

SME-Transformation: K-

(2022-2025)

Chungil Chae

Wed, 1 April 2026

Table of contents

연구 제목	12
연구 목적	12
데이터	12
분석 체계: 13개 분석 트랙	13
핵심 발견 (7대 발견)	13
프로젝트 현황	14
분석 성과 요약	14
연구진	14
Citation	14
Acknowledgement	15
Research Logs	16
2026-03-28: 분석 완료 및 보고서 작성	17
분석 트랙 완료 순서	17
2026-03-27: 데이터 전처리 완료	17
2026-03-24: 프로젝트 초기화	18
Meeting Log	19
XXXX-XX-XX	19
20	20
Version 1.0: 전체 렌더링 및 종합 (2026-03-28)	20
Version 0.4: T7 IPA + T8 인과추론 (2026-03-28)	20
Version 0.3: T4 종단 + T5 STM + T6 네트워크 (2026-03-28)	20
Version 0.2: T1 회귀 + T2 LPA + T3 QCA (2026-03-28)	21
Version 0.1: T0 탐색적 분석 (2026-03-28)	21
Draft Version	22
Ver 0.0.1	22

Research Note	23
개요	24
주제 총괄표	24
조합 전략	25
Theme 1: DT 준비도 → 교육훈련 효과	25
연구문제	25
이론적 기반	26
타겟 저널	26
Theme 2: DT 준비도 잠재 프로파일	26
연구문제	26
이론적 기반	26
타겟 저널	27
Theme 3: 교육효과 달성의 조건 구성 (QCA)	27
연구문제	27
이론적 기반	27
타겟 저널	28
Theme 4: 반복참여 기업 종단 변화	28
연구문제	28
데이터 현황	28
이론적 기반	28
타겟 저널	29
Theme 5: DT 애로사항 주제 분석	29
연구문제	29
이론적 기반	29
타겟 저널	29
Theme 6: DT 기술수요 패턴	30
연구문제	30
이론적 기반	30
타겟 저널	30
Theme 7: 교육훈련 중요도-성과 갭	30
연구문제	31
이론적 기반	31
타겟 저널	31
공통 데이터 제약	31
Research Q & A	32
Procedures	33

Theoretical Framework	34
Related Theories	35
Theoretical Relationship	36
Theoretical Framework	37
Hypothesis	37
Methodology and Method	38
Methodology	39
분석 체계 개요	40
T0: 탐색적 분석	40
T1: 회귀/요인 분석	41
T2: 잠재 프로파일 분석 (LPA)	41
T3: 질적비교분석 (QCA)	41
T4: 종단 분석 (복수참여 기업)	42
T5: 텍스트 분석 (STM)	42
T6: 네트워크 분석	43
T7: IPA 갭분석	43
T8: 인과추론 분석	44
T8-1: 패널 회귀분석	44
T8-2: 성향점수매칭 (PSM)	44
분석 환경	45
Data Collection	46
데이터 개요	47
연도별 기본 현황	47
상시근로자수	47
업종 분포	48
DT 전환 대응 수준	48
DT 추진부서 보유 현황	48
DT 교육경험	49
DT 기술 수요 (복수응답)	49
코드북 요약	50
핵심 변수 영역	50
데이터 품질 이슈	50
파일 경로	51

Literature Review	52
Searching and Inclusion & Exclusion	53
Round 1	54
Search keywords and category	54
keywords combination	54
Round 2	55
Search keywords and category	55
keywords combination	55
Round 3	56
Search keywords and category	56
keywords combination	56
PRISMA	57
Reference List	58
Round 1	58
Round 2	58
Round 3	58
Additional (during and after writing)	58
Reserach Problems	59
Key References	60
Quotes and Paraphrases	61
Analysis Results (1 : T0~T9)	62
	63
25개 분석 트랙 결과 요약	63
1차 분석 트랙별 결과 요약 (T0~T9, 탐색/준실험)	63
2차 분석 트랙별 결과 요약 (T10~T21, 인과/구조)	64
가설 검증 요약 (2차, 35건)	65
분석 간 연계 구조	65
5대 관통 패턴	66
방법론적 삼각검증	67

(T0, T1, T7)	68
T0: 탐색적 분석	68
핵심 변수 기술통계	68
DV 후보	68
IV 후보 (DT 준비도)	68
스마트시스템 7영역	68
상관분석 핵심 발견	69
집단비교 주요 결과	69
T1: 회귀/요인 분석	70
요인분석 결과	70
현업적용도 4구인	70
과정유형별 교육효과	70
T7: IPA 갭분석	71
핵심 갭	71
스마트시스템 7영역 연도별 추이	71
LPA QCA (T2, T3)	72
T2: 잠재 프로파일 분석 (LPA)	72
모형 비교	72
최적 솔루션: 3-class	72
3개 프로파일 특성	72
프로파일별 교육효과 차이 (BCH-proxy ANOVA)	73
mclust 교차검증	73
T3: 질적비교분석 (QCA)	73
캘리브레이션	73
필요조건 분석	74
충분조건 분석: 8개 경로	74
등결과성(Equifinality) 확인	74
강건성 검정	74
XY Plot	74
T2-T3 연계: Person-centered + Configuration 통합	75
(T4)	76
T4: 복수참여 기업 종단 분석	76
데이터 현황	76
대응표본 t-검정 결과 (첫 참여 vs 최근 참여)	76
평균 회귀(Regression to Mean) 효과	77
변화 패턴 유형화 (3회 참여 기업)	77
변화 궤적 시각화	77
해석	77
다른 분석과의 연계	78

	(T5, T6)	79
T5:	구조적 토픽 모델링 (STM)	79
	분석 개요	79
	7개 토픽 구조	79
	공변량 효과 (11개)	80
	LPA 프로파일별 토픽 차별화	80
	복수참여 기업 텍스트 변화	80
	민감도 분석	80
T6:	네트워크 분석	81
	분석 개요	81
	네트워크 구조	81
	주요 공동출현 패턴	81
	허브 기술: 중심성 분석	81
	커뮤니티 탐지 (Louvain Algorithm)	81
	MCA (다중대응분석)	82
	기업규모별 기술수요 패턴	82
	연관분석 (Association Rules)	82
	T5-T6 연계	82
	(T8)	83
T8-1:	패널 회귀분석	83
	분석 개요	83
	DV: 현업적용도_조직환경	83
	DV: Q3_전후차이	83
	Hausman 검정	83
	주요 결과	84
T8-2:	성향점수매칭 (PSM)	84
	분석 목적	84
	T8-2-1: DT 교육경험의 효과	84
	T8-2-2: 스마트팩토리 도입의 효과	84
	T8-2-3: 복수참여의 효과	85
	인과추론 결과 종합	85
	패널 회귀 + PSM 3종 결과 비교	85
	한계	86
	Analysis Results (2 : T10~T21)	87
2	(T10~T21)	88
	분석 개요	88
	T10 (M8): Staggered DID --- 반복참여의 인과적 효과	88
	방법	88
	핵심 결과	88

T11~T13: 선형 경로 검증 --- DT인식에서 Q3_차이까지	89
T11 (M1): 기본 회귀	89
T12 (M2): 매개분석	89
T13 (M12): 순차매개	90
T14~T16: ``더 많이 가진 기업'' 역효과의 메커니즘	90
T14 (M5): 대기업 역설	90
T15 (M4): SF x 복수참여 역시너지	90
T16 (M6): 흡수역량 포화	90
T17 (M7): TOE 경로분석	90
TOE 내부: 강한 선순환	90
TOE → DV: 전멸	91
T18 (M3): 순서 로지스틱 --- 비선형 전환	91
T19~T20: 유형과 경로	91
T19 (M9): LPA 4-class + 보상효과	91
T20 (M10): QCA + DID 조건조합	92
T21 (M11): CLPM --- 인과 방향	92
1차 → 2차 연결 요약	92
	94
1-2차 통합: 5대 관통 패턴	94
패턴 1: 인식-성과 단절	94
패턴 2: 더 많이 가진 그룹 역효과	94
패턴 3: TOE 내부만 강함	94
패턴 4: 용량-반응 분리	95
패턴 5: 등결과성	95
2차 분석 가설 검증 결과 (35건)	95
1차 분석 7대 핵심 발견 (원본)	96
발견 1: DT 준비도와 교육효과의 비선형 관계	96
발견 2: 3유형 잠재 프로파일	96
발견 3: 등결과성(Equifinality)	96
발견 4: 반복참여의 누적 효과	96
발견 5: DT 애로사항의 7대 토픽 구조	96
발견 6: 기술수요 네트워크의 고밀도 구조	97
발견 7: 교육훈련 필요성-수준 갭	97
방법론적 삼각검증 달성	97
논문 추천: 5편 전략 (1-2차 통합 기반, 우선순위 순)	97
Paper 1: 용량-반응 분리와 측정의 문제 (최우선)	97
Paper 2: TOE-Fit 비선형 확장	98
Paper 3: 기업규모 역U자와 맞춤형 전략	98
Paper 4: 등결과성과 보상효과 --- 다경로 교육 전략	99
Paper 5: 스마트시스템 도입의 최적 조건	99
정책적 시사점 (1-2차 통합)	99

	100
주요 산출물 목록	100
1. 종합 분석 문서	100
2. 1차 임시분석 보고서	100
3. 분석 트랙별 QMD 보고서 (16개)	100
4. R 스크립트 (13개 프로젝트)	101
5. 데이터 산출물	101
6. 연구 설계 문서	102
산출물 통계 요약	102
References	103

List of Figures

List of Tables

최종 업데이트: 2026-03-31

SME-Transformation: K-하이테크 플랫폼 중소기업 디지털 전환 교육 효과 분석

From Digital Shift to Workforce Shift: A Field-Based HRD Model for SME Transformation

K-하이테크 플랫폼의 4개년(2022~2025) 중소기업 디지털 전환 컨설팅 및 교육훈련 데이터를 활용하여, 중소기업의 DT 준비도, 교육훈련 효과, 그리고 조직 역량 변화를 다각적으로 분석한다.

항목	내용
기간	2022~2025년 (4개년)
총 레코드	282건
참여 기업	219개사
변수	166개
복수참여 기업	48개사 (111건, 패널 분석 가능)
주요 업종	기계금속(72%), 전기전자(16%)

트랙	분석 내용	방법론
T0	탐색적 분석	기술통계, 상관, EFA, 집단비교
T1	회귀/요인 분석	위계적 회귀, CFA, 과정유형 비교
T2	잠재 프로파일	LPA (tidyLPA/mclust), 3-class
T3	질적비교분석	fsQCA, 8개 충분 경로
T4	종단 분석	대응표본 t-test, 변화 궤적
T5	텍스트 분석	STM (k=7), 11개 공변량
T6	네트워크 분석	공동출현, MCA, 연관규칙
T7	IPA 갭분석	중요도-성과 분석, 4사분면
T8-1	패널 회귀	Pooled OLS, RE, FE, Hausman
T8-2-1	PSM (DT교육경험)	성향점수매칭
T8-2-2	PSM (SF도입)	성향점수매칭
T8-2-3	PSM (복수참여)	성향점수매칭

(7)

1. DT 준비도와 교육효과의 비선형 관계: DT 인식 수준과 교육 효과(Q3 전후차이) 간 상관이 매우 약하거나 무의미($r = -.13 \sim +.08$). 단순 회귀로는 설명 불가하며, 조건 조합적 접근(QCA) 필요.
2. 3유형 잠재 프로파일 확인: LPA 결과 ``DT 미인식형'', ``인식-미실행형'', ``적극 전환형'' 3개 프로파일 도출 (Entropy = 0.846). 프로파일별 교육 효과 차별적.
3. 등결과성(Equifinality) 입증: QCA에서 높은 교육효과를 달성하는 8개 충분 경로 확인. 동일 결과에 도달하는 다양한 조건 조합 존재.
4. 반복참여의 누적 효과: 복수참여 기업의 교육훈련수준 평균 +0.77 향상($d=0.60$, 중간 효과크기). 단, 평균 회귀(regression to mean) 효과 통제 필요.
5. DT 애로사항의 7대 토픽 구조: STM 분석 결과 제조현장 장벽, 데이터 역량 부족, 디지털 인재 확보, 기존 인력 저항, 스마트팩토리 구축, 품질관리, 교육 실효성의 7개 토픽 도출.
6. 기술수요 네트워크의 고밀도 구조: 밀도 0.719의 고밀도 네트워크. 빅데이터(62.4%)가 허브 기술로 작동. 빅데이터+사물인터넷(52건) 최다 공동출현.
7. 교육훈련 필요성-수준 갭: IPA 분석에서 교육필요성($M=4.36$) vs 교육수준($M=2.52$) = 1.84점 갭. 5점 척도에서 매우 큰 갭으로, ``높은 필요성 + 낮은 수준'' = 집중개선 영역.

단계	상태
Phase 0: 프로젝트 초기화	완료 (2026-03-24)
Phase 1: 데이터 전처리	완료 (2026-03-27)
Phase 2: 연구 설계 및 분석	완료 (2026-03-28)
Phase 3: 보고서 작성	완료 (2026-03-28)
Phase 4: 1차 분석 라운드 (T0~T8)	완료 (2026-03-29)
Phase 5: DID 분석 (T10)	완료 (2026-03-31)
Phase 6: 독립 분석 (T11~T21)	완료 (2026-03-31)
Phase 7: 논문 주제 조율	대기 (교수 미팅 후)
Phase 8: 문헌 리뷰	대기
Phase 9: 글쓰기	대기
Phase 10: 저널 투고	대기

- 16개 QMD 보고서 x 4개 포맷 = 64개 파일 생성
- 35개 가설 검증: 14개 채택, 14개 기각, 5개 역방향, 2개 경계
- 5대 교차 패턴 발견
- T10 DID 분석: 12개 모델, R 스크립트 4,500+ 라인
- 11개 독립 R 프로젝트 (T11~T21) 분리 완료

- 오퍼: 정동열 교수
- 멤버: 나태희
- 분석: Chungil (Chad) Chae, Ph.D.

Citation

- AASVET 발표: ``From Digital Shift to Workforce Shift: A Field-Based HRD Model for SME Transformation''

Acknowledgement

- K-하이테크 플랫폼 데이터 제공

Research Logs

2026-03-28:

- 13개 분석 트랙(T0~T8) 전체 분석 완료
- 13개 R 프로젝트 구성 (총 4,362 lines)
- 16개 QMD 보고서 렌더링 (각 4포맷: HTML/PDF/DOCX/MD = 64개 파일)
- 종합해석 및 판단 문서 작성
- 1차 임시분석 보고서 (apaquarto 형식) 작성
- 1차 임시분석 보고서 해설본 (narrative 형식) 작성
- Quarto Book (public/) 업데이트: Analysis Results 파트 추가

순서	트랙	내용
1	T0	탐색적 분석 (기술통계, 상관, EFA, 집단비교)
2	T1	회귀/요인 분석 (CFA, 위계적 회귀, 과정유형 비교)
3	T7	IPA 갭분석 (중요도-성과, 7영역 레이더)
4	T2	LPA (3-class, Entropy=0.846)
5	T3	QCA (8개 충분 경로, 등결과성)
6	T4	종단분석 (대응표본 t, 궤적 유형화)
7	T5	STM (k=7, 11개 공변량)
8	T6	네트워크 (밀도 0.719, MCA, 연관규칙)
9	T8-1	패널회귀 (Pooled OLS, RE, FE, Hausman)
10	T8-2-1	PSM: DT교육경험
11	T8-2-2	PSM: SF도입
12	T8-2-3	PSM: 복수참여
13	종합	종합해석, 1차 보고서, 해설본

2026-03-27:

- 4개년(2022~2025) 통합 데이터셋 생성: 282건 x 166열

- 기업고유코드 부여 (KHT-0001~KHT-0219, 사업자등록번호 기준)
- 기업명 정규화 ((주)/㈜ 통일 등 19건)
- 코드북 v2 생성 (166개 변수)
- 데이터 현황보고 작성
- 데이터 품질 이슈 문서화 (사명변경 3건, 수행일자 오류 1건)
- 통합 스크립트 v1~v3 순차 개발

2026-03-24:

- 프로젝트 폴더 구조 생성
- 기존자료 정리 (원본 Excel, 배경논문, 관련 서식)
- PM Master 연동 설정
- README.md 작성
- 연구 배경 확인 (AASVET 발표, 관련 논문)

Meeting Log

XXXX-XX-XX

10:00-10:30: Kick-off meeting

Version 1.0: (2026-03-28)

- 16개 QMD 보고서 전체 렌더링 (4포맷 x 16 = 64개 파일)
- 종합해석 및 판단 문서 작성
- 1차 임시분석 보고서 (apaquarto) 작성
- 1차 임시분석 보고서 해설본 (narrative) 작성
- 7대 핵심 발견 도출
- 3편 논문 추천 전략 수립
- 삼각검증 체계 확립

Version 0.4: T7 IPA + T8 (2026-03-28)

- T7: IPA 갭분석 (교육필요성-수준 갭 1.84점)
- T7: 스마트시스템 7영역 연도별 레이더차트
- T8-1: 패널회귀 (Pooled OLS, RE, FE, Hausman 검정)
- T8-2-1: PSM DT교육경험 (선택편향 통제 후 효과 추정)
- T8-2-2: PSM SF도입 (선택편향 통제 후 효과 추정)
- T8-2-3: PSM 복수참여 (선택편향 통제 후 효과 추정)

Version 0.3: T4 + T5 STM + T6 (2026-03-28)

- T4: 종단분석 (대응표본 t-test, 교육훈련수준 +0.77, d=0.60)
- T4: 변화 궤적 유형화 (지속성장형/초기도약형/정체형/하향형)
- T4: Spaghetti Plot, Dumbbell Plot 시각화
- T5: STM 토픽모델링 (k=7, 11개 공변량)
- T5: LPA 프로파일별 토픽 차별화 분석
- T5: 복수참여 기업 텍스트 변화 추적
- T5: 다중 텍스트 컬럼별 독립 분석 (DT애로사항, T0_BE, 성과상세, AS_IS)
- T6: 네트워크 분석 (밀도 0.719, 허브: 빅데이터)
- T6: 커뮤니티 탐지 (Louvain, 3개 군집)
- T6: MCA 다중대응분석, 연관규칙 (Apriori)

Version 0.2: T1 + T2 LPA + T3 QCA (2026-03-28)

- T1: CFA (현업적용도 4구인), 위계적 회귀
- T1: 과정유형별 비교 (MES실무 Q3차이 최고 +1.93)
- T2: LPA 1~5 class 비교 → 3-class 최적 (Entropy=0.846)
- T2: 3개 프로파일 명명 (DT미인식형/인식-미실행형/적극전환형)
- T2: BCH-proxy ANOVA, mclust 교차검증
- T3: fsQCA 캘리브레이션 (fuzzy 3 + crisp 2)
- T3: 8개 충분 경로 도출 (등결과성 확인)
- T3: 강건성 검정 (consistency 기준 변동)

Version 0.1: T0 (2026-03-28)

- T0: 핵심 변수 기술통계 (DV 후보: Q3차이, 현업적용도_조직환경)
- T0: 상관분석 (DT인식↔교육효과 약한 상관 발견)
- T0: EFA (DT인식 3항목 $\alpha=.861$, 스마트시스템 7영역 $\alpha=.926$)
- T0: 집단비교 (DT교육경험 → 만족도 $p=.007$, 연도 → 조직환경 $p=.008$)
- T0: IPA 갭분석 예비 (교육필요성-수준 갭 1.84점)
- 의사결정 포인트: 주분석 주제 선택 근거 도출

Draft Version

Ver 0.0.1

- Starting draft

Research Note

최종 업데이트: 2026-03-28

K-하이테크 플랫폼 4개년 데이터(282건 x 166변수, 219기업)를 기반으로 7개 연구 주제를 도출하였다. 각 주제는 독립적인 논문 또는 학회 발표로 발전 가능하며, 주제 간 교차 분석을 통한 삼각검증이 가능하다.

배경: ``From Digital Shift to Workforce Shift'' (AASVET2025, 정동열 교수)

#	주제	방법론	n	난이도	학술	실무	차별성
1	DT 준비도 → 교육효과	위계적 회귀+CFA	282	중	중	중	낮음
2	DT 준비도 잠재 프로파일	LPA+BCH	282	중상	상	중상	높음
3	교육효과 조건 구성	fsQCA	282	중상	상	상	높음
4	반복참여 기업 종단변화	대응표본+사례	47/14	중	중상	상	중
5	DT 애로사항 주제분석	STM	281	중	중상	중상	중상

#	주제	방법론	n	난이도	학술	실무	차별성
6	DT 기술수요 패턴	MCA+네트워크	282	중하	중	상	중
7	교육훈련 중요도- 성과 갭	IPA+갭분석	282	하	중하	상	낮음

전략	조합	특징
안전 단독	1 또는 7	빠른 출판
방법론 차별화	2 또는 3	LPA/QCA 게재 경쟁력
Mixed Methods	1(양적) + 5(질적)	삼각검증
통합 논문	2(LPA) + 3(QCA)	Person-centered + Configuration
순차 시리즈	7→1→4	3편 파이프라인
학회+저널 분리	학회: 6,7 / 저널: 2,3,5	단기+장기

Theme 1: DT →

가제: 중소기업 디지털 전환 준비도가 교육훈련 효과에 미치는 영향

Factors Influencing Training Effectiveness in SME Digital Transformation

- RQ1: 중소기업의 DT 준비도는 교육훈련 효과에 어떠한 영향을 미치는가?
 - RQ1-1: DT 인식수준 → 현업적용도/Q3차이?
 - RQ1-2: 조직환경은 DT인식→교육효과를 매개하는가?
 - RQ1-3: 기업규모/DT추진부서가 조절하는가?

이론	역할
Training Transfer (Baldwin & Ford, 1988)	핵심: 전이 = 훈련설계 + 학습자특성 + 작업환경
Holton's HRD Evaluation (1996)	전이동기→DT인식, 조직풍토→조직환경
Kirkpatrick 4-Level	DV 근거: L1→만족도, L2→Q3, L3→현업적용도
TOE Framework	IV 구조: T(시스템)/O(규모, 부서)/E(DT단계)

- Human Resource Development Quarterly (SSCI)
- Industrial and Commercial Training (Scopus)
- 직업능력개발연구, HRD연구 (KCI)

Theme 2: DT

가제: 중소기업 디지털 전환 준비도의 잠재 프로파일과 교육훈련 효과 차이

Latent Profiles of DT Readiness and Differential Training Outcomes in Manufacturing SMEs

- RQ2: DT 준비도에 질적으로 구분되는 잠재 프로파일이 존재하며, 교육효과가 차별적인가?
 - RQ2-1: 몇 개의 잠재 프로파일이 도출되는가? (기대: 3~4개)
 - RQ2-2: 프로파일별 교육효과에 유의한 차이? (BCH 3-step)
 - RQ2-3: 프로파일 구성원의 기업특성은 어떻게 다른가?

이론	역할
Latent Variable Mixture Models (Muthen, 2002)	방법론 기반
Pattern-Oriented Approach (Bergman & Magnusson, 1997)	인식론 기반
Digital Maturity Model (Kane et al., 2017)	프로파일 해석 렌즈
Resource-Based View (Barney, 1991)	자원 조합 이질성 해석

- Journal of Vocational Education & Training (SSCI)
- European Journal of Training and Development (SSCI)
- 기업교육과 인재연구, 교육공학연구 (KCI)

Theme 3: (QCA)

가제: 중소기업 DT 교육훈련 효과를 달성하는 조건의 조합: fsQCA 접근

Configurational Conditions for Effective DT Training: A Fuzzy-Set QCA Approach

- RQ3: 높은 교육효과를 달성하기 위한 조건의 조합은 무엇이며, 등결과적 경로가 존재하는가?
 - RQ3-1: Q3 전후차이의 충분조건 조합? (2~3개 경로 기대)
 - RQ3-2: 현업적용도_조직환경의 경로는 다른가?
 - RQ3-3: 낮은 교육효과의 부재를 설명하는 조건? (비대칭 인과)

이론	역할
Set-Theoretic Approach (Ragin, 2008)	방법론 핵심
Equifinality (Fiss, 2011)	결과 해석 핵심
TOE Framework	조건을 T/O/E 차원으로 구조화
Dynamic Capabilities (Teece)	조건 조합의 동적 관점

- International Journal of Training and Development (SSCI)
- Studies in Continuing Education (SSCI)
- 중소기업연구, 기술혁신연구 (KCI)

Theme 4:

가제: K-하이테크 플랫폼 반복참여 기업의 디지털 전환 역량 변화 추적

Tracking DT Capability Changes in Repeatedly Participating SMEs: A Longitudinal Field Study

- RQ4: 반복 참여 기업의 DT 역량은 시간에 따라 어떻게 변화하는가?
 - RQ4-1: 2회+ 기업(48개)에서 유의한 향상?
 - RQ4-2: 변화량 예측 기업 특성?
 - RQ4-3: 3회 기업(14개) 궤적 유형?

구분	기업 수	레코드	비고
2회+ 참여	48개	111건	주 분석 대상
3회 참여	14개	43건	궤적/사례연구

이론	역할
Absorptive Capacity (Cohen & Levinthal)	핵심: 사전지식→흡수역량 누적 sensing→seizing→transforming 반복 반복참여 = 다회전 학습 순환
Dynamic Capabilities (Teece)	
Experiential Learning (Kolb)	

- Journal of Workplace Learning (SSCI)
- Small Business Economics (SSCI)
- 직업교육연구, 평생교육학연구 (KCI)

Theme 5: DT

가제: 중소기업 디지털 전환 애로사항의 구조: 토픽모델링을 활용한 탐색

Mapping DT Challenges in Manufacturing SMEs: A Structural Topic Modeling Approach

- RQ5: DT 애로사항의 주제 구조는 무엇이며, 기업 특성에 따라 다른가?
 - RQ5-1: 몇 개의 잠재 주제? (STM K=5~10)
 - RQ5-2: 규모/DT단계/업종별 주제 비중 차이?
 - RQ5-3: AS-IS vs TO-BE 갭 구조?

이론	역할
Skills Mismatch (McGuinness et al., 2018)	역량 불일치 해석
Liability of Smallness	소규모 기업 애로 해석

- Technological Forecasting and Social Change (SSCI)
- Technology Analysis & Strategic Management (SSCI)
- 중소기업연구, 벤처창업연구 (KCI)

Theme 6: DT

가제: 중소기업 디지털 기술수요와 교육니즈의 연결 구조

Digital Technology Demand Patterns and Training Needs Mapping: MCA and Network Analysis

- RQ6: DT 기술수요/기대효과/필요교육 간 공동출현 패턴은?
 - RQ6-1: 네트워크 구조(허브, 중심성)?
 - RQ6-2: MCA biplot에서 기업 공간적 분포?
 - RQ6-3: 연도별(2022~2025) 수요 변화?

이론	역할
Resource-Based View	기술자원 수요 패턴
TOE Framework	기술 차원의 수요 구조

- Asia Pacific Journal of Human Resources (SSCI)
- 기술경영경제학회지 (KCI)

Theme 7: -

가제: 중소기업 디지털 전환 교육훈련의 중요도-성과 갭 분석

Importance-Performance Gap Analysis for DT Training in SMEs

- RQ7: 교육훈련 영역별 중요도-성과 갭은 어떠하며, 집중 개선 영역은?
 - RQ7-1: 가장 큰 갭? → 필요성(4.36) vs 수준(2.52) = 1.84점
 - RQ7-2: 스마트시스템 7영역 갭?
 - RQ7-3: 기업규모/DT단계별 차별적 갭?

이론	역할
Skills Mismatch (McGuinness et al., 2018) Industry 4.0 Readiness Index	과소기술 상태 정량화 7영역 레이더 배경

- Performance Improvement Quarterly (Scopus)
- 직업능력개발연구, 산업교육연구 (KCI)

제약	영향	대응
만족도 천장효과 (M=4.66, SD=0.32)	DV 분산 부족	Q3차이/현업적용도를 주 DV
DT대응수준 2단계 편중 (67.7%)	집단비교 불균형	이분화
복수참여 비독립 (48기업 111건) n=282 자기보고 편향	표준오차 과소추정 SEM 제한 Q3 과대추정	기업단위 분석 또는 클러스터 보정 간단 경로모형, 요인 합산 삼각검증, 한계 명시

Research Q & A

Procedures

Theoretical Framework

Related Theories

Theoretical Relationship

Theoretical Framework

Hypothesis

Methodology and Method

Methodology

최종 업데이트: 2026-03-28

본 연구는 13개 분석 트랙(T0~T8)을 통해 K-하이테크 플랫폼 데이터를 다각적으로 분석한다. 각 트랙은 독립적인 R 프로젝트로 구성되어 있으며, QMD 보고서를 통해 재현 가능한 형태로 결과를 산출한다.

T0:

분석	도구	목적
기술통계	R psych::describe()	핵심 변수 분포 파악, DV 후보 선정
상관분석 요인분석 (EFA)	R cor.test() R psych::fa()	IV-DV 관계 탐색 DT인식 3항목 → 단일요인, 스마트시스템 7영역 → 단일요인
집단비교	R t.test(), aov()	DT추진부서/SF도입/교육경험별 교육효과 차이

핵심 판정 기준:

- KMO > .60, Bartlett p < .001
- 요인부하 > .70, Cronbach alpha > .80
- 효과크기: Cohen's d, eta-squared

T1: /

분석	도구	목적
CFA (현업적용도 4구인) 위계적 회귀	R lavaan R lm	CFI>.90, RMSEA<.08 통제→DT인식→스마트시스템→인프라 순차 투입
매개분석	PROCESS M4 / lavaan	조직환경 매개효과 (부트스트랩 5000회)
조절분석	PROCESS M1	기업규모, DT추진부서 조절효과
과정유형 비교	R aov, Tukey HSD	6개 과정유형별 교육효과 차이

T2: (LPA)

단계	분석	도구	기준
1	LPA 1~5 class 비교	R tidyLPA / mclust	BIC, AIC, BLRT, aLMR
2	최적 프로파일 결정		Entropy>.80, 최소 클래스>5%
3	프로파일 명명/특성 기술		지표 평균 라인 그래프
4	BCH-proxy ANOVA		분류오차 보정 교육효과 비교
5	mclust 교차검증	R mclust	tidyLPA 결과 검증

지표변수 (6개): DT인식_산업분야이해, DT인식_대응방안, 직무전환_필요성, 스마트팩토리_현재수준, 교육훈련수준, 디지털업무자동화수준

최적 솔루션: 3-class (Entropy = 0.846)

T3: (QCA)

단계	분석	도구	기준
1	Calibration (fuzzy 4 + crisp 2)	R QCA	직접 캘리브레이션
2	필요조건 분석		consistency > 0.9
3	진리표 구성 → 충분조건		raw consistency > 0.80
4	중간 해(Intermediate solution)		PRI > 0.75, coverage > 0.25
5	부정 분석 (~outcome)		비대칭 인과 확인

Outcome: Q3_전후차이 (M=1.45, SD=1.21)

Conditions: DT인식_합산, 스마트시스템_합산, 교육훈련수준, DT부서_보유(crisp), DT교육_있음(crisp)

결과: 8개 충분 경로 도출 (등결과성 확인)

T4: ()

단계	분석	대상	도구
1	대응표본 t-검정 / Wilcoxon	48개 기업	R t.test(paired=TRUE)
2	효과크기 산출		Cohen's d
3	변화량 예측 회귀 (Baseline Regression)	48개	R lm
4	변화 궤적 시각화 (Spaghetti Plot)		R ggplot2
5	변화 패턴 유형화	14개 (3회+)	질적 기술

핵심: 교육훈련수준 평균 +0.77 향상 (d=0.60)

T5: (STM)

단계	분석	도구	기준
1	한국어 형태소 분석	mecab-ko	명사 추출
2	DTM 생성, 불용어 제거	R tidytext	도메인 불용어 사전
3	STM K=5~15 탐색	R stm	semantic coherence + exclusivity
4	최적 K=7 선택, 주제 명명		해석 가능성

단계	분석	도구	기준
5	Prevalence 공변량	R stm	11개 공변량 투입
6	LPA 프로파일별 토픽 차별화		T2 연계
7	복수참여 기업 텍스트 변화		T4 연계
8	다중 텍스트 컬럼별 독립 분석		DT애로사항, TO_BE, 성과상세, AS_IS
9	Content covariate 효과		토픽 내용에 대한 공변량
10	Sensitivity analysis		토픽 수(k) 변동

공변량 (11개): 연도, 기업규모, DT대응수준, 교육훈련수준, SF도입, DT추진부서, DT교육경험, 업종, 스마트시스템 수준, DT인식 합산, 교육훈련 필요성

T6:

단계	분석	도구
1	공동출현 행렬	R igraph
2	네트워크 시각화 + 중심성	R ggraph, igraph
3	커뮤니티 탐지	Louvain Algorithm
4	MCA (다중대응분석)	R FactoMineR::MCA()
5	기업규모별 기술수요 패턴	R ggplot2
6	연관분석 (Association Rules)	R arules

분석 대상: 18개 노드 (DT기술 + DT기대효과 + DT필요교육), 이분형 복수응답

T7: IPA

단계	분석	도구
1	IPA 4사분면 매트릭스	R ggplot2 scatter
2	스마트시스템 7영역 레이더차트	R fmsb
3	연도별 오버레이	R ggplot2
4	하위집단 IPA 비교	R ggplot2 facet

단계	분석	도구
5	Paired t-test (필요성 vs 수준)	R t.test(paired=TRUE)

핵심 갭: 교육필요성(M=4.36) vs 교육수준(M=2.52) = 1.84점 갭

T8:

T8-1:

모형	방법	도구
Pooled OLS	클러스터 강건 표준오차	R lm, sandwich
Random Effects	GLS	R plm
Fixed Effects	Within 추정	R plm
모형 선택	Hausman 검정	R plm::phtest()

DV: 현업적용도_조직환경, Q3_차이

T8-2: (PSM)

3가지 처치 변수에 대해 독립적 PSM 분석을 수행한다.

PSM 유형	처치 변수	대조군	처치군	매칭 방법
T8-2-1	DT교육경험 유무	없음	있음	Nearest neighbor, caliper=0.2
T8-2-2	스마트팩토리 도입	미도입	도입	Nearest neighbor, caliper=0.2
T8-2-3	복수참여 여부	1회	2회+	Nearest neighbor, caliper=0.2

공통 도구: R MatchIt, cobalt (균형 진단)

항목	사양
R 버전	4.4+
주요 패키지	tidyverse, lavaan, tidyLPA, mclust, QCA, stm, igraph, FactoMineR, plm, MatchIt
보고서 형식	Quarto (.qmd) → HTML/PDF/DOCX/MD (4포맷)
R 프로젝트	13개 독립 프로젝트
총 코드 라인	4,362 lines

Data Collection

최종 업데이트: 2026-03-28

항목	내용
데이터명	K-하이테크 플랫폼 4개년 통합데이터
버전	v2
기간	2022~2025년
총 레코드	282건
변수	166개
기업	219개사 (기업고유코드 KHT-0001~KHT-0219)
복수참여	48개사, 111건

연도	기업 수	법인	개인
2022	78	50	27
2023	55	46	9
2024	74	63	11
2025	75	67	8
합계	282	226	55

연도	평균	중앙값	최소	최대
2022	26명	18명	3명	119명
2023	26명	18명	3명	170명
2024	32명	20명	3명	295명
2025	34명	18명	5명	294명

업종	건수	비율
기계금속	203	72.0%
전기전자	45	16.0%
기타	32	11.3%
화학화공	16	5.7%
정보통신SW	12	4.3%
생활용품	11	3.9%
환경	4	1.4%
토목건축	4	1.4%
섬유	1	0.4%

DT

단계	2022	2023	2024	2025	합계
1단계	14	17	16	6	53
2단계	51	39	49	52	191
3단계	11	9	17	12	49
4단계	6	1	4	10	21
5단계	0	1	1	0	2

2단계 편중(67.7%)이 두드러짐. 집단비교 시 이분화 처리 필요.

DT

구분	건수	비율
전담조직	3	1.1%
전담인력	8	2.8%
겸직인력	68	24.1%
추후확보	84	29.8%
없음	121	42.9%

전담 조직/인력을 보유한 기업은 전체의 약 28%에 불과하다.

DT

구분	건수	비율
조직원대상	31	11.0%
CEO임원	30	10.6%
전담인력	64	22.7%
없음	175	62.1%

약 62%의 기업이 DT 관련 교육 경험이 전혀 없는 상태에서 플랫폼에 참여하였다.

DT ()

기술	건수	비율
빅데이터	176	62.4%
사물인터넷	102	36.2%
인공지능	74	26.2%
로봇공학	74	26.2%
기타	54	19.1%
3D프린팅	50	17.7%
클라우드	47	16.7%
모바일5G	39	13.8%
VRAR	7	2.5%
블록체인	0	0.0%

빅데이터가 압도적 1위(62.4%). 블록체인 수요는 0건.

v2 코드북은 166개 변수에 대해 다음을 포함한다:

- 변수명, 변수 설명, 데이터 타입
- 척도 범위 (1-4점, 1-5점, 이분형 등)
- 결측 현황 및 비율
- 연도별 가용 여부 (4개년 공통/특정년도)

영역	변수 수	예시
기업 기본정보	약 20개	기업고유코드, 상시근로자수, 업종, 기업유형
DT 인식/준비도	약 10개	DT인식_산업분야이해, DT인식_대응방안, 직무전환_필요성
스마트시스템 7영역	7개	제품개발, 생산계획, 공정관리, 품질관리, 설비관리, 물류운영, 설비자동화
DT 기술수요 (복수응답)	10개	빅데이터, 사물인터넷, 인공지능, 로봇공학 등
교육훈련 관련	약 15개	과정유형, 만족도, Q3 전후, 현업적용도
텍스트 변수	4개	11항목 DT애로사항, AS_IS, TO_BE, 성과상세

이슈	상태
기업명 (주)/(주) 표기 통일	완료 (19건)
사명변경/오류 의심 3건	원본 확인 필요
2024 수행일자 1건 (1970-01-01)	원본 오류
2024 시트 제목 ``2025년도`` 표기	원본 오류

파일	경로
통합 데이터	docs/01_ / /04_output/K- _ _v2.xlsx
코드북	docs/01_ / /04_output/K- _ _v2.xlsx
원본 데이터	docs/01_ / /01_raw_data/22~25 K- .xlsx
변경사항 문서	docs/01_ / /02_data_processing_document/

Literature Review

Searching and Inclusion & Exclusion

Round 1

Search keywords and category

keywords combination

Round 2

Search keywords and category

keywords combination

Round 3

Search keywords and category

keywords combination

PRISMA

Reference List

Category, Classification and Decision Note for Selected Literature in Rounds

Round 1

Round 2

Round 3

Additional (during and after writing)

Reserach Problems

Key References

Quotes and Paraphrases

Analysis Results (1 : T0~T9)

최종 업데이트: 2026-03-31

25

본 연구는 K-하이테크 플랫폼 4개년 데이터(282건, 166변수)를 대상으로 1차 탐색/준실험(13개) + 2차 인과/구조(12개) = 총 25개 분석 트랙을 수행하였다. 탐색적 분석부터 인과추론, 구조 모형까지 다층적 접근을 통해 중소기업 디지털 전환 교육의 효과를 다각적으로 검증하였다.

1 (T0~T9, /)

트랙	분석명	핵심 결과	상태
T0	탐색적 분석	DT인식↔교육효과 상관 약함($r=-.13\sim+.08$), 만족도 천장효과, 조직환경이 최적 DV	완료
T1	회귀/요인	DT인식 3항목 단일요인($\alpha=.861$), 스마트시스템 7영역 단일요인($\alpha=.926$), MES실무 Q3최고(+1.93)	완료
T2	LPA	3-class 최적(Entropy=0.846): 미인식형/인식- 미실행형/적극전환형	완료
T3	QCA	8개 충분 경로 도출, 등결과성(equifinality) 확인	완료

트랙	분석명	핵심 결과	상태
T4	종단분석	교육훈련수준 +0.77(d=0.60), 4가지 궤적 유형 도출	완료
T5	STM	7개 토픽(k=7), 11개 공변량 효과, LPA 프로파일별 토픽 차별화 확인	완료
T6	네트워크	밀도 0.719, 빅데이터 허브, 3개 커뮤니티, MCA 2차원	완료
T7	IPA	교육필요성-수준 갭 1.84점, 설비자동화 지속 최저	완료
T8-1	패널회귀	Pooled OLS(cluster SE), RE, FE 비교, Hausman 검정	완료
T8-2-1	PSM(DT교육경험)	DT교육경험의 인과적 효과 추정	완료
T8-2-2	PSM(SF도입)	SF도입의 인과적 효과 추정	완료
T8-2-3	PSM(복수참여)	복수참여의 인과적 효과 추정	완료

2 (T10~T21, /)

1차 분석에서 탐색적으로 발견한 패턴을 인과적으로 검증하고, 구조적 메커니즘을 규명하는 12개 심화 모형이다.

트랙	모델	방법	이론	핵심 결과	상태
T10	M8	Staggered DID	경험학습	TWFE null, 용량-반응(교육훈련 B=0.636, p<.001) 유의	완료
T11	M1	위계적 회귀	교육전이	DT인식→Q3_차이 B=-0.017, p=.879 (null 재확인)	완료
T12	M2	매개분석	Holton HRD	ACME=0.017, p=.422 (매개 경로 차단)	완료
T13	M12	순차매개	인적자본	a=0.716(p<.001), 전체경로 차단	완료

트랙	모델	방법	이론	핵심 결과	상태
T14	M5	규모조절회귀	LoS	대기업 역설 (B=-0.282), J-N 전환점 없음	완료
T15	M4	2x2 ANOVA	보완성	SF x 복수참여 역시너지 F=8.285, p=.004	완료
T16	M6	조절매개	흡수역량	AC 역전, DT부서 보유 시 경로a 소멸	완료
T17	M7	TOE 경로분석	TOE	TOE 내부 유의(beta=.32~.49), DV 경로 전멸	완료
T18	M3	순서 로지스틱	성숙도	OR=1.411, p=.016 (단계적 전환)	완료
T19	M9	LPA 4-class	인원 중심	4프로파일, 보상효과 발견	완료
T20	M10	fsQCA+DID	등결과성	3경로, ~DT_AWARE 포함 (인과적 등결과성)	완료
T21	M11	CLPM	동적역량	E→T beta=.488 최강 (인프라→인식 역방향)	완료

(2 , 35)

결과	건수	비율
채택	14	40%
기각	14	40%
역전	5	14%
경계적	2	6%

[1 / : T0~T9]

T0

T1 / (→)

T7 IPA ()
 T2 LPA ()
 T5 STM ()
 T3 QCA ()
 T4 ()
 T6 ()
 T8 (+ PSM 3)

1 → 2

[2 / : T10~T21]
 T10 DID (1 T4/T8)
 T11 (T1 null)
 T12 (T1)
 T13 ()
 T14 (T8)
 T15 (T8_2_2 SF)
 T16 ()
 T17 TOE (T5 TOE)
 T18 ()
 T19 LPA 4-class (T2)
 T20 QCA+DID (T3)
 T21 CLPM ()

5

1-2차 분석(25개 트랙)을 관통하는 5가지 핵심 패턴:

패턴	1차 증거	2차 확인
인식-성과 단절	T1 R2=.005, T2 프로파일 무차이	M1 B=-.017(null), M2 매개 차단, M7 DV 전멸
더 많이 가진 역효과	T2 고준비 Q3 무차이, T8_2_2 SF ATT=0	M5 대기업 역설, M4 역시너지 p=.004, M6 AC 포화
TOE 내부만 강함	T5 기술장벽 53%	M7 beta=.32~.49(유의), DV 전멸
용량-반응 분리	T4 인식 d=.55 vs Q3 n.s.	M8 DID 교육훈련 p<.001 vs Q3 n.s.
등결과성	T3 필요조건 없음, 다경로	M10 DID 조건 추가 후 3경로, ~DT_AWARE

본 연구는 다음 4가지 차원에서 삼각검증(triangulation)을 달성하였다:

1. 방법론 삼각검증: 변수중심(T0,T1,T11~T18) + 사람중심(T2,T19 LPA) + 조건조합(T3,T20 QCA) + 텍스트(T5 STM) + 인과추론(T10 DID, T21 CLPM)
2. 데이터 삼각검증: 횡단(T0~T3) + 종단(T4,T21) + 인과추론(T8 PSM, T10 DID)
3. 분석수준 삼각검증: 개인수준(설문) + 기업수준(패널) + 텍스트수준(비정형)
4. 이론 삼각검증: 16개 이론 적용 (TOE, 교육전이, 흡수역량, 등결과성, 경험학습, 동적역량 등)

(T0, T1, T7)

최종 업데이트: 2026-03-28

T0:

DV

변수	n	M	SD	skew	판정
Q3 전후차이	244	+1.45	1.21	-	분산 양호, 주 DV
현업적용도_조직환경	245	4.37	0.58	-	DV 중 분산 최대
Q2_도움정도	245	4.77	0.42	-2.07	심한 부적편포
만족도_총합	245	4.66	0.32	-1.61	천장효과

IV (DT)

변수	n	M	SD	skew
DT인식_산업분야이해	280	2.11	0.83	0.87
DT인식_대응방안	278	2.14	0.78	0.76
직무전환_필요성	281	1.90	0.78	0.61
스마트팩토리_현재수준	282	1.97	0.75	0.44
교육훈련수준	282	2.52	1.08	0.41
디지털업무자동화수준	282	2.21	0.92	0.39

7

영역	M	SD	순위
품질관리	2.99	1.03	1위
제품개발	2.86	1.02	2위
공정관리	2.74	0.98	3위
생산계획	2.69	0.93	4위
설비관리	2.62	0.99	5위
물류운영	2.57	0.94	6위
설비자동화	2.45	1.01	7위 (최저)

변수쌍	r	해석
DT인식 3항목 간	.67~.68	높은 수렴 → 단일요인 합산 가능
DT인식 → 만족도	.09~.18	약한 상관
DT인식 → Q3차이	-.13~+.08	거의 무상관
교육훈련수준 → Q2도움	.31	중간 상관 (유일한 의미있는 IV→DV)
만족도 → Q3차이	.06	무상관

중요 발견: DT 준비도(IV)와 교육효과(DV) 간 상관이 매우 약하거나 무의미. 이는 단순 회귀(T1)의 효과가 제한적일 수 있음을 시사하며, 조건 조합적 접근(QCA)의 필요성을 뒷받침한다.

비교	DV	결과	효과크기
DT추진부서 보유 vs 미보유	조직환경	p=.066 (경계 유의)	d=0.25
SF도입 vs 미도입	전체 DV	유의한 차이 없음	d<0.11
DT교육경험 있음 vs 없음	만족도	p=.007	d=0.34
연도별 ANOVA	조직환경	p=.008	유의한 연도 차이

T1: /

DT인식 3항목 → 단일요인

지표	결과	판정
KMO	0.74	적합 (>.60)
Bartlett	p < .001	유의
요인부하	.81, .83, .82	모두 .80+ (우수)
Cronbach alpha	.861	우수

스마트시스템 7영역 → 단일요인

지표	결과	판정
KMO	0.90	매우 적합
요인부하	.72~.88	모두 우수
Cronbach alpha	.926	매우 우수

4

구인	항목	M	SD	비고
개인특성	참여도/이해도/노력도	4.69	0.35	최고
교육과정	관련성/도움도/부합도	4.61	0.43	
조직환경	적용기회/조직지원	4.37	0.58	최저, DV 최적
현업적용	활용도/능력향상/성과향상	4.58	0.50	

조직환경(4.37)이 다른 구인 대비 유의하게 낮음. 매개변수 또는 DV로서 가치가 높다.

유형	만족도 M	Q3차이 M	특징
AI이해	4.85	1.23	만족도 최고
MES실무	4.70	1.93	Q3차이 최고 (실제 역량변화)
MES기초	4.61	1.54	

유형	만족도 M	Q3차이 M	특징
DT개론	4.63	1.03	만족도/Q3 모두 최저

만족도와 실제 역량변화(Q3차이)는 서로 다른 패턴을 보인다. AI이해 과정은 만족도가 높지만 역량변화는 보통이고, MES실무 과정은 실제 역량변화가 가장 크다.

T7: IPA

교육필요성(M=4.36) vs 교육수준(M=2.52) = 1.84점 갭

5점 척도에서 1.84점 갭은 매우 큰 수준이다. IPA 4사분면에서 ``높은 중요도(필요성) + 낮은 성과(수준)`` = Q2(집중개선) 사분면에 해당한다.

7

영역	2022	2023	2024	2025	추세
품질관리	2.50	3.18	3.11	3.24	상승 후 안정
제품개발	2.36	3.07	3.08	3.01	상승 후 안정
공정관리	2.24	3.04	3.03	2.76	상승 후 하락
생산계획	2.15	3.13	2.84	2.77	상승 후 하락
설비관리	2.12	2.96	2.74	2.79	상승
물류운영	2.26	2.65	2.72	2.71	완만 상승
설비자동화	2.03	2.85	2.57	2.47	상승 후 하락, 지속 최저

2022~2023 대폭 상승 후 2024~2025 정체 또는 소폭 하락하는 패턴이 관찰된다. 설비자동화가 4년 연속 최저 영역이다.

LPA QCA (T2, T3)

최종 업데이트: 2026-03-28

T2: (LPA)

6개 지표변수(DT인식 3항목, 스마트팩토리 현재수준, 교육훈련수준, 디지털업무자동화수준)를 투입하여 1~5 클래스 LPA를 실시하였다.

분석 표본: 277건 (결측 제외)

도구: R tidyLPA + mclust 교차검증

: 3-class

지표	결과	판정
최적 클래스 수	3	BIC/AIC 종합 판단
Entropy	0.846	양호 (>.80)
최소 클래스 비율	>5%	충족

3

프로파일	명칭	특징	비율
P1	DT 미인식형	전 지표 1~2점대, DT 인식/인프라 모두 낮음	다수
P2	인식-미실행형	DT 인식은 높으나 인프라/실행 수준 낮음	중간

프로파일	명칭	특징	비율
P3	적극 전환형	전 지표 3점 이상, DT 인식과 인프라 모두 높음	소수

(BCH-proxy ANOVA)

프로파일별 교육효과(Q3 전후차이, 현업적용도_조직환경, 만족도)의 차이를 분류오차를 고려한 BCH-proxy 방식으로 검정하였다. 프로파일 간 교육효과의 차별적 패턴이 확인되었다.

mclust

tidyLPA 결과의 강건성을 확인하기 위해 mclust 패키지로 교차검증을 실시하였다. 3-class 솔루션이 두 패키지 모두에서 지지되었다.

T3: (QCA)

fsQCA를 위해 연속변수는 직접 캘리브레이션(5th, 50th, 95th percentile)으로 퍼지셋 변환하고, 이분형 변수(DT부서_보유, DT교육_있음)는 크리스프셋으로 유지하였다.

분석 표본: 282건

조건 변수 (5개)

조건	유형	변환
DT인식_합산	Fuzzy	직접 캘리브레이션
스마트시스템_합산	Fuzzy	직접 캘리브레이션
교육훈련수준	Fuzzy	직접 캘리브레이션
DT부서_보유	Crisp	이분형 (0/1)
DT교육_있음	Crisp	이분형 (0/1)

Outcome: Q3_전후차이 (M=1.45, SD=1.21)

Consistency > 0.9 기준으로 필요조건을 검토하였다.

: 8

Truth table 분석 결과, 높은 교육효과(Q3 전후차이)를 달성하는 8개의 충분 경로가 도출되었다.

기준	값
Raw consistency	> 0.80
PRI	> 0.75
Solution coverage	> 0.25

(Equifinality)

8개 경로의 존재는 동일한 결과(높은 교육효과)에 도달하는 다양한 조건 조합이 존재함을 의미한다. 이는 DT 준비도와 교육효과의 관계가 단순 선형이 아닌 구성적(configurational)임을 입증한다.

핵심 함의:

- DT 인식이 낮더라도 다른 조건(추진부서, 교육경험 등)의 조합으로 높은 효과 달성 가능
- 단일 변수의 효과가 아닌 조건 조합의 효과로 접근해야 함
- T0에서 발견된 ``DT인식↔교육효과 약한 상관''의 원인을 설명

Consistency 기준을 변동(0.75, 0.80, 0.85)시켜 경로의 안정성을 확인하였다.

XY Plot

퍼지셋 멤버십 점수를 기반으로 한 XY Plot을 통해 충분조건을 시각적 확인을 수행하였다.

T2-T3 : Person-centered + Configuration

LPA에서 도출된 프로파일 소속을 QCA의 조건변수로 추가 투입하여 분석을 확장할 수 있다. ``적극 전환형'' 프로파일 소속이 높은 교육효과의 충분조건 일부로 작동하는지 검증하는 후속 분석이 가능하다.

이 통합 접근은 Person-centered approach(LPA)와 Configurational approach(QCA)를 결합한 방법론적 차별성을 갖는다.

(T4)

최종 업데이트: 2026-03-28

T4:

구분	기업 수	레코드	비고
전체 표본	219개	282건	
2회+ 참여	48개	111건	주 분석 대상
3회 참여	14개	43건	궤적 분석/사례연구

t- (vs)

48개 복수참여 기업의 첫 참여 시점과 최근 참여 시점의 주요 변수를 비교하였다.

변수	향상	동일	하락	M변화	d	판정
교육훈련수준	26	16	5	+0.77	0.60	중간 효과
직무전환_필요성		14	8	+0.47	-	소~중 효과
DT인식_산업분야이해		21	5	+0.43	-	소 효과
만족도_총합	19	4	24	+0.02	-	무효과 (천장)

교육훈련수준의 평균 +0.77 향상(Cohen's d = 0.60)은 중간 수준의 효과크기로, 반복참여가 교육훈련 역량 향상에 의미있는 기여를 하고 있음을 시사한다.

(Regression to Mean)

초기 교육훈련수준이 낮은 기업일수록 변화량이 크게 나타나는 패턴이 관찰되었다. 이는 순수한 교육 효과 외에 평균 회귀(regression to mean) 효과가 혼재되어 있을 가능성을 시사한다.

변화량 예측 Baseline Regression을 통해 초기수준을 통제한 후의 순수 변화 효과를 추정하였다.

(3)

14개 3회 참여 기업을 대상으로 변화 궤적을 유형화하였다.

유형	궤적 패턴	기업 수	특징
지속 성장형	2→3→4	3~4개	매 참여 시 꾸준한 향상
초기 도약형	1→3→3	3~4개	첫 참여 후 급상승, 이후 안정
정체형	1→1→1	3~4개	참여에도 변화 없음
하향형	3→3→2	1~2개	오히려 하락

Spaghetti Plot과 Dumbbell Plot을 통해 개별 기업의 변화 궤적을 시각화하였다. 기업 간 변화 패턴의 이질성이 크며, 평균적 향상 경향 이면에 다양한 개별 궤적이 존재한다.

1. 반복참여의 누적 효과 확인: 교육훈련수준 평균 +0.77 향상은 통계적으로 유의하며 실질적 의미가 있다.
2. 이질적 변화 패턴: 모든 기업이 향상하는 것이 아니며, 정체형(1→1→1)과 하향형(3→3→2)도 존재한다.
3. 초기수준 효과: 초기 수준이 낮은 기업에서 변화가 크게 나타나며, 이는 교육 효과와 평균 회귀의 복합 결과로 해석된다.
4. 흡수역량(Absorptive Capacity) 관점: 사전 지식이 있는 기업(높은 초기수준)은 추가 학습 효과가 체감되지만, 초기 지식이 부족한 기업은 기초적 역량 형성에서 큰 변화를 경험한다.

- T2 LPA: 프로파일별 종단 변화 패턴의 차이 확인
- T5 STM: 복수참여 기업의 DT 애로사항 텍스트 변화 추적
- T8-2-3 PSM: 복수참여 여부의 인과적 효과 추정

(T5, T6)

최종 업데이트: 2026-03-28

T5: (STM)

K-하이테크 플랫폼 참여 중소기업의 DT 애로사항 자유기술 텍스트를 대상으로 구조적 토픽 모델(STM)을 적용하였다.

항목	내용
분석 텍스트	DT 애로사항 (281건, 평균 314자)
형태소 분석	mecab-ko (명사 추출)
최적 토픽 수	k=7
공변량	11개 (연도, 기업규모, DT대응수준 등)

추가 분석 텍스트: TO_BE(254건), 성과상세(239건), AS_IS(254건)

7

토픽	명칭	핵심 내용
1	제조 현장의 디지털 전환 장벽	사출 등 제조 현장에서 DT 적용의 물리적/기술적 장벽
2	데이터 관리 및 수집 역량 부족	데이터 수집, 저장, 활용 역량의 부재
3	디지털 인재 확보의 구조적 한계	전문 인력 채용 어려움, 중소기업 구조적 제약
4	기존 인력의 적응과 저항	근로자의 변화 저항, 디지털 리터러시 부족

토픽	명칭	핵심 내용
5	스마트 팩토리 구축 장벽	스마트팩토리 도입 비용, 기술 선택, 인프라 문제
6	품질 결함 관리의 디지털 전환	불량 관리, 품질 검사 자동화 필요성
7	교육훈련 프로그램의 실효성	교육 내용과 현장 간 괴리, 맞춤형 교육 필요

(11)

공변량: 연도, 기업규모(상시근로자수), DT대응수준, 교육훈련수준, SF도입여부, DT추진부서보유, DT교육경험, 업종, 스마트시스템 수준, DT인식 합산, 교육훈련 필요성

공변량에 따른 토픽 비율(prevalence)의 차이가 확인되었다. 특히 기업규모와 DT대응수준이 토픽 구성에 유의한 영향을 미쳤다.

LPA

T2 LPA에서 도출된 3개 프로파일별로 DT 애로사항 토픽 비율이 차별적 패턴을 보였다:

- DT 미인식형: 기본적 인프라/인력 문제(토픽 3, 4) 비중 높음
- 인식-미실행형: 데이터/스마트팩토리 장벽(토픽 2, 5) 비중 높음
- 적극 전환형: 품질/교육 실효성(토픽 6, 7) 비중 높음

이는 기업의 DT 성숙도에 따라 직면하는 애로사항의 질적 구조가 다름을 의미한다.

T4 중단분석과 연계하여, 복수참여 기업의 참여 시점 간 DT 애로사항 텍스트 변화를 추적하였다. 반복 참여에 따라 토픽 구성이 ``기초 인프라 문제 → 고급 활용 문제''로 이동하는 패턴이 관찰되었다.

토픽 수(k)를 5~15로 변동시켜 결과의 강건성을 확인하였다. k=7이 semantic coherence와 exclusivity의 최적 균형점으로 유지되었다.

T6:

18개 노드(DT기술 + DT기대효과 + DT필요교육)의 이분형 복수응답 데이터를 기반으로 공동출현 네트워크를 구성하였다.

지표	값	해석
노드 수	18개	DT기술(10) + DT기대효과(7) + DT필요교육
네트워크 밀도	0.719	고밀도 (대부분의 기술이 서로 연결)
주요 허브	빅데이터(62.4%)	가장 높은 중심성

기술 쌍	공동출현 건수
업무효율화 + 생산최적화	175건
빅데이터 + 사물인터넷	52건
빅데이터 + 로봇공학	42건
인공지능 + 사물인터넷	34건

:

빅데이터가 degree, betweenness, closeness 중심성 모두에서 최상위를 차지하였다. 이는 빅데이터가 다른 기술들과의 연결을 매개하는 ``허브'' 역할을 수행함을 의미한다.

(Louvain Algorithm)

Louvain 알고리즘을 통해 3개의 기술 커뮤니티가 탐지되었다. 각 커뮤니티는 자연적 기술 군집을 형성하며, 이는 기업들의 기술 수요가 특정 패턴으로 묶여 나타남을 보여준다.

MCA ()

FactoMineR의 MCA를 통해 기술수요의 잠재 차원을 추출하였다. 2차원 biplot에서 기업들의 공간적 분포와 기술 항목의 좌표를 확인하였다.

기업규모에 따라 기술수요 패턴이 차별적으로 나타났다. 대규모 기업은 AI/클라우드 수요가 상대적으로 높고, 소규모 기업은 빅데이터/사물인터넷 중심의 수요를 보였다.

(Association Rules)

Apriori 알고리즘을 통해 기술수요 항목 간 연관규칙을 도출하였다. 높은 지지도(support)와 신뢰도(confidence)를 가진 규칙들이 정책적 시사점을 제공한다.

T5-T6

텍스트 분석(T5)에서 도출된 비정형 애로사항 토픽 구조와 네트워크 분석(T6)에서 도출된 정형 기술수요 패턴을 비교하면:

- 구조화 데이터(T6): 기업이 선택한 기술수요는 빅데이터 중심의 고밀도 네트워크
- 비구조화 데이터(T5): 실제 애로사항은 인력/인프라/데이터 역량 부족이 주

이 괴리는 중소기업의 ``희망하는 기술``과 ``실제 직면하는 문제`` 사이의 갭을 보여주며, 교육 프로그램 설계에 중요한 시사점을 제공한다.

(T8)

최종 업데이트: 2026-03-28

T8-1:

전체 282건(48개 복수참여 기업 포함)을 대상으로 패널 회귀분석을 실시하였다. 동일 기업의 반복 관측이 존재하므로 기업 수준의 비관측 이질성(unobserved heterogeneity)을 통제하기 위해 세 가지 모형을 비교하였다.

모형	방법	특징
Pooled OLS	클러스터 강건 표준오차	기업 간 상관 보정
Random Effects (RE)	GLS	기업 효과를 확률변수로
Fixed Effects (FE)	Within 추정	기업 고정효과 통제

DV: _

Pooled OLS(cluster SE) 결과, DT인식_합산, 교육훈련수준, 스마트시스템_합산, 상시근로자수, 연도를 투입하여 조직환경에 대한 예측력을 검정하였다.

DV: Q3_

Q3 전후차이에 대해서도 동일한 모형 비교를 수행하였다.

Hausman

Hausman 검정을 통해 RE와 FE 중 적합한 모형을 선택하였다. 검정 결과에 따라 최종 모형을 보고한다.

패널 회귀 분석에서 교육훈련수준이 현업적용도_조직환경에 유의한 영향을 미치는 것으로 확인되었다($p=.002$). 이는 횡단 분석(T0, T1)에서 발견된 교육훈련수준→교육효과 관계가 패널 데이터에서도 지지됨을 의미한다.

T8-2: (PSM)

관찰 데이터에서 처치(treatment)의 인과적 효과를 추정하기 위해 성향점수매칭(Propensity Score Matching)을 적용하였다. 3가지 처치 변수에 대해 독립적으로 PSM을 수행하였다.

공통 설정:

- 매칭 방법: Nearest neighbor
- Caliper: 0.2
- 균형 진단: R cobalt 패키지
- 도구: R MatchIt

T8-2-1: DT

항목	내용
처치	DT 교육경험 있음
대조	DT 교육경험 없음
DV	만족도, Q3 전후차이, 현업적용도_조직환경

T0에서 확인된 ``DT교육경험 있음 → 만족도 유의하게 높음($p=.007$)``이 선택편향을 통제한 후에도 유지되는지 검증하였다.

T8-2-2:

항목	내용
처치	스마트팩토리 도입
대조	스마트팩토리 미도입
DV	만족도, Q3 전후차이, 현업적용도_조직환경

T0에서 ``SF도입 여부는 교육효과에 유의한 차이 없음''으로 확인되었으나, PSM을 통해 선택편향 통제 후 재검증하였다.

T8-2-3:

항목	내용
처치	2회 이상 참여
대조	1회 참여
DV	교육훈련수준, DT인식_합산, 스마트시스템_합산

T4 중단분석에서 확인된 ``반복참여의 누적 효과''가 선택편향을 통제한 후에도 유효한지 검증하였다.

+ PSM 3

분석	핵심 결과	인과성 수준
T8-1 패널회귀	교육훈련수준 → 조직환경 ($p=.002$)	비관측 이질성 통제
T8-2-1 PSM(DT교육)	DT 교육경험의 효과 추정	선택편향 통제
T8-2-2 PSM(SF도입)	SF 도입의 효과 추정	선택편향 통제
T8-2-3 PSM(복수참여)	복수참여의 효과 추정	선택편향 통제

1. 관찰 데이터의 본질적 한계: PSM은 관찰 가능한 공변량에 대해서만 선택편향을 통제. 비관찰 요인(기업 문화, CEO 의지 등)에 의한 편향은 잔존.
2. 표본 크기 제약: 일부 PSM에서 매칭 후 표본이 크게 감소하여 통계적 검정력이 제한될 수 있음.
3. 외적 타당도: K-하이테크 플랫폼 참여 기업은 자기선택(self-selection)된 표본이므로, 전체 중소기업 모집단에 대한 일반화에 주의 필요.

Analysis Results (2 : T10~T21)

2 (T10~T21)

최종 업데이트: 2026-03-31

1차 탐색 분석(T0~T9)에서 발견한 5대 패턴을 인과적으로 검증하고 구조적 메커니즘을 규명하기 위해 12개 심화 모형을 수행하였다.

구분	1차 (T0~T9)	2차 (T10~T21)
목적	``무엇이 일어나는가?``	``왜? 인과적인가?``
접근	탐색, 상관, 준실험	인과추론, 구조모형
모형 수	13개	12개
가설 검증	-	35건

T10 (M8): Staggered DID —

기업 고정효과 + 연도 고정효과를 동시에 통제하는 이중차분법(DID). 선택 편향과 시간 추세를 제거한 인과 추론.

TWFE 추정: 3개 DV 모두 비유의

DV	AFTER B	SE	p
Q3_차이	-0.592	0.494	.238

DV	AFTER B	SE	p
교육훈련수준	-0.372	0.459	.422
DT인식_합산	-0.154	0.289	.596

용량-반응(Dose-Response): 극적 반전

DV	참여순서 B	p
Q3_차이	-0.198	.337
교육훈련수준	0.636	<.001
DT인식_합산	0.339	<.001

참여 1회 추가당 교육훈련 +0.64점, DT인식 +0.34점. 그러나 Q3_차이는 여전히 비유의.

교육은 인식과 교육 수준을 인과적으로 올리지만, 자기보고 역량변화로는 나타나지 않는다.

T11~T13: — DT Q3_

T11 (M1):

DT인식 → Q3_차이: $B=-0.017$, $p=.879$. 소수점 둘째 자리에서 0.00. 1차(T1)의 null 재확인.

T12 (M2):

DT인식 → 조직환경 → Q3_차이: 간접효과(ACME) = 0.017, $p=.422$. 매개 경로도 차단.

T13 (M12):

DT인식 → DT교육경험 → 인적자본 → Q3_차이: 첫 고리($a=0.716$, $p<.001$)만 유의. 나머지 경로 모두 차단.

DT인식에서 Q3_차이까지의 경로는 직접이든 매개든 순차든 모두 차단되어 있다.

T14~T16: “ ”

T14 (M5):

기업규모 3등분: 소기업 $B=+0.203$, 중기업 $B=+0.129$, 대기업 $B=-0.282$ ($p=.099$). 효과 방향이 역전.

T15 (M4): SF x

2x2 ANOVA: $F=8.285$, $p=.004$. SF도입+복수참여 기업의 Q3_차이가 4그룹 중 최저($M=0.994$). ‘가장 열심히 하는 기업’이 가장 적게 변했다.

T16 (M6):

DT부서 보유 기업에서 DT인식 → 조직환경 경로가 소멸($B=0.014$, 비유의). 인프라가 이미 갖춰지면 인식의 한계효용은 0에 수렴.

자원이 풍부한 기업에서 교육효과가 약화되는 것은 측정의 문제이자 구조적 필연이다.

T17 (M7): TOE

TOE :

경로	beta	p
T(DT인식) → O(교육훈련)	.32~.49	유의
O(교육훈련) → E(스마트시스템)	.32~.49	유의
T(DT인식) → E(스마트시스템)	.32~.49	유의

TOE → DV:

경로	B	p
T → Q3_차이	0.004	.976
O → Q3_차이	비유의	
E → Q3_차이	비유의	

TOE 변수들은 서로를 잘 예측하지만, 역량변화를 예측하지 못한다.

T18 (M3): —

교육훈련수준 → 역량변화(순서형): OR=1.411, p=.016. 교육훈련 1단위 증가 시 ``높은 역량변화`` 확률 41.1% 증가.

연속형 분석에서 비유의였던 것이 순서형에서 유의 → 교육효과는 연속적이 아니라 단계적(threshold).

T19~T20:

T19 (M9): LPA 4-class +

4프로파일에서 보상효과 발견: DT인식 낮지만 교육훈련 높은 프로파일이, DT인식 높지만 교육 낮은 프로파일보다 Q3_차이 높음.

T20 (M10): QCA + DID

DID 처치변수(AFTER) 추가 후에도 3개 충분경로 확인. ~DT_AWARE(낮은 DT인식) 포함 경로 존재 → 1차(T3) 등결과성의 인과적 재확인.

DT인식이 낮은 기업을 교육에서 배제하지 말라.

T21 (M11): CLPM —

Cross-Lagged Panel Model로 인과 방향 검증:

경로	beta	해석
E → T (스마트시스템 → DT인식)	.488*	최강: 인프라가 인식을 만든다
T → E (DT인식 → 스마트시스템)	약함	
Q3 관련 경로	비유의	

``의식이 존재를 결정하는 것이 아니라, 존재가 의식을 결정한다.`` 인프라 도입 → 인식 자연 향상의 역방향 인과.

1 → 2

1차 발견	2차 검증	T번호	결과
DT인식→Q3 무효과	기본회귀 재확인	T11	B=-0.017, p=.879
조직환경 매개 가능성	매개분석	T12	ACME 비유의
DT교육경험 조절(-)	조절매개	T16	AC 역전
프로파일 Q3 무차이	4-class LPA	T19	보상효과 발견
필요조건 없음	QCA+DID	T20	3경로, ~DT_AWARE
용량-반응 분리	Staggered DID	T10	Dose 유의, Q3 비유의
SF도입 선택편향	상호작용 분석	T15	역시너지 p=.004
RE 스마트만 유의	TOE 경로분석	T17	내부 유의, DV 전멸

1차 발견	2차 검증	T번호	결과
하향이동 우세	CLPM 교차지연	T21	E→T beta=.488

최종 업데이트: 2026-03-31

1-2 : 5

1차(T0~T9, 탐색) + 2차(T10~T21, 인과/구조) 총 25개 분석에서 5대 관통 패턴이 수렴하였다.

1: -

DT인식 → Q3_차이(역량변화)의 선형 경로가 9개 모형에서 일관되게 차단:

- 1차: T1 회귀 $R^2=.005$, T2 프로파일 간 Q3 무차이
- 2차: M1 $B=-0.017(p=.879)$, M2 매개 $ACME=0.017(p=.422)$, M7 TOE DV 전멸, M13 순차매개 단절

2:

자원/경험이 풍부한 기업에서 오히려 교육효과 약화:

- 1차: T2 고준비 프로파일 Q3 무차이, T8_2_2 SF도입 $ATT=0$
- 2차: M4(T15) SF x 복수참여 역시너지 $F=8.285$, $p=.004$, M5(T14) 대기업 역설 $B=-0.282$, M6(T16) 흡수역량 포화

3: TOE

TOE(T, O, E) 변수 간 상관은 강하나 DV로의 경로가 차단:

- 1차: T5 기술장벽 53%, TOE 변수 간 상관 유의
- 2차: M7(T17) $\beta=.32\sim.49$ (유의), DV 경로 모두 비유의

4: -

교육 반복 → 인식/인프라는 올라가지만 Q3_차이는 변화 없음:

- 1차: T4 DT인식 $d=.55$ (유의) vs Q3 비유의
- 2차: M8(T10) DID 교육훈련 $B=0.636(p<.001)$ vs Q3 $B=-0.198$ (비유의), M11(T21) CLPM E→T $\beta=.488$

4가지 방법론(대응비교, PSM, DID, CLPM) 수렴 = 최강 삼각검증.

5:

높은 교육효과에 도달하는 다중 경로. 필요조건 없음:

- 1차: T3 QCA 다경로, ~DT_AWARE 포함
- 2차: M10(T20) DID 조건 추가 후에도 3경로 재확인

2 (35)

결과	건수	비율	해석
채택	14	40%	가설대로 유의
기각	14	40%	기대 효과 없음
역전	5	14%	기대 반대 방향
경계적	2	6%	$p=.05\sim.10$

``채택 40%, 기각 40%``: 기존 이론과 상식의 절반이 데이터에 의해 지지되지 않았다. 5건의 역전은 단순한 ``효과 없음``보다 더 도발적 결과.

1 7 ()

1: DT

DT 인식 수준(IV)과 교육 효과(DV: Q3 전후차이) 간 상관인 $r = -.13 \sim +.08$ 으로 매우 약하거나 무의미하다(T0). 이는 DT 준비도가 교육 효과를 직접 예측하지 못함을 의미하며, 단순 회귀 모형의 설명력이 제한적이다.

그러나 QCA(T3)에서 8개의 충분 경로가 도출됨으로써, DT 준비도는 다른 조건들과의 조합을 통해 교육 효과에 영향을 미침이 확인되었다. 이는 변수중심(variable-centered) 접근이 아닌 구성적(configurational) 접근의 필요성을 입증한다.

2: 3

LPA(T2) 결과 ``DT 미인식형'', ``인식-미실행형'', ``적극 전환형'' 3개 프로파일이 도출되었다(Entropy = 0.846). 프로파일별 교육 효과가 차별적이며, 이는 중소기업의 DT 준비도가 연속적 스펙트럼이 아닌 질적으로 구분되는 유형으로 존재함을 보여준다.

3: (Equifinality)

QCA(T3)에서 8개의 충분 경로가 확인되었다. 이는 높은 교육효과에 도달하는 ``하나의 최적 경로''가 아니라 다양한 조건 조합이 동등하게 효과적임을 의미한다. 정책적으로는 획일적 지원이 아닌 기업 맥락에 맞는 맞춤형 접근이 필요하다.

4:

복수참여 기업(48개)의 교육훈련수준이 평균 +0.77 향상($d=0.60$, 중간 효과크기)되었다(T4). 그러나 평균 회귀(regression to mean) 효과가 혼재되어 있으며, 3회 참여 기업의 궤적 유형화에서 정체형/하향형도 존재하여 반복참여가 자동적 향상을 보장하지는 않음이 확인되었다.

5: DT 7

STM(T5)에서 7개 토픽이 도출되었으며, 기업의 DT 성숙도(LPA 프로파일)에 따라 토픽 구성이 질적으로 달라진다. DT 미인식형은 인력/인프라 문제가, 적극 전환형은 품질/교육 실효성 문제가 두드러진다. 이는 기업 발달 단계별 차별적 지원 전략의 근거를 제공한다.

6:

네트워크 분석(T6)에서 밀도 0.719의 고밀도 네트워크가 확인되었으며, 빅데이터(62.4%)가 허브 기술로 작동한다. 3개 커뮤니티가 탐지되어 기술수요가 특정 패턴으로 군집됨을 보여준다. 정형 데이터(기술수요)와 비정형 데이터(애로사항 텍스트) 간의 괴리는 ``희망 기술``과 ``실제 문제`` 사이의 갭을 드러낸다.

7: -

IPA(T7)에서 교육필요성(M=4.36) vs 교육수준(M=2.52) = 1.84점 갭이 확인되었다. 스마트시스템 7영역 중 설비자동화가 4년 연속 최저 수준을 기록하며, 2022→2023 대폭 상승 후 정체/하락 추세가 관찰된다.

차원	방법	트랙
방법론 삼각검증	변수중심 + 사람중심 + 조건조합 + 텍스트	T0, T1 + T2 + T3 + T5
데이터 삼각검증	횡단 + 종단 + 인과추론	T0~T3 + T4 + T8
분석수준 삼각검증	개인수준 + 기업수준 + 텍스트수준	설문 + 패널 + 비정형

13개 분석 트랙을 통해 3가지 차원의 삼각검증을 달성하였으며, 이는 연구 결과의 신뢰성과 타당성을 높인다.

: 5 (1-2 ,)

Paper 1: - ()

항목	내용
주제	중소기업 DT 교육은 효과가 없는가? 5가지 방법론으로 밝힌 용량-반응 분리
분석	T4(대응비교) + T8(PSM) + T10(DID) + T21(CLPM)
이론 핵심	경험학습 + Kirkpatrick 4단계 + 동적역량 5-방법론 삼각검증: 교육→인식/인프라 유의, 교육→Q3 null
타겟	HRDQ (SSCI Q1), HRM (SSCI Q1)

Paper 2: TOE-Fit

항목	내용
주제	TOE Framework의 비선형 확장: T x E 적합도가 교육효과를 결정하는가?
분석	M7(선형 경로) + RSM C1(교차항) + combo1(P-E Fit)
이론 핵심	TOE + P-E Fit + Digital Maturity TOE 선형 DV 전멸 → T x E 교차항 p=.002 (비선형 복원)
타겟	TFSC (SSCI Q1), IJIM (SSCI Q1)

Paper 3: U

항목	내용
주제	중소기업 DT 교육의 최적 규모: 역U자 효과와 차별적 지원 전략
분석	M5(조절회귀) + T15(ANOVA) + T16(조절매개) + RSM B1(역U자)
이론 핵심	Liability of Smallness + Resource Orchestration + Optimal Distinctiveness 기업규모 역U자 p=.029, 최적 ~13명. 대기업 역설
타겟	Small Business Economics (SSCI Q1), ISBJ (SSCI Q1)

Paper 4: —

항목	내용
주제	교육효과 달성의 다중 경로: QCA + LPA + RSM 삼각검증
분석	T3(QCA) + T20(QCA+DID) + T2/T19(LPA) + RSM 등고선
이론	Equifinality + Person-Centered + P-E Fit
핵심	필요조건 없음, ~DT_AWARE 유효, 보상효과
타겟	ORM (SSCI Q1), JBR (SSCI Q1)

Paper 5:

항목	내용
주제	중소기업 스마트시스템 도입의 결정요인: 교육훈련 역U자 효과
분석	RSM A2(R2=.517) + T18(순서로지스틱) + T8_1(패널)
이론	Digital Maturity + TOE(T→E) + RBV
핵심	교육훈련 역U자 $p < .001$, 최적 3.6점
타겟	JMTM (SSCI Q1), IJPE (SSCI Q1)

(1-2)

1. 인식-인프라 갭 진단: DT인식과 스마트시스템의 적합도(fit)가 교육효과 의 핵심. 기업별 갭 진단 후 부족한 차원을 보완하는 맞춤형 개입 필요
2. 인프라 우선 전략: CLPM(T21)에서 E→T(인프라→인식)가 최강 경로. 인식 교육보다 인프라 구축 지원이 선행되어야 함
3. 최적 규모 타겟팅: 기업규모 역U자(최적 ~13명). 중간 규모 소기업에 교육 투자를 집중하면 효과 극대화
4. 교육 과잉 방지: 교육훈련 수준 3.6점 이상 기업에는 추가 교육보다 실행/적용 지원이 효과적
5. DT 미인식 기업 포기 금지: 등결과성(~DT_AWARE 경로)에 의해 DT인식이 낮아도 조직적 지원으로 교육효과 달성 가능
6. SF+복수참여 역시너지 모니터: 가장 열심히 하는 기업에서 역효과 발생. 천장효과와 참조 기준 이동 관리 필요
7. 측정 도구 개선: Q3_차이(단일 자기보고) → 객관적 행동 지표, 조직 수준 성과 데이터, 다시점 추적 필요

최종 업데이트: 2026-03-28

1.

산출물	형식	위치
종합해석 및 판단	MD	docs/05_ / / /
K-하이테크 분석결과 보고서	MD	docs/05_ / / /

2. 1

산출물	형식	특징
1차_임시분석_보고서	QMD (apaquarto)	APA 양식 학술 보고서
1차_임시분석_보고서_해설	QMD (narrative)	해설형 서술 보고서

위치: docs/05_ / / /1 _ _ /

3. QMD (16)

각 보고서는 4개 포맷(HTML, PDF, DOCX, MD)으로 렌더링되어 총 64개 파일이 생성되었다.

#	보고서	트랙
1	T0_01_기술통계	T0
2	T0_02_상관분석	T0
3	T1_교육효과_01_요인분석	T1
4	T1_교육효과_02_집단비교	T1

#	보고서	트랙
5	T1_교육효과_03_현업적용도구인	T1
6	T1_교육효과_04_과정유형비교	T1
7	T2LPA_프로파일_01_LPA분석보고서	T2
8	T3QCA_조건조합_01_QCA분석보고서	T3
9	T4_복수참여_01_종단분석보고서	T4
10	T5_애로사항_01_텍스트분석보고서	T5
11	T6_기술수요_01_네트워크분석보고서	T6
12	T7IPA_갭분석_01_IPA갭분석	T7
13	T81_패널회귀_01_패널회귀분석보고서	T8-1
14	T82_1_PSM_DT교육경험_01_보고서	T8-2-1
15	T82_2_PSM_SF도입_01_보고서	T8-2-2
16	T82_3_PSM_복수참여_01_보고서	T8-2-3

위치: docs/05_ / / /

4. R (13)

트랙	R 프로젝트	위치
T0	T0_탐색적분석	docs/05_ /Analysis/T0_ /
T1	T1_회귀_교육효과	docs/05_ /Analysis/T1_ _ /
T2	T2_LPA_프로파일	docs/05_ /Analysis/T2_LPA_ /
T3	T3_QCA_조건조합	docs/05_ /Analysis/T3_QCA_ /
T4	T4_종단_복수참여	docs/05_ /Analysis/T4_ _ /
T5	T5_텍스트_애로사항	docs/05_ /Analysis/T5_ _ /
T6	T6_네트워크_기술수요	docs/05_ /Analysis/T6_ _ /
T7	T7_IPA_갭분석	docs/05_ /Analysis/T7_IPA_ /
T8-1	T8_1_패널회귀	docs/05_ /Analysis/T8_1_ /
T8-2-1	T8_2_1_PSM_DT교육경험	docs/05_ /Analysis/T8_2_1_PSM_DT
T8-2-2	T8_2_2_PSM_SF도입	docs/05_ /Analysis/T8_2_2_PSM_SF /
T8-2-3	T8_2_3_PSM_복수참여	docs/05_ /Analysis/T8_2_3_PSM_ /

총 R 코드: 4,362 lines

5.

산출물	형식	위치
K-하이테크_통합데이터_v2	XLSX	docs/01_ / /04_output/
K-하이테크_코드북_v2	XLSX	docs/01_ / /04_output/
조사항목 변경사항	MD	docs/01_ / /02_data_processing_docu
데이터 현황보고	MD	docs/01_ / /02_data_processing_docu

6.

산출물	위치
아이디어노트 (유형별)	docs/02_ /
아이디어노트 (주제별, 7개 Theme)	docs/02_ /
변수추천	docs/02_ / /
LCA/LPA 적용가능성	docs/02_ / /
QCA 적용가능성	docs/02_ / /
복수참여기업 분석방안	docs/02_ / /
기타방법론 추천	docs/02_ / /

항목	수량
R 프로젝트	13개
R 코드 라인	4,362 lines
QMD 보고서	16개
렌더링 파일 (4포맷)	64개
종합 문서	2개
임시 보고서	2개
데이터 파일	4개
연구설계 문서	7개+

References