# **목차**

**Part 1. 지능형 화학 공정**

**Chapter 1. 화학공정의 지능화**

**Chapter 2. 지능형 화학공정 변화 트렌드**

**Part 2. 인공지능 기초**

**Chapter 1. 인공지능 개발 환경**

**Chapter 2. 데이터 수집**

**Chapter 3. 데이터 관리 및 가시화**

**Chapter 4. 데이터 전처리**

**Chapter 5. 기계학습 문제 분류와 알고리즘**

**Chapter 6. 기계학습 기반 의사결정 및 최적화**

**Part 3. 화공산업에서의 인공지능**

**Chapter 1. 인공지능 기반 물질 개발 및 거동 분석**

1. 수성가스 전이 반응 촉매 분석

2. 이온성 액체의 무한 희석 활성도 계수 추정

3. 유기용매 막 분리 소재 분석

**Chapter 2. 인공지능 기반 공정 설계 및 최적화**

1. 바이오공정 전 과정 평가

2. 탈 실험 단원자 증착 공정 설계

3. 접착용 에폭시 고분자 개발

**Chapter 3. 인공지능 기반 공정 운전 및 최적화**

1. 천연가스를 사용한 수소 생산 공정 최적화

2. 친환경적 폭발성 폐기물 처리 공정 운전 최적화

**Chapter 4. 인공지능 기반 공정 제어**

1. PID 제어 시스템을 이용한 공정 제어

2. 신경망 모델 기반 예측 제어

3. 강화학습기반 공정제어

**Chapter 5.** **인공지능 기반 예지보전 및 안전**

1. 화학 공정 이상 감지 및 진단

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 파 트 | 챕 터 | 번 호 | 제목 | 저 작 권 | 대 체 가 능 |
|
| 1 | 1 |  | 4차산업과 화학산업의 융합: 스마트 화학공정  (Source: https://blogs.nvidia.co.kr/2019/03/19/jetson-and-aws-greengrass/) | O | O |
|  |  |  | 스마트 팩토리의 요소 기술  (Source: https://iot-analytics.com/industrial-internet-disrupt-smart-factory/) | O | O |
|  |  |  | 스마트 팩토리 설계를 위한 기술 단계  (Source: https://iot-analytics.com/industrial-internet-disrupt-smart-factory/) | O | O |
|  |  |  | 미래 스마트 팩토리의 주역: CPS  (Source: https://ieeexplore.ieee.org/document/8701932) | O | O |
| 1 | 2 |  | 미래 화학산업 트랜드  (Source: https://medium.com/@pinpoolsgmbh/the-upcoming-trends-that-will-define-the-chemical-industrys-future-55b44e3267da) | O | O |
|  |  |  | 높은 시장 대응성을 위한 공정 모듈화  (Source: https://www.chemengonline.com/artificial-intelligence-new-reality-chemical-engineers/) | O | O |
|  |  |  | 인공지능 기반 화공소재 설계 절차  (Source: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927025621000859) | O | O |
|  |  |  | 인공지능 기반 사고 대응 전략  (Source: https://dorsa.fyi/cs521/) | O | O |
|  |  |  | Colab 시작 화면  (캡처본) |  |  |
|  |  |  | Colab 최근 사용 파일  (캡처본) |  |  |
|  |  |  | Colab 새 노트 생성  (캡처본) |  |  |
|  |  |  | Colab 새 노트  (캡처본) |  |  |
|  |  |  | Google Drive 마운트  (캡처본) |  |  |
|  |  |  | Google Drive 연결  (캡처본) |  |  |
|  |  |  | Google Drive 마운트 명령어  (캡처본) |  |  |
|  |  |  | Google Drive 연결 authorization code 입력  (캡처본) |  |  |
|  |  |  | Matlab 홈페이지  (캡처본) |  |  |
|  |  |  | Matlab 다운로드 페이지  (캡처본) |  |  |
|  |  |  | Matlab 라이선스 입력  (캡처본) |  |  |
|  |  |  | Matlab 실행 화면  (캡처본) |  |  |
|  |  |  | Matlab 도움말  (캡처본) |  |  |
| 2 | 1 |  | Rstudio.com의 프론트 페이지  (Source: https://www.rstudio.com/) | O | X |
|  |  |  | Rstudio 어플리케이션 다운로드 페이지  (Source: https://www.rstudio.com/) | O | X |
|  |  |  | Rstudio의 실행 화면  (Source: https://www.rstudio.com/) | X |  |
|  |  |  | 데이터 생성 및 변수 지정 풀이 | X |  |
|  |  |  | 선형모델 생성 코드 | X |  |
|  |  |  | 선형모델 생성 결과 | X |  |
|  |  |  | 마일리지 값 비교 그래프 생성 코드 | X |  |
|  |  |  | 마일리지 값 비교 그래프 | X |  |
| 2 | 2 |  | DIKW 피라미드  (Source: ) | X |  |
|  |  |  | 빅데이터의 4V (Source: https://www.ibm.com/blogs/journey-to-ai/) | O | O |
|  |  |  | 데이터의 형태: 정형, 비정성, 준정형 (Source: ) | X |  |
|  |  |  | 정형 데이터의 예시 (Source: https://k21academy.com/microsoft-azure/dp-900/structured-data-vs-unstructured-data-vs-semi-structured-data/) | O | O |
|  |  |  | 비정형 데이터 예시: 사진, 동영상 등 (Source: https://panzura.com/blog/unstructured-data-hard-manage/) | O | O |
|  |  |  | 준정형 데이터의 예시: 이메일 (Source: https://kinsta.com/knowledgebase/devkinsta/email-inbox/) | O | O |
|  |  |  | 공정 흐름도 (Source: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236120300880) | O | O |
|  |  |  | 촉매 반응 데이터 (Source: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319914002407) | X |  |
|  |  |  | 공정 경제성 데이터 (Source: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236120300880) | X |  |
|  |  |  | 전산 유체역학 이미지 (Source: https://www.simscale.com/blog/2019/04/cfd-analysis-for-beginners/) | O | O |
|  |  |  | 공정 block-diagram (Source: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236120300880) | O | O |
|  |  |  | 공정 개요도 (Source: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875510019302057) | O | O |
|  |  |  | 화합물의 구조 (Source: https://www.istockphoto.com/kr/%EB%B2%A1%ED%84%B0/%ED%83%84%ED%99%94%EC%88%98%EC%86%8C-%EB%B6%84%EC%9E%90-%EC%84%A4%EC%A0%95-gm520944898-91167441) | O | O |
|  |  |  | 수치적 의미에 따른 데이터 분류 (Source: ) | X |  |
|  |  |  | 질적 데이터 예시 (Source: ) | X |  |
|  |  |  | 양적 데이터 예시 (Source: ) | X |  |
|  |  |  | 질적 데이터와 양적데이터를 포함한 공정 정보 (Source: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236120300880) | O | O |
|  |  |  | 계산 형식에 따른 데이터 구조 (Source: http://venus.ifca.unican.es/Rintro/dataStruct.html) | X |  |
|  |  |  | 센서 이미지 (Source: https://www.shutterstock.com/ko/image-photo/measurement-sensors-chemical-plant-498295708) | X |  |
|  |  |  | 문헌 수집 조사 이미지 (Source: ) | X |  |
|  |  |  | Web of science 웹페이지 (Source: www.webofscience.com) | X |  |
|  |  |  | Science Direct 웹페이지 (Source: www.sciencedirect.com) | X |  |
|  |  |  | SCOPUS 웹페이지 (Source: www.scopus.com) | X |  |
|  |  |  | 촉매의 물리적 특성 데이터 및 이미지 (Source: DOI:10.7316/KHNES.2019.30.2.95) | O | O |
|  |  |  | WebPlotDigitizer 소프트웨어 홈페이지 (Source: WebPlotDigitizer) | O | O |
|  |  |  | WebPlotDigitizer 사용 방법 (Source: ) | X |  |
| 2 | 3 |  | 데이터 확보, 처리 및 저장의 순서도 (Source: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-21569-3\_6 ) | O | O |
|  |  |  | 효과적 데이터 저장을 위한 데이트베이스 구조 (Source: https://www.boldbi.com/blog/data-warehouse-and-data-mart-recommendations-and-uses) | O | O |
|  |  |  | 주요 대용량 데이터 자장 플랫폼 (Source: ) | X |  |
|  |  |  | 데이터 시각화 시 주요 확인 사항 (Source: 한국전자통신연구원) | O | O |
|  |  |  | 데이터 및 정보 구조화 과정 (Source: 한국전자통신연구원) | O | O |
|  |  |  | 시간, 관계, 공간 등 데이터 및 정보 시각화 방법 (Source: 한국전자통신연구원) | O | O |
|  |  |  | 전통적인 데이터 및 정보 시각화 그래프 (Source: ) | X |  |
|  |  |  | 공간 구조 표현을 위한 데이터 및 정보 시각화: 예, 미국의 주요 토지 사용처 (Source: https://www.bloomberg.com/graphics/2018-us-land-use/) | O | O |
|  |  |  | 효과적 데이터 및 정보 시각화를 위한 단계 (Source: https://seebear.tistory.com/32) | X |  |
|  |  |  | 인포그래픽를 이용한 데이터 및 정보 시각화: 예, 바이오매스를 이용한 연료 생산 전략 최적화 프레임워크 설계 개요도 (DOI: https://doi.org/10.1039/C3EE24243A) | O | X |
|  |  |  | 인포그래픽를 이용한 데이터 및 정보 시각화: 예, CO2를 이용한 액체연료 생산 경로 분석 설계 개요도 (DOI: https://doi.org/10.1039/D1EE01444G) | O | X |
|  |  |  | 인포그래픽를 이용한 데이터 및 정보 시각화: 예 CO2 저감 및 활용을 위한 전기적 촉매 및 바이오 촉매 제작 개요도 (DOI: https://doi.org/10.1039/D1EE03753F) | O | X |
|  |  |  | 인포그래픽를 이용한 데이터 및 정보 시각화: 예, 리튬이온 배터리의 저온 활용을 위한 액체 전해질 개발 개요도 (DOI: https://doi.org/10.1039/D1EE01789F) | O | X |
|  |  |  | 인포그래픽를 이용한 데이터 및 정보 시각화: 예, 석유 시추와 활용에 대한 통계적인 수치 표현 (“Microvector” from Freepik.com) | O | X |
|  |  |  | 인포그래픽를 이용한 데이터 및 정보 시각화: 예, 수소 생산 및 활용에 관한 기술과 사용처 및 예상 생산 단가 수치 표현 (“Infographics: Sustainable hydrogen: blue and green pathway to decarbonization” from Spgobal.com) | O | X |
| 2 | 4 |  | 데이터 분석 과정별 소모 시간 (Source: https://www.forbes.com/sites/gilpress/2016/03/23/data-preparation-most-time-consuming-least-enjoyable-data-science-task-survey-says/?sh=20fb99756f63) | O | O |
|  |  |  | 계층적 데이터 세분화의 예시 (좌) 응집형 세분화, (우) 분리형 세분화. (Source: https://rfriend.tistory.com/198) | O | O |
|  |  |  | 빠진 퍼즐과 같은 데이터 결측치 (Source: ) | X |  |
|  |  |  | 이상치의 예시 (Source: ) | X |  |
|  |  |  | 정규화/표준화를 통한 데이터 품질 향상 예시 (Source: ) | X |  |
|  |  |  | 필터 기법의 예시 (Source: ) | X |  |
|  |  |  | 래퍼 기법의 예시 (Source: ) | X |  |
|  |  |  | 임베디드 기법의 예시 (Source: ) | X |  |
|  |  |  | 차원 축소 방법론을 통한 데이터 압축 예시 (Source: ) | X |  |
|  |  |  | 차원 축소의 예시 (Source: ) | X |  |
| 2 | 5 |  | 기계학습 문제 분류  (출처: https://data-flair.training/blogs/machine-learning-tutorial/) | O | O |
|  |  |  | 선형 SVM  (출처: https://data-flair.training/blogs/svm-support-vector-machine-tutorial/) | O | O |
|  |  |  | ANN의 구조  (출처: https://data-flair.training/blogs/artificial-neural-networks-for-machine-learning/) | O | O |
|  |  |  | 주성분 선택 방법과 시각화  (출처: http://www.nlpca.org/pca\_principal\_component\_analysis.html) | O | O |
|  |  |  | 오토인코더 구조  (출처: http://solarisailab.com/archives/113) | O | O |
|  |  |  | 다양한 머신러닝 알고리즘  (출처: A Tour of Machine Learning Algorithms, Jason Brownlee, 2013. (machinelearningmastery)) | O | O |
|  |  |  | 머신러닝 알고리즘 선택 방법 (출처: https://scikit-learn.org/stable/tutorial/machine\_learning\_map/index.html) | O | O |
| 2 | 6 |  | 탐험-탐사 간의 균형을 맞춘 기계학습 방법론 (Source: 직접 그림)  탐험과 탐사의 균형을 맞춘 부분에서 가지가 뻗어나와서 베이지안 최적화와 강화학습이 나오는 그림이면 좋겠습니다. | X |  |
|  |  |  | 간단한 마르코프 결정 과정의 예시 (직접 그림)  각 상태 (S0, S1, S2, S3)가 서로 특정한 확률로 그 다음 상태로 전이된다는 것이 잘 드러나면 좋겠습니다. | X |  |
|  |  |  | 가우시안 프로세스 예시  (Source: 직접그림 + 일부는 논문에서 발췌)  2차원 좌표계에 점을 3개 찍고, 그 3개 점을 통과할 수 있는 그래프를 무수히 그린다음(희미하게) 그 무수한 그래프를 평균낸 그래프를 빨간색, 80% 의 무수한 그래프가 존재하는 보라색 범위로 그려주세요 | X |  |
|  |  |  | Upper confidence의 시각적 예시 | X |  |
|  |  |  | 베이지안 최적화의 알고리즘 (Source: 직접그림)  현재 그림에 써진 모든 말들이 다 들어나게끔 잘 그려주시길 부탁드립니다. | X |  |
|  |  |  | 스케이트 타는 아이와 강화학습 (Source: 직접그림)  스케이트를 타는 아이가 환경과 상호작용을 하는 그림을 부탁드립니다. | X |  |
|  |  |  | TD 러닝과 MC 러닝 | X |  |
|  |  |  | 강화학습 알고리즘의 종류 | X |  |
| 3 | 2.1 |  | 전 과정 평가 방법론 개요 | X |  |
|  |  |  | 문제 요약 | X |  |
|  |  |  | 회귀 분석을 위한 회귀 학습기 | X |  |
|  |  |  | 샘플 운전데이터 불러오기 | X |  |
|  |  |  | 불러온 샘플 운전데이터의 항목 설정 | X |  |
|  |  |  | 응답 변수 및 검증 방법 설정 | X |  |
|  |  |  | SVM 회귀 모델 설정 및 훈련 | X |  |
|  |  |  | 훈련된 모델의 함수 생성 | X |  |
|  |  |  | 샘플 운전데이터 지정 및 범위 입력 | X |  |
|  |  |  | 생성된 모델을 이용한 새로운 운전데이터의 이산화탄소 발생량 예측 | X |  |
|  |  |  | 모델을 통해 예측한 새로운 운전데이터의 이산화탄소 발생량 | X |  |
| 3 | 3.1 |  | 수증기 개질 공정의 흐름도 | X |  |
| 3 | 3.2 |  | 폭발성 폐기물 처리를 위한 유동층 반응기 구조 | X |  |
|  |  |  | 변수가 선언된 workspace | O |  |
|  |  |  | 전처리 이후 변수가 저장된 workspace | O |  |
|  |  |  | 훈련 결과(좌)와 훈련 기록(우) | O |  |
|  |  |  | 신경망 구조 | O |  |
|  |  |  | Parity plot을 통한 모델 결과 확인 | O |  |
|  |  |  | 유전알고리즘 수행 과정 | O |  |
| 3 | 4.1 |  | 피드백 제어 시스템의 블록 흐름도 예시 | X |  |
|  |  |  | PID 제어 시스템의 블록 흐름도 | X |  |
|  |  |  | 문제 요약 | X |  |
|  |  |  | 공정 출력의 지속적인 진동 현상 | X |  |
|  |  |  | (a) 1차 함수와 (b) 고차 함수의 반응응답곡선 | X |  |
|  |  |  | Matplotlib.pyplot 설치하기 | X |  |
|  |  |  | 조율 인자 최적화 결과 예시 | X |  |
|  |  |  | 조율 인자 도식화 코드 및 결과 | X |  |
| 3 | 4.2 |  | PID 제어를 이용한 다변수 공정의 제어 | X |  |
|  |  |  | 모델 예측 제어를 이용한 다변수 공정의 제어 | X |  |
|  |  |  | 모델 예측 제어기의 동작 원리 | X |  |
|  |  |  | 인공신경망 훈련 개요 | X |  |
|  |  |  | 인공신경망 모델 개요 | X |  |
|  |  |  | 모델 예측 제어 과정의 블록 흐름도 | X |  |
|  |  |  | 도식화한 CSTR | X |  |
|  |  |  | 실행된 Simulink 모델 | X |  |
|  |  |  | 모델 예측 제어기 설정창 | X |  |
|  |  |  | 인공신경망 플랜트 모델 설정창 | X |  |
|  |  |  | 인공신경망 플랜트 모델 훈련 결과창 | X |  |
|  |  |  | 플랜트 모델의 응답 | X |  |
|  |  |  | 플랜트 출력값과 기준 신호의 비교 | X |  |
|  |  |  | 에피소드 별 score 값 |  |  |
|  |  |  | 에피소드 마다 시간에 따른 x2의 값 |  |  |
|  |  |  | 에피소드마다 시간에 따른 u의 값 |  |  |
| 3 | 5.1 |  | 테네시 이스트만 공정의 흐름도  (Source: Downs, James J., and Ernest F. Vogel. "A plant-wide industrial process control problem." Computers & chemical engineering 17.3 (1993): 245-255.) | O | X |