의

- 현재 TOS에서는 본선 작업 계획(Crane Working Plan)을 구성할 때, 양/적하 작업 수량에 따른 단순 산술 형식(Ex, 양하 \* 1.5분, 적하 \* 2.5분)으로 본선 작업을 계획하고 있음
- 이러한 단순 산술 형식은 실제 본선 작업 중에 찾은 Schedule 변경과 Yard Crash 등의 항만 생산성 저하 문제를 야기하고 있음
- 본선 작업 시에 더 정교한 CWP를 구성할 수 있다면, 항만 터미널 생산성을 증가시킬 수 있는 효과가 있음
- 본선 작업 시 컨테이너의 특성을 반영하여 QC(CC)의 작업 예상완료시간(ETC)을 더 정교하게 예측함을 통해, 본선 작업 예상시간(ETW)의 정확성을 높여 항만 생산성을 증가시키는 것이 목적

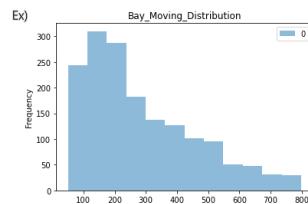
## 나. QC 작업 패턴 분석 방법

### ▪ 본선 작업 스케줄 정리 기법



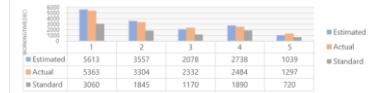
각 선박에 대 한 Bay Cluster 출출

### ▪ 본선 작업에서의 QC의 작업 특성 별 ETC 분포 도출



Type, F/M, 작업자 변경, Bay 변경 등 조건을 고려한 QC의 ETC 분포 기반 ETC 예측

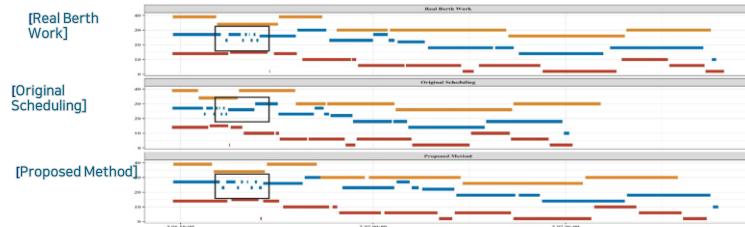
### ▪ ETW를 기반으로 본선 작업의 총 시간 예측



### [성능 지표]

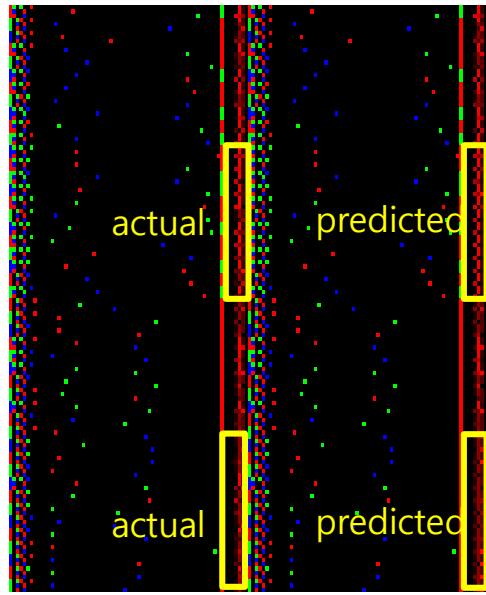
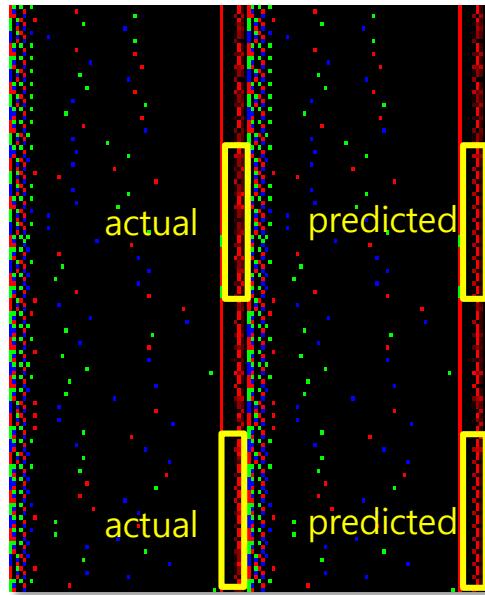
- 371개 선박 Schedule에 대한 평가 진행
- 예측 오차 평균 50.8% 감소
- 기존 산술 방식 : Median 기준 3.46 시간의 오차 발생
- 제안된 방법론 : Median 기준 1.56 시간의 오차 발생
- Yard Crash 발생 예측 정확성 향상

### ▪ 도출된 스케줄의 예상 작업시간 외로를 기준으로 ETW 예측



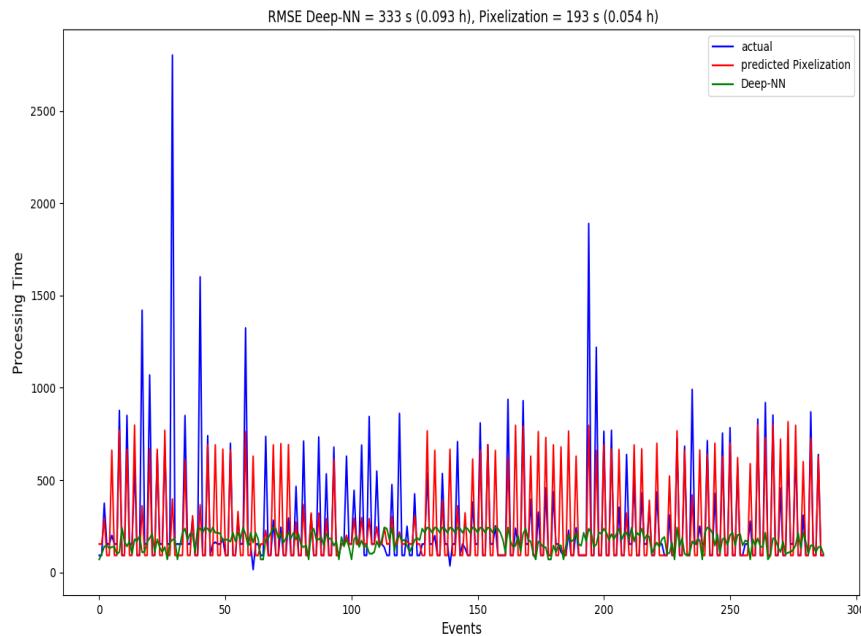
시간 대 별로 시각화 했을 때, Original Scheduling에 비해 본 연구의 제안 방법이 탐지 및 예측력이 우수함

# Experimental Result (1)



# Experimental Result (2)

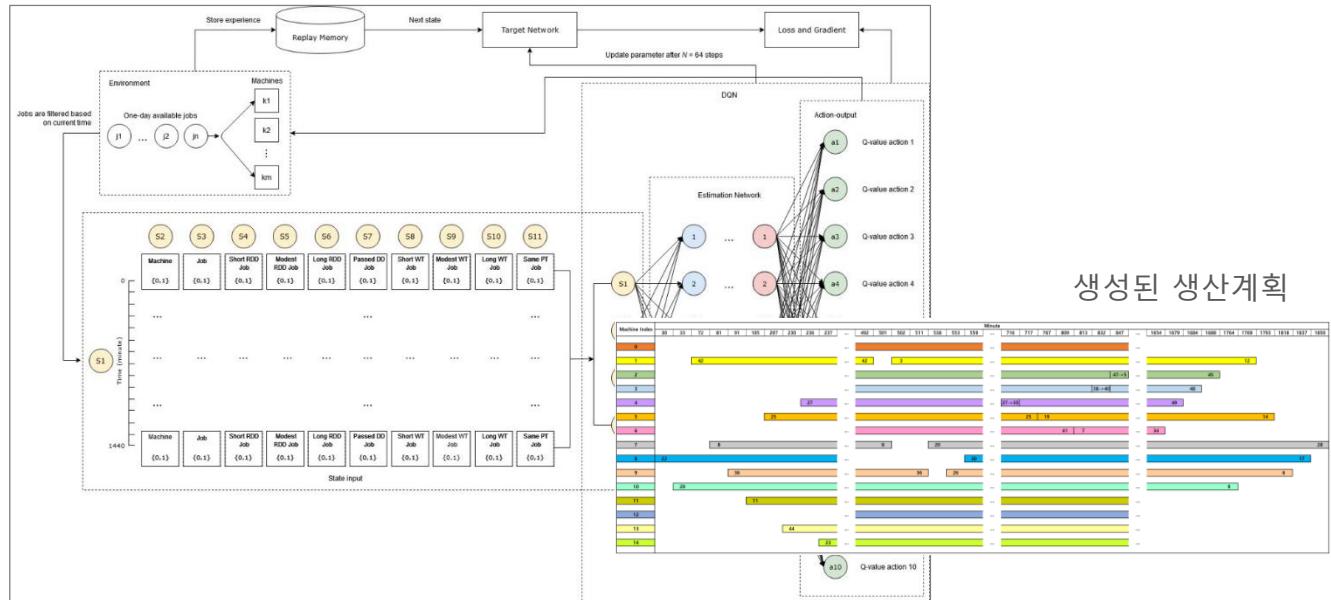
- Comparison between Deep-Neural Network and Our Approach



Deep-NN cannot perform well with categorical data !

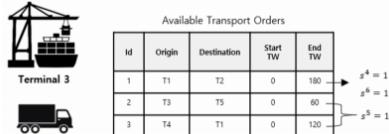
# 생산의사결정

- 인공지능을 활용한 병목 작업의 생산계획 수립



# 생산계획에서 강화학습의 성능

$t = 0$



$$s_0 = \{0, 1, 3, 1, 1, 1\}$$

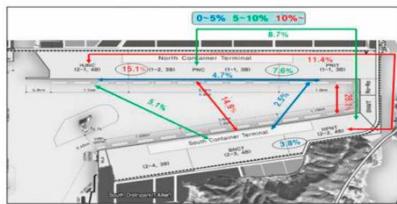


Table 7. Parameter abbreviations.

Parameters	Abbreviation
Average Computational Time (in seconds)	Avg CT
Best Computational Time (in seconds)	Best CT
Average Total Cost (in \$)	Avg TC
Minimum Total Cost (in \$)	Min TC
Average Empty Truck Trip Cost (in \$)	Avg ETTC
Minimum Empty Truck Trip Cost (in \$)	Min ETTC

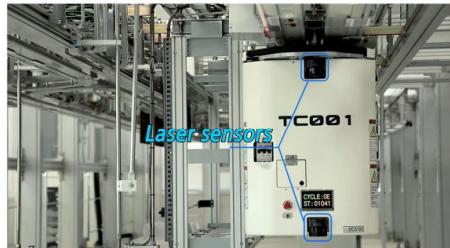
Table 8. Performance comparison between DQN and SA.

DQN						SA						
DID	Min TC	Avg TC	Min ETTC	Avg ETTC	Min CT	Avg CT	Min TC	Avg TC	Min ETTC	Avg ETTC	Best CT	Avg CT
DC1-35	291.6	310.77	84.13	103.3	32.67	56.59	316.66	341.58	109.2	128.01	23.68	51.42
DC1-89	790.66	828.03	263.2	299.53	108.41	148.4	861.26	905.4	332.79	346.44	101.92	134.86
DC2-116	1054.66	1096.02	367.99	409.35	25.05	54.57	1011.06	1052.59	324.39	365.92	118.93	157.14
DC2-173	1619.73	1660.12	594.26	633.18	91.53	146.05	1722.93	1819.7	684.13	706.85	167.43	223.91
DC3-285	2720	2787.11	1032	1099.11	189.73	315.13	2707	2746.62	1019.06	1058.62	245.87	386.54

Table 9. Performance comparison between DQN and TS.

DQN						TS						
DID	Min TC	Avg TC	Min ETTC	Avg ETTC	Min CT	Avg CT	Min TC	Avg TC	Min ETTC	Avg ETTC	Best CT	Avg CT
DC1-35	291.6	310.77	84.13	103.3	32.67	56.59	305.2	306.29	97.73	98.82	24.14	53.44
DC1-89	790.66	828.03	263.2	299.53	108.41	148.4	845.86	849.59	318.39	322.12	104.6	138.28
DC2-116	1054.66	1096.02	367.99	409.35	25.05	54.57	975.73	984.23	289.06	297.56	125.34	158.36
DC2-173	1619.73	1660.12	594.26	633.18	91.53	146.05	1687.59	1693.17	662.13	667.65	185.53	231.18
DC3-285	2720	2787.11	1032	1099.11	189.73	315.13	2649.46	2667.45	961.46	979.45	249.68	390.58

## Overhead Hoist Transport (OHT) - 반도체 공장의 자동 물류 시스템



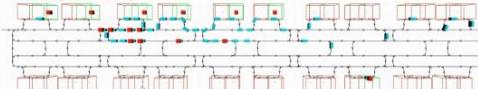
KAIST

Copyright © Young-Jae JANG

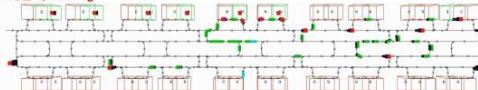
29

ISySE  
Industrial System Engineering

### 기존 알고리즘 (산업계 활용)



### KAIST개발 Q-Learning

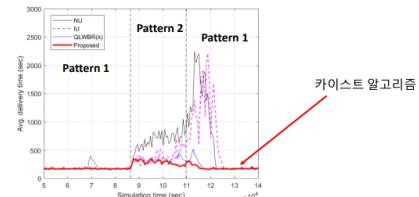


DAIM  
RESEARCH

Ilhee Hwang, Sang-Pyo Hong, Young-Jae Jang, Sunil Kim and In-Ho Moon, "System Design and Development of the Q-Learning Based Overhead Hoist Transport (OHT) for Semiconductor Fab," The 24<sup>th</sup> International Conference on Production Research, 2017, Poland.

## 예측하지 못한 상황에서 “자율적”으로 안정화

### 급격한 물량 증가



KAIST

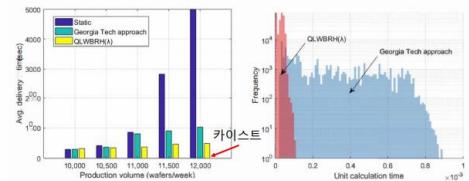
Copyright © Young-Jae JANG

40

ISySE  
Industrial System Engineering

## OHT 시스템 결과 - 반송시간 및 연산시간 분석

- 현존하는 연구 중 100여대 이상 routing 구현한 연구는 조지아텍 (Georgia Tech) 이 2012-2014년 진행한 연구가 유일
- 조지아텍 연구 병차마킹 비교
  - 카이스트 알고리즘이 활동한 성능 도출 (delivery time 및 computation time)



KAIST

Copyright © Shin Woong Sung, Hyewonjin Sim, Hyunseuk Bak, and Young-Jae Jang, 2017

41

ISySE  
Industrial System Engineering

# Digital twin + Machine Learning

