



# 디지털 트윈을 활용한 스마트 팩토리 에너지 효율화 모델링 및 플랫폼 개발

Development of Energy Efficiency Modeling and Platform  
for Smart Factories Using Digital Twin

캡스톤 디자인 II 계획발표

팀명 : EcoNOVA  
팀원 : 박선아, 서지윤  
지도교수 : 이상금  
발표자: 박선아  
발표일: 2025.07.09

#Digital Twin  
#Smart Factory  
#Optimization  
#Artificial Intelligence  
#Big Data  
#Web  
#Real-Time Monitoring



# CONTENTS

**01** 배경 및 필요성

**02** 목표 및 비전

**03** 요구사항 정의

**04** 추진 전략

**05** 활용 방안

# Background & Necessity

## 배경 및 필요성

---

## 제지 산업의 특성과 디지털 전환 배경

### 에너지 다소비 산업

고온 스팀을 사용하는 에너지 다소비 산업 → 높은 에너지 소비와 탄소 배출.

### 환경 부담 및 대응 요구

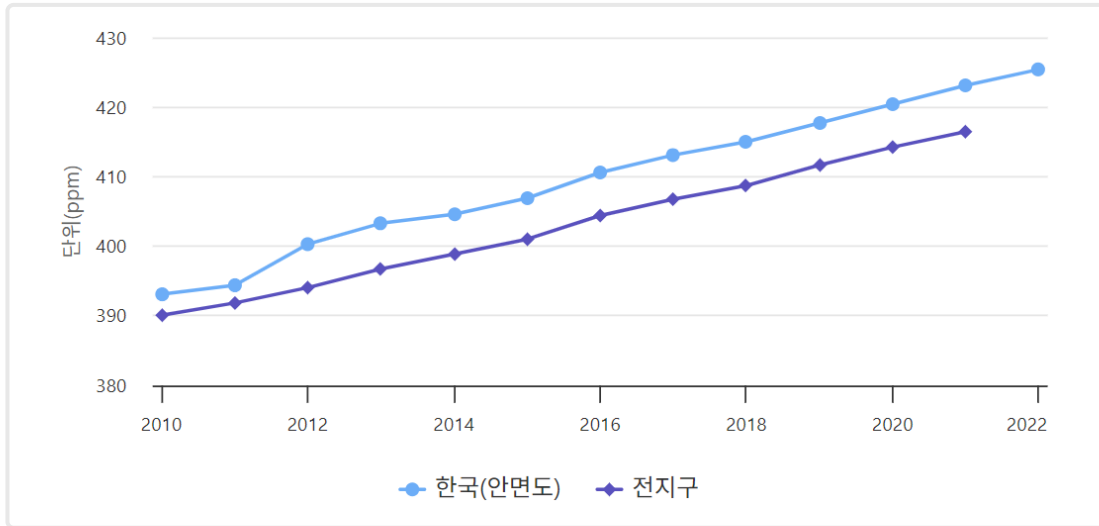
에너지 절감, 품질 개선 요구 및 친환경 · 저탄소 공정 전환이 필수 과제로 부상<sup>[1]</sup>.

### 디지털 전환 흐름

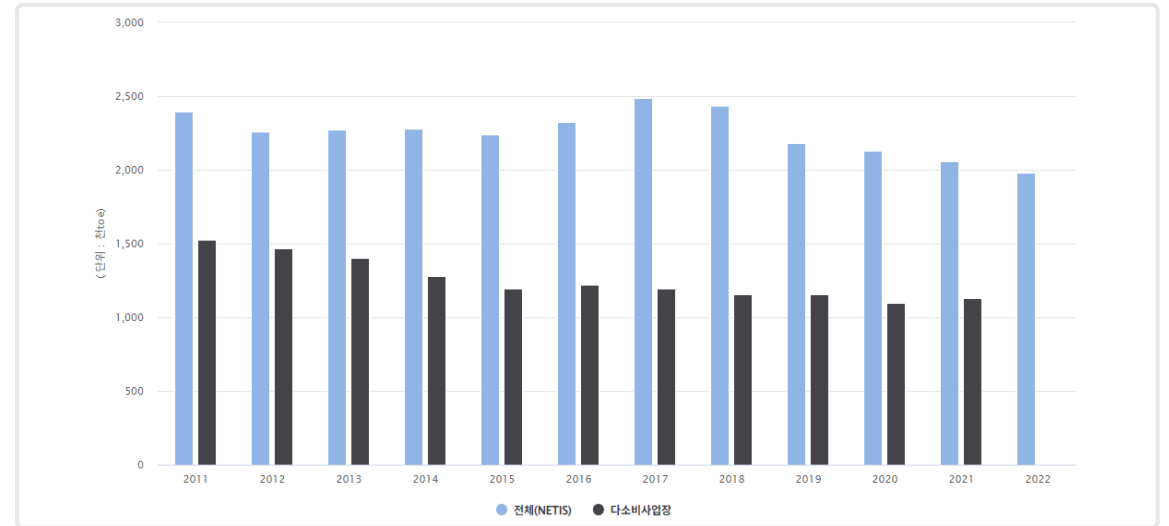
전 세계 산업계에서 디지털 트윈, 데이터 통합, AI 최적화 등 기술 도입 확대.

### 디지털 트윈 기술

공정을 가상 공간에 구현 및 시뮬레이션 → 에너지 · 품질 · 생산성 영향 사전 분석 가능<sup>[2][3]</sup>.



출처 : 탄소중립 정책포털



출처 : EG-TIPS 에너지 온실가스 종합정보 플랫폼

[1] A. Brown, P. Green, "Energy Efficiency in the Pulp and Paper Industry: Challenges and Opportunities," Energy Policy, vol. 149, 2021, (112345).

[2] Kamran Iranshahi, M. Gholami, S. Khosravi, "Digital twins: Recent advances and future directions in engineering fields," Lucerne University of Applied Sciences & Arts, Institute of Mechanical Engineering and Energy Technology, 2025, pp. 1-25.

[3] Experion Technologies, "Digital Twin for Smart Manufacturing," Experion Technologies White Paper, 2025.

## 공정 운영의 한계와 디지털 기반 최적화 필요성

### 최적화 연구 한계

일부 최적화 연구가 진행중이나 현장 적용 측면에서 실효성이 제한적.

### 데이터 관리 미흡

데이터 수집 및 통합 관리 체계 미흡<sup>[4]</sup> → 공정 데이터 기반 운영 어려움.

### 운전 방식의 한계

공정 데이터 분산, 경험 의존적 운전 방식 → 정량적 분석 및 의사결정 어려움.

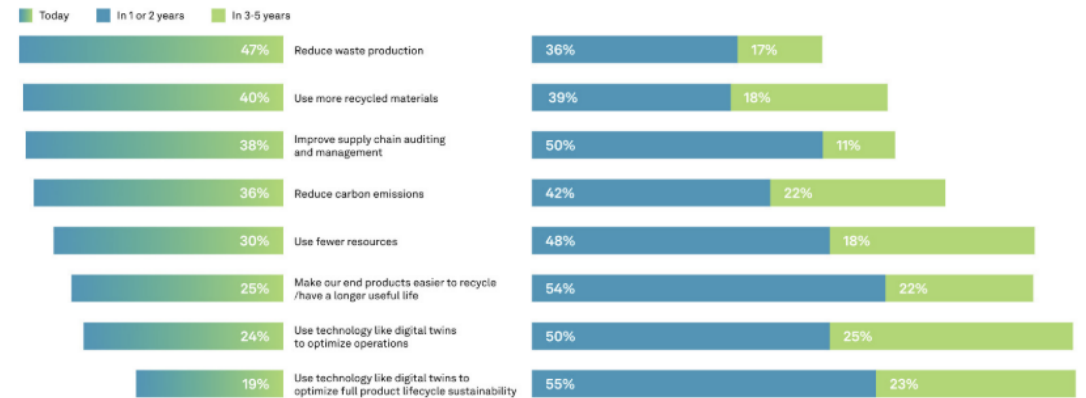
### 디지털 대응 필요성

공정 데이터 체계화, 디지털 트윈 기반 시뮬레이션 • 시각화 시스템 구축 필요<sup>[5]</sup>.



출처 : Siemens Amberg 공장

### When does your company plan to prioritise this initiative?



출처 : HEXAGON 2025 디지털 트윈 통계

[4] J. Smith, K. Lee, "Optimization of Pulp and Paper Manufacturing Processes: A Review," Industrial & Engineering Chemistry Research, vol. 59, no. 14, 2020, pp. 6543-6552.

[5] A. Florescu, "Digital Twin for Flexible Manufacturing Systems and Optimization Through Simulation: A Case Study," Machines, vol. 12, 2024, p. 785.

## Objectives & Vision 목표 및 비전

---

2



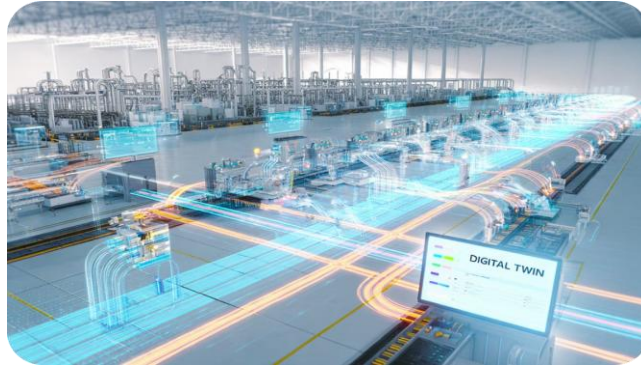
## 목표 및 비전

제지 공정 데이터를 통합 관리하고 분석하여 **에너지 절감과 품질 향상**을 달성하는 것을 목표로 한다. 이를 통해 비용 절감, 생산성 향상, 탄소 배출 저감 및 기후 변화 대응을 실현하며, 지속 가능한 제지 산업 발전을 위한 기술적 기반을 마련하고자 함.



### 데이터 통합 및 DB 구축

- 펄프 및 계절 기반 최적화, 생산량과 품질 **기반의 분석 모델을 바탕으로** 공정 데이터를 통합 관리하는 **DB를 구축**.
- 공정 이력, 품질, 에너지 사용 패턴 분석의 기반을 마련해 **데이터 기반 의사결정**을 지원.



### 가상 공정 시뮬레이션<sup>[6]</sup>

- 최적화 모델과 **물리 기반 방정식**을 활용해 가상 공정 환경 구현.
- 시뮬레이션을 통해 에너지 소비와 품질 변화를 평가하고, 개선 효과를 분석하여 **최적 운전 전략 도출**.



### 스마트 대시보드 개발

- 작업자에게 공정 상태와 **운전 가이드** 제공.
- 관리자에게 에너지 사용량, 원료 소비, 생산량 등 **핵심 지표를 시각화**하여 분석할 수 있는 대시보드 제공.
- 작업자의 숙련도와 관계없이 누구나 **안정적으로 공정을 운영**할 수 있는 환경 조성.

# Requirements Definition

## 요구사항 정의

---

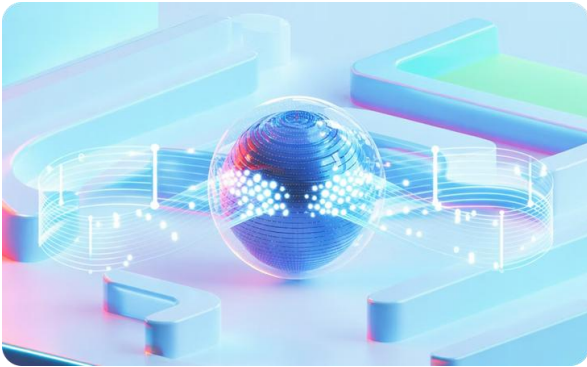
3



## 기능 요구사항

### SFR-001

#### 공정 데이터 통합 관리 기능



공정 데이터를 **통합적으로 수집, 저장, 관리**하며 다양한 분석과 활용을 지원하는 기능.

- 데이터베이스 연계 및 이력 관리.
- 공정 조건별 데이터 분석 및 관리 기능.
- 향후 모델 개선 및 확장성을 위한 데이터 구조 제공.

### SFR-002

#### 디지털 트윈 기반 공정 시뮬레이션 기능



최적화된 공정 조건을 **가상 환경**에서 시뮬레이션하여 **효과를 예측 및 검증**하는 기능.

- 다양한 공정 시나리오 분석 및 개선안 평가.
- 공정 조건 변화 시 에너지 소비와 품질 변동 예측.
- 최적 전략 도출 및 운전 가이드라인 기반 검토 가능.

### SFR-003

#### 시각화 대시보드 제공 기능



작업자와 관리자가 공정 상태 및 성과 지표를 **직관적으로 확인**할 수 있도록 시각화하는 기능.

- 작업자용: 공정 상태 및 운전 가이드라인 제공.
- 관리자용: 에너지 사용량, 스팀 소비, 생산량 등 지표 분석.
- 결과를 효율적으로 비교, 활용할 수 있는 시각화 지원.

# 비기능 요구사항

| 구분   | 요구사항 ID | 명칭             | 세부 내용   |
|------|---------|----------------|---|
| 성능   | PER-001 | 데이터 처리 성능      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 공정 데이터의 신속한 처리 및 시각화</li> <li>• 시뮬레이션 결과의 빠른 분석과 제공</li> <li>• 다중 사용자 접속 시 안정성 유지</li> </ul> |
| 보안   | SER-001 | 사용자 인증 및 권한 관리 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 사용자별 권한 설정 및 역할 기반 접근 제어</li> <li>• 인증 절차 강화 및 비인가 접근 방지</li> <li>• 사용자 활동 로그 관리</li> </ul>  |
| 유지보수 | MNR-001 | 모듈화 설계         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기능별 독립적 수정 및 교체 용이</li> <li>• 장애 발생 시 부분 복구 가능</li> <li>• 향후 확장 및 개선에 유연하게 대응 가능</li> </ul>  |
| 유지보수 | MNR-002 | 장애 대응 및 모니터링   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 실시간 로그 수집 및 이상 탐지</li> <li>• 알림 및 경고 시스템 구축</li> <li>• 주기적인 상태 점검 및 이력 관리</li> </ul>         |

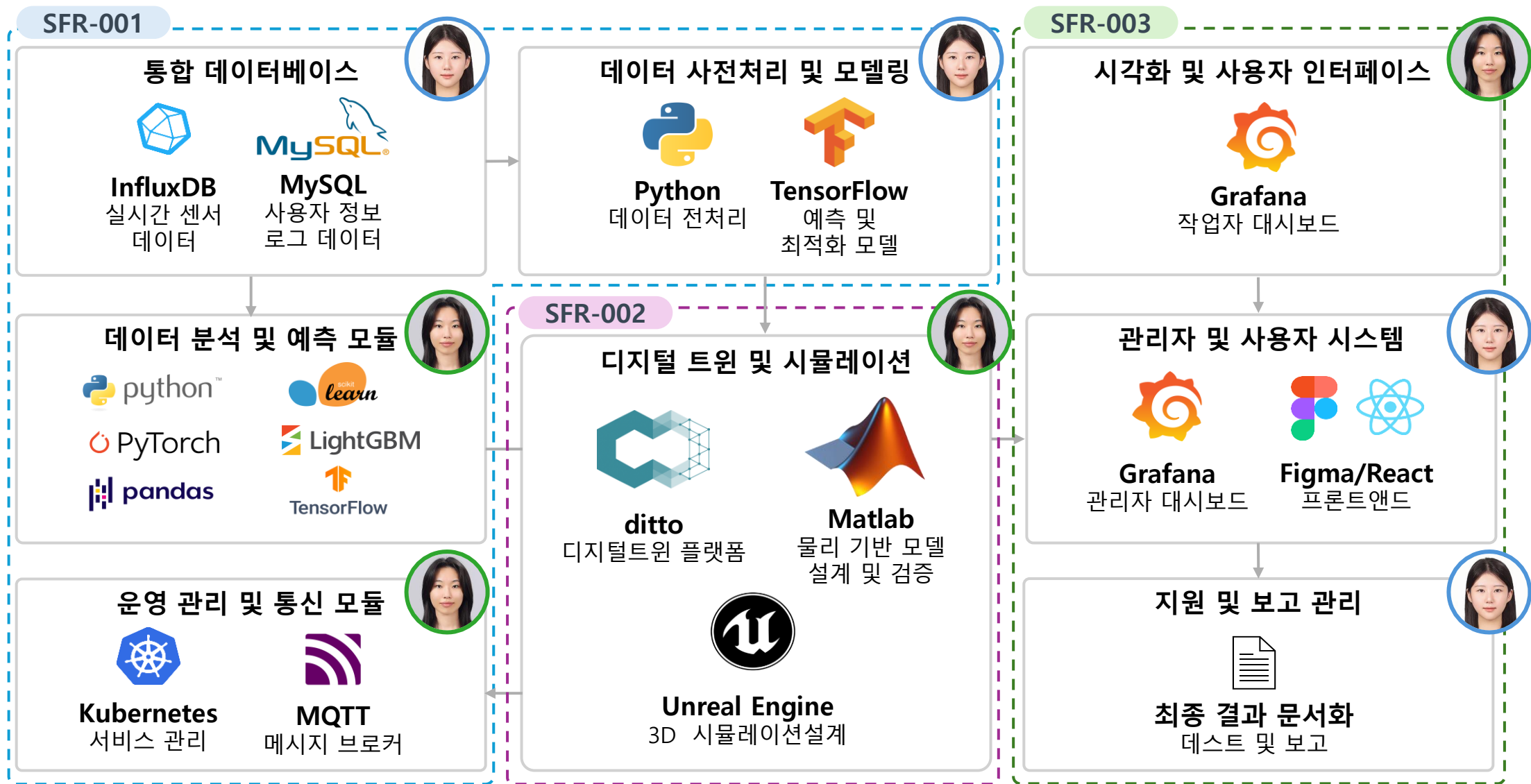
# Strategies & Methodologies

## 추진 전략 및 방법


---



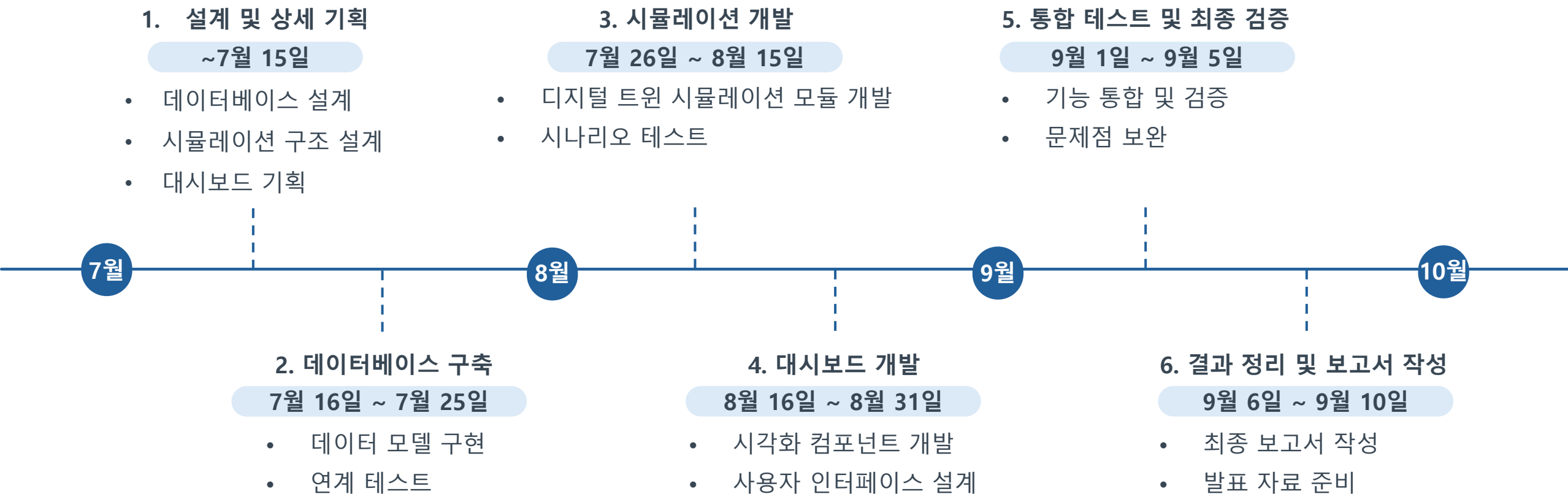
## 추진 전략



## 팀 구성

| <br>박선아 (팀장)  | 기능 요구사항 | 역할                                       |
|--|---------|--|
|  | SFR-001 | InfluxDB 기반 시계열 데이터베이스 구축 및 데이터 관리 체계 설계 |
|  |         | 공정 데이터 및 분석 알고리즘 개선                      |
|  | SFR-002 | 생산량 및 품질 기반 최적화 모델 보완                    |
|  |         | 디지털 트윈과 데이터베이스 연계 설계 및 테스트               |
|  |         | 시뮬레이션 결과 기반 운전 전략 검토 및 개선                |
|  |         | 주간 회의를 통한 진행 상황 공유 및 문제 해결               |
|  | SFR-003 | 관리자용 대시보드 시각화 설계 및 구현                    |
|  |         | 시각화 및 데이터 해석 모듈 개선                       |
| <br>서지윤 (팀원) | 기능 요구사항 | 역할                                       |
|  | SFR-001 | Unreal Engine을 활용한 데이터 구조 및 데이터 연계 모듈 설계 |
|  |         | 데이터 기반 현장맞춤 적용 및 시나리오 실행 수행              |
|  | SFR-002 | 물리 및 계절 기반 최적화 모델 보완 및 비즈니스 모델 설계        |
|  |         | 시뮬레이션에 관한 가이드 문헌 연구 및 검토 및 개선            |
|  |         | 주간 회의를 통한 진행 상황 공유 및 문제 해결               |
|  | SFR-003 | 작업자용 맞춤형 대시보드 설계 및 개발                    |
|  |         | 시각화 및 데이터 해석 모듈 개선                       |

## 추진 일정



# Future Applications

## 활용 방안

---

5



## 활용 가치 및 파급 효과



사회적

- **작업자 지원 및 운영 효율성 향상**

데이터 기반 의사결정 체계 구축, 운전 가이드 제공 → 숙련도 편차 완화, 현장 안정성 향상

- **기후 변화 대응 및 환경 인식 개선**

에너지 절감 • 탄소 저감 → 탄소중립 • ESG 실현 및 친환경 생산 인식 확산



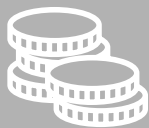
기술적

- **디지털 트윈 현장 적용 확대**

시뮬레이션 기반 전략 검증 → 다양한 산업으로 기술 확산 가능

- **확장 가능한 플랫폼 구조 설계**

모듈화 플랫폼 → 기능 추가 용이, 타 공정 적용 및 고도화 기반 마련



경제적

- **운영 효율 및 생산성 향상**

설비 가동률 증가, 불량률 감소, 투자 낭비 최소화 → 생산성 및 자본 효율성 극대화

- **산업 경쟁력 및 수출 기반 강화**

스마트 제조 기반 구축 → 글로벌 경쟁력 및 ESG 대응력 강화

캡스톤 디자인 II 계획발표

감사합니다

팀명 : EcoNOVA

팀원 : 박선아, 서지윤

지도교수 : 이상금

발표자: 박선아

발표일: 2025.07.09



국립한밭대학교

Q

&

A