creative commons
COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

박사학위논문

특허 네트워크 기반 기술기회 탐색과 기업별 기술기회 활용 준비도 평가

치과 의료기기 산업을 중심으로

2026년

한 성 대 학 교 대 학 원

스마트융합컨설팅학과

스마트팩토리컨설팅전공

유 성 환

HANSUNG
UNIVERSITY

박 사 학 위 논 문
지도교수 박 인 채

특허 네트워크 기반 기술기회 탐색과 기업별 기술기회 활용 준비도 평가

치과 의료기기 산업을 중심으로

Patent Network-Based Technology Opportunity Discovery and Firm-Level Opportunity Readiness Assessment: The Case of the Dental Medical Device Industry

HANSUNG UNIVERSITY

2026년 6월 일

한 성 대 학 교 대 학 원

스마트융합컨설팅학과

스마트팩토리컨설팅전공

유 성 환

박 사 학 위 논 문
지도교수 박 인 채

특허 네트워크 기반 기술기회 탐색과 기업별 기술기회 활용 준비도 평가

치과 의료기기 산업을 중심으로

Patent Network-Based Technology Opportunity Discovery and Firm-Level Opportunity Readiness Assessment: The Case of the Dental Medical Device Industry

위 논문을 공학 박사학위 논문으로 제출함

2026년 6월 일

한 성 대 학 교 대 학 원

스마트융합컨설팅학과

스마트팩토리컨설팅전공

유 성 환

HANSUNG UNIVERSITY

유성환의 공학 박사학위 논문을 인준함

2026년 6월 일

심사위원장 박 현 성 (인)

심 사 위 원 이 상 복 (인)

심 사 위 원 장 혜 진 (인)

심 사 위 원 황 희 중 (인)

심 사 위 원 박 인 채 (인)

HANSUNG UNIVERSITY

국 문 초 록

특허 네트워크 기반 기술기회 탐색과 기업별 기술기회 활용 준비도 평가
: 치과 의료기기 산업을 중심으로

한 성 대 학 교 대 학 원
스 마 트 융 합 컨 설 팅 학 과
스 마 트 팩 토 리 컨 설 팅 전 공
유 성 환

본 연구는 치과 의료기기 산업에서 잠재 기술조합을 단순히 산업 수준의 유망 후보로 제시하는 것만으로는 기업 전략적 의미를 충분히 설명하기 어렵다고 보았다. 동일한 잠재 기술조합이라도 기업이 보유한 8자리 CPC 기술포트폴리오, 기존 조합 경험, 최근 특허 활동, 경쟁 구조에 따라 활용 가능성이 달라질 수 있기 때문이다. 따라서 본 연구는 특허 네트워크를 통해 산업 수준의 잠재 CPC 조합을 도출한 뒤, 이를 기업별 기술포트폴리오와 연결하여 기술기회 활용 준비도(Opportunity Readiness, OR)를 평가하는 분석 프레임워크를 구성하였다. 기존 특허 기반 기술기회 탐색 연구는 주로 산업 수준에서 유망 기술영역이나 잠재 기술조합을 식별하는 데 초점을 두어 왔다. 그러나 산업 수준에서 도출된 기술기회가 특정 기업에게 실제로 활용 가능한 기술기회가 되는지는 기업의 기존 기술포트폴리오, 구성기술 보유 여부, 인접 기술

조합 경험, 최근 활동성, 경쟁구조에 따라 달라질 수 있다. 본 연구는 이러한 문제의식에 따라 산업 수준의 잠재 기술조합 탐색과 기업 수준의 기술기회 활용 준비도 평가를 연결하고자 하였다.

본 연구는 이러한 문제를 실증적으로 검토하기 위해 2010년부터 2024년까지 미국, 유럽, 한국에 출원된 치과 의료기기 관련 특허를 분석대상으로 설정하였다. 본 연구가 먼저 4자리 CPC 공동출현 네트워크를 구성한 이유는, 세부 기술조합을 바로 분석하기보다 치과 의료기기 산업에서 어떤 상위 기술영역이 반복적으로 결합되어 왔는지를 확인할 필요가 있었기 때문이다. 이에 따라 특허 데이터의 중복 제거, CPC 코드 정제, 출원인명 정제를 수행한 뒤, 4자리 CPC 수준에서는 가중연결중심성과 Louvain 군집분석을 활용하여 산업 수준의 핵심 기술분야와 기술군집 구조를 파악하였다. 이후에는 선정된 4자리 CPC 분석범위 안에서 8자리 CPC 코드를 확장하고, 이미 관측된 8자리 CPC 조합을 제외함으로써 아직 특허 데이터에서 함께 등장하지 않은 미관측 8자리 CPC 후보군을 구성하였다. 본 연구에서 Node2Vec과 코사인 유사도는 이 후보군 중 기존 네트워크 구조 안에서 구조적 근접성이 높은 조합을 선별하기 위한 탐색 지표로 사용되었다.

기업 수준 분석에서는 ALIGN TECHNOLOGY, DENTSPLY SIRONA, OSSTEM IMPLANT, 3SHAPE, MEDIT, DIO의 6개 기업을 분석대상으로 선정하였다. 본 연구가 이들 기업을 대상으로 삼은 이유는 치과 의료기기 산업 안에서도 교정, 임플란트, CAD/CAM, 구강스캐너, 수술가이드 등 서로 다른 기술 활용 영역을 대표하기 때문이다. 기업별로 8자리 CPC 기술포트폴리오와 관측 8자리 CPC 조합 경험을 구성한 뒤, 최종 929개의 잠재 기술조합 후보군을 6개 기업의 기술포트폴리오와 연결하여 총 5,574개의 OR 값을 산출하였다. OR은 단순한 기술 유망성 점수가 아니라, 특정 잠재 CPC 조합이 개별 기업의 기존 기술기반과 어느 정도 연결되는지를 평가하기 위한 지표로 설계하였다. 이를 위해 포트폴리오 유사도(PS), 구성기술 보유도(CC), 인접 기술조합 경험(ACE), 최근 활동성(RA), 경쟁 접근성(CI)의 다섯 구성요소를 설정하고, 전문가 AHP 기반 가중치를 적용하여 기업별 상위 10개 평균

OR과 상위 3개 잠재 기술조합을 도출하였다.

분석 결과, 치과 의료기기 산업의 기술융합은 전통적 치과기술을 단독으로 고도화하는 방향보다는 진단·수술기술, 영상처리, 의료정보, 인공지능, 데이터 처리, 적층제조와 결합하는 방향으로 전개되고 있었다. 본 연구는 이러한 결과를 치과 의료기기 산업이 치료 장치 중심 산업에서 데이터 기반 진단·계획·제조가 결합된 디지털 융합 산업으로 이동하고 있음을 보여주는 증거로 해석하였다. 또한 Node2Vec 기반 구조적 근접성은 기존 특허 데이터에서 아직 함께 관측되지 않은 8자리 CPC 조합 중 구조적으로 가까운 후보를 식별하는 데 유용하였다. 그러나 본 연구는 이 구조적 근접성을 미래 출현 확률이나 사업화 가능성으로 직접 해석하지 않는다. 이 값은 어디까지나 기존 CPC 공동출현 네트워크 안에서 두 8자리 CPC 코드가 유사한 구조적 맥락을 공유하는 정도를 보여주는 탐색 지표로 한정하여 해석해야 한다.

기업별 OR 분석 결과는 본 연구의 핵심 문제의식을 뒷받침한다. 산업 수준에서 동일하게 도출된 잠재 8자리 CPC 조합이라도 기업의 기존 기술포트폴리오와 연결되는 방식에 따라 활용 준비도는 다르게 나타났다. 기업별 상위 10개 평균 OR은 각 기업이 상위 기술기회 후보군 전반에 대해 어느 정도의 준비도를 갖는지를 비교하게 해주며, 기업별 상위 3개 잠재 기술조합은 해당 기업의 기술포트폴리오와 가장 강하게 접속되는 구체적 기회 영역을 보여준다. 따라서 본 연구는 잠재 기술조합을 산업 전체의 유망 후보로만 해석하는 것은 불충분하다고 판단한다. 잠재 CPC 조합은 기업의 기존 기술기반, 조합 경험, 최근 활동성, 경쟁 접근성과 결합될 때 비로소 기업별 기술기회로 해석될 수 있다.

본 연구는 Node2Vec 기반 잠재 CPC 조합과 OR 결과를 단일 정량지표만으로 확정적으로 주장하는 것은 적절하지 않다고 보았다. 이에 따라 분석결과의 타당성을 보완하기 위해 시간기반 예측 타당성 검토와 전문가 내용타당도 검토를 병행하였다. 시간기반 검토는 학습기간에는 관측되지 않았던 기술조합이 이후 검토기간에 실제 신규 조합으로 등장하는지를 확인함으로써,

Node2Vec 구조적 근접성이 단순한 구조적 유사도에 머무르지 않고 일정 수준의 예측적 의미를 가질 수 있는지를 검토하기 위한 절차이다. 전문가 내용타당도 검토는 정량분석으로 도출된 잠재 CPC 조합과 OR 해석이 치과 의료기기 산업의 기술·제품·임상 맥락에서 해석 가능한지를 확인하기 위한 보완 절차로 활용하였다.

본 연구의 의의는 단순히 새로운 분석기법을 적용한 데 있지 않다. 첫째, 본 연구는 기술기회 탐색의 분석 초점을 산업 수준의 유망기술조합 탐색에서 기업별 활용 가능성 평가로 확장하였다. 이는 잠재 기술조합이 산업적으로 유망하더라도 모든 기업에게 동일한 전략적 의미를 갖지는 않는다는 문제의식에 기반한다. 둘째, 4자리 CPC 기반 산업 수준 분석과 8자리 CPC 기반 기업 수준 분석을 연결함으로써, 산업 구조를 해석할 수 있는 상위 수준의 설명력과 기업별 기술기회를 평가할 수 있는 세부성을 함께 확보하였다. 셋째, Node2Vec은 잠재 CPC 조합을 식별하는 탐색 도구로 활용하고, OR은 해당 조합의 기업별 활용 준비도를 평가하는 후속 지표로 구성함으로써 특허 네트워크 분석의 활용 범위를 확장하였다. 넷째, 시간기반 검토와 전문가 내용타당도 검토를 결합하여 정량분석 결과를 무조건적인 예측값이 아니라 해석 가능한 기술기회 후보로 검토할 수 있는 절차를 제시하였다.

종합하면, 본 연구는 치과 의료기기 산업의 특허 네트워크에서 잠재 CPC 조합을 도출하고, 이를 기업별 기술포트폴리오와 연결하여 기업별 기술기회 활용 준비도를 평가하는 분석적 접근을 제시하였다. 본 연구의 결과는 기업별 R&D 전략, 특허 포트폴리오 관리, 기술협력 후보 탐색, 신규 제품 개발 방향 설정에서 우선 검토할 기술조합을 선별하는 기초자료로 활용될 수 있다. 그러나 본 연구의 결과를 곧바로 사업화 성공 가능성이나 시장성과로 해석해서는 안 된다. OR은 특허분류와 특허활동에 기반한 상대적 준비도 지표이며, 실제 사업화 판단을 위해서는 기업 내부 역량, 규제 승인 가능성, 임상적 유효성, 시장 수요, 생산 역량과 같은 추가 자료가 결합되어야 한다. 이러한 한계를 명확히 전제할 때, 본 연구의 프레임워크는 산업 수준의 잠재 기술조합을 기업별 전략 검토 대상으로 전환하는 데 의미가 있다.

주제어: 기술기회 탐색, 특허 네트워크, CPC 공동출현 네트워크, Node2Vec, 잠재 기술조합, 기업 기술포트폴리오, Opportunity Readiness, 치과 의료기기 산업

HANSUNG UNIVERSITY

목 차

I. 서 론 ····· 1

1.1 연구의 배경 및 필요성 ····· 1
1.2 연구 목적 ····· 5
1.3 연구 문제 ····· 6
1.4 논문의 구성 ····· 7

II. 이론적 배경 및 선행연구 ····· 9

2.1 특허정보 기반 기술기회 탐색 연구 ····· 9
2.2 특허분류 공동출현과 기술융합 분석 연구 ····· 11
2.3 링크예측과 네트워크 임베딩 기반 잠재 관계 탐색 연구 ····· 13
2.4 기업 기술포트폴리오와 기술기회 활용 가능성 연구 ····· 15
2.5 선행연구 종합과 본 연구의 차별성 ····· 18

III. 연구방법 ····· 22

3.1 연구 분석 절차 ····· 22
3.2 특허 데이터 수집 ····· 25
3.3 특허 데이터 정제 기준 ····· 28
3.4 산업 수준과 기업 수준의 분석 단위 설정 ····· 30
3.5 산업 수준 기술결합 네트워크 구성 ····· 33
3.6 핵심 기술분야와 주요 기술조합 선정 ····· 34
3.7 잠재 기술조합 후보군 구성 ····· 36

3.8 잠재 기술조합 도출 ····· 40
3.9 기업별 기술포트폴리오 구성 ····· 42
3.10 기업별 기술기회 활용 준비도 평가 기준 ····· 43
3.10.1 포트폴리오 유사도(PS) ····· 46
3.10.2 구성기술 보유도(CC) ····· 47
3.10.3 인접 기술조합 경험(ACE) ····· 48
3.10.4 최근 활동성(RA) ····· 49
3.10.5 경쟁 접근성(CI) ····· 49
3.11 기업별 기술기회 활용 준비도 산출 및 결과 제시 기준 ····· 51
3.11.1 동일가중 기술기회 활용 준비도 ····· 52
3.11.2 AHP 가중치 산정과 전문가 구성 ····· 52
3.11.3 AHP 가중 기술기회 활용 준비도 산출식 ····· 54
3.11.4 기업별 기술기회 활용 준비도 결과 제시 기준 ····· 55
3.12 분석 결과의 타당성 검토 ····· 56
3.12.1 시간기반 예측 타당성 검토 ····· 57
3.12.2 전문가 내용타당도 검토 ····· 57
3.13 소결 ····· 58

IV. 치과 의료기기 산업의 기술융합 구조와 잠재 기술조합 ····· 60

4.1 제4장의 분석 목적과 흐름 ····· 60
4.2 분석 데이터의 구성 ····· 62
4.3 치과 의료기기 산업의 기술결합 네트워크 ····· 63
4.4 산업 내 핵심 기술분야와 기술군집 ····· 65
4.4.1 연결성이 높은 핵심 기술분야 ····· 65
4.4.2 밀접하게 연결된 기술군집 ····· 68
4.5 주요 관측 기술조합 분석 결과 ····· 70
4.6 잠재 기술조합 탐색을 위한 분석범위 선정 ····· 72
4.7 미관측 세부 기술조합 후보군 ····· 76
4.8 잠재 기술조합 도출 결과 ····· 79
4.9 소결 ····· 82

V. 기업별 기술포트폴리오 분석 ····· 83

5.1 제5장의 분석 목적과 흐름 ····· 83
5.2 분석대상 기업 선정과 기업명 정제 ····· 84
5.2.1 분석대상 선정 기준 ····· 84
5.2.2 기업명 표준화 기준 ····· 86
5.3 기업별 특허 규모와 보유기술 범위 ····· 88
5.4 기업별 주요 보유기술 분야 ····· 91
5.5 기업별 기존 기술조합 경험 ····· 94
5.6 선도기업과 도전기업의 기술포트폴리오 비교 ····· 96
5.7 기업별 기술포트폴리오의 전략적 위치 ····· 98
5.8 소결 ····· 100

VI. 기업별 기술기회 활용 준비도 분석 ····· 102

6.1 제6장의 분석 목적과 역할 ····· 102
6.2 기업별 기술기회 평가 대상과 기준 ····· 103
6.2.1 평가 대상 기업과 잠재 기술조합 ····· 104
6.2.2 기술기회 활용 준비도의 평가요소 ····· 105
6.2.3 전문가 가중치를 반영한 평가 방식 ····· 107
6.3 기업별 상위 기술기회 활용 준비도 비교 ····· 110
6.4 기업별 핵심 잠재 기술기회 해석 ····· 113
6.5 소결 ····· 117

VII. 분석결과의 타당성 검토 및 논의 ····· 120

7.1 제7장의 목적과 구성 ····· 120
7.2 시간기반 예측 타당성 검토 ····· 121
7.2.1 시간기반 검토 ····· 121

7.2.2 시간기반 검토 결과 ····· 124
7.2.3 잠재 기술조합 도출 결과의 예측적 의미 ····· 125
7.3 전문가 내용타당도 검토 ····· 126
7.3.1 전문가 검토 절차 ····· 127
7.3.2 잠재 기술조합 해석에 대한 전문가 평가 ····· 129
7.3.3 평가요소와 기업별 해석에 대한 전문가 평가 ····· 131
7.3.4 전문가 의견과 반영 내용 ····· 137
7.3.5 전문가 검토 결과 종합 ····· 139
7.4 연구 문제별 종합 논의 ····· 140
7.4.1 RQ1: 치과 의료기기 산업의 기술융합 구조 논의 ····· 140
7.4.2 RQ2: 잠재 기술조합 도출 결과 논의 ····· 141
7.4.3 RQ3: 기업별 기술기회 활용 준비도 차이 논의 ····· 142
7.4.4 RQ4: 분석결과의 타당성 논의 ····· 142
7.5 소결 ····· 143

VIII. 결론 ····· 145

8.1 연구의 요약 ····· 145
8.2 연구 문제별 결론 ····· 148
8.2.1 RQ1: 치과 의료기기 산업의 기술융합 구조 ····· 148
8.2.2 RQ2: 잠재 기술조합 도출 ····· 149
8.2.3 RQ3: 기업별 기술기회 활용 준비도 ····· 150
8.2.4 RQ4: 예측 타당성 및 해석 타당성 ····· 151
8.3 연구의 주요 기여 ····· 152
8.3.1 학술적 기여 ····· 152
8.3.2 실무적 기여 ····· 154
8.4 연구의 한계와 향후 연구 ····· 156
8.5 최종 결론 ····· 157

HANSUNG UNIVERSITY

참 고 문 헌 ····· 159

부 록 ····· 172

ABSTRACT ····· 219

HANSUNG UNIVERSITY

표 목 차

[표 1-1] 연구 문제와 분석 장의 연결 ····· 7
[표 2-1] 선행연구 흐름, 한계 및 본 연구의 반영 ····· 19
[표 3-1] 연구의 분석 절차와 산출물 ····· 23
[표 3-2] 특허 데이터 수집 기준 ····· 27
[표 3-3] 특허 데이터 정제 기준 ····· 29
[표 3-4] CPC 분석 단위의 역할 구분 ····· 32
[표 3-5] 미관측 8자리 CPC 후보군 구성 절차 ····· 37
[표 3-6] 4자리 CPC 분석범위 설정 기준 ····· 39
[표 3-7] OR 구성요소의 이론적 근거와 조작적 정의 ····· 45
[표 3-8] AHP 가중치 산정 전문가 구성 및 선정 기준 ····· 53
[표 4-1] 치과 의료기기 특허 데이터 정제 결과 ····· 63
[표 4-2] 4자리 CPC 공동출현 네트워크 개요 ····· 64
[표 4-3] 가중연결중심성 상위 CPC ····· 66
[표 4-4] 핵심 CPC 기술분야 해석 ····· 67
[표 4-5] Louvain 군집별 주요 CPC 구성 ····· 68
[표 4-6] 4자리 CPC 분석범위 설정 결과 ····· 73
[표 4-7] 분석대상 4자리 CPC 기술조합의 기술적 의미 ····· 75
[표 4-8] 미관측 8자리 CPC 후보군 구성 결과 ····· 76
[표 4-9] 미관측 8자리 CPC 후보군 및 구조적 근접성 요약 ····· 77
[표 4-10] Node2Vec 기반 상위 잠재 기술조합 도출 결과 ····· 79
[표 4-11] 제4장 잠재 기술조합 도출과 제6장 OR 분석의 역할 구분 ····· 81
[표 5-1] 대표기업 선정 기준과 기술활용 영역 ····· 86
[표 5-2] 출원인명 정제 절차 ····· 87
[표 5-3] 대표기업별 특허 규모와 8자리 CPC 포트폴리오 규모 ····· 88
[표 5-4] 대표기업별 주요 8자리 CPC 기술분야 ····· 91
[표 5-5] 기업별 관측 8자리 CPC 조합 경험 분석 기준 ····· 95

[표 5-6] 선도기업과 도전기업 비교 관점 ····· 97
[표 5-7] 대표기업별 기술포트폴리오의 전략적 위치 ····· 99
[표 6-1] Opportunity Readiness 구성요소와 해석 ····· 106
[표 6-2] AHP 가중치 및 OR 산출 기준 ····· 109
[표 6-3] 분석대상 기업별 상위 10개 평균 OR 결과 ····· 110
[표 6-4] 기업별 상위 3개 잠재 8자리 CPC 조합 심층 해석 ····· 115
[표 7-1] 시간기반 예측 타당성 검토 설계 ····· 123
[표 7-2] 시간기반 예측 타당성 검토 결과 ····· 124
[표 7-3] 전문가 내용타당도 검토 설계 ····· 128
[표 7-4] 잠재 기술조합별 전문가 검토 결과 ····· 130
[표 7-5] OR 구성요소별 전문가 검토 결과 ····· 132
[표 7-6] OR 기반 전략 해석에 대한 전문가 검토 결과 ····· 133
[표 7-7] 기업별 OR 결과 해석에 대한 전문가 검토 결과 ····· 135
[표 7-8] 전문가 개방형 의견 요약 및 반영 내용 ····· 138

HANSUNG UNIVERSITY

그 림 목 차

[그림 3-1] 연구설계와 분석 절차 ····· 25
[그림 3-2] CPC 계층구조와 본 연구의 분석단위 ····· 33
[그림 4-1] 제4장 분석 흐름 ····· 61
[그림 4-2] 4자리 CPC 공동출현 네트워크와 기술군집 구조 ····· 71
[그림 5-1] 제5장 분석 흐름 ····· 84
[그림 6-1] OR 산출 구조 ····· 107

HANSUNG UNIVERSITY

Ⅰ. 서론

1.1 연구의 배경 및 필요성

디지털 전환은 기업의 기술개발 방식과 산업 경쟁구조를 근본적으로 변화시키고 있다. 과거의 기술혁신은 특정 제품, 공정, 장비의 성능 개선이나 효율화에 초점을 두는 경우가 많았으나, 최근의 기술혁신은 인공지능, 데이터, 영상처리, 의료정보, 플랫폼, 자동화, 적층제조와 같은 디지털 기술이 기존 산업기술과 결합되면서 새로운 기술조합을 형성하는 방향으로 전환되고 있다(Vial, 2019; Nambisan et al., 2017; Verhoef et al., 2021; 권상집·안경민, 2024). 본 연구는 디지털 전환을 단순한 정보기술 도입이나 생산 자동화의 확산으로 보지 않는다. 디지털 전환의 핵심은 기존 산업기술이 인공지능, 데이터 처리, 영상처리, 의료정보, 플랫폼, 자동화, 적층제조와 결합하면서 새로운 기술조합을 형성한다는 데 있다. 과거의 기술혁신이 특정 제품, 공정, 장비의 성능 개선에 초점을 두었다면, 최근의 기술혁신은 서로 다른 기술영역의 결합을 통해 새로운 제품 구조와 경쟁 방식을 만들어내고 있다. 따라서 디지털 전환은 기업의 가치창출 방식, 혁신 프로세스, 조직역량, 경쟁전략을 동시에 변화시키는 구조적 현상으로 이해되어야 한다.

기존 연구들은 디지털 전환을 조직의 가치창출 경로, 비즈니스 모델, 운영 프로세스, 혁신관리 방식의 변화로 설명해 왔다(Vial, 2019; Nambisan et al., 2017; Verhoef et al., 2021). 본 연구는 이러한 논의를 기술기회 탐색의 관점에서 재해석한다. 디지털 전환 환경에서 중요한 질문은 단일 기술이 얼마나 성장하는가가 아니라, 기존 산업기술과 디지털 기술이 어떤 방식으로 결합되고 그 결합이 어떤 기업에게 활용 가능한 기회가 되는가이다. 이 점에서 치

과 의료기기 산업은 적절한 분석대상이다. 치과 의료기기 산업에서는 전통적인 치과 치료, 보철, 임플란트, 진단·수술 기술이 영상처리, 의료정보, 인공지능, 데이터 처리, CAD/CAM, 3D 프린팅과 결합하면서 기술융합의 양상이 뚜렷하게 나타나고 있기 때문이다(Mangano et al., 2017; Zimmermann et al., 2015). 또한 치과 분야에서는 디지털 워크플로우, 구강스캐너, CAD/CAM 기반 보철설계, 인공지능 영상판독 및 진단지원 기술이 진료·설계·제조·시술지원 과정을 데이터 기반으로 연결하는 방향으로 발전하고 있다(Joda et al., 2015; Joda et al., 2017; Mangano et al., 2017; Zimmermann et al., 2015; Schwendicke et al., 2020; 신동환 외, 2021).

기술기회 탐색은 기업이 미래 기술개발 방향을 설정하고 신사업 후보를 발굴하는 과정에서 중요한 역할을 한다. 그러나 본 연구는 기술기회 탐색을 단순한 유망기술 목록 작성으로 이해하지 않는다. 기업에게 의미 있는 기술기회는 산업적으로 유망하게 보이는 기술이 아니라, 해당 기업의 기존 기술기반과 연결되어 실제 연구개발이나 제품 전략으로 전환될 수 있는 기술조합이다. 윤병운·박인채·이호신·고병열(2011)과 박인채(2017)의 연구는 기술기회 탐색이 전문가 직관에만 의존하는 활동이 아니라, 특허정보와 과학기술 데이터를 활용하여 체계적으로 수행될 수 있음을 보여준다. 본 연구는 이러한 관점을 수용하되, 기술기회 탐색의 초점을 산업 수준의 잠재 CPC 조합 도출에서 기업별 활용 준비도 평가로 확장한다.

특허정보는 기술내용, 출원인, 출원연도, 기술분류, 인용정보 등을 포함하고 있기 때문에 기술변화와 기업의 기술활동을 파악하는 데 활용될 수 있다(Griliches, 1990; OECD, 2009; 김지은·이성주, 2013). 특히 협력특허분류(Cooperative Patent Classification, CPC)와 같은 특허분류체계는 기술영역 간 관계를 구조적으로 분석할 수 있는 기반을 제공하며, 특허분류 간 공동출현 관계는 기술융합 구조를 분석하는 데 활용될 수 있다(Leydesdorff, 2009; Curran & Leker, 2011; 백현미·김명숙, 2013; 전상규, 2021; 김경수, 2020). 하나의 특허에 복수의 CPC가 함께 부여되었다는 것은 해당 발명이 둘 이상의 기술영역을 결합하고 있음을 의미할 수 있으며, 이러한 공동출현 관계를

네트워크로 구성하면 산업 내 기술융합 구조를 파악할 수 있다. 본 연구에서 특허정보는 단순한 기술문헌이 아니라, 기업과 산업의 기술활동을 관찰할 수 있는 구조화된 자료로 사용된다. 특허에는 기술내용, 출원인, 출원연도, 기술분류, 인용정보가 포함되어 있기 때문에 특정 산업에서 어떤 기술영역이 등장하고, 어떤 기업이 해당 기술영역에서 활동하며, 어떤 기술분류가 반복적으로 결합되는지를 파악할 수 있다. 특히 CPC는 기술영역 간 관계를 비교 가능한 형태로 분석할 수 있는 분류체계이다. 하나의 특허에 복수의 CPC가 함께 부여되었다는 것은 해당 발명이 둘 이상의 기술영역을 결합하고 있음을 의미할 수 있다. 따라서 본 연구는 CPC 공동출현 관계를 네트워크로 구성하여 치과의료기기 산업의 기술융합 구조를 파악하는 분석 기반으로 활용하였다.

그러나 기존 특허 기반 기술기회 탐색 연구는 대체로 산업 또는 기술영역 수준에서 유망기술, 기술공백, 잠재 기술조합을 식별하는 데 초점을 두었다. 박영진·고남욱·윤장혁(2015), 정재민·정병기·윤장혁(2020), Porter and Cunningham(2005), Yoon et al.(2014), Lee et al.(2015), Song et al.(2017)의 연구는 특허정보, 기술문헌, 기능정보, 제품정보를 활용하여 기술기회를 탐색하는 방법론적 기반을 제공했다는 점에서 중요하다. 다만 본 연구는 이들 연구가 산업 수준의 잠재성 분석과 기업 수준의 활용 가능성 평가를 충분히 연결하지 못했다고 판단한다. 산업 수준에서 유망한 기술조합을 도출하더라도, 그 조합이 특정 기업의 기존 기술포트폴리오와 어떻게 연결되는지 설명하지 못하면 기업 전략 관점의 기술기회로 해석하기 어렵기 때문이다. 이러한 한계를 보완하기 위해 본 연구는 산업 수준의 잠재 기술조합 도출과 기업별 OR 평가를 하나의 분석틀 안에서 연결하였다.

본 연구가 특히 주목하는 지점은 산업 수준의 유망성이 곧바로 기업 수준의 전략적 기회로 전환되지 않는다는 점이다. 어떤 기술조합이 산업 전체에서 성장 가능성이 높더라도, 특정 기업이 해당 기술과 관련된 기존 지식기반을 보유하지 못했거나, 유사한 기술조합을 경험한 적이 없거나, 최근 관련 특허 활동을 수행하지 않았다면 실제 활용 가능성은 제한적일 수 있다. 따라서 기술기회는 산업 수준에서 발견되는 잠재성만으로 판단하기 어렵다. 기업이 외

부 기술기회를 인식하고 활용하기 위해서는 내부의 관련 선행지식이 필요하다는 흡수역량 관점에서 보더라도, 잠재 기술조합은 기업별 기술포트폴리오와 연결하여 해석되어야 한다(Cohen & Levinthal, 1990; Zahra & George, 2002).

또한 기술혁신은 기존 기술요소의 재조합을 통해 이루어질 수 있지만, 익숙하지 않은 조합일수록 불확실성이 증가할 수 있으며(Fleming, 2001), 기업은 완전히 낯선 기술영역보다 기존 역량과 관련성이 높은 인접 영역으로 확장할 가능성이 높다(Neffke et al., 2011).

따라서 본 연구는 기술기회 탐색을 산업 수준의 유망기술 조합을 식별하는 단계에서 멈추어서는 안 된다고 본다. 중요한 것은 해당 기술조합이 개별 기업의 기존 기술포트폴리오와 어떤 방식으로 연결되는지를 함께 검토하는 것이다. 치과 의료기기 산업의 경우 글로벌 기업과 국내 기업이 교정, 임플란트, 구강스캐너, CAD/CAM, 수술가이드 등 서로 다른 기술 활용 영역을 보유하고 있다. 이 때문에 동일한 잠재 CPC 조합이라도 ALIGN TECHNOLOGY, OSSTEM IMPLANT, MEDIT, DIO와 같은 기업에게 갖는 전략적 의미는 서로 다를 수 있다. 이러한 산업적 특성 때문에 치과 의료기기 산업은 산업 수준의 잠재 기술조합과 기업별 기술기회 활용 준비도를 함께 분석하기에 적합한 분야라고 판단하였다.

본 연구는 이러한 문제의식에서 출발한다. 즉, 본 연구는 치과 의료기기 산업의 특허 네트워크를 활용하여 산업 수준의 기술융합 구조와 잠재 기술조합을 분석하고, 이를 기업별 기술포트폴리오와 연결하여 기업별 기술기회 활용 준비도(Opportunity Readiness)를 평가하는 분석 프레임워크의 유효성과 해석 타당성을 실증적으로 검토하고자 한다.

1.2 연구 목적

본 연구의 목적은 치과 의료기기 산업의 특허 네트워크를 활용하여 잠재 기술조합을 도출하는 데서 그치지 않고, 해당 조합이 기업별 기술포트폴리오와 연결될 때 실제로 어떤 활용 준비도 차이로 나타나는지를 실증적으로 규명하는 데 있다. 이를 위해 본 연구는 Node2Vec 기반 잠재 CPC 조합 도출과 Opportunity Readiness(OR) 평가를 결합한 방법론적 프레임워크를 구성하고, 그 유효성과 해석 타당성을 치과 의료기기 산업 데이터를 통해 검토한다.

기존 특허 기반 기술기회 탐색 연구는 산업 또는 기술 분야 수준에서 유망 기술영역, 기술공백, 잠재 기술조합을 식별하는 데 중요한 기여를 해 왔다. 그러나 본 연구는 이러한 결과만으로는 기업 전략 관점의 기술기회를 충분히 설명하기 어렵다고 본다. 산업 수준에서 식별된 잠재 기술조합이 개별 기업에게 실제 활용 가능한 전략적 기회가 되기 위해서는, 해당 기업의 기존 기술포트폴리오와 얼마나 가까운지, 구성기술을 보유하고 있는지, 유사한 조합 경험을 갖고 있는지, 최근에도 관련 활동을 이어가고 있는지를 별도로 검토해야 한다.

특정 기업이 잠재 기술조합을 연구개발, 제품기획, 특허전략 또는 사업화 전략으로 전환하기 위해서는 기존 기술포트폴리오와의 구조적 관련성, 구성기술 보유 여부, 인접 기술조합 경험, 최근 기술활동성, 경쟁구조상 접근 가능성이 함께 고려되어야 한다.

이에 본 연구는 산업 수준의 잠재 기술조합 탐색과 기업 수준의 기술기회 활용 준비도 평가를 연결하는 분석 프레임워크를 구성하였다. 이 프레임워크에서 CPC 공동출현 네트워크는 치과 의료기기 산업의 기존 기술결합 구조를 파악하기 위한 기반이며, Node2Vec 기반 구조적 근접성 분석은 아직 관측되

지 않은 8자리 CPC 조합 중 후속 검토가 필요한 잠재 CPC 조합을 선별하기 위한 절차이다. 그러나 본 연구는 Node2Vec 결과만으로 기술기회의 전략적 의미를 확정하지 않는다. 기업 수준에서는 각 기업의 8자리 CPC 기술포트폴리오와 잠재 기술조합 간의 관련성을 OR로 산출함으로써, 동일한 잠재 CPC 조합이라도 기업별 활용 준비도가 어떻게 달라지는지를 평가한다.

이를 통해 본 연구는 특허 네트워크 기반 기술기회 탐색이 산업 수준의 유망기술 도출에 머무르지 않고, 기업별 기술포트폴리오와 연결될 때 어떠한 활용 준비도 차이로 나타나는지를 실증적으로 규명하고자 한다. 특히 본 연구는 치과 의료기기 산업의 실제 특허 데이터를 활용하여 잠재 기술조합 탐색과 기업별 OR 평가의 적용 가능성을 검토함으로써, 기술기회 탐색 연구를 산업 수준의 잠재성 분석에서 기업별 활용 가능성 평가로 확장한다.

HANSUNG UNIVERSITY

1.3 연구 문제

본 연구는 치과 의료기기 산업의 특허 네트워크를 기반으로 잠재 기술조합을 도출하고, 이를 기업별 기술포트폴리오와 연결하여 기술기회 활용 준비도(Opportunity Readiness)를 평가하는 방법론적 프레임워크를 검토한다. 여기서 핵심은 잠재 기술조합을 얼마나 많이 찾는가가 아니라, 산업 수준에서 도출된 조합이 기업별 기술기반과 연결될 때 어떤 전략적 차이로 해석될 수 있는가이다. 따라서 본 연구는 산업 수준의 기술융합 구조, Node2Vec 기반 잠재 CPC 조합, 기업별 OR 차이, 분석결과의 타당성 검토를 중심으로 다음의 연구 문제를 설정하였다.

RQ1. 치과 의료기기 산업의 특허 네트워크에서 기술융합 구조와 핵심 기술결합 방향은 어떠한 양상으로 나타나는가?

RQ2. Node2Vec 기반 특허 네트워크 분석은 기존 특허 데이터에서 아직

관측되지 않은 어떠한 잠재 기술조합을 식별하며, 이들 조합은 어떤 기술적 특성을 보이는가?

RQ3. 산업 수준에서 식별된 잠재 기술조합은 기업별 기술포트폴리오와 연결될 때 어떠한 기술기회 활용 준비도(Opportunity Readiness)의 차이로 나타나는가?

RQ4. 시간기반 검증과 전문가 내용타당도 검토는 Node2Vec 기반 잠재 기술조합 도출 결과와 OR 기반 기업별 기술기회 해석의 예측 타당성 및 해석 타당성을 어떻게 뒷받침하는가?

[표 1-1] 연구 문제와 분석 장의 연결

연구 문제	주요 분석방법	연결장
RQ1	치과 의료기기 산업의 특허 네트워크 기반 기술융합 구조	제 4 장
RQ2	Node2Vec 기반 잠재 기술조합 식별 및 기술적 특성	제 4 장
RQ3	기업별 기술포트폴리오와 OR 차이	제 5 장, 제 6 장
RQ4	예측 타당성 및 해석 타당성 검토	7 장

[표 1-1]은 본 연구의 연구 문제가 각 분석 장과 어떻게 연결되는지를 정리한 것이다. RQ1과 RQ2는 산업 수준의 기술융합 구조와 잠재 기술조합 도출을 다루며 제4장과 연결된다. RQ3은 기업별 기술포트폴리오와 OR 차이를 분석하는 문제로 제5장과 제6장에서 다룬다. RQ4는 도출된 잠재 기술조합과 기업별 OR 해석의 타당성을 검토하는 문제로 제7장과 연결된다.

1.4 논문의 구성

본 논문은 총 8장으로 구성된다. 제1장에서는 연구의 배경과 필요성, 연구

목적, 연구 문제 및 논문의 구성을 제시한다. 제2장에서는 기술기회 탐색, 특허 네트워크 분석, Node2Vec 기반 잠재 기술조합 탐색, 흡수역량과 인접 기술기회, Opportunity Readiness의 이론적 기반을 검토한다.

제3장에서는 특허 데이터 수집, CPC 분석 단위 설정, 특허 네트워크 구축, 잠재 기술조합 도출, 기업별 OR 산출 및 검증 설계를 제시한다. 본 연구에서 4자리 CPC와 8자리 CPC를 구분하는 이유, 미관측 8자리 CPC 후보군을 구성하는 이유, Node2Vec 결과를 OR 평가와 연결하는 이유는 모두 제3장의 방법론적 범위 안에서 설명한다. 제4장에서는 치과 의료기기 산업의 4자리 CPC 네트워크 구조와 Node2Vec 기반 잠재 기술조합 도출 결과를 분석하되, 이 결과를 최종 기업전략으로 직접 해석하지 않고 제6장의 기업별 OR 평가와 연결되는 산업 수준의 후보군으로 해석한다. 제5장에서는 분석대상 기업의 8자리 CPC 기술포트폴리오를 비교하고, 기업별 기술활용 영역의 차이를 검토한다. 제6장에서는 산업 수준에서 도출된 잠재 기술조합과 기업별 기술포트폴리오를 연결하여 OR 분석 결과를 제시한다. 제7장에서는 시간기반 검증과 전문가 내용타당도 검토를 통해 Node2Vec 기반 잠재 기술조합 도출 결과의 예측 타당성과 OR 기반 기업별 기술기회 해석의 타당성을 검토한다. 제8장에서는 연구결과를 종합하고, 이론적·방법론적·실무적 시사점, 연구의 한계 및 향후 연구방향을 논의한다.

Ⅱ. 이론적 배경 및 선행연구

2.1 특허정보 기반 기술기회 탐색 연구

기술기회 탐색(Technology Opportunity Discovery, TOD)은 기업이 향후 연구개발 방향, 신제품 개발 가능성, 기술협력 후보, 신규 사업영역을 발굴하기 위해 기술정보를 분석하는 연구영역이다. 기술기회 탐색의 출발점은 미래 유망기술을 예측하는 데 있었지만, 연구의 초점은 점차 특허, 논문, 기술문서, 제품정보, 기능정보, 시장자료를 활용하여 기술공백과 잠재적 조합 가능성을 체계적으로 도출하는 방향으로 이동하였다. 이 변화는 기술기회 탐색이 더 이상 전문가 경험이나 직관에만 의존하는 활동이 아니라, 공개된 기술정보를 활용하여 반복 가능한 분석 절차로 구성될 수 있음을 의미한다(이지호 외, 2023). 특허정보 기반 기술기회 탐색은 기술문서에 포함된 구조화·비구조화 정보를 활용하여 유망 기술영역과 기술공백을 발견하는 방향으로 확장되어 왔다(권영은·김재수, 2018).

Porter and Cunningham(2005)은 기술마이닝(tech mining)을 통해 특허와 과학기술 문헌을 분석하고, 이를 경쟁우위 확보를 위한 기술기회 탐색에 활용할 수 있음을 제시하였다. Daim et al.(2006)은 계량서지분석과 특허분석을 결합하여 신흥기술 예측에 활용할 수 있는 분석틀을 제안하였다. 이후 Yoon et al.(2014)은 기능정보와 제품정보를 연결하여 기술기회를 탐색하는 프레임워크를 제시하였고, Lee et al.(2015)은 특허맵 기반의 신규성 분석을 통해 기술기회 분석 가능성을 보였다. Song et al.(2017)은 특허정보를 활용하여 새로운 기술기회를 발견하는 접근을 제시하였다. 이 연구들은 기술기회 탐색이

기술문서와 특허정보를 기반으로 정량화될 수 있음을 보여준다는 점에서 중요하다(장혜진·노태연·윤병운, 2017). 특허정보 기반 기술기회 탐색 연구는 기술과 제품의 연결, 특허 네트워크와 유망지수, 특허인용 기반 기술가치 분석, 초기 특허자료를 활용한 신기술 출현 추적 등으로 확장되어 왔다(Yoon et al., 2014; Park et al., 2016; Park et al., 2017; Park et al., 2022).

국내 연구에서도 기술기회 탐색은 기술 인텔리전스와 특허분석을 중심으로 축적되어 왔다. 윤병운·박인채·이호신·고병열(2011)은 기술 인텔리전스 관점에서 기술기회 탐색을 유형화하고, 과학기술 정보와 특허정보의 수집·분석·구조화를 통해 유망 기술개발 영역과 기술전략 수립을 지원할 수 있음을 제시하였다. Park et al.(2016)은 특허 네트워크와 유망지수를 활용하여 ICT 분야의 유망기술 발굴 가능성을 검토하였다. 김혜인·박인채·윤병운(2017)은 특허분석을 통해 ICT 분야의 공백기술영역을 도출하는 방법론을 제시하였다. 이들 국내 연구는 본 연구에 중요한 시사점을 제공한다. 기술기회 탐색은 단순한 트렌드 파악이 아니라, 특허정보를 통해 기술전략 수립에 필요한 후보 영역을 체계적으로 좁혀가는 과정이라는 점이다(조한필, 2018).

특허정보가 기술기회 탐색에서 중요한 이유는 단순히 데이터가 많기 때문이 아니다. 특허는 기술내용, 출원인, 출원연도, 기술분류, 인용정보를 동시에 포함한다. 이 때문에 특허자료는 기술이 언제 등장했는지, 어떤 기업이 해당 기술에 투자했는지, 어떤 기술분류가 반복적으로 결합되는지를 함께 보여준다. Griliches(1990)는 특허자료가 혁신활동을 관찰하는 지표가 될 수 있음을 논의하였고, Jaffe(1986), Trajtenberg(1990), Jaffe and Trajtenberg(2002), Hall et al.(2005), Nagaoka et al.(2010)은 특허 및 특허인용 정보가 기술지식 흐름, 기술가치, 혁신성과 분석에 활용될 수 있음을 제시하였다. OECD(2009)의 특허통계 매뉴얼 역시 특허정보가 기술혁신과 산업기술 변화를 분석하는 핵심 자료가 될 수 있음을 뒷받침한다. 의료기기 산업에서도 특허정보는 연구개발 활동, 특허성과, 기술수명, 산업환경, 기업별 기술동향을 파악하는 자료로 활용되어 왔으며, 특히 치과 임플란트와 의료기기 특허 네트워크 분석은 세부 기술수준과 핵심기술 도출에 활용될 수 있다(김도성 외,

2018a; 김도성 외, 2018b; 김도성, 2019; 김민승 외, 2023; 김병국·김광만·김영진, 2015; 전재헌·이창섭·이석준, 2016).

다만 기존 특허정보 기반 기술기회 탐색 연구에는 한계가 있다. 많은 연구가 산업 수준의 유망기술, 기술공백, 잠재 제품기회, 기술융합 가능성을 도출하는 데 초점을 두었다. 이 접근은 산업 전체의 기술변화 방향을 파악하는 데 유용하지만, 기업 전략 관점에서는 충분하지 않다. 산업 수준에서 유망한 기술이라도 기업의 기존 기술포트폴리오와 연결되지 않으면 해당 기업에게는 실질적 기회가 되기 어렵다. 본 연구는 바로 이 지점을 기존 연구의 핵심 공백으로 본다. 기술기회 탐색은 산업 수준에서 “무엇이 유망한가”를 묻는 데서 끝나서는 안 된다. 더 중요한 질문은 “그 유망성이 어떤 기업에게 실제 활용 가능한 기회가 되는가”이다.

2.2 특허분류 공동출현과 기술융합 분석 연구

특허분류 공동출현은 기술융합 구조를 관찰하는 데 유용한 자료이다(김경수, 2020). 하나의 특허에 복수의 특허분류가 함께 부여되었다는 것은 해당 발명이 둘 이상의 기술영역을 포함하거나 결합하고 있음을 의미할 수 있다. 물론 특허분류 공동출현을 제품 수준의 완전한 기술융합이나 시장성과로 직접 해석해서는 안 된다. 그러나 대규모 특허자료에서 반복적으로 나타나는 공동출현 관계는 기술 간 결합의 방향과 반복성을 보여주는 중요한 단서이다(윤석훈·지일용, 2019). 본 연구는 이 점에서 특허분류 공동출현을 산업 수준의 기술융합 구조를 읽는 핵심 자료로 판단한다.

기술융합 연구에서 특허분류 공동출현의 활용 가능성은 이미 여러 연구에서 확인되었다(Geum et al., 2012). Curran and Leker(2011)는 특허 기반 지표를 활용하여 기술융합을 모니터링할 수 있음을 제시하였다. Leydesdorff(2009)는 특허분류가 지식구조와 기술영역 간 관계를 분석하는 지

표로 활용될 수 있음을 보였다. Caviggioli(2016)는 특허자료를 통해 기술융합의 동인을 분석하였고, Wang et al.(2017)은 특허 네트워크와 기술분류 정보를 활용하여 기술기회와 기술융합 방향을 분석하였다. 이러한 연구들은 특허분류가 단순한 행정적 코드가 아니라 기술 간 구조적 관계를 분석하는 자료가 될 수 있음을 보여준다.

국내에서도 특허분류 공동출현과 특허 네트워크 분석은 기술융합 연구에서 널리 활용되었다(김도환·배준성, 2022; 배영임·신혜리, 2017; 조용래·김의석, 2014; 서원철, 2022; 유경영·송지훈, 2023; 윤석훈·지일용 2019; Geum et al., 2012). 김지은·이성주(2013)는 특허정보를 활용하여 산업융합성을 평가하는 방법론을 제시하였다. 백현미·김명숙(2013)은 한국·미국·유럽·일본 특허데이터를 기반으로 특허 네트워크를 구축하여 융합기술 트렌드를 분석하였다. 문진희·권의준·금영정(2017)은 특허 동시분류분석과 텍스트마이닝을 활용하여 사물인터넷 기술융합 구조를 분석하였다(이현민·김선재·김홍영, 2018). 전상규(2021)는 특허 네트워크 분석을 통해 기술융합 및 융합기술 확산 구조를 분석하였다(서원철, 2022). 박수현·윤영미·김호용·김재수(2021)는 바이오헬스 산업을 대상으로 특허 동시분류분석과 텍스트마이닝을 적용하여 기술융합과 트렌드를 분석하였다(유경영·송지훈, 2023).

특허 네트워크 분석은 기술분류 간 관계를 노드와 엣지로 표현함으로써 산업 내 기술구조를 정량적으로 파악할 수 있게 한다(김도환·배준성, 2022; 장성수·이정환, 2023). Freeman(1978)의 중심성 개념은 네트워크에서 핵심 노드를 식별하는 기반을 제공하였다. Newman(2001, 2004)은 복잡계 네트워크와 가중 네트워크 분석의 이론적 토대를 제시하였다. Barabási and Albert(1999), Watts and Strogatz(1998)는 네트워크의 성장, 연결성, 작은 세상 구조를 설명하였다. Blondel et al.(2008)은 대규모 네트워크에서 커뮤니티를 탐지하는 Louvain 알고리즘을 제안하였고, Fortunato(2010)는 커뮤니티 탐지 연구의 이론적 흐름을 종합하였다. 이들 연구는 특허분류 공동출현 네트워크에서 핵심 기술분야, 주요 기술조합, 기술군집을 분석하는 방법론적 기반이 된다(최호창·곽기영·김남규, 2018).

그러나 특허분류 공동출현 네트워크 연구는 대부분 이미 관측된 기술관계를 설명하는 데 강점을 갖는다. 관측된 공동출현 관계는 현재 또는 과거의 기술융합 구조를 파악하는 데 유용하다. 하지만 기술기회 탐색의 핵심은 이미 형성된 관계를 해설하는 데 있지 않다. 중요한 것은 아직 동일 특허에서 함께 관측되지 않았지만, 기존 기술구조 안에서 후속 검토할 가치가 있는 조합을 식별하는 것이다. 이 점에서 특허분류 공동출현 네트워크 분석은 링크예측과 네트워크 임베딩 기반의 잠재 관계 탐색으로 확장될 필요가 있다. 본 연구는 관측된 4자리 CPC 조합을 산업 수준의 기술융합 구조로 해석하고, 그 범위 안에서 미관측 8자리 CPC 조합을 탐색함으로써 기존 공동출현 연구의 설명적 한계를 보완한다.

2.3 링크예측과 네트워크 임베딩 기반 잠재 관계 탐색 연구

링크예측(link prediction)은 네트워크에서 아직 연결되지 않은 두 노드가 향후 연결될 가능성을 기존 네트워크 구조를 기반으로 탐색하는 접근이다. 기술기회 탐색에서 링크예측은 특히 중요하다. 특허분류 공동출현 네트워크에서 두 기술분류가 아직 함께 등장하지 않았더라도, 기존 네트워크 구조 안에서 유사한 연결 맥락을 공유한다면 잠재 기술조합 후보로 검토할 수 있다. Yoon and Magee(2018)는 특허정보 시각화와 링크예측을 결합하여 기술기회를 탐색하는 접근을 제시하였다. Kim et al.(2019)은 링크예측을 활용하여 기술수렴 가능성을 예측하는 연구를 수행하였다. Cho et al.(2021)은 기계학습과 링크예측을 활용하여 미래 기술수렴 패턴을 예측하였다. Park and Geum(2022)은 그래프 합성곱 신경망(GCN) 기반 특허 링크예측을 활용하여 기술융합 가능성을 예측하고, 기업 수준의 기회 검증 단계로 연결하였다. Liu et al.(2023)은 계층적 의미 네트워크와 이중 링크예측을 결합하여 특허 기반 기술기회를 식별하였다. 또한 특허 기반 기술기회 탐색에서는 특허 인용 네트워크의 지식흐름 예측이나 특허 텍스트 의미구조의 임베딩 등 아직 관측되지

않은 기술관계를 탐색하기 위한 다양한 예측·표현학습 접근이 시도되어 왔다(Park & Yoon, 2018; Kim et al., 2020). 다만 본 연구는 특허 인용관계나 텍스트 의미구조가 아니라, CPC 공동출현 네트워크에서 나타나는 구조적 근접성을 활용한다는 점에서 이들 연구와 구별된다.

전통적 링크예측 지표는 해석이 쉽다는 장점이 있다. 그러나 기술분류 네트워크처럼 일부 기술분류가 여러 조합에 반복적으로 등장하고, 기술 간 연결이 다층적으로 형성되는 경우에는 단순 공통 이웃 기반 지표만으로 구조적 근접성을 충분히 설명하기 어렵다. 기술기회 탐색에서는 단순히 공통 이웃의 수보다 기존 네트워크에서 두 기술분류가 어떤 구조적 맥락을 공유하는가가 더 중요할 수 있다. 이 때문에 네트워크 임베딩(network embedding) 기반 접근이 의미를 갖는다.

네트워크 임베딩은 노드의 구조적 위치와 관계 패턴을 저차원 벡터공간에 표현함으로써 직접 연결되지 않은 노드 간의 구조적 근접성을 계산할 수 있게 한다(Goyal & Ferrara, 2018). Perozzi et al.(2014)의 DeepWalk는 무작위 보행으로 생성된 노드 시퀀스를 학습하여 노드 표현을 생성하는 접근을 제시하였다. Grover and Leskovec(2016)의 Node2Vec은 편향 무작위 보행을 통해 네트워크의 지역적 구조와 전역적 구조를 유연하게 반영할 수 있도록 하였다. 대규모 그래프 환경에서의 귀납적 표현학습 가능성은 Hamilton 등(2017)이 제안한 GraphSAGE를 통해 입증되었으며, Kipf and Welling(2016)은 그래프 합성곱 신경망(GCN)을 통해 그래프 구조와 노드 특징을 함께 학습하는 접근을 제시하였다. Yang et al.(2024)은 노드 동태성을 반영한 기술수렴 예측 프레임워크를 제시하여, 기술관계가 시간에 따라 변화한다는 점을 분석에 반영하였다.

본 연구는 이 흐름을 수용하되, Node2Vec 결과를 과도하게 해석하지 않는다. Node2Vec 기반 구조적 근접성은 미래 기술융합을 보장하는 확률값이 아니다. 그것은 기존 CPC 공동출현 네트워크 안에서 두 8자리 CPC가 유사한 구조적 맥락을 공유하는지를 보여주는 탐색 지표이다. 본 연구에서

Node2Vec의 역할은 미래를 맞히는 데 있지 않고, 미관측 8자리 CPC 조합 중 후속 검토할 가치가 있는 후보를 좁히는 데 있다. 이 판단은 중요하다. Node2Vec을 확정적 예측모형처럼 해석하면 연구의 주장이 과도해진다. 반대로 이를 구조적 근접성 기반의 후보 선별 도구로 한정하면, 특허 네트워크 기반 기술기회 탐색의 해석 가능성과 신뢰성을 높일 수 있다.

2.4 기업 기술포트폴리오와 기술기회 활용 가능성 연구

산업 수준에서 도출된 기술기회는 모든 기업에게 동일한 기회가 아니다. 본 연구는 이 명제를 기술기회 탐색 연구의 핵심 전환점으로 본다. 산업 전체에서 유망하게 보이는 기술조합이라도 기업이 관련 기술기반을 보유하지 못했거나, 유사한 조합 경험이 없거나, 최근 관련 활동을 수행하지 않았다면 그 기업에게는 실질적 기회가 되기 어렵다. 반대로 산업 전체의 주목도는 상대적으로 낮더라도 특정 기업의 기술포트폴리오와 긴밀하게 연결되는 조합은 그 기업에게 더 현실적인 전략기회가 될 수 있다. 따라서 기술기회 탐색은 산업 수준 분석에서 기업 수준 평가로 내려와야 한다. 기술기회가 실제 전략적 의미를 갖기 위해서는 기술공급자 관점의 유망성뿐 아니라 기술수요자 또는 활용 주체의 수용 가능성과 활용 여건도 함께 고려되어야 한다(윤두섭·박인채·윤병운, 2016).

기업 기술포트폴리오는 기업이 축적해 온 기술자산과 지식기반을 관찰하는 유용한 대리 지표이다. Arundel and Kabla(1998)는 기업의 혁신활동과 특허활용 간 관계를 논의하였고, Lanjouw and Schankerman(2004)은 특허품질과 연구생산성을 분석하였다. 국내에서도 박영진·고남욱·윤장혁(2015)은 기업의 보유특허를 기반으로 후속 기술개발 가능성이 높은 특허를 추천하는 방법을 제시하였다. 정재민·정병기·윤장혁(2020)은 문제-해결방법 기반 특허분석을 통해 기업의 보유역량과 연결 가능한 비즈니스 기회를 발굴하는 방법을 제안

하였다. 이 연구들은 기술기회 탐색이 산업 전체의 유망기술 도출에 머물러서는 안 되며, 기업이 이미 보유한 기술자산과 연결되어야 함을 보여준다. 기업 수준의 기술기회 탐색 연구는 특허분석을 활용하여 연구개발 협력 파트너를 탐색하거나, 대기업과 중소기업 간 기술협력 가능성을 평가하고, 중소기업에 적합한 기술 또는 기업별 공백기술영역을 도출하는 방향으로 발전해 왔다(Park et al., 2015; Lee et al., 2016; Lee et al., 2017; Yoon et al., 2019). 기업의 기술경쟁력은 보유특허의 기술분야, 경쟁기업과의 기술적 위치, 기술집중도 등을 비교함으로써 분석될 수 있다(이승환, 2025).

Cohen and Levinthal(1990)은 기보유한 연관 지식이 외부 정보의 가치 식별 및 흡수·응용 능력을 결정한다고 주장하였다. 이러한 맥락에서 흡수역량(absorptive capacity)에 관한 논의는 개별 기업의 기술기회 평가를 위한 이론적 근거를 제공한다. Zahra and George(2002)는 흡수역량을 지식 획득, 동화, 변환, 활용의 과정으로 재개념화하였다. 이 관점에서 보면 기업은 완전히 낯선 기술영역보다 기존 지식기반과 관련성이 높은 기술영역에서 기회를 더 잘 인식하고 활용할 가능성이 높다. 따라서 잠재 기술조합의 가치는 산업 전체의 유망성만으로 판단할 수 없으며, 기업의 기존 포트폴리오와의 관련성을 함께 검토해야 한다.

재조합 혁신과 인접 기술기회 연구도 같은 방향을 가리킨다. Fleming(2001)은 기술혁신이 기존 기술요소의 새로운 결합을 통해 발생할 수 있음을 보였지만, 새로운 조합은 동시에 불확실성과 시행착오를 동반할 수 있음을 지적하였다. March(1991)는 탐색(exploration)과 활용(exploitation)의 균형을 통해 기업 혁신의 방향을 설명하였다. Neffke et al.(2011)은 지역과 기업이 기존 역량과 관련성이 높은 영역으로 확장할 가능성이 높다는 관련성 논리를 제시하였다. Breschi et al.(2003)은 기술 간 관련성과 기업의 기술다각화가 지식기반의 구조와 연결되어 있음을 보였다. 이 논의는 기업이 잠재 기술조합을 실제로 활용할 수 있는지는 단순한 기술요소 보유뿐 아니라, 기존 조합 경험과 인접 영역으로 확장할 수 있는 학습기반에 따라 달라진다는 점을 시사한다.

동적역량(dynamic capabilities) 연구는 최근 활동성을 고려해야 하는 이유를 설명한다. Teece et al.(1997)은 기업이 변화하는 환경에 대응하여 자원을 통합·구축·재구성하는 능력을 동적역량으로 설명하였다. Teece(2007)는 기회 감지, 포착, 재구성의 과정을 통해 기업의 전략적 대응을 설명하였다. 기업이 과거에 어떤 기술을 보유했다는 사실만으로 현재의 활용 가능성을 판단하는 것은 위험하다. 과거 특허는 많지만 최근 활동이 끊긴 기술영역은 현재 전략적 우선순위에서 멀어졌을 수 있다. 반대로 최근에도 관련 특허활동이 지속된다면 해당 기술영역은 기업의 현재 기술전략 안에 남아 있을 가능성이 높다.

최근 기업별 기술기회 탐색 연구는 이러한 문제의식을 더 직접적으로 다룬다. Park and Geum(2022)은 기술기회 발견 단계와 기업 수준의 기회 검증 단계를 결합함으로써, 탐색된 기술기회가 특정 기업에게 적합한지를 별도로 평가해야 함을 보여주었다. Seol et al.(2023)은 기업의 기술포트폴리오를 그래프와 규칙 기반 기계학습으로 분석하여 기업별 기술기회를 탐색하였다. Zhao et al.(2025)은 기업의 기술포트폴리오 기반 기계학습 예측 방법을 통해 기업별 기술기회를 발견하였다. 이 연구들은 본 연구의 문제의식과 직접 연결된다. 기술기회 탐색은 산업 수준의 후보를 찾는 분석에서 멈추면 안 된다. 기업별 기술포트폴리오와 연결되어야 비로소 전략적 판단 자료가 된다.

본 연구는 이러한 선행연구를 바탕으로 산업 수준에서 도출된 잠재 8자리 CPC 조합을 기업별 8자리 CPC 포트폴리오와 연결한다. 다만 본 장에서는 기업별 기술기회 활용 가능성을 뒷받침하는 이론적 배경만 제시하고, 포트폴리오 유사도, 구성기술 보유도, 인접 기술조합 경험, 최근 활동성, 경쟁 접근성 등 OR 구성요소의 구체적 정의와 산출식은 제3장에서 제시한다. 이는 2장을 본 연구의 방법 설명이 아니라 선행연구와 이론적 기반을 정리하는 장으로 유지하기 위한 구성이다.

2.5 선행연구 종합과 본 연구의 차별성

앞선 논의를 종합하면, 본 연구와 관련된 선행연구는 여섯 흐름으로 정리된다. 첫째, 기술기회 탐색과 기술 인텔리전스 연구는 특허, 논문, 기술문서, 기능정보, 제품정보를 활용하여 유망기술과 기술공백을 탐색하는 방법론적 기반을 제공하였다. 둘째, 특허정보와 기술혁신 분석 연구는 특허와 인용정보를 통해 기술활동, 지식흐름, 기술가치, 혁신성과를 분석할 수 있음을 보여주었다. 셋째, 특허분류 공동출현과 특허 네트워크 연구는 관측된 기술융합 구조, 핵심 기술분야, 기술군집을 분석하는 기반을 제공하였다. 넷째, 링크예측과 네트워크 임베딩 연구는 아직 관측되지 않은 관계를 기존 네트워크 구조에서 탐색하는 방법론적 근거를 제공하였다. 다섯째, 기업 기술포트폴리오와 기업별 기회탐색 연구는 기술기회가 기업의 기존 보유기술과 연결되어야 함을 보여주었다. 여섯째, 흡수역량, 재조합 혁신, 인접 기술기회, 동적역량 연구는 동일한 기술기회라도 기업의 기존 지식기반과 활동성에 따라 활용 가능성이 달라질 수 있음을 설명하였다.

[표 2-1]은 본 연구와 관련된 선행연구 흐름, 핵심 논점, 기존 연구의 한계, 본 연구의 반영 방향을 정리한 것이다.

[표 2-1] 선행연구 흐름, 한계 및 본 연구의 반영

연구흐름	주요 문헌	핵심 논점	기존 연구의 한계	본 연구의 반영
기술기회 탐색과 기술 인텔리전스	Porter & Cunningham(2005), Daim et al.(2006), Yoon et al.(2014), Lee et al.(2015), Song et al.(2017), 윤병운·박인채·이호신·고병열(2011), 박인채·박기선·윤병운(2016), 김혜인·박인채·윤병운(2017), 송경태·봉강호·박재민(2022)	특허, 논문, 기술문서, 기능정보, 제품정보를 활용하여 유망기술과 기술기회를 탐색	산업 수준 유망기술 또는 기술공백 도출에 집중되어 기업별 활용 가능성 평가는 제한적	산업 수준 잠재 기술조합을 기업별 기술포트폴리오와 연결하여 활용 준비도 평가로 확장
특허정보와 기술혁신 분석	Griliches(1990), Jaffe(1986), Trajtenberg(1990), Jaffe & Trajtenberg(2002), Hall et al.(2005), OECD(2009), Nagaoka et al.(2010)	특허와 인용정보를 기술혁신, 지식흐름, 기술가치, 혁신성과 분석 지표로 활용	특허정보가 기술활동 분석에 주로 활용되고, 기업별 세부 기술기회 접근성 평가와의 연결은 제한적	출원인, 출원연도, 8 자리 CPC 정보를 활용하여 기업별 기술포트폴리오와 OR 평가에 연결
특허분류 공동출현과 기술융합 분석	Leydesdorff(2008), Curran & Leker(2011), Caviggioli(2016), Wang et al.(2017), 김지은·이성주(2013), 백현미·김명숙(2013), 문진희·권의준·금영정(2017), 전상규(2021), 박수현·윤영미·김호용·김재수(2021)	특허분류, 공동분류, 특허 네트워크를 활용하여 기술융합 구조와 기술연관성을 분석	관측된 기술융합 구조 설명에 강점이 있으나, 미관측 세부 기술조합 및 기업별 활용 가능성 연결은 부족	4 자리 CPC 공동출현 네트워크로 산업 수준 기술융합 구조를 파악하고, 8 자리 CPC 수준 잠재 조합 탐색으로 확장
네트워크 분석과 군집 탐지	Freeman(1978), Newman(2001, 2004), Barabási & Albert(1999), Watts & Strogatz(1998), Blondel et al.(2008), Fortunato(2010)	중심성, 가중 네트워크, 군집분석을 통해 네트워크 내 핵심 노드와 기술군집을 식별	네트워크 구조 설명에 집중되어 기업 전략 해석과의 연결은 제한적	가중연결중심성과 Louvain 군집분석을 산업 수준 기술융합 구조 파악에 사용하고, 후속 OR 평가와 연결

링크예측과 네트워크 임베딩	Adamic & Adar(2003), Liben-Nowell & Kleinberg(2007), Lü & Zhou(2011), Perozzi et al.(2014), Grover & Leskovec(2016), Hamilton et al.(2017), Kipf & Welling(2017), Yoon & Magee(2018), Park & Geum(2022), Liu et al.(2023), Yang et al.(2024)	미관측 관계 예측, 무작위 보행 기반 임베딩, 그래프 표현학습을 통해 잠재 연결 가능성을 탐색	기술기회 탐색에 적용되더라도 기업별 활용 가능성 평가와 연결되는 경우는 제한적	Node2Vec 기반 구조적 근접성으로 미관측 8 자리 CPC 조합을 선별하고, 이를 기업별 OR 분석으로 연결
기업 기술포트폴리오와 기업별 기회탐색	Arundel & Kabla(1998), Lanjouw & Schankerman(2004), 박영진·고남욱·윤장혁(2015), 정재민·정병기·윤장혁(2020), Park & Geum(2022), Seol et al.(2023), Zhao et al.(2025)	기업 보유특허와 기술포트폴리오를 활용하여 후속개발 가능성, 사업기회, 기업별 기술기회를 탐색	기업 보유기술 분석은 가능하지만 산업 수준 잠재 기술조합과 기업별 준비도를 동시에 연결하는 분석은 부족	기업별 8 자리 CPC 포트폴리오와 산업 수준 잠재 8 자리 CPC 조합을 연결하여 기업별 OR 을 산출
흡수역량, 재조합 혁신, 인접 기술기회	Cohen & Levinthal(1990), March(1991), Fleming(2001), Zahra & George(2002), Breschi et al.(2003), Teece et al.(1997), Teece(2007), Neffke et al.(2011)	기업의 외부지식 활용, 기술 재조합, 기존 포트폴리오와의 관련성, 동적역량을 설명	이론적 논의는 풍부하지만 이를 특허 네트워크 기반 기업별 기술기회 평가 지표로 조작화한 연구는 제한적	기업의 기술포트폴리오, 구성기술 보유, 조합 경험, 최근 활동성, 경쟁 접근성을 OR 산출 논리로 연결
전문가 타당성 검토	Lawshe(1975), Lynn(1986), Polit & Beck(2006), Ayre & Scally(2014)	내용타당도, CVR, 전문가 패널 기반 평가 방법을 제시	특허 네트워크 기반 기술기회 탐색 결과의 산업적 해석 검토에는 제한적으로 활용	잠재 기술조합, OR 구성요소, 기업별 OR 해석에 대해 전문가 내용타당도 검토를 수행

[표 2-1]의 핵심은 기존 연구가 부족했다는 단순한 선언이 아니다. 기존 연구는 각자의 문제를 충분히 다루었다. 기술기회 탐색 연구는 유망기술과 기술 공백을 찾는 데 기여했고, 특허 네트워크 연구는 관측된 기술융합 구조를 설명하는 데 기여했다. 링크예측과 네트워크 임베딩 연구는 미관측 관계를 탐색하는 방법론적 가능성을 열었고, 기업 기술포트폴리오 연구는 기업별 보유역량을 분석하는 기반을 제공했다. 문제는 이 연구흐름들이 하나의 기업 전략 문제로 충분히 결합되지 못했다는 데 있다. 최근 연구들은 기술기회 탐색을 유망기술 목록화에 머무르게 하지 않고, 기술-제품 연결, 기술지식 흐름 예측, 기업별 공백기술영역 탐색, 중소기업 적합기술 탐색으로 확장해 왔다 (Yoon et al., 2014; Park & Yoon, 2018; Yoon et al., 2019; Lee et al., 2017).

본 연구는 이 지점을 명확한 연구공백으로 설정한다. 산업 수준에서 도출된 잠재 기술조합은 그 자체로 완성된 기술기회가 아니다. 그것은 기업별 기술포트폴리오와 연결될 때 비로소 전략적 의미를 갖는다. 따라서 본 연구는 특허 분류 공동출현 네트워크를 통해 산업 수준의 기술융합 구조를 파악하고, Node2Vec 기반 구조적 근접성을 통해 미관측 8자리 CPC 조합을 선별한 뒤, 이를 기업별 8자리 CPC 포트폴리오와 연결하여 기업별 기술기회 활용 준비도를 평가한다. 이 순차적 연결이 본 연구의 핵심 차별성이다.

따라서 본 연구의 기여는 Node2Vec이라는 특정 기법을 사용했다는 데 있지 않다. 본 연구의 핵심은 산업 수준의 잠재 기술조합 탐색과 기업 수준의 활용 준비도 평가를 분리하지 않고 하나의 분석 흐름으로 연결했다는 데 있다. 이 점에서 본 연구는 기술기회 탐색 연구를 산업 수준의 잠재성 분석에서 기업별 기술기회 활용 준비도 평가로 확장한다.

Ⅲ. 연구방법

3.1 연구 분석 절차

본 연구는 치과 의료기기 산업의 특허 네트워크를 활용하여 산업 수준의 잠재 기술조합을 도출하고, 이를 기업별 기술포트폴리오와 연결하여 기업별 기술기회 활용 준비도(Opportunity Readiness, OR)를 평가하는 분석 프레임워크를 구성한다. 본 연구의 핵심 문제의식은 산업 수준에서 잠재 기술조합을 도출하는 것만으로는 기업의 실제 기술전략 수립에 충분하지 않다는 데 있다. 동일한 잠재 기술조합이라도 기업이 보유한 기술기반, 기존 조합 경험, 최근 기술활동, 경쟁구조에 따라 활용 가능성은 달라질 수 있기 때문이다.

본 연구는 이러한 문제의식을 바탕으로 산업 수준 분석과 기업 수준 분석을 단계적으로 연결하였다. 먼저 특허 데이터를 수집·정제한 뒤, 상위 기술분류 공동출현 네트워크를 구축하여 치과 의료기기 산업에서 반복적으로 형성되어 온 기술융합 구조를 파악한다. 이후 주요 상위 기술조합을 기준으로 하위 세부 기술분류를 확장하고, 기존 특허 데이터에서 아직 함께 관측되지 않은 미관측 세부 기술조합 후보군을 구성한다. 이 후보군을 대상으로 Node2Vec 기반 네트워크 임베딩과 코사인 유사도(cosine similarity)를 적용하여 구조적 근접성이 높은 잠재 기술조합을 도출한다.

이후 분석은 기업 수준으로 전환된다. 본 연구는 6개 분석대상 기업의 세부 기술분류 기반 기술포트폴리오와 관측 세부 기술조합 경험을 구성하고, 제4장에서 도출된 잠재 기술조합과 기업별 기술포트폴리오를 연결하여 OR을 산출

한다. 본 연구에서 OR은 잠재 기술조합 자체의 산업적 유망성을 평가하는 지표가 아니라, 특정 기업이 해당 조합을 활용할 준비가 어느 정도 되어 있는지를 비교하기 위한 기업별 준비도 지표이다.

본 연구의 분석 절차는 다음과 같다. 첫째, 치과 의료기기 산업 관련 특허 데이터를 수집하고 중복 제거, 기술분류 코드 정제, 출원인명 정제를 수행한다. 둘째, 상위 기술분류 공동출현 네트워크를 구축하여 산업 수준의 기술융합 구조를 파악한다. 셋째, 가중연결중심성과 Louvain 군집분석을 통해 핵심 기술분야와 기술군집 구조를 도출한다. 넷째, 주요 관측 상위 기술조합을 기준으로 분석범위를 설정하고, 해당 범위 안에서 세부 기술조합 후보군을 구성한다. 다섯째, Node2Vec 기반 구조적 근접성을 활용하여 미관측 세부 기술조합 중 잠재성이 높은 후보를 선별한다. 여섯째, 기업별 세부 기술분류 기반 기술포트폴리오를 구성한다. 일곱째, 잠재 기술조합과 기업별 기술포트폴리오를 연결하여 OR을 산출한다. 마지막으로 시간기반 검증과 전문가 내용타당도 검토를 통해 분석결과의 예측적 의미와 해석 가능성을 보완한다.

이 절차는 단순한 분석기법의 나열이 아니다. 상위 기술분류 분석은 산업 수준의 기술융합 방향을 파악하기 위한 단계이고, 세부 기술분류 분석은 그 방향을 기업별 세부 기술기회로 구체화하기 위한 단계이다. Node2Vec은 미관측 세부 기술조합 중 구조적으로 검토할 가치가 있는 후보를 선별하는 역할을 하며, OR은 해당 후보가 기업별 기술포트폴리오와 연결될 때 어느 정도 활용 준비도를 갖는지를 평가한다. 따라서 본 연구의 분석 흐름은 산업 수준의 잠재 기술조합 탐색에서 기업 수준의 기술기회 활용 준비도 평가로 이어지는 단계적 구조를 갖는다.

[표 3-1] 연구의 분석 절차와 산출물

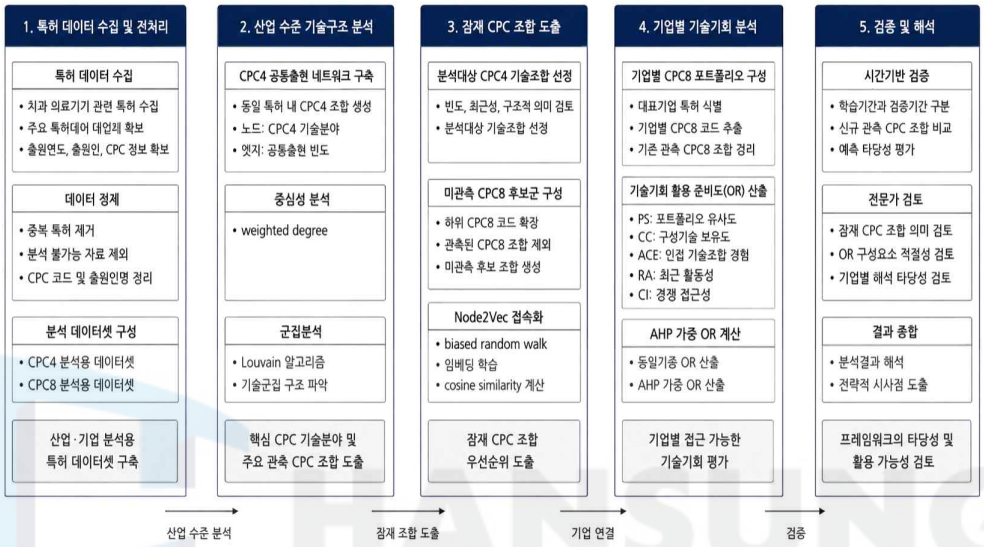
단계	분석 내용	입력자료	산출물	연결 장
1	특허 데이터 수집	치과 의료기기 관련 특허	원천 특허 데이터	제 3 장
2	특허 데이터 정제	원천 특허 데이터	분석 데이터셋	제 3 장·제 4 장

3	4 자리 CPC 공동출현 네트워크 구성	특허별 4 자리 CPC	산업 수준 특허분류 네트워크	제 4 장
4	산업 수준 기술융합 구조 분석	4 자리 CPC 네트워크	핵심 기술분야, 주요 관측 기술조합, 기술군집	제 4 장
5	미관측 8 자리 CPC 후보군 구성	4 자리 CPC 분석범위, 8 자리 CPC	미관측 8 자리 CPC 후보군	제 4 장
6	Node2Vec 기반 잠재 기술조합 도출	CPC 네트워크, 미관측 후보군	잠재 기술조합	제 4 장
7	기업별 기술포트폴리오 구성	기업별 특허, 8 자리 CPC	기업별 8 자리 CPC 포트폴리오	제 5 장
8	OR 산출	잠재 기술조합, 기업별 8 자리 CPC 포트폴리오	기업-후보 조합별 OR, 기업별 상위 10 개 평균 OR, 기업별 상위 3 개 잠재 기술조합	제 6 장
9	타당성 검토	잠재 기술조합, OR 결과, 전문가 응답	예측 타당성 및 해석 타당성 검토 결과	제 7 장

[표 3-1]은 본 연구의 실증분석 절차와 장별 분석 위치를 요약한 것이다. 분석은 특허 데이터 수집과 정제에서 출발하여, 4자리 CPC 공동출현 네트워크를 기반으로 산업 수준의 기술융합 구조를 분석하고, 그 결과를 바탕으로 미관측 8자리 CPC 후보군과 Node2Vec 기반 잠재 기술조합을 도출하는 순서로 진행된다. 이후 기업별 특허와 8자리 CPC 정보를 활용하여 기업 기술포트폴리오를 구성하고, 잠재 기술조합과의 연결성을 OR로 평가함으로써 기업별 기술기회 활용 준비도를 분석한다. 마지막으로 예측 타당성 및 전문가 검토를 통해 도출된 잠재 기술조합과 OR 해석의 타당성을 보완한다. 따라서 본 연구의 분석 절차는 산업 수준의 기술융합 구조 분석에서 출발하여 기업 수준의 전략적 기술기회 평가로 연결되는 단계적 구조를 갖는다.

[그림 3-1]은 본 연구의 전체 분석 절차를 단계별로 제시한 것이다. 본 연구는 먼저 치과 의료기기 특허 데이터를 수집·정제한 후, CPC 공동출현 네트워크를 통해 산업 수준의 기술구조를 분석한다. 이후 관측되지 않은 세부 기술조합을 대상으로 Node2Vec 기반 구조적 근접성을 계산하여 잠재 기술조합을 도출한다. 도출된 잠재 기술조합은 기업별 기술포트폴리오와 연결되며, 포

트폴리오 유사도, 구성기술 보유도, 인접 기술조합 경험, 최근 활동성, 경쟁 접근성을 기준으로 기업별 기술기회 활용 준비도(OR)를 산출한다. 마지막으로 시간기반 검증과 전문가 검토를 통해 분석결과의 타당성을 확인한다.



[그림 3-1] 연구설계와 분석 절차

[그림 3-1]에 제시된 바와 같이, 본 연구의 분석 절차는 산업 수준 분석과 기업 수준 분석이 순차적으로 연결되는 구조를 갖는다. 즉, CPC 공동출현 네트워크와 Node2Vec 분석은 잠재 기술조합 후보를 도출하기 위한 단계이고, OR 분석은 해당 후보가 기업별 기술포트폴리오와 연결될 때 어느 정도 활용 준비도를 갖는지를 평가하는 단계이다. 따라서 본 연구의 핵심은 잠재 기술조합 도출 자체가 아니라, 이를 기업별 활용 가능성 평가로 연결하는 데 있다.

3.2 특허 데이터 수집

본 연구의 분석대상은 치과 의료기기 산업 관련 특허이다. 본 연구가 치과

의료기기 산업을 실증분석 대상으로 설정한 이유는 이 산업이 전통적 치과 치료기술과 디지털 기반 기술이 결합되는 대표적인 융합 영역이기 때문이다. 치과 의료기기 산업은 치과 치료, 보철, 임플란트, 진단·측정, 수술 관련 기술을 기반으로 하면서도 영상처리, 의료정보, 인공지능, CAD/CAM, 적층제조 등 다양한 기술영역과 결합하고 있다. 이러한 산업적 특성은 특허분류 공동출현 관계를 활용하여 산업 수준의 기술융합 구조와 잠재 기술조합을 분석하기에 적합하다.

특허 데이터의 수집 기간은 2010년부터 2024년까지로 설정하였다. 이 기간은 치과 의료기기 산업에서 디지털 영상, 의료정보, CAD/CAM, 적층제조, 인공지능 관련 기술이 기존 치과기술과 본격적으로 결합된 시기를 포함한다. 본 연구에서 이 기간 설정은 단순히 장기간 데이터를 확보하기 위한 선택이 아니다. 산업 내 기술융합의 변화 양상을 관찰하고, 이후 시간기반 예측 타당성 검토를 수행하기 위한 연구 설계상의 선택이다.

분석 국가는 미국, 유럽, 한국으로 설정하였다. 미국과 유럽은 글로벌 치과 의료기기 기업의 특허활동이 활발하게 나타나는 주요 권역이며, 한국은 국내 치과 의료기기 기업의 기술활동을 함께 파악하기 위한 분석 범위이다. 본 연구가 세 권역을 함께 분석한 이유는 치과 의료기기 산업의 기술융합 구조를 특정 국가의 특허활동만으로 설명하기 어렵다고 판단했기 때문이다. 미국·유럽·한국 특허를 함께 분석함으로써 글로벌 기술융합 구조와 국내 기업의 기술활동을 동일한 분석틀 안에서 비교할 수 있다.

수집한 특허 데이터는 출원번호, 출원연도, 국가코드, 출원인, 기술분류 코드 정보를 포함한다. 이 중 기술분류 코드는 산업 수준의 기술결합 구조를 분석하기 위한 핵심 변수이고, 출원인 정보는 기업별 기술포트폴리오와 OR 산출을 위한 기준 변수이다. 따라서 본 연구의 특허 데이터 수집은 단순한 문헌 확보가 아니라, 이후 네트워크 분석과 기업별 기술기회 평가에 필요한 구조화된 정보를 확보하는 절차이다.

[표 3-2] 특허 데이터 수집 기준

구분	내용
분석대상	치과 의료기기 산업
분석기간	2010 년 – 2024 년
대상 국가·권역	미국, 유럽, 한국
자료원	국가별 특허청 DB, 국제 특허 DB, 통합 특허 DB
검색 기준	기술 키워드, 제품 키워드, CPC 분류, 주요 출원인
주요 수집 필드	국가코드, 등록번호, 공개번호, 출원일, 출원연도, 출원인, 등록일, 등록연도, 공개연도, 발명의 명칭, 초록, CPC, 인용정보
분석 활용	기술융합 구조 분석, 잠재 기술조합 도출, 기업별 OR 산출

[표 3-2]는 본 연구의 특허 데이터 수집 범위와 수집 기준을 정리한 것이다. 본 연구는 치과 의료기기 산업의 기술융합 구조와 기업별 기술기회 활용 준비도를 함께 분석하기 위해 2010년부터 2024년까지의 미국, 유럽, 한국 특허를 분석대상으로 설정하였다. 미국과 유럽은 글로벌 치과 의료기기 기업의 주요 특허활동이 집중되는 권역이고, 한국은 국내 치과 의료기기 기업의 기술활동을 함께 파악하기 위한 분석 범위이다. 따라서 세 권역을 함께 분석하는 것은 특정 국가의 특허활동에 한정되지 않고, 글로벌 기술융합 구조와 국내 기업의 기술포트폴리오를 동일한 기준에서 비교하기 위한 설정이다.

또한 본 연구는 단순히 특허 건수만을 수집한 것이 아니라, 국가코드, 출원번호, 출원연도, 출원인, CPC, 인용정보 등 이후 분석에 필요한 구조화된 필드를 함께 수집하였다. 이 중 CPC 정보는 4자리 CPC 공동출현 네트워크와 8자리 CPC 후보군 구성을 위한 핵심 자료이며, 출원인 정보는 기업별 8자리 CPC 포트폴리오와 OR 산출의 기준 자료이다. 출원연도 정보는 전체 기술변화 흐름과 최근 활동성, 시간기반 검토를 수행하기 위한 기준으로 활용된다. 따라서 [표 3-2]의 수집 기준은 제4장의 산업 수준 기술융합 구조 분석, 제5장의 기업 기술포트폴리오 분석, 제6장의 기업별 OR 산출, 제7장의 시간기반 검토로 이어지는 기초 데이터 설계 기준이라고 할 수 있다.

3.3 특허 데이터 정제 기준

수집된 특허 데이터는 중복 제거, 기술분류 코드 정제, 출원인명 정제 절차를 거쳐 분석 가능한 형태로 구성하였다. 본 연구에서 데이터 정제는 단순한 전처리 단계가 아니다. 이후 구축되는 공동출현 네트워크의 엣지 가중치, 미관측 세부 기술조합 후보군, 기업별 기술포트폴리오, OR 산출 결과가 모두 정제된 특허 데이터에 의존하기 때문이다. 따라서 데이터 정제는 분석결과의 신뢰성을 확보하기 위한 필수 절차이다.

첫째, 동일 특허 중복을 제거한다. 동일한 출원번호 또는 공개번호가 복수 행으로 나타나는 경우 특허 단위의 중복 여부를 확인한 후 하나의 특허로 통합한다. 다만 하나의 특허에 복수의 CPC가 부여된 경우에는 CPC 정보를 삭제하지 않고, 특허 단위에서 CPC 집합으로 정리한다.

둘째, CPC 코드를 분석단위에 맞게 정리한다. 원천 데이터의 CPC 코드는 세부 코드 형태로 포함되어 있으므로, 산업 수준 분석을 위해 4자리 CPC를 추출하고, 기업 수준 분석과 OR 산출을 위해 8자리 CPC를 추출한다. 동일 특허 내 중복 CPC는 제거하고, 하나의 특허가 보유한 고유 CPC 집합을 구성한다.

셋째, 출원인명을 정제한다. 동일 기업의 출원인명이 국가별 표기, 약어, 법인명 표기, 대소문자 차이, 특수문자 차이로 다르게 기재될 수 있으므로, 기업별 특허를 일관되게 집계하기 위해 출원인명 표준화를 수행한다. 출원인명 정제는 기업별 8자리 CPC 기술포트폴리오 구성과 OR 산출의 기초가 된다.

넷째, 연도 정보를 정리한다. 본 연구는 전체 분석기간과 시간기반 검토기간을 구분하므로, 각 특허의 출원연도를 기준으로 시간 정보를 정리한다. 출원연도 정보가 불명확하거나 분석기간 밖에 위치한 특허는 분석대상에서 제

외한다.

다섯째, 분석범위와 직접 관련성이 낮은 특허를 제외한다. 수집 검색식에 의해 포함되었더라도 치과 의료기기 산업과의 관련성이 낮거나, CPC 정보가 분석에 활용되기 어려운 특허는 분석에서 제외한다. 최종 분석 데이터셋의 규모와 정제 결과는 제4장에서 제시한다.

[표 3-3] 특허 데이터 정제 기준

정제항목	처리 기준	분석 목적
특허 중복 제거	동일 출원번호·공개번호 기준 중복 확인	특허 단위 분석의 일관성 확보
CPC 코드 정리	4 자리 CPC, 8 자리 CPC 추출 및 형식 통일	분석단위 설정
동일 특허 내 CPC 중복 제거	특허별 고유 CPC 집합 구성	공동출현 관계의 중복 산정 방지
출원인명 정제	기업명 표기 차이 통합	기업별 포트폴리오 구성
연도 정리	출원연도 기준 분석기간 설정	시간기반 검토
범위 외 특허 제외	CPC 결측, 연도 결측, 산업범위 외 특허 제외	분석 데이터셋의 정합성 확보

[표 3-3]은 본 연구에서 특허 데이터를 분석 가능한 형태로 전환하기 위해 적용한 정제 기준을 정리한 것이다. 본 연구는 특허를 단순히 수집하는 데 그치지 않고, 특허 단위의 중복성, CPC 코드의 형식 차이, 동일 특허 내 반복 CPC, 출원인명 표기 차이, 연도 기준의 불일치 등을 정리하여 분석 데이터셋의 일관성을 확보하였다. 특히 CPC 코드는 산업 수준 분석을 위한 4자리 CPC와 기업 수준 분석을 위한 8자리 CPC로 구분하여 추출하였으며, 동일 특허 내 중복 CPC를 제거함으로써 공동출현 관계가 과대 산정되는 문제를 방지하였다. 또한 출원인명 정제는 제5장과 제6장에서 수행하는 기업별 8자리 CPC 포트폴리오 구성 및 OR 산출의 기초자료가 된다. 따라서 본 표의 정제 기준은 제4장의 산업 수준 CPC 네트워크 분석뿐 아니라, 제5장의 기업 기술포트폴리오 분석과 제6장의 기업별 기술기회 활용 준비도 평가로 이어지는 전처리 절차의 기준을 제시한다.

3.4 산업 수준과 기업 수준의 분석 단위 설정

본 연구는 특허 네트워크 기반 기술기회 탐색과 기업별 활용 준비도 평가를 위해 분석 단위를 산업 수준과 기업 수준으로 구분한다. 이 구분은 단순한 기술분류 코드의 자리수 차이가 아니라, 본 연구의 분석논리를 구성하는 핵심 설계이다. 산업 수준에서는 치과 의료기기 산업에서 어떤 기술분야들이 반복적으로 결합되어 왔는지를 파악해야 하고, 기업 수준에서는 개별 기업이 어떤 세부 기술영역을 보유하고 있으며, 잠재 기술조합을 활용할 준비가 어느 정도인지 평가해야 한다. 따라서 하나의 분석 단위만으로는 산업 구조와 기업별 기술기회를 동시에 설명하기 어렵다.

본 연구는 이를 해결하기 위해 협력특허분류(Cooperative Patent Classification, CPC)를 두 수준으로 나누어 활용한다. CPC는 특허에 포함된 기술적 특징을 분류하기 위해 부여되는 기술분류 코드이다(특허청). 하나의 특허에는 하나의 CPC만 부여되는 것이 아니라, 발명의 기술적 성격에 따라 복수의 CPC가 함께 부여될 수 있다. 이때 동일 특허 안에서 복수 CPC가 함께 등장한다는 것은 해당 발명이 둘 이상의 기술요소를 포함하거나 결합하고 있음을 보여주는 단서가 된다. 본 연구는 이러한 CPC 공동출현 관계를 활용하여 치과 의료기기 산업의 기술결합 구조와 기업별 세부 기술포트폴리오를 분석한다.

본 연구에서 첫 번째 분석 단위는 4자리 CPC이다. 4자리 CPC는 A61C, A61B, G06T, G16H와 같이 상대적으로 넓은 기술영역을 나타낸다. 예를 들어 A61C는 치과기술, A61B는 진단·측정·수술 관련 기술, G06T는 영상처리, G16H는 의료정보, G06N은 인공지능 관련 기술영역으로 해석할 수 있다. 이러한 4자리 CPC는 개별 세부기술보다는 상위 기술영역의 결합 방향을 보여주는 데 적합하다. 따라서 본 연구에서는 4자리 CPC를 치과 의료기기 산업

의 기술융합 구조, 핵심 기술분야, 주요 관측 기술조합, 기술군집을 파악하기 위한 산업 수준 분석 단위로 사용한다.

두 번째 분석 단위는 8자리 CPC이다. 8자리 CPC는 4자리 CPC보다 더 세분화된 기술활동을 나타낸다. 산업 수준에서는 4자리 CPC가 기술융합 구조를 해석하는 데 유용하지만, 기업별 기술기회를 평가하기에는 지나치게 거칠다. 예를 들어 두 기업이 모두 A61C 영역에 특허를 보유하고 있더라도, 한 기업은 교정장치 관련 세부기술에 집중하고 다른 기업은 임플란트 또는 수술 가이드 관련 세부기술에 집중할 수 있다. 이 차이는 4자리 CPC만으로는 충분히 포착되지 않는다. 따라서 기업별 기술포트폴리오, 미관측 세부 기술조합, 잠재 기술조합, 기술기회 활용 준비도(OR)를 평가하기 위해서는 8자리 CPC 수준의 분석이 필요하다.

본 연구가 4자리 CPC와 8자리 CPC를 동시에 사용하는 이유는 두 분석 단위가 서로 다른 장점을 갖기 때문이다. 4자리 CPC는 산업 전체의 기술융합 구조를 해석하기에 적합하다. 그러나 4자리 CPC만 사용하면 기업별 세부 기술기회를 평가하기 어렵다. 반대로 처음부터 전체 8자리 CPC 조합을 대상으로 분석하면 후보군이 지나치게 확대되고, 기술적으로 해석하기 어려운 조합이 다수 포함될 수 있다. 이 경우 분석결과는 정밀해 보일 수 있지만 산업적 의미와 전략적 해석 가능성은 오히려 낮아질 수 있다. 따라서 본 연구는 먼저 4자리 CPC 수준에서 산업적으로 의미 있는 기술결합 방향을 파악하고, 그 범위 안에서 8자리 CPC 수준의 세부 잠재 기술조합을 탐색한다.

이러한 이중 분석 구조는 본 연구의 핵심 방법론적 판단이다. 4자리 CPC는 “어떤 상위 기술영역들이 치과 의료기기 산업에서 결합되어 왔는가”를 설명하고, 8자리 CPC는 “그 결합 방향 안에서 어떤 세부 기술조합이 아직 관측되지 않았으며, 어떤 기업이 이를 활용할 준비가 되어 있는가”를 설명한다. 즉, 4자리 CPC는 산업 수준의 해석 가능성을 확보하기 위한 단위이고, 8자리 CPC는 기업 수준의 구체성을 확보하기 위한 단위이다.

[표 3-4]는 본 연구에서 4자리 CPC와 8자리 CPC가 각각 어떤 역할을 수행하는지를 정리한 것이다.

[표 3-4] CPC 분석 단위의 역할 구분

분석 단위	분석수준	주요 활용	해석 목적
4 자리 CPC	산업 수준 기술구조 분석	공동출현 네트워크, 핵심 기술분야, 주요 관측 기술조합, 기술군집 분석	치과 의료기기 산업의 기술융합 구조와 상위 기술결합 방향 파악
8 자리 CPC	기업 수준 세부 기술기회 분석	기업별 기술포트폴리오, 미관측 후보군, 잠재 기술조합, OR 산출	기업별 세부 기술기회 활용 준비도 평가

[표 3-4]에 제시된 바와 같이, 본 연구는 4자리 CPC와 8자리 CPC를 대체 관계로 보지 않는다. 두 분석 단위는 서로 다른 분석 목적을 갖는다. 4자리 CPC 분석을 통해 산업 수준의 기술융합 구조와 주요 관측 기술조합을 확인하고, 8자리 CPC 분석을 통해 그 범위 안에서 세부 잠재 기술조합과 기업별 OR을 산출한다. 따라서 본 연구의 분석절차는 산업 수준의 구조 파악에서 출발하여 기업 수준의 기술기회 평가로 이어지는 단계적 구조를 갖는다.

[그림 3-2]는 CPC 계층구조와 본 연구의 분석단위별 역할을 시각적으로 제시한 것이다. 이 그림은 본 연구에서 4자리 CPC가 산업 수준 분석의 기준으로 사용되고, 8자리 CPC가 기업 수준 분석의 기준으로 사용되는 이유를 보여준다. 먼저 4자리 CPC 공동출현 네트워크를 통해 치과 의료기기 산업의 상위 기술결합 구조를 파악하고, 이후 해당 범위 안에서 8자리 CPC 후보군을 구성한다. 최종적으로 8자리 CPC 수준의 잠재 기술조합은 기업별 기술포트폴리오와 연결되어 OR 산출에 사용된다.



[그림 3-2] CPC 계층구조와 본 연구의 분석단위

[그림 3-2]의 핵심은 본 연구가 산업 수준 분석과 기업 수준 분석을 분리하지 않고 연결한다는 데 있다. 4자리 CPC는 산업 전체의 기술융합 방향을 설명하고, 8자리 CPC는 그 방향을 기업별 세부 기술기회로 전환한다. 이 구조를 통해 본 연구는 산업 수준의 해석 가능성과 기업 수준의 평가 가능성을 동시에 확보하고자 한다.

3.5 산업 수준 기술결합 네트워크 구성

본 연구는 동일 특허 내에 함께 등장한 4자리 CPC 간 관계를 바탕으로 산업 수준의 공동출현 네트워크를 구성하였다. 공동출현 네트워크에서 노드는 4자리 CPC 기술분야를 의미하고, 엣지는 하나의 특허 안에서 두 4자리 CPC가 함께 등장한 관계를 의미한다. 엣지 가중치는 두 4자리 CPC가 동일 특허 내에서 함께 등장한 횟수로 설정하였다.

공동출현 관계는 다음 절차로 구성하였다. 먼저 각 특허에서 중복을 제거한 4자리 CPC 집합을 추출하였다. 다음으로 하나의 특허에 포함된 4자리 CPC 집합에서 가능한 모든 2개 조합을 생성한다. 예를 들어 하나의 특허에 A61C, G06T, G16H가 포함되어 있다면 A61C-G06T, A61C-G16H, G06T-

G16H의 세 개 공동출현 조합이 생성된다. 이러한 과정을 전체 특허에 대해 반복하여 4자리 CPC 간 공동출현 빈도를 산출한다.

4자리 CPC $c_i^{(4)}$와 $c_j^{(4)}$ 간 공동출현 가중치 $w_{ij}^{(4)}$는 식(3-1)과 같이 정의한다.

$$w_{ij}^{(4)} = \sum_{k=1}^{N} I\left(c_i^{(4)} \in P_k \wedge c_j^{(4)} \in P_k\right) \quad \text{식(3-1)}$$

여기서 P_k는 k번째 특허에 포함된 4자리 CPC 집합이고, I(·)는 조건이 참이면 1, 그렇지 않으면 0을 갖는 지시함수이다. 따라서 $w_{ij}^{(4)}$는 4자리 CPC i와 j 가 동일 특허 내에서 함께 등장한 횟수를 나타내는 엣지 가중치이다. 이 값은 개별 4자리 CPC 노드의 중심성이 아니라 두 기술분야 간 공동출현 관계의 강도를 의미한다. 개별 노드의 연결 강도는 제3.6절에서 각 노드에 연결된 엣지 가중치를 합산하여 산출한다.

본 연구의 4자리 CPC 공동출현 네트워크는 무방향 가중 네트워크로 설정하였다. 무방향 네트워크로 설정하는 이유는 동일 특허 내 CPC 간 결합관계가 방향성을 가진 인과관계라기보다 기술영역 간 동시적 결합관계로 해석되기 때문이다. 또한 가중 네트워크로 설정하는 이유는 단순 연결 여부보다 공동출현 빈도가 기술결합의 반복성과 강도를 반영한다고 보기 때문이다.

3.6 핵심 기술분야와 주요 기술조합 선정

산업 수준 기술융합 구조는 4자리 CPC 공동출현 네트워크를 기반으로 분석하였다. 본 연구는 핵심 기술분야, 주요 관측 기술조합, 기술군집 구조를 순차적으로 산출하였다. 산업 수준의 핵심 기술분야는 가중연결중심성을 활용하

여 도출하였다. 가중연결중심성은 특정 상위 기술분류가 다른 상위 기술분류와 얼마나 자주, 그리고 얼마나 강하게 공동출현했는지를 반영한다. 본 연구에서 가중연결중심성을 사용한 이유는 단순 연결 수만으로는 기술융합의 중심성을 충분히 설명하기 어렵기 때문이다. 특정 기술분야가 여러 기술영역과 반복적으로 강한 공동출현 관계를 형성한다면, 해당 기술분야는 산업 내 기술결합을 매개하거나 확장하는 핵심 기술분야로 해석할 수 있다. 기술군집 구조는 Louvain 군집분석을 통해 파악하였다. Louvain 군집분석은 네트워크 안에서 밀접하게 연결된 기술분야의 집합을 식별하는 방법이다. 본 연구가 군집분석을 수행한 이유는 개별 기술분류의 중심성만으로는 치과 의료기기 산업의 기술융합이 어떤 기술영역 묶음을 중심으로 형성되는지 충분히 설명하기 어렵기 때문이다. 군집분석을 통해 치과기술, 진단·영상, 의료정보, 적층제조, 재료·보철 관련 기술영역이 어떤 구조로 결합되는지 확인할 수 있다.

첫째, 핵심 기술분야는 가중 공동출현 네트워크에서 각 4자리 CPC 노드가 보유한 연결 강도를 기준으로 도출하였다. 본 연구에서 $w_{ij}^{(4)}$는 4자리 CPC i와 4자리 CPC j가 동일 특허 내에서 함께 등장한 횟수를 의미하는 엣지 가중치로 설정하였다. 따라서 $w_{ij}^{(4)}$는 두 4자리 CPC 간 관계의 강도를 나타내는 조합-level 값으로 볼수 있다.

반면 가중연결중심성은 특정 4자리 CPC 노드 i에 연결된 모든 엣지 가중치의 합으로 정의된다. 즉, 가중연결중심성은 i와 특정 j 간의 공동출현 빈도 자체가 아니라, 4자리 CPC i가 네트워크 내 다른 4자리 CPC들과 얼마나 반복적으로 공동출현했는지를 합산한 node-level 지표로 정의하였다. 이에 따라 4자리 CPC i의 가중연결중심성은 식(3-2)와 같이 산출한다.

$$WD_i^{(4)} = \sum_{j \in V^{(4)}, j \neq i} w_{ij}^{(4)} \qquad \text{식(3-2)}$$

여기서 $V^{(4)}$는 4자리 CPC 노드 집합이고, $w_{ij}^{(4)}$는 4자리 CPC i와 4자리 CPC j 간 공동출현 빈도이다. 자기 자신과의 결합은 분석에서 제외하므로 j≠

=i로 설정한다. $WD_i^{(4)}$값이 높다는 것은 특정 4자리 CPC가 하나의 기술 분야와만 강하게 결합되어 있다는 의미가 아니라, 네트워크 내 여러 4자리 CPC와 반복적으로 공동출현했음을 의미한다. 따라서 본 연구에서는 $WD_i^{(4)}$가 높은 4자리 CPC를 치과 의료기기 산업의 기술융합 구조에서 중심적으로 활용되는 핵심 기술분야로 해석한다.

둘째, 주요 관측 기술조합은 4자리 CPC 간 엣지 가중치 $w_{ij}^{(4)}$를 기준으로 산출하였다. 엣지 가중치가 높은 4자리 CPC 조합은 동일 특허 내에서 반복적으로 함께 등장한 기술결합을 의미한다. 본 연구에서는 이러한 조합을 산업 내에서 이미 형성된 주요 관측 기술조합으로 정의하였다. 즉, 핵심 기술분야가 노드 수준의 지표라면, 주요 관측 기술조합은 조합-level 관계 지표이다.

셋째, 기술군집 구조는 Louvain 군집분석을 통해 파악하였다. Louvain 알고리즘은 네트워크 내에서 연결이 조밀한 노드 집단을 탐지하는 방법이다 (Blondel et al., 2008). 본 연구에서 Louvain 분석은 중심성 지표가 아니라, 4자리 CPC 공동출현 네트워크에서 서로 빈번하게 결합되는 기술분야의 묶음을 파악하기 위한 군집분석 절차로 활용된다.

3.7 잠재 기술조합 후보군 구성

본 절의 목적은 산업 수준의 4자리 CPC 분석 결과를 기업 수준의 8자리 CPC 기술기회 평가로 연결하기 위한 후보군 구성 절차를 제시하는 데 있다. 본 연구는 전체 8자리 CPC 코드의 가능한 모든 조합을 무차별적으로 분석하지 않는다. 먼저 4자리 CPC 수준에서 치과 의료기기 산업 내에서 실제로 관측되고 기술적으로 해석 가능한 주요 기술조합을 설정한 뒤, 해당 조합에 속하는 8자리 CPC 코드들 사이에서 아직 동일 특허 내 공동출현이 확인되지 않은 조합만을 후보군으로 구성한다. 따라서 본 연구의 미관측 8자리 CPC

후보군은 무작위적 가능성의 집합이 아니라, 산업 수준에서 확인된 기술결합 방향 안에서 도출된 미관측 세부 조합이다. 이 절차는 후보군의 과도한 확대를 줄이고, 이후 Node2Vec 기반 잠재 기술조합 도출과 기업별 OR 평가로 연결 가능한 분석대상 조합을 확보하기 위한 것이다.

미관측 세부 기술조합 후보군 구성 절차는 [표 3-5]와 같다. 첫째, 상위 기술분류 공동출현 네트워크를 통해 산업 수준의 관측 기술결합 구조를 파악한다. 둘째, 공동출현 빈도, 최근 비중, 증가 양상, 기술적 해석 가능성을 고려하여 분석대상 상위 기술조합을 선정한다. 셋째, 선정된 상위 기술조합을 구성하는 두 상위 기술분류에 속하는 세부 기술분류 집합을 추출한다. 넷째, 두 세부 기술분류 집합 간 가능한 모든 세부 기술조합을 생성한다. 다섯째, 수집 특허 데이터에서 이미 동일 특허 안에 함께 관측된 세부 기술조합을 제외한다. 여섯째, 남은 미관측 세부 기술조합을 Node2Vec 분석 및 기업별 OR 분석의 후보군으로 사용한다.

[표 3-5] 미관측 8자리 CPC 후보군 구성 절차

단계	분석 내용	산출 결과
1	4 자리 CPC 공동출현 네트워크 분석	관측 4 자리 CPC 조합과 핵심 CPC 기술분야
2	4 자리 CPC 분석범위 설정	분석대상 4 자리 CPC 기술조합
3	선정된 4 자리 CPC 조합의 8 자리 CPC 코드 확인	4 자리 CPC 별 8 자리 CPC 코드 집합
4	8 자리 CPC 코드 간 가능한 조합 생성	후보 8 자리 CPC 조합
5	기존 특허 데이터에서 이미 관측된 8 자리 CPC 조합 제외	미관측 8 자리 CPC 후보군
6	Node2Vec 분석 대상으로 투입	잠재 기술조합 도출 대상

[표 3-5]는 본 연구에서 미관측 8자리 CPC 후보군을 구성하는 절차를 정리한 것이다. 본 연구는 먼저 4자리 CPC 공동출현 네트워크를 통해 산업 수준에서 실제로 관측된 기술조합과 핵심 기술분야를 파악한 뒤, 잠재 기술조합 탐색에 활용할 4자리 CPC 분석범위를 설정하였다. 이후 선정된 4자리 CPC 조합에 포함되는 하위 8자리 CPC 코드를 확인하고, 이들 코드 간 가능한 조

합을 생성하였다. 이 중 기존 특허 데이터에서 이미 함께 관측된 8자리 CPC 조합은 제외하고, 아직 관측되지 않은 조합만을 미관측 8자리 CPC 후보군으로 정의하였다. 최종적으로 이 후보군은 Node2Vec 기반 구조적 근접성 분석에 투입되어 잠재 기술조합 도출의 분석대상으로 활용된다.

4자리 CPC 분석범위는 연구자가 임의로 특정 조합을 선택하는 방식이 아니라, 산업 수준에서 관측된 기술결합 중 이후 8자리 CPC 후보군 구성과 기업별 OR 평가로 연결 가능한 조합을 선별하는 방식으로 설정한다. 이를 위해 본 연구는 산업적 관련성, 최근 활성도, 8자리 CPC 후보군 구성 가능성의 세 가지 기준을 검토한다.

첫째, 산업적 관련성은 해당 4자리 CPC 조합이 치과 의료기기 특허 데이터에서 실제로 관측되고, 치과 의료기기 기술맥락 안에서 해석 가능한지를 의미한다. 예를 들어 A61C와 G16H의 결합은 치과기술과 의료정보 기술의 결합으로 해석될 수 있으며, 치과 진료정보, 치료계획, 환자 데이터 활용과 연결될 수 있다. 반면 치과 의료기기 산업과의 관련성이 낮거나 기술적 해석이 어려운 조합은 후보군 구성 기준으로 적합하지 않다.

둘째, 최근 활성도는 해당 4자리 CPC 조합이 전체 분석기간 중 최근 기간에서도 계속 관측되거나 비중이 증가하는지를 확인하기 위한 기준이다. 공동출현 빈도가 높더라도 대부분 과거 기간에 집중되어 있다면 향후 잠재 기술조합 탐색의 기준으로 활용하기에 제한적일 수 있다. 본 연구에서는 최근 기간을 2020–2024년으로 설정하고, 해당 기간의 공동출현 빈도와 최근 비중을 함께 검토한다.

셋째, 8자리 CPC 후보군 구성 가능성은 선정된 4자리 CPC 조합이 8자리 CPC 조합으로 확장되었을 때 실제 분석 가능한 미관측 후보군을 형성할 수 있는지를 의미한다. 이는 4자리 CPC와 8자리 CPC이 별개의 분류체계라는 의미가 아니라, 하나의 CPC 전체 코드를 산업 수준에서는 4자리 CPC로, 기업 수준에서는 8자리 CPC로 구분하여 활용한다는 의미이다. 예를 들어

A61C-G16H가 분석대상 4자리 CPC 조합으로 선정되면, A61C에 속한 8자리 CPC 코드와 G16H에 속한 8자리 CPC 코드를 서로 조합하고, 기존 특허에서 이미 함께 관측된 8자리 CPC 조합을 제외한다. 그 결과 남는 조합이 미관측 8자리 CPC 후보군이 된다.

[표 3-6] **4자리 CPC 분석범위 설정 기준**

기준	의미	적용목적
산업적 관련성	치과 의료기기 특허 데이터에서 실제로 관측되고 기술적으로 해석 가능한 4 자리 CPC 조합인지 검토	산업 맥락과 무관한 조합 제외
최근 증가 경향	2020 – 2024 년 기간에서 공동출현 빈도 또는 최근 비중이 확인되는지 검토	최근 기술변화 방향 반영
8 자리 CPC 확장 가능성	8 자리 CPC 코드로 확장한 후 기존 관측 조합을 제외했을 때 미관측 8 자리 CPC 후보군을 구성할 수 있는지 검토	기업별 OR 평가로 연결 가능한 후보군 확보

[표 3-6]은 잠재 기술조합 탐색에 사용할 4자리 CPC 분석범위를 설정하기 위한 기준을 제시한 것이다. 본 연구는 모든 4자리 CPC 조합을 무차별적으로 확장하지 않고, 산업적 관련성, 최근 증가 경향, 8자리 CPC 확장 가능성을 기준으로 분석대상을 선별하였다. 먼저 치과 의료기기 산업에서 실제로 관측되고 기술적으로 해석 가능한 4자리 CPC 조합인지를 검토하여 산업 맥락과 무관한 조합을 제외하였다. 다음으로 2020 – 2024년 기간의 공동출현 빈도와 최근 비중을 확인하여 최근 기술변화 방향을 반영하였다. 마지막으로 선정된 4자리 CPC 조합을 하위 8자리 CPC 코드로 확장했을 때, 기존 관측 조합을 제외하고도 미관측 8자리 CPC 후보군을 구성할 수 있는지를 검토하였다. 이러한 기준은 잠재 기술조합 탐색의 범위를 과도하게 넓히지 않으면서도, 이후 기업별 기술기회 활용 준비도 평가로 연결 가능한 후보군을 확보하기 위한 절차이다.

본 연구에서 이러한 절차는 4자리 CPC 수준의 산업적 해석 가능성과 8자리 CPC 수준의 기업별 분석 가능성을 연결하기 위한 것이다. 4자리 CPC는 치과 의료기기 산업에서 어떤 기술영역 간 결합이 중요한지를 파악하는 데

활용하고, 8자리 CPC는 해당 결합 방향 안에서 기업별 세부 기술포트폴리오와 연결 가능한 후보 조합을 구성하는 데 활용하였다. 따라서 본 절의 핵심은 4자리 CPC와 8자리 CPC를 별도로 분석하는 것이 아니라, 산업 수준의 기술 결합 방향을 기업 수준의 세부 기술기회 후보군으로 전환하는 데 있다.

3.8 잠재 기술조합 도출

본 연구는 미관측 세부 기술조합 후보군 중 구조적 근접성이 높은 잠재 기술조합을 도출하기 위해 Node2Vec 기반 네트워크 임베딩을 활용하였다. Node2Vec은 네트워크 내 노드의 구조적 위치와 관계 패턴을 벡터공간에 표현하는 방법이다. 본 연구에서 Node2Vec은 CPC 조합의 발생 순서를 학습하기 위한 도구가 아니라, CPC 공동출현 네트워크에서 노드 간 구조적 근접성을 벡터 공간에 투영하기 위한 네트워크 임베딩 방법으로 사용되었다. 따라서 Node2Vec 기반 유사도는 특정 CPC 조합의 미래 출현 확률이 아니라, 기존 특허 네트워크 구조에서 관찰되는 잠재적 결합 가능성을 나타내는 탐색적 지표로 해석되어야 한다. 특허분류 공동출현 네트워크에 이를 적용하면, 이미 관측된 기술분류 간 공동출현 관계를 학습하여 아직 함께 등장하지 않은 세부 기술조합 간의 구조적 근접성을 계산할 수 있다(Grover & Leskovec, 2016). 본 연구에서는 특허분류 공동출현 네트워크를 학습 대상으로 설정하고, 각 CPC 노드의 임베딩 벡터를 생성한 후, 미관측 8자리 CPC 후보군을 구성하는 두 8자리 CPC 코드 간 코사인 유사도를 산출하였다.

공동출현 네트워크가 이미 관측된 기술결합을 보여준다면, Node2Vec은 그 네트워크 구조 안에서 아직 관측되지 않은 후보 조합의 상대적 근접성을 계산하는 역할을 한다.

Node2Vec 학습은 세부 기술분류 공동출현 네트워크를 대상으로 수행하였다. 네트워크의 노드는 세부 기술분류이고, 엣지는 동일 특허 안에서 두 세부

기술분류가 함께 등장한 관계이다. Node2Vec을 통한 노드의 저차원 벡터 표현은 편향된 무작위 보행(biased random walk)를 기반으로 수행되며, 이를 통해 그래프 내 개별 노드의 주변 위상 구조와 경로상의 맥락 정보가 임베딩 공간에 반영된다. 이후 미관측 세부 기술조합을 구성하는 두 기술분류의 벡터 간 코사인 유사도를 계산하여 구조적 근접성을 산출하였다.

Node2Vec 기반 잠재 기술조합 도출 절차는 다음과 같다. 첫째, 특허분류 공동출현 관계를 기반으로 학습 네트워크를 구성한다. 둘째, Node2Vec을 적용하여 각 CPC 노드의 임베딩 벡터를 생성한다. 셋째, 미관측 8자리 CPC 후보군에 포함된 두 8자리 CPC 코드의 벡터를 추출한다. 넷째, 두 벡터 간 코사인 유사도를 산출한다. 다섯째, similarity 값을 기준으로 구조적 근접성이 높은 잠재 기술조합을 도출한다.

두 8자리 CPC 코드 a, b의 구조적 근접성은 식(3-3)과 같이 계산한다.

$$Sim(a,b) = \frac{\vec{v_a} \cdot \vec{v_b}}{\|\vec{v_a}\|\|\vec{v_b}\|} \quad \text{식(3-3)}$$

여기서 $\vec{v_a}$와 $\vec{v_b}$는 각각 8자리 CPC 코드 a와 b의 Node2Vec 임베딩 벡터를 의미한다. $Sim(a,b)$는 두 8자리 CPC 코드 간 코사인 유사도를 나타내며, 값이 클수록 두 8자리 CPC 코드가 특허분류 네트워크 구조상 유사한 위치에 있거나 구조적으로 가까운 관계에 있음을 의미한다. 따라서 본 연구에서는 $Sim(a,b)$ 값을 미관측 8자리 CPC 후보 조합의 잠재적 결합 가능성을 평가하기 위한 구조적 근접성 지표로 활용한다.

다시 정리하면, 본 연구에서 Node2Vec 기반 구조적 근접성은 잠재 기술조합의 미래 출현을 확정적으로 예측하는 확률값이 아니다. 또한 해당 조합의 기술적 실현 가능성이나 사업화 가능성을 직접 의미하지도 않는다. 이 값은 기존 8자리 CPC 공동출현 네트워크 안에서 두 8자리 CPC 코드가 유사한 구조적 맥락을 공유하는 정도를 나타내는 탐색 지표이다. 따라서 구조적 근접

성이 높은 조합은 “실제로 융합될 조합”이 아니라, 기존 특허 네트워크 구조상 후속 검토할 가치가 상대적으로 높은 미관측 세부 기술조합으로 해석해야 한다. 본 연구는 이러한 해석 범위를 전제로 Node2Vec 결과를 제4장의 잠재 기술조합 도출에 활용하고, 제6장의 기업별 OR 평가 및 제7장의 시간기반 검토와 전문가 내용타당도 검토를 통해 보완적으로 해석한다.

3.9 기업별 기술포트폴리오 구성

기업별 세부 기술분류 기반 기술포트폴리오는 각 기업이 보유한 특허와 해당 특허에 부여된 세부 기술분류 정보를 기반으로 구성하였다. 본 연구가 기업별 세부 기술포트폴리오를 구성한 이유는 기업별 기술기회 활용 준비도를 평가하기 위해서는 기업이 어떤 세부 기술영역에서 실제 특허활동을 수행해 왔는지를 먼저 파악해야 하기 때문이다

기업별 특허를 식별하기 위해 출원인명 정제를 수행하였다. 동일 기업이라도 국가별 출원 과정에서 법인명, 약어, 자회사명, 대소문자, 특수문자 표기가 다르게 나타날 수 있다. 따라서 기업별 출원인명 목록을 정리하고, 동일 기업으로 판단되는 출원인을 하나의 기업 그룹으로 통합해야한다.

기업별 기술포트폴리오는 기업 f의 특허에서 관측된 8자리 CPC 코드 집합으로 정의한다. 기업 f의 8자리 CPC 기술포트폴리오 T_f는 식(3-4)와 같이 정의한다.

$$T_f = \left\{c_1^{(8)}, c_2^{(8)}, \cdots, c_m^{(8)}\right\} \qquad \text{식(3-4)}$$

여기서 T_f는 기업 f의 특허에서 관측된 8자리 CPC 코드 집합이고, $c_m^{(8)}$는 해당 기업이 보유한 m번째 8자리 CPC 세부 기술분류를 의미한다. 즉, T_f는

기업이 어떤 세부 기술요소를 보유하고 있는지를 나타낸다.

그러나 개별 8자리 CPC 코드의 보유 여부만으로는 기업이 기존에 어떤 기술조합을 경험했는지를 파악하기 어렵다. 이에 본 연구는 기업별 관측 8자리 CPC 조합 집합 E_f를 추가로 정의하였다. E_f는 기업 f의 특허 안에서 동일 특허에 함께 등장한 8자리 CPC 코드 쌍의 집합으로 정의되며, 식(3-5)와 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$E_f = (c_a^{(8)}, c_b^{(8)}) | c_a^{(8)}, c_b^{(8)} \in C_p^{(8)}, c_a^{(8)} \neq c_b^{(8)}, p \in P_f \qquad \text{식(3-5)}$$

여기서 P_f는 기업 f가 보유한 특허 집합이고, $C_p^{(8)}$는 특허 p에 부여된 8자리 CPC 코드 집합을 의미한다. 따라서E_f는 기업 f가 기존 특허에서 실제로 경험한 8자리 CPC 기술조합 구조를 나타낸다. T_f가 기업의 개별 기술요소 보유 상태를 나타낸다면, E_f는 기업이 기존에 어떤 기술요소들을 함께 결합해 왔는지를 보여준다. 본 연구에서는 T_f를 구성기술 보유도 산출에 활용하고, E_f를 인접 기술조합 경험 산출에 활용한다.

실제 분석대상 기업의 선정 결과, 기업별 특허 규모, 기업별 8자리 CPC 포트폴리오 규모와 주요 기술영역은 제5장에서 제시한다. 본 절에서는 기업별 OR 산출에 필요한 포트폴리오 구성 절차와 분석단위만을 정의하였다.

3.10 기업별 기술기회 활용 준비도 평가 기준

본 연구에서 기술기회 활용 준비도(Opportunity Readiness, OR)는 산업 수준에서 도출된 잠재 기술조합이 특정 기업에게 어느 정도 활용 가능한 기술기회인지를 평가하기 위한 복합지표이다. 여기서 중요한 점은 OR이 잠재 기술조합 자체의 일반적 유망성을 평가하는 지표가 아니라는 것이다. 본 연구가 평가하려는 것은 “이 조합이 산업적으로 유망한가”가 아니라, “이 조합이

특정 기업의 기존 기술기반과 연결될 때 활용 준비도가 어느 정도인가"이다.

이 구분은 본 연구의 핵심 전제이다. 동일한 잠재 8자리 CPC 조합이라도 기업이 보유한 기술포트폴리오, 구성기술 보유 여부, 기존 조합 경험, 최근 기술활동, 경쟁구조에 따라 활용 가능성은 달라질 수 있다. 따라서 산업 수준에서 도출된 잠재 기술조합을 모든 기업에게 동일한 기회로 해석하는 것은 적절하지 않다. 본 연구는 잠재 기술조합을 기업별 8자리 CPC 포트폴리오와 연결하여, 기업-기술조합 단위의 활용 준비도를 산출한다.

OR의 분석 단위는 기업 (f)와 잠재 기술조합 (p)의 결합 단위이다. 여기서 기업 (f)는 분석대상 기업을 의미하고, 잠재 기술조합 (p)는 제4장에서 도출된 미관측 8자리 CPC 조합 중 구조적 근접성이 높은 후보를 의미한다. 기업 (f)의 8자리 CPC 기술포트폴리오는 (T_f), 기업 (f)가 기존 특허에서 경험한 관측 8자리 CPC 조합 집합은 (E_f)로 정의한다. 본 연구는 기업 (f)와 잠재 기술조합 (p)의 관계를 평가하기 위해 포트폴리오 유사도(PS), 구성기술 보유도(CC), 인접 기술조합 경험(ACE), 최근 활동성(RA), 경쟁 접근성(CI)의 다섯 구성요소를 설정한다.

이 다섯 구성요소는 계산 편의를 위해 임의로 설정한 변수가 아니다. 포트폴리오 유사도와 구성기술 보유도는 기업의 기존 지식기반과 흡수역량 논리에 근거한다(Cohen & Levinthal, 1990; Zahra & George, 2002). 인접 기술조합 경험은 기술혁신이 기존 기술요소의 재조합과 관련 지식기반 위에서 이루어진다는 재조합 혁신 및 인접 기술기회 논리에 근거한다(Fleming, 2001; Neffke et al., 2011). 최근 활동성은 기업이 변화하는 기술환경 속에서 기회를 감지하고 자원을 재구성하는 동적역량 논리와 연결된다(Teece et al., 1997; Teece, 2007). 경쟁 접근성은 기술기회가 기업 내부 역량만으로 결정되지 않고, 외부 경쟁구조와 선도기업의 점유 정도에 따라 달라질 수 있다는 전략적 진입 가능성의 관점을 반영한다(Porter & Cunningham, 2005; 윤병운·박인채·이호신·고병열, 2011).

본 연구에서 OR은 다음과 같은 판단을 반영한다. 첫째, 잠재 기술조합이 기업의 기존 기술포트폴리오와 구조적으로 가까울수록 기업은 해당 조합을 이해하고 활용할 가능성이 높다. 둘째, 기업이 잠재 조합의 구성기술을 이미 보유하고 있다면 기술적 진입장벽은 낮아진다. 셋째, 기업이 유사하거나 인접한 기술조합을 기존에 경험했다면 새로운 조합을 실행할 수 있는 학습 기반이 존재한다. 넷째, 관련 기술영역에서 최근에도 특허활동이 이어지고 있다면 해당 기술기회는 현재적 전략 관심과 연결될 가능성이 높다. 다섯째, 해당 기술영역이 특정 선도기업에 의해 과도하게 선점되어 있지 않다면 도전기업이나 후발기업의 접근 가능성은 상대적으로 높아진다.

[표 3-7]은 OR 구성요소의 이론적 근거와 조작적 정의를 정리한 것이다.

[표 3-7] OR 구성요소의 이론적 근거와 조작적 정의

구성요소	의미	이론적 근거	관련 문헌	본 연구에서의 조작적 정의
포트폴리오 유사도(PS)	기업의 기존 8자리 CPC 포트폴리오와 잠재 8자리 CPC 조합 간 구조적 근접성	흡수역량, 관련 지식기반	Cohen & Levinthal(1990), Zahra & George(2002)	잠재 조합을 구성하는 8자리 CPC와 기업 (f)의 8자리 CPC 포트폴리오 (T_f) 간 평균 구조적 유사도
구성기술 보유도(CC)	잠재 조합을 구성하는 8자리 CPC 기술요소를 기업이 직접 보유한 정도	내부 기술자산, 기존 지식기반	Cohen & Levinthal(1990), Zahra & George(2002)	잠재 조합의 구성 CPC 중 기업 (f)의 포트폴리오 (T_f)에 포함된 CPC의 비율
인접 기술조합 경험(ACE)	기업이 잠재 조합과 유사하거나 인접한 8자리 CPC 조합을 기존에 경험한 정도	재조합 혁신, 인접 기술기회	Fleming(2001), Neffke et al.(2011), Breschi et al.(2003)	기업 (f)의 기존 관측 조합 집합 (E_f)와 잠재 조합 (p) 간 인접 조합 경험 정도
최근 활동성(RA)	잠재 조합과 관련된 기술영역에서 기업이 최근에도 특허활동을 수행한 정도	동적역량, 기회 감지와 포착	Teece et al.(1997), Teece(2007)	기업 (f)가 잠재 조합 관련 8자리 CPC 영역에서 최근 기간에 출원한 특허활동 수준
경쟁 접근성(CI)	해당 잠재 조합의 기술영역이 특정 선도기업에 의해 과도하게 점유되지 않아 접근 가능한 정도	경쟁환경, 전략적 진입 가능성	Porter & Cunningham(2005), 윤병운·박인채·이호신·고병열(2011)	잠재 조합 (p)에 대한 선도기업 점유도가 낮을수록 높은 값을 갖는 접근성 지표

[표 3-7]에 제시된 바와 같이, OR은 기업 내부의 기술기반만을 평가하지 않는다. PS, CC, ACE, RA는 기업 내부의 기술포트폴리오, 기술자산, 조합 경험, 최근 활동성을 반영한다. 반면 CI는 잠재 기술조합이 놓인 외부 경쟁구조를 반영한다. 이 구성은 본 연구가 기술기회를 단순한 기술적 근접성으로 보지 않는다는 점에서 중요하다. 기업이 특정 기술조합에 가까운 기술을 보유하고 있더라도, 그 영역이 이미 선도기업에 의해 강하게 점유되어 있다면 실제 전략적 접근성은 낮아질 수 있다. 반대로 특정 조합이 기업의 기존 기술기반과 연결되고, 동시에 경쟁구조상 진입 여지가 존재한다면 해당 조합은 기업별 기술기회로 해석될 수 있다.

3.10.1 포트폴리오 유사도(PS)

포트폴리오 유사도(Portfolio Similarity, PS)는 기업의 기존 8자리 CPC 포트폴리오가 특정 미관측 8자리 CPC 후보 조합과 구조적으로 얼마나 가까운지를 나타내는 지표이다. 특정 기업이 이미 보유한 8자리 CPC 코드들이 후보 조합을 구성하는 8자리 CPC 코드와 네트워크상 유사한 위치에 있다면, 해당 기업은 그 후보 조합에 접근할 수 있는 기술적 기반을 보유하고 있다고 해석할 수 있다

본 연구는 Node2Vec 기반 CPC 임베딩을 활용하여 기업 포트폴리오와 후보 조합 간 구조적 근접성을 계산하였다. 기업 f의 기존 8자리 CPC 포트폴리오를 Pf, 미관측 8자리 CPC 후보 조합을 $P=(c_i^{(8)},c_j^{(8)})$라고 할 때, 후보 조합을 구성하는 각 8자리 CPC 코드가 기업 포트폴리오 내 8자리 CPC 코드들과 얼마나 가까운지를 먼저 계산한다.

특정 후보 8자리 CPC 코드 $c_i^{(8)}$와 기업 f의 8자리 CPC 포트폴리오 P_f간 구조적 근접성은 식(3-6)과 같이 정의한다.

$$Sim(c_i^{(8)},P_f)=\max_{c_q^{(8)}\in P_f} Cosine(v_{c_i},v_{c_q}) \qquad \text{식(3-6)}$$

여기서 v_{c_i}는 후보 8자리 CPC 코드 (8)$c_i^{(8)}$의 Node2Vec 임베딩 벡터이고, v_{c_q}는 기업 f가 보유한 8자리 CPC 코드 $c_q^{(8)}$의 임베딩 벡터이다. 즉, $Sim(c_i^{(8)}, P_f)$는 후보 8자리 CPC 코드가 기업의 기존 8자리 CPC 포트폴리오 중 가장 가까운 코드와 갖는 최대 구조적 유사도이다.

후보 조합 $P=(c_i^{(8)}, c_j^{(8)})$는 두 개의 8자리 CPC 코드로 구성되므로, 기업 f와 후보 조합 p 간 포트폴리오 유사도는 두 구성 8자리 CPC 코드의 포트폴리오 근접성을 평균하여 식(3-7)과 같이 산출한다

$$PS_{f,p} = \frac{Sim(c_i^{(8)}, P_f) + Sim(c_j^{(8)}, P_f)}{2} \qquad \text{식(3-7)}$$

이후 $PS_{f,p}$ 값은 다른 OR 구성요소와 결합하기 위해 0에서 1 사이로 정규화한다. PS 값이 높을수록 기업의 기존 8자리 CPC 포트폴리오가 해당 미관측 8자리 CPC 후보 조합과 구조적으로 가깝다는 것을 의미한다. 따라서 PS는 기업이 해당 후보 조합을 완전히 보유하고 있는지를 보는 지표가 아니라, 기업의 기존 기술기반이 후보 조합과 얼마나 인접한지를 평가하는 지표이다.

3.10.2 구성기술 보유도(CC)

구성기술 보유도는 미관측 8자리 CPC 후보 조합을 구성하는 두 개의 8자리 CPC 코드에 대해 기업이 어느 정도 직접 보유하고 있는지를 의미한다. 식(3-8)과 같이 정의할 수 있다.

$$CC_{f,p} = \frac{I(u \in C_f^{(8)}) + I(v \in C_f^{(8)})}{2} \qquad \text{식(3-8)}$$

기업이 두 8자리 CPC 코드를 모두 보유하면 1, 하나만 보유하면 0.5, 둘 다 보유하지 않으면 0이 된다.

CC는 기업이 후보 조합의 구성기술을 직접 보유하고 있는지, 또는 4자리 4자리 CPC 수준에서 관련 기술기반을 보유하고 있는지를 반영할 수 있다. 본 연구에서는 기업별 8자리 CPC 포트폴리오와 후보 조합의 구성 8자리 CPC 코드를 비교하여 구성기술 보유도를 산출하였다. CC가 높다는 것은 기업이 후보 조합을 구성하는 기술요소 중 일부 또는 전부에 대해 이미 기술적 기반을 가지고 있음을 의미한다.

3.10.3 인접 기술조합 경험(ACE)

인접 기술조합 경험은 기업이 해당 미관측 8자리 CPC 후보 조합과 동일한 조합을 보유하지는 않더라도, 그와 인접한 기술조합 경험을 가지고 있는지를 평가한다. 새로운 융합기술 기회는 완전히 낯선 기술영역에서 갑자기 발생하기보다, 기업이 이미 경험한 기술조합과 가까운 영역에서 발생할 가능성이 높다. 따라서 기업이 후보 조합과 유사한 8자리 CPC 조합을 과거에 보유한 경험이 있다면, 해당 후보 조합에 대한 활용 준비도는 높아질 수 있다. 식(3-9)과 같이 정의 할 수 있다.

$$ACE_{f,p} = \frac{I(u \in AdjCPC_f^{(8)}) + I(v \in AdjCPC_f^{(8)})}{2} \qquad \text{식(3-9)}$$

여기서 $AdjCPC_f^{(8)}$는 기업 f가 과거 특허에서 다른 8자리 CPC와 조합해 본 경험이 있는 CPC 집합이다.

ACE는 기업별 기존 관측 8자리 CPC 조합과 미관측 8자리 CPC 후보 조합 사이의 구조적 또는 계층적 인접성을 기반으로 계산한다. 예를 들어 후보 조합의 한쪽 8자리 CPC 코드가 기업의 기존 조합에 반복적으로 등장하거나, 동일한 4자리 CPC 기술분야 내의 유사 8자리 CPC 코드와 조합 경험이 있는 경우, 인접 기술조합 경험이 있는 것으로 해석할 수 있다. ACE는 기업이 새로운 조합을 시도할 때 필요한 조합 경험과 학습 기반을 반영한다.

3.10.4 최근 활동성(RA)

최근 활동성은 기업이 해당 후보 조합과 관련된 기술분야에서 최근에도 특허활동을 지속하고 있는지를 나타낸다. 기업이 과거에 특정 기술을 보유했더라도 최근 활동이 없다면, 해당 기술기회에 대한 현재의 활용 준비도는 낮아질 수 있다. 반대로 최근 기간에 관련 8자리 CPC 코드 또는 관련 4자리 CPC 기술분야에서 출원이 지속되고 있다면, 해당 기업은 그 기술기회에 접근할 현재적 역량과 관심을 보유하고 있을 가능성이 높다. 식(3-10)과 같이 정의한다.

$$RA_{f,p} = \frac{RecentCount_{f,u} + RecentCount_{f,v}}{\max_{f'}(RecentCount_{f',u} + RecentCount_{f',v})} \quad \text{식(3-10)}$$

여기서 $RecentCount_{f,u}$와 $RecentCount_{f,v}$는 최근 기간 동안 기업 f가 해당 8자리 CPC에서 수행한 특허활동 수를 의미한다. 이 값은 기업 간 비교가 가능하도록 동일 조합에 대해 최대값으로 정규화한다.

RA는 최근 기간의 특허 출현 여부, 출현 빈도, 또는 전체 기간 대비 최근 출현 비중을 활용하여 산출할 수 있다. 본 연구에서는 후보 조합의 구성 8자리 CPC 코드 또는 관련 4자리 CPC 기술분야에서 기업의 최근 활동 정도를 정규화하여 RA로 반영하였다. RA 값이 높을수록 기업이 해당 후보 조합과 관련된 기술영역에서 현재도 활발히 활동하고 있음을 의미한다.

3.10.5 경쟁 접근성(CI)

경쟁 접근성은 특정 미관측 8자리 CPC 후보 조합 또는 관련 기술분야가 경쟁기업에 의해 얼마나 강하게 점유되어 있는지를 고려한 지표로 설정한다. 특정 후보 조합이 구조적으로 유망하고 기업의 포트폴리오와도 가까울 수 있지만, 이미 경쟁기업들이 관련 기술영역을 강하게 선점하고 있다면 해당 기업의 접근 가능성은 낮아질 수 있다고 판단한다. 반대로 경쟁 집중도가 상대적

으로 낮거나 특정 기업이 경쟁기업 대비 접근 여지를 가지고 있다면, 기술기회 활용 준비도는 높아질 수 있다.

경쟁 접근성은 선도기업 점유도(Leader Dominance, LD)의 역수적 개념으로 정의한다. 특정 8자리 CPC u에 대한 선도기업 점유도는 식(3-11)과 같다.

$$LD_u = \frac{PatentCount_{Leader,u}}{PatentCount_{All,u}} \quad \text{식(3-11)}$$

잠재 CPC 조합 p=(u,v)의 선도기업 점유도는 식(3-12)과 같이 계산한다.

$$LD_p = \frac{LD_u + LD_v}{2} \quad \text{식(3-12)}$$

경쟁 접근성은 식(3-13)과 같다.

$$CI_p = 1 - LD_p \quad \text{식(3-13)}$$

CI가 높다는 것은 해당 잠재 CPC 조합의 구성기술 영역에서 선도기업 점유도가 상대적으로 낮아 도전기업이 접근할 여지가 있다는 의미이다. 다만 CI는 단독으로 기술기회를 판단하는 기준이 아니라, PS, CC, ACE, RA와 함께 해석해야 하는 보조 지표이다.

CI는 경쟁기업의 관련 8자리 CPC 보유 정도, 후보 조합 구성기술에 대한 경쟁 집중도, 또는 기업 간 포트폴리오 중복도를 기반으로 계산할 수 있다. 본 연구에서 CI는 값이 높을수록 해당 기업이 경쟁 측면에서 접근 가능한 여지가 크다는 방향으로 해석한다. 따라서 CI는 경쟁강도를 직접 나타내는 값이 아니라, 경쟁 상황을 고려한 접근 가능성 지표로 사용된다.

3.11 기업별 기술기회 활용 준비도 산출 및 결과 제시 기준

본 연구는 산업 수준에서 도출된 잠재 8자리 CPC 조합이 개별 기업에게 어느 정도 활용 가능한 기술기회인지를 평가하기 위해 기업별 기술기회 활용 준비도(Opportunity Readiness, OR)를 산출하였다. OR의 분석단위는 기업 f와 잠재 8자리 CPC 조합 p의 결합 단위이다. 즉, 동일한 잠재 기술조합이라도 기업의 기존 8자리 CPC 포트폴리오, 구성기술 보유 여부, 인접 기술조합 경험, 최근 활동성, 경쟁 접근성에 따라 OR 값은 다르게 산출된다.

본 연구에서 OR은 두 방식으로 산출한다. 첫째, 다섯 구성요소를 동일한 비중으로 반영한 동일가중 OR을 산출한다. 둘째, 전문가 AHP 쌍대비교를 통해 도출한 구성요소별 가중치를 반영하여 AHP 가중 OR을 산출한다. 동일가중 OR은 구성요소 간 상대적 중요도에 대한 추가 가정을 두지 않고 결과를 비교할 수 있다는 장점이 있다. 반면 AHP 가중 OR은 치과 의료기기 산업에서 기술기회 활용 준비도를 판단할 때 각 구성요소가 갖는 상대적 중요도를 전문가 판단에 기반하여 반영할 수 있다는 장점이 있다.

본 연구는 동일가중 OR을 기초 비교 지표로 제시하되, 최종적인 기업별 기술기회 활용 준비도 해석에서는 AHP 가중 OR을 중심으로 사용한다. 이는 기술기회 활용 준비도를 구성하는 다섯 요소가 실제 전략적 판단에서 동일한 중요도를 갖는다고 보기 어렵기 때문이다. 예를 들어 기업이 특정 잠재 기술조합을 활용하기 위해서는 단순한 최근 활동성보다 기존 포트폴리오와의 구조적 근접성이나 구성기술 보유 여부가 더 중요하게 작용할 수 있다. 따라서 본 연구는 이론적으로 설정한 OR 구성요소에 전문가 판단을 결합하여 기업별 활용 준비도를 산출하였다.

3.11.1 동일가중 기술기회 활용 준비도

동일가중 OR은 포트폴리오 유사도(PS), 구성기술 보유도(CC), 인접 기술조합 경험(ACE), 최근 활동성(RA), 경쟁 접근성(CI)을 동일한 비중으로 반영한 값이다. 기업 f와 잠재 8자리 CPC 조합 p에 대한 동일가중 OR은 식(3-14)과 같이 정의한다

$$OR_{f,p}^{EW} = \frac{PS_{f,p} + CC_{f,p} + ACE_{f,p} + RA_{f,p} + CI_p}{5} \quad \text{식(3-14)}$$

여기서 $OR_{f,p}^{EW}$는 기업 f가 후보 조합 p에 대해 갖는 동일가중 기술기회 활용 준비도를 의미한다. $PS_{f,p}$는 포트폴리오 유사도, $CC_{f,p}$는 구성기술 보유도, $ACE_{f,p}$는 인접 기술조합 경험, $RA_{f,p}$는 최근 활동성, CI_p는 경쟁 접근성을 의미한다. 경쟁 접근성은 특정 기업의 내부 역량이 아니라 잠재 CPC 조합이 위치한 기술영역의 선도기업 점유도에 기반하여 산출되므로 후보 조합 단위의 CI_p로 표기하였다.

동일가중 OR은 구성요소별 가중치 적용 전 기준값으로 사용된다. 본 연구는 이 값을 AHP 가중 OR과 함께 제시하여, 전문가 가중치 적용 여부에 따른 결과 차이를 확인한다.

3.11.2 AHP 가중치 산정과 전문가 구성

AHP 가중 OR은 OR 구성요소의 상대적 중요도를 전문가 쌍대비교를 통해 산정한 뒤, 이를 다섯 구성요소에 적용하여 산출한 값이다(Saaty, 1990). 본 연구에서 AHP 가중치 산정은 전문가 내용타당도 검토와 구분된다(Vaidya & Kumar, 2006). 전문가 내용타당도 검토가 잠재 기술조합과 OR 해석이 치과 의료기기 산업 맥락에서 타당한지를 검토하는 절차라면, AHP 가중치

산정은 OR 구성요소인 PS, CC, ACE, RA, CI의 상대적 중요도를 결정하기 위한 절차이다.

본 연구는 AHP 응답자의 대표성과 전문성을 확보하기 위해 치과 의료기기 산업의 기술적·임상적·사업적 특성을 이해할 수 있는 전문가를 대상으로 쌍대비교를 수행하였다. 전문가 선정 시에는 치과 임상, 의료기기 개발·제조, AI·소프트웨어, R&D 기획, 특허·기술분석 경험을 고려하였다. 이는 OR 구성요소가 단순한 통계 변수라기보다, 기업이 특정 잠재 기술조합을 실제로 활용할 수 있는지를 평가하기 위한 전략적 판단 기준이기 때문이다.

[표 3-8]은 AHP 가중치 산정을 위한 전문가 구성과 선정 기준을 정리한 것이다.

[표 3-8] AHP 가중치 산정 전문가 구성 및 선정 기준

전문가 유형	선정 기준	반영 이유	경력
치과 임상 전문가	치과 진료 및 임상 적용 경험	기술조합의 임상 적용 가능성 판단	10년 이상
의료기기 제조 전문가	의료기기 개발·제조 경험	제품화 가능성 판단	10년 이상
AI·소프트웨어 전문가	의료 AI, 영상처리, 데이터 경험	외부 디지털 기술융합 가능성 판단	15년 이상
R&D 기획 전문가	정부 R&D, 기술사업화 경험	전략적 활용 가능성 판단	15년 이상
특허·기술분석 전문가	특허분석, 기술기회 탐색 경험	CPC 기반 분석 해석 가능성 판단	15년 이상

[표 3-8]과 같이 AHP 전문가군은 OR 구성요소의 상대적 중요도를 단순한 개인적 선호가 아니라, 치과 의료기기 산업의 기술활용 맥락, 기업의 기술 포트폴리오, 기술융합 가능성, 경쟁구조를 종합적으로 고려하여 판단할 수 있도록 구성하였다.

전문가 r의 쌍대비교 행렬은 식(3-15)과 같이 정의한다.

$$A^{(r)} = \left[a_{ij}^{(r)}\right], \quad a_{ii}^{(r)} = 1, \quad a_{ji}^{(r)} = \frac{1}{a_{ij}^{(r)}} \qquad \text{식(3-15)}$$

여기서$A^{(r)}$는 전문가 (r)의 쌍대비교 행렬이고, $a_{ij}^{(r)}$는 전문가 (r)이 구성요소 (i)를 구성요소 (j)에 비해 얼마나 중요하게 평가했는지를 나타낸다. 여러 전문가의 응답은 식(3-16)과 같이 기하평균으로 통합한다(Forman & Peniwati, 1998).

$$\overline{a_{ij}} = \left(\prod_{r=1}^{R} a_{ij}^{(r)}\right)^{1/R} \qquad \text{식(3-16)}$$

여기서 R은 AHP 응답에 참여한 전문가 수를 의미한다. 통합된 쌍대비교 행렬은 식(3-17)과 같이 정의한다.

$$\overline{A} = \left[\overline{a_{ij}}\right] \qquad \text{식(3-17)}$$

통합 행렬로부터 고유벡터를 산출하여 OR 구성요소별 가중치를 도출한다. 쌍대비교 응답의 일관성은 일관성 비율(Consistency Ratio, CR)을 기준으로 확인한다(Saaty, 1990). CR 기준을 충족하지 못하는 응답은 재검토하거나 분석에서 제외한다. AHP 일관성 검토는 분석결과의 타당성을 검증하는 절차가 아니라, 전문가 가중치 산정 과정에서 응답의 논리적 일관성을 확인하기 위한 절차이다.

3.11.3 AHP 가중 기술기회 활용 준비도 산출식

AHP 가중 OR은 다섯 OR 구성요소에 AHP 가중치를 적용하여 산출한다. 기업 f와 잠재 8자리 CPC 조합 p에 대한 AHP 가중 OR은 식(3-18)과 같이 정의한다.

$$OR_{f,p}^{AHP} = w_{PS}\ PS_{f,p} + w_{CC}\ CC_{f,p} + w_{ACE}\ ACE_{f,p} + w_{RA}\ RA_{f,p} + w_{CI}\ CI_{p}$$

식(3-18)

여기서 w_{PS}, w_{CC}, w_{ACE}, w_{RA}, w_{CI}는 각각 PS, CC, ACE, RA, CI에 부여된 AHP 가중치를 의미한다. $OR_{f,p}^{AHP}$는 기업 f가 잠재 CPC 조합 p에 대해 갖는 AHP 가중 기술기회 활용 준비도이다. 값이 높을수록 해당 기업이 해당 잠재 CPC 조합을 활용할 준비 수준이 상대적으로 높다고 해석한다.

AHP 가중 OR은 동일가중 OR보다 전문가 판단을 반영한다는 점에서 최종 해석에 적합하다. 그러나 전문가 가중치는 산업적 판단을 반영한 것이므로, OR 결과는 반드시 제6장의 기업별 기술포트폴리오 해석, 제7장의 시간기반 예측 타당성 검토 및 전문가 내용타당도 검토와 함께 해석한다.

3.11.4 기업별 기술기회 활용 준비도 결과 제시 기준

기업별 OR 결과는 두 수준으로 제시한다. 첫째, 기업별 상위 10개 평균 OR을 산출하여 분석대상 기업 간 전반적 기술기회 활용 준비도 차이를 비교한다. 둘째, 기업별 OR 상위 3개 잠재 기술조합을 본문에 제시하고, 각 조합의 기술적 의미와 기업별 전략적 해석을 심층적으로 검토한다.

기업 f의 상위 10개 평균 OR은 식(3-19)과 같이 산출한다.

$$Overall OR_f = \frac{1}{10} \sum_{p \in Top10_f} OR_{f,p}^{AHP} \qquad 식(3-19)$$

여기서 $Top10_f$는 기업 f의 OR 상위 10개 잠재 기술조합 집합이다. 상위 10개 평균 OR은 기업의 전체 기술역량을 평가하는 절대지표가 아니라, 본 연구에서 설정한 잠재 기술조합 후보군 안에서 각 기업이 상대적으로 높은 활용 준비도를 보이는 상위 기술기회의 평균 수준을 비교하기 위한 요약지표이다.

기업별 상위 3개 잠재 8자리 CPC 조합은 상위 10개 후보군 중 OR 값이

가장 높은 3개 조합으로 선정한다. 상위 3개 조합은 기업별 기술포트폴리오와 가장 강하게 연결되는 핵심 잠재 기술기회를 심층 해석하기 위한 대상이다. 본 연구는 기업별 전체 상위 후보의 분포를 상위 10개 평균 OR로 비교하고, 구체적인 전략적 의미는 상위 3개 잠재 8자리 CPC 조합을 중심으로 해석한다.

이와 같은 결과 제시 방식은 두 가지 목적을 갖는다. 첫째, 상위 10개 평균 OR은 기업별 기술기회 활용 준비도의 전반적 수준을 비교하게 해준다. 둘째, 상위 3개 잠재 CPC 조합은 기업별로 어떤 세부 기술조합이 실제 전략적 기회로 해석될 수 있는지를 보여준다. 따라서 본 연구는 OR 결과를 단순 순위표로 제시하지 않고, 기업별 기술포트폴리오와 잠재 기술조합 간 연결성을 해석하기 위한 기준으로 활용한다.

기업별 OR 결과, AHP 가중치 값, 기업별 상위 10개 평균 OR, 기업별 상위 3개 잠재 8자리 CPC 조합의 구체적 분석 결과는 제6장에서 제시한다.

3.12 분석 결과의 타당성 검토

본 연구는 Node2Vec 기반 잠재 기술조합 도출 결과와 OR 기반 기업별 기술기회 해석의 타당성을 검토하기 위해 시간기반 예측 타당성 검토와 전문가 내용타당도 검토를 수행한다. 시간기반 예측 타당성 검토는 Node2Vec 기반 잠재 CPC 조합이 단순한 구조적 유사도에 머무르는지, 아니면 이후 기간의 실제 기술결합과 일정 부분 연결되는지를 확인하기 위한 절차이다. 본 연구는 학습기간 기준으로 미관측이었던 기술조합 중 일부가 이후 검토기간에 신규 관측 조합으로 등장하는지를 확인하였다. 이를 통해 Node2Vec 구조적 근접성이 미래 출현을 확정적으로 예측하는 값은 아니지만, 기존 네트워크 구조 안에서 후속 결합 가능성이 있는 후보를 탐색하는 데 일정한 설명력을 가질 수 있는지를 검토하였다. 전문가 내용타당도 검토는 정량분석 결과가 치과

의료기기 산업의 실제 기술·제품·전략 맥락에서 해석 가능한지를 확인하기 위한 절차로 활용하였다. 본 연구는 특허분류와 네트워크 지표만으로 잠재 CPC 조합의 기술적 의미나 기업별 OR 해석의 타당성을 충분히 보장하기 어렵다고 보았다. 따라서 전문가 검토를 통해 잠재 기술조합의 기술적 의미, OR 구성요소의 적절성, 기업별 OR 해석의 산업적·전략적 해석 가능성을 보완적으로 확인하였다.

3.12.1 시간기반 예측 타당성 검토

시간기반 예측 타당성 검토는 분석기간을 학습기간과 검토기간으로 구분하여 수행한다. 본 연구는 2010–2019년을 학습기간으로, 2020–2024년을 검토기간으로 설정한다. 학습기간의 특허 데이터만을 사용하여 공동출현 네트워크를 구성하고, 해당 기간에 관측되지 않은 잠재 기술조합 후보군을 구성한다. 이후 Node2Vec 기반 구조적 근접성을 산출하고, 구조적 근접성 상위 후보군이 검토기간에 신규 관측 조합으로 등장하는지를 확인한다.

검토 기준은 다음과 같다. 첫째, 학습기간 기준 미관측 후보 조합이 검토기간에 신규 관측되었는지를 확인한다. 둘째, 구조적 근접성 상위 후보군에서 신규 관측 조합이 차지하는 비율을 검토한다. 셋째, 구조적 근접성 순위와 신규 관측 여부 간의 관계를 비교한다. 이러한 절차를 통해 Node2Vec 기반 구조적 근접성이 미관측 기술조합의 구조적 결합 가능성을 탐색하는 지표로 활용될 수 있는지를 검토한다.

3.12.2 전문가 내용타당도 검토

전문가 내용타당도 검토는 잠재 기술조합과 OR 기반 기업별 해석이 치과 의료기기 산업의 기술·제품·전략 맥락에서 타당하게 해석될 수 있는지를 확인하기 위한 절차이다. 전문가 검토는 정량분석 결과를 대체하는 절차가 아니라, 특허분류 기반 분석결과의 해석 가능성과 과잉해석 여부를 확인하기 위한 보완적 절차로 활용된다.

전문가 검토 대상은 세 가지로 구성한다. 첫째, Node2Vec 기반으로 도출된 잠재 기술조합의 기술적 의미이다. 둘째, OR 구성요소가 기업별 기술기회 활용 준비도를 평가하기에 적절한지 여부이다. 셋째, 기업별 상위 OR 결과에 대한 기술적·전략적 해석의 적절성이다.

전문가 평가는 정량평가와 개방형 의견을 함께 수집하는 방식으로 수행한다. 정량평가는 잠재 기술조합의 기술적 타당성, OR 구성요소의 적절성, 기업별 해석의 타당성을 평가하는 항목으로 구성한다. 개방형 의견은 정량분석 결과에서 보완이 필요한 기술적 해석, 과도한 해석 가능성, 산업 현장 적용 시 고려사항을 확인하는 데 활용한다.

전문가 내용타당도 검토 결과는 제7장에서 제시한다. 제7장에서는 전문가 평가 결과와 개방형 의견을 바탕으로 Node2Vec 기반 잠재 기술조합과 OR 기반 기업별 기술기회 해석의 타당성을 논의한다.

3.13 소결

본 장에서는 치과 의료기기 산업의 특허 데이터를 활용하여 잠재 기술조합을 도출하고, 이를 기업별 기술포트폴리오와 연결하여 OR을 산출하기 위한 분석 절차와 조작적 기준을 제시하였다. 본 연구의 방법론은 산업 수준의 4자리 CPC 공동출현 네트워크 분석과 기업 수준의 8자리 CPC 기술포트폴리오 분석을 연결하는 구조를 가진다.

구체적으로 본 장에서는 특허 데이터 수집과 정제, CPC 분석 단위 설정, 4자리 CPC 공동출현 네트워크 구성, 미관측 8자리 CPC 후보군 구성, Node2Vec 기반 잠재 기술조합 도출, 기업별 OR 산출 및 타당성 검토 절차를 제시하였다. 본 장의 핵심은 각 분석기법을 나열하는 데 있지 않다. 4자리 CPC 분석은 산업 수준의 기술융합 구조를 파악하고, 8자리 CPC 후보군 구

성은 그 구조를 세부 잠재 CPC 조합으로 확장하며, Node2Vec은 미관측 CPC 조합의 구조적 근접성을 평가하고, OR은 해당 조합의 기업별 활용 준비도를 산출한다. 따라서 본 장은 산업 수준의 잠재 기술조합 탐색을 기업 수준의 기술기회 활용 준비도 평가로 연결하는 방법론적 기반을 제시한다.

제4장에서는 본 장에서 제시한 산업 수준 분석 절차를 바탕으로 치과 의료기기 산업의 4자리 CPC 공동출현 네트워크 구조와 Node2Vec 기반 잠재 기술조합 도출 결과를 제시한다. 제5장에서는 기업별 8자리 CPC 기술포트폴리오를 비교한다. 제6장에서는 잠재 기술조합과 기업별 기술포트폴리오를 연결하여 OR 분석 결과를 제시한다. 제7장에서는 시간기반 예측 타당성 검토와 전문가 내용타당도 검토를 통해 분석결과의 예측 타당성과 해석 타당성을 검토한다.

HANSUNG UNIVERSITY

Ⅳ. 치과 의료기기 산업의 기술융합 구조와 잠재 기술조합

4.1 제4장의 분석 목적과 흐름

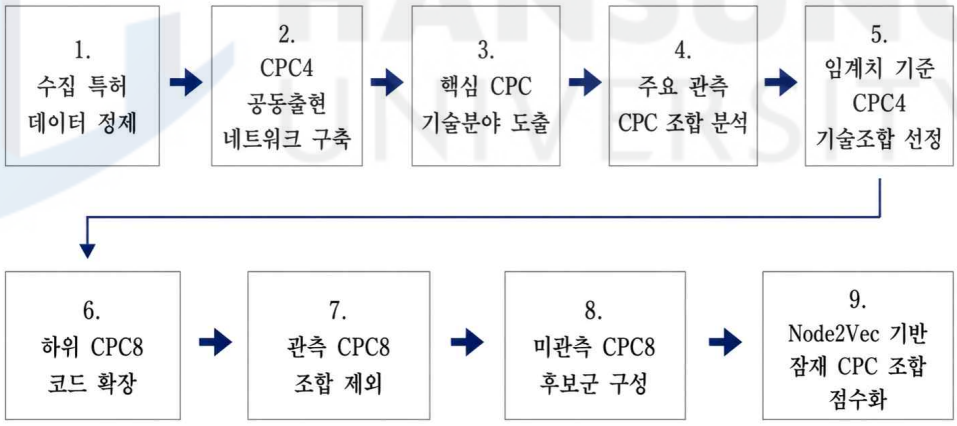
본 장은 제3장에서 제시한 연구방법에 따라 치과 의료기기 산업의 특허 네트워크를 구성하고, 산업 수준의 기술융합 구조와 잠재 기술조합 도출 결과를 제시한다. 제3장에서는 특허 데이터 수집 및 정제, CPC 기반 분석단위 설정, 4자리 CPC 공동출현 네트워크 구성, 4자리 CPC 분석범위 설정, 미관측 8자리 CPC 후보군 구성, Node2Vec 기반 잠재 기술조합 도출 절차를 제시하였다. 제4장에서는 치과 의료기기 산업의 특허 네트워크를 활용하여 산업 수준의 기술융합 구조와 잠재 기술조합 도출 결과를 제시한다. 본 장의 목적은 단순히 CPC 공동출현 빈도나 Node2Vec 구조적 근접성이 높은 조합을 나열하는 데 있지 않다. 본 장은 치과 의료기기 산업에서 어떤 상위 기술영역이 반복적으로 결합되어 왔으며, 그 관측 구조 안에서 아직 함께 등장하지 않은 세부 8자리 CPC 조합이 어떤 잠재 기술기회 후보로 도출될 수 있는지를 설명하는 데 초점을 둔다.

본 장의 분석은 두 가지 목적을 가진다. 첫째, 치과 의료기기 산업의 4자리 CPC 공동출현 네트워크를 구성하여 산업 수준의 치과 의료기기 기술융합 구조를 파악한다. 이를 위해 4자리 CPC 노드를 기준으로 공동출현 관계를 구성하고, 가중연결중심성(weighted degree)을 통해 핵심 기술분야를 도출하며, Louvain 군집분석을 통해 기술군집 구조를 파악하였다. 이때 가중연결중심성

은 노드 수준에서 특정 4자리 CPC가 다른 4자리 CPC와 얼마나 반복적으로 함께 등장했는지를 나타내며, 주요 관측 기술조합은 엣지 수준에서 두 4자리 CPC가 동일 특허 내에서 반복적으로 함께 등장한 관계를 의미한다.

둘째, 산업 수준의 기술융합 구조를 바탕으로 기업 수준 분석에 활용할 잠재 기술조합 후보군을 구성하고, Node2Vec 기반 구조적 근접성 분석을 통해 잠재 기술조합을 도출하였다. 먼저 4자리 CPC 수준에서 분석범위를 설정하고, 해당 4자리 CPC 조합의 8자리 CPC 코드를 확장하여 미관측 8자리 CPC 후보군을 구성하였다. 이후 Node2Vec 기반 임베딩과 코사인 유사도를 활용하여 미관측 후보군 중 구조적으로 결합 가능성이 높은 잠재 기술조합을 도출한다.

[그림 4-1]은 4장 전체의 분석흐름을 그림으로 나타낸 것이다.



[그림 4-1] 제4장 분석 흐름

[그림 4-1]은 제4장이 단순히 네트워크 지표를 산출하는 장이 아니라, 산업 수준의 관측 기술결합 구조를 바탕으로 미관측 8자리 CPC 후보군과 잠재 기술조합을 도출하는 장임을 보여준다. 따라서 제4장의 분석결과는 최종 기업전략으로 직접 해석되기보다, 제6장의 기업별 OR 분석으로 연결되는 산업 수준 후보군으로 이해해야 한다.

4.2 분석 데이터의 구성

본 연구는 2010년부터 2024년까지의 치과 의료기기 관련 특허를 수집하여 분석 데이터셋을 구성하였다. 수집 특허 데이터는 국가별 특허원자료를 통합한 후 중복 특허, CPC 정보 결측, 출원번호 중복, 분석 불가능 데이터를 정제하는 절차를 거쳤다. 정제 결과는 산업 수준 CPC 네트워크 분석과 기업 수준 OR 분석의 공통 기반자료로 사용하였다.

[표 4-1] 특허 데이터 정제 결과, 수집 특허 데이터 행 수는 34,649건이며, 국가코드와 출원번호를 기준으로 중복을 제거한 고유 특허 수는 18,957건으로 나타났다. 본 연구에서 이 정제 결과가 중요한 이유는 이후 CPC 공동출현 네트워크와 기업별 포트폴리오 분석이 모두 고유 특허 단위의 기술분류 정보를 기반으로 이루어지기 때문이다. 중복 특허가 제거되지 않으면 특정 CPC 조합의 공동출현 빈도와 기업별 특허활동이 과대평가될 수 있으므로, 정제 결과는 단순한 데이터 현황이 아니라 분석 신뢰성을 확보하기 위한 기초 조건이다. 분석 가능 특허 수는 18,932건으로 나타났다. 이는 CPC 코드가 부여되어 있어 CPC 기반 분석에 활용할 수 있는 특허를 의미한다. 본 연구는 특허의 기술내용을 직접 텍스트로 해석하기보다 CPC 분류체계를 통해 기술영역 간 결합 구조를 분석하므로, CPC 코드 보유 여부는 분석대상 포함의 핵심 기준이 된다. 따라서 분석 가능 특허 수는 본 연구의 실증분석이 실제로 의존하는 유효 표본의 규모를 보여준다. 4자리 CPC 조합 생성이 가능한 특허는 13,270건, 8자리 CPC 조합 생성이 가능한 특허는 16,177건으로 정리되었다. 4자리 CPC와 8자리 CPC 조합 가능 특허 수가 다른 것은 각 특허에 부여된 CPC 코드의 수와 세부 코드 구성 방식이 다르기 때문이다. 본 연구는 이 차이를 오류나 불일치로 보지 않는다. 4자리 CPC는 상위 기술영역의 결합을 파악하는 단위이고, 8자리 CPC는 세부 기술조합과 기업별 포트폴리오를 구성하는 단위이므로, 두 수준에서 조합 생성 가능 특허 수가 달라지는

것은 자연스러운 결과이다. 이 차이는 오히려 4자리 CPC와 8자리 CPC이 서로 다른 분석 목적을 가진다는 점을 보여준다.

[표 4-1] 치과 의료기기 특허 데이터 정제 결과

항목	값	비고
수집 특허 데이터 행 수	34,649	엑셀 데이터 행 수
고유 특허 수	18,957	국가코드+등록번호 기준
분석 가능 특허 수	18,932	CPC 코드 보유 특허
4 자리 CPC 조합 생성 가능 특허 수	13,270	고유 4 자리 CPC 가 2 개 이상
8 자리 CPC 조합 생성 가능 특허 수	16,177	고유 8 자리 CPC 가 2 개 이상

이 정제 결과는 이후 분석의 기초가 된다. 4자리 CPC 조합 생성 가능 특허는 산업 수준의 CPC 공동출현 네트워크 구축에 사용되고, 8자리 CPC 조합 생성 가능 특허는 미관측 8자리 CPC 후보군 구성과 기업별 기술포트폴리오 분석에 사용된다. 본 연구는 4자리 CPC와 8자리 CPC를 대체 관계로 사용하지 않는다. 4자리 CPC는 산업 수준의 해석 가능성을 확보하기 위한 단위이고, 8자리 CPC는 기업 수준의 세부 기술기회를 평가하기 위한 단위이다. 따라서 두 데이터셋은 서로 다른 분석 목적을 수행하면서도 하나의 연구 프레임워크 안에서 연결된다

4.3 치과 의료기기 산업의 기술결합 네트워크

4자리 CPC 공동출현 네트워크는 동일 특허 안에서 함께 등장한 4자리 CPC 조합을 기반으로 구축하였다. 이 네트워크에서 노드는 4자리 CPC 기술분야를 의미하고, 엣지는 두 4자리 CPC가 동일 특허 안에서 함께 등장한 관계를 의미한다. 엣지 가중치는 해당 4자리 CPC 조합의 공동출현 빈도로 설정하였다. 본 연구가 4자리 CPC 네트워크를 구성한 이유는 개별 특허 단위

의 기술분류 정보를 산업 수준의 기술결합 구조로 전환하기 위해서이다. 따라서 이 네트워크는 단순한 관계도라기보다, 치과 의료기기 산업에서 어떤 상위 기술영역들이 반복적으로 결합되어 왔는지를 확인하기 위한 분석 기반이다.

분석 결과, 4자리 CPC 공동출현 네트워크는 340개의 4자리 CPC 노드와 3,617개의 관측 4자리 CPC 조합으로 구성되었다. 340개 4자리 CPC 노드에서 가능한 전체 조합 수가 57,630개임을 고려하면, 실제로 관측된 3,617개 조합은 치과 의료기기 산업의 기술결합이 모든 가능한 기술영역 사이에서 무작위적으로 발생하지 않았음을 보여준다. 본 연구는 이 결과를 치과 의료기기 산업의 기술융합이 특정 기술영역과 조합을 중심으로 선택적으로 형성되어 왔다는 근거로 해석한다. 따라서 미관측 4자리 CPC 조합은 54,013개이며, 네트워크 density는 0.0628로 나타났다. 이 값은 가능한 모든 4자리 CPC 조합 중 실제로 관측된 조합의 비율이 제한적이라는 것을 의미한다. 본 연구는 낮은 density를 기술융합이 부족하다는 의미로 단순 해석하지 않는다. 오히려 치과 의료기기 산업의 기술결합이 특정 핵심 기술분야와 주요 조합을 중심으로 집중적으로 형성되어 있음을 시사하는 결과로 해석한다. 따라서 이후 분석에서는 모든 4자리 CPC 조합을 동일하게 다루기보다, 실제 관측 빈도와 최근성이 높은 조합을 중심으로 8자리 CPC 후보군을 구성하는 것이 타당하다.

[표 4-2] 4자리 CPC 공동출현 네트워크 개요

지표	값
4 자리 CPC 노드 수	340
관측 4 자리 CPC 조합 수	3,617
전체 가능한 4 자리 CPC 조합 수	57,630
미관측 4 자리 후보 조합 수	54,013
네트워크 density	0.0628

이 결과는 치과 의료기기 산업의 기술조합 구조가 전체 가능한 4자리 CPC 조합 중 일부에 집중되어 있음을 보여준다. density 0.0628은 모든 가능한 4자리 CPC 조합 중 약 6.28%만이 실제 수집 특허 데이터에서 공동출현했다

는 의미이다. 이는 치과 의료기기 산업의 기술조합이 무작위적으로 넓게 분산되어 있기보다, 특정 기술분야와 특정 기술조합을 중심으로 형성되어 있음을 시사한다.

동시에 54,013개의 미관측 4자리 CPC 조합이 존재한다는 사실은 향후 잠재 CPC 조합 탐색의 필요성을 보여준다. 다만 본 연구는 모든 미관측 4자리 CPC 조합을 잠재기회로 보지 않는다. 미관측 CPC 조합 중에서도 산업 구조상 의미가 있고, Node2Vec 기반 구조적 근접성이 높으며, 기업별 8자리 CPC 포트폴리오와 연결 가능한 조합만이 이후 분석에서 잠재 CPC 조합으로 검토될 수 있다.

4.4 산업 내 핵심 기술분야와 기술군집

4.4.1 연결성이 높은 핵심 기술분야

가중연결중심성은 4자리 CPC 노드 수준에서 산출되는 지표이다. 이는 특정 4자리 CPC가 다른 4자리 CPC와 형성한 모든 공동출현 엣지의 가중치를 합산한 값이며, 두 4자리 CPC 간 공동출현 빈도인 $w_{ij}^{(4)}$와 구분된다. 따라서 가중연결중심성이 높은 CPC는 단순히 연결 수가 많은 기술분야가 아니라, 다른 기술분야와 강한 공동출현 관계를 반복적으로 형성한 기술분야로 해석할 수 있다. 본 연구에서 가중연결중심성을 활용한 이유는 치과 의료기기 산업의 기술융합이 어떤 핵심 CPC 기술분야를 중심으로 전개되는지를 확인하기 위해서이다. 따라서 가중연결중심성 상위 CPC는 산업 내 기술결합을 매개하거나 확장하는 핵심 4자리 CPC 기술문야로 해석된다.

산업 수준 기술융합 구조의 핵심 CPC 기술분야를 확인하기 위해 4자리 CPC 공동출현 네트워크의 가중연결중심성을 계산하였다. 가중연결중심성은

특정 CPC가 다른 CPC와 얼마나 자주 공동출현하는지를 나타내는 지표이다. 따라서 가중연결중심성이 높은 CPC는 해당 산업에서 다양한 기술영역과 반복적으로 결합되는 중심 기술영역으로 해석할 수 있다(Freeman, 1978; Newman, 2004). 가중연결중심성은 특정 4자리 CPC 기술분야가 다른 기술분야와 얼마나 강하게 공동출현하는지를 나타내므로, 치과 의료기기 산업 내 기술결합의 중심성을 파악하는 데 적합하다.

분석 결과, A61C의 가중연결중심성은 28,882로 가장 높게 나타났다. 또한 A61C는 339개의 다른 CPC와 연결되어 있어, 전체 340개 노드 중 거의 모든 기술영역과 공동출현 관계를 형성하고 있었다. 이는 분석대상 산업의 기술융합 구조가 A61C를 중심으로 강하게 조직되어 있음을 보여준다.

두 번째로 높은 가중연결중심성을 보인 CPC는 A61B로, 가중연결중심성은 10,936, degree는 214로 나타났다. 이는 진단·측정·수술 관련 기술이 치과기술과 함께 중요한 결합축을 형성하고 있음을 의미한다. 이어서 G16H, G06T, A61K, B33Y, B29C, A61L, A61F, A46B가 상위권에 위치하였다.

[표 4-3] 가중연결중심성 상위 CPC

순위	CPC	가중연결중심성	Degree	특허 출현 수	해석
1	A61C	28,882	339	18,926	치과기술 중심축
2	A61B	10,936	214	4,540	진단·측정·수술
3	G16H	4,845	98	1,592	의료정보
4	G06T	4,826	73	1,548	영상처리
5	A61K	4,472	129	1,568	의약·재료 관련 기술
6	B33Y	4,070	95	1,259	적층제조
7	B29C	3,353	103	809	성형가공
8	A61L	3,252	151	1,087	생체재료·멸균
9	A61F	2,971	121	1,116	보철·보형
10	A46B	2,815	117	1,414	구강관리 용품

[표 4-3]은 치과 의료기기 특허 네트워크에서 가중연결중심성이 높은 상위 CPC를 제시한 것이다. 가중연결중심성은 특정 CPC가 다른 CPC와 얼마나 자주 함께 출현했는지를 나타내는 지표로, 값이 높을수록 해당 기술분야가 산업 내 다양한 기술과 결합되는 중심적 위치에 있음을 의미한다.

이 결과는 분석대상 산업의 기술융합 구조가 세 가지 축으로 구성되어 있음을 보여준다. 첫째, A61C는 치과기술 중심축이다. A61C가 거의 모든 CPC와 연결되어 있다는 점은 분석대상 특허활동이 치과기술을 중심으로 조직되어 있음을 의미한다. 둘째, A61B는 진단·측정·수술기술 축이다. A61B는 A61C와 가장 강하게 연결되어 있으며, 영상처리 및 의료정보 기술과도 결합된다. 셋째, G16H, G06T, B33Y는 디지털 전환 관련 기술축이다. G16H는 의료정보, G06T는 영상처리, B33Y는 적층제조와 관련되며, 이들이 상위 가중연결중심성에 포함된 것은 기존 치과기술과 디지털 기술영역 간 결합이 이미 상당히 진행되었음을 의미한다.

[표 4-4] 핵심 CPC 기술분야 해석

4 자리 CPC	기술분야 해석	치과 의료기기 산업 내 의미
A61C	치과기술	보철, 교정, 임플란트, 치과장치의 기반기술
A61B	진단·수술기술	진단, 수술계획, 의료기기, 임상 데이터 수집
G06T	영상처리	구강스캔, CBCT, 3D 영상, 이미지 분석
G16H	의료정보 ICT	진료정보, 의료 데이터, 의사결정 지원
G06N	AI·계산모델	AI 진단, 예측모델, 치료계획 추천
B33Y	3D 프린팅	보철, 수술가이드, 맞춤형 장치 제작
G06F	데이터처리	디지털 데이터 처리, 소프트웨어 기반 기술

[표 4-4]는 가중연결중심성 분석에서 핵심적으로 도출된 4자리 CPC 기술분야를 치과 의료기기 산업의 맥락에서 해석한 것이다. 분석 결과, 치과 의료기기 산업이 A61C와 A61B를 중심으로 형성되어 있으나, G06T, G16H, G06N, B33Y, G06F와 같은 디지털·정보처리 기술이 산업의 중요한 기술결합 방향으로 부상하고 있음을 보여준다. 따라서 이후 잠재 CPC 조합 분석에서

는 전통적 치과기술과 디지털 기술 간 결합 가능성이 중요한 분석대상이 된다.

4.4.2 밀접하게 연결된 기술군집

Louvain 분석은 핵심 기술분야를 산출하기 위한 중심성 지표가 아니라, 4자리 CPC 공동출현 네트워크 내에서 서로 조밀하게 연결된 기술분야의 묶음을 파악하기 위한 군집분석 절차다. 따라서 가중연결중심성 결과는 핵심 기술분야의 연결 강도를 보여주고, Louvain 결과는 치과 의료기기 산업에서 기술융합 구조가 어떤 기술군집으로 형성되어 있는지를 알수 있다.

4자리 CPC 공동출현 네트워크의 기술군집 구조를 확인하기 위해 Louvain 알고리즘을 적용하였다. Louvain 알고리즘은 modularity optimization에 기반하여 네트워크 내 community structure를 효율적으로 탐지하는 방법이다 (Blondel et al., 2008). 분석 결과, 전체 네트워크는 총 8개의 군집으로 구분되었으며, modularity는 0.1725로 나타났다.

Modularity 0.1725는 네트워크가 완전히 분리된 독립 군집 구조라기보다, A61C를 중심으로 여러 기술영역이 연결되어 있는 통합적 융합 구조를 갖고 있음을 의미한다. 즉, 분석대상 산업의 기술구조는 독립된 기술군집들이 병렬적으로 존재하는 구조라기보다, 치과기술 중심축을 중심으로 진단, 의료정보, 영상처리, 재료, 제조 기술이 상호 연결되는 구조에 가깝다.

[표 4-5] Louvain 군집별 주요 CPC 구성

군집	노드 수	엣지 수	내부 가중치	주요 CPC	해석
1	100	557	23,181	A61C, A61B, G16H, G06T, A46B, G06F, A61N, H04N, G06V, G02B	핵심 디지털 진료·진단 군집
2	97	498	5,140	A61K, A61L, A61F, Y10T, C04B, A61M, A61Q, A61P, C03C, B32B	재료·보철·생체재료 군집
3	60	198	655	B65D, A45D, H02K, B05C, B26B, B01F, B05B, H02J, B25G, F16F	보조 장치·포장·기계요소 군집
4	34	198	4,075	B33Y, B29C, B29L, B29K, G05B, C08F, C08L, B22F, C08K, Y02P	적층제조·성형가공 군집

5	25	77	741	F21V, F21W, F21Y, H05B, F27B, H04L, H04W, G10L, F27D, F21L	광원·통신· 전기장치 군집
6	19	41	138	B23Q, B23C, B23B, B24B, B25J, B23P, B21F, B24D, B21C, B21D	가공장비· 기계가공 군집
7	3	3	3	B31D, B26F, B31C	포장·절단 보조군집
8	2	1	1	C10N, C10M	윤활·화학 보조군집

[표 4-5]는 Louvain 군집분석을 통해 도출된 치과 의료기기 특허 네트워크의 주요 기술군집을 정리한 것이다. 분석 결과, 치과 의료기기 산업의 기술융합 구조는 하나의 단일 기술영역으로 구성되기보다 디지털 진료·진단, 재료·보철·생체재료, 적층제조·성형가공, 보조 장치 및 기계가공 등 여러 기술군집으로 분화되어 나타났다.

군집 1은 A61C, A61B, G16H, G06T, G06F, G06V 등을 포함하며, 내부가중치가 23,181로 가장 높게 나타났다. 이 군집은 치과기술, 진단·측정기술, 의료정보, 영상처리, 컴퓨팅, 시각인식 관련 기술이 함께 결합된 핵심 디지털 진료·진단 군집으로 해석할 수 있다. 특히 A61C와 A61B가 함께 포함되어 있고, G16H와 G06T가 동일 군집 안에 위치한다는 점은 전통적 치과기술과 디지털 정보·영상기술이 하나의 융합 구조 안에서 결합되고 있음을 보여준다.

군집 2는 A61K, A61L, A61F, C04B, C03C, B32B 등을 포함하고 있다. 이는 치과재료, 생체재료, 보철·보형물, 세라믹 및 복합재료 관련 기술군집으로 해석할 수 있다.

군집 3은 B65D, A45D, H02K, B05C, B26B, B01F, B05B, H02J, B25G, F16F 등을 포함하며, 포장, 보조 장치, 혼합·분사·코팅, 절단, 구동 및 기계요소와 관련된 주변 지원 기술군집으로 해석할 수 있다. 특히 군집 3은 노드 수가 60개로 일정한 규모를 보이지만 내부가중치가 655로 상대적으로 낮게 나타났다. 본 연구는 이를 군집 3이 강한 핵심 기술결합을 형성한다기보다, 제품화와 장비 운용을 보조하는 기술요소들이 느슨하게 연결된 군집임을 보여주는 결과로 해석한다. 따라서 군집 3은 기술융합의 중심축이라기보다는 치

과 의료기기 제품 구현 과정에서 주변 지원 기능을 제공하는 보조적 기술군집으로 보는 것이 타당하다.

군집 4는 B33Y, B29C, B29L, B29K, G05B 등을 포함하며, 적층제조, 성형가공, 고분자 재료, 공정제어와 관련된 디지털 제조 군집으로 해석된다. 본 연구에서 이 군집이 중요한 이유는 치과 의료기기 산업의 기술융합이 진단·영상·정보처리 영역에만 국한되지 않고, 맞춤형 보철물과 장치 제조를 위한 제조기술 영역으로도 확장되고 있음을 보여주기 때문이다. 다만 이 군집은 제6장의 기업별 OR 분석에서 모든 기업에게 동일한 기회로 해석되지는 않으며, 각 기업의 제품군과 8자리 CPC 포트폴리오에 따라 활용 준비도가 달라질 수 있다.

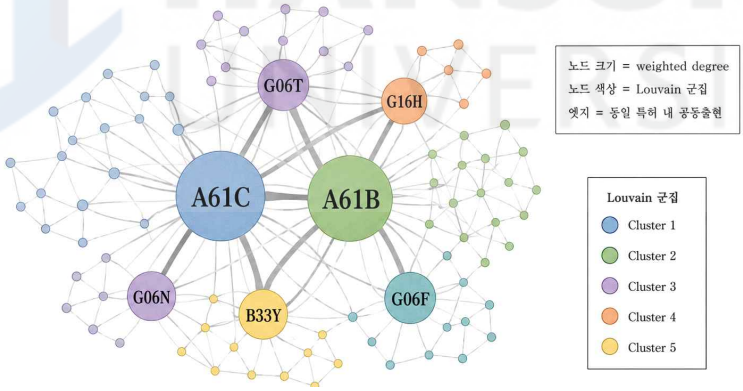
종합하면, 치과 의료기기 산업은 치과기술 중심축을 기반으로 진단·정보·영상, 재료·보철, 적층제조·가공 영역으로 분화된 기술군집 구조를 보인다. 본 연구는 이 결과를 치과 의료기기 산업의 기술융합이 단일한 디지털 전환 경로로 진행되는 것이 아니라, 진단 · 계획 · 제조 · 치료의 여러 기능 영역에서 동시에 전개되고 있음을 보여주는 증거로 해석한다. 따라서 이후 잠재 8자리 CPC 조합 도출에서도 이러한 다층적 기술군집 구조를 반영하는 것이 필요하다.

4.5 주요 관측 기술조합 분석 결과

주요 관측 CPC 조합은 수집 특허 데이터에서 실제로 공동출현한 4자리 CPC 조합 중 공동출현 빈도와 네트워크 구조적 중요도가 높은 조합을 의미한다. 본 연구가 주요 관측 조합을 별도로 분석한 이유는 잠재 CPC 조합을 해석하기 위한 기준점이 필요하기 때문이다. 관측 CPC 조합은 이미 산업 안에서 실현된 기술결합을 보여주며, 이후 미관측 8자리 CPC 조합이 어떤 산업적 맥락 안에서 도출되는지를 판단하는 근거가 된다.

분석 결과, 치과 의료기기 산업의 주요 관측 CPC 조합은 A61C 내부조합과 A61C-A61B, A61C-G06T, A61B-G06T, A61C-G16H 등에서 주로 나타났다. 본 연구는 이 결과를 치과 의료기기 산업의 기술결합이 전통적 치과기술을 중심으로 진단·수술기술, 영상처리, 의료정보 ICT와 결합하는 방향으로 확장되고 있음을 보여주는 근거로 해석한다. 즉, 관측 조합의 중심은 여전히 치과기술이지만, 그 확장 방향은 디지털 진단, 영상 기반 계획, 의료정보 연계 쪽으로 이동하고 있다고 해석한다.

Louvain 군집분석 결과도 이러한 해석을 뒷받침한다. 네트워크 내 기술군집은 치과치료·보철·교정 중심 군집, 진단·수술 및 의료기기 군집, 영상처리 및 데이터처리 군집, 의료정보 ICT 및 AI 관련 군집, 3D 프린팅 및 맞춤형 제조 관련 군집 등으로 구분될 수 있다. 각 군집은 독립적으로 존재하는 것이 아니라, A61C와 A61B를 중심으로 G06T, G16H, G06N, B33Y 등과 연결되면서 디지털 치과 기술활용 영역을 형성하고있다.



[그림 4-2] 4자리 CPC 공동출현 네트워크와 기술군집 구조

[그림 4-2]는 치과 의료기기 특허 데이터에서 도출한 4자리 CPC 공동출현 네트워크와 Louvain 기반 기술군집 구조를 시각화한 것이다. 각 노드는 4자리 CPC 기술분야를 의미하며, 노드 간 연결은 동일 특허 내에서 두 4자리 CPC가 함께 부여된 공동출현 관계를 나타낸다. 노드의 크기는 기술분야의 연결 중심성을 반영하고, 연결선은 4자리 CPC 간 결합 관계를 의미한다.

이는 치과 의료기기 산업의 기술결합이 전통적 치과 치료기술을 기반으로 하면서도 진단·영상·정보처리 기술과 결합하는 방향으로 확장되고 있음을 의미한다. Louvain 군집분석 결과 역시 이러한 해석을 보완한다. 본 연구는 가중연결중심성, 주요 관측 조합, Louvain 군집분석 결과가 서로 독립적인 결과라기보다, 치과 의료기기 산업의 기술융합이 치과기술 중심 구조에서 디지털·정보 기반 구조로 확장되고 있음을 서로 다른 관점에서 확인해 주는 결과라고 본다.

4.6 잠재 기술조합 탐색을 위한 분석범위 선정

본 연구는 미관측 8자리 CPC 후보군을 구성하기에 앞서 4자리 CPC 수준에서 분석대상 기술조합을 선정하였다. 그 이유는 8자리 CPC 수준에서 가능한 모든 조합을 무차별적으로 생성하면 A61C 중심의 치과 내부 조합이 과도하게 많아지거나, 산업적으로 의미 있는 디지털 융합기술 조합이 상대적으로 희석될 수 있다. 반대로 4자리 CPC 수준만으로 분석을 종료하면 기업별 세부 기술기회를 평가하기 어렵기 때문이다. 따라서 본 연구는 4자리 CPC 수준에서 산업적으로 의미 있는 기술조합을 먼저 선정하고, 해당 조합의 8자리 CPC 코드를 확장하는 방식을 사용하였다.

4자리 CPC 기술조합 선정은 고정된 개수의 조합을 사전에 지정하는 방식이 아니라, 임계치 기준을 충족하는 조합을 채택하는 방식으로 수행하였다. 선정 기준은 세 가지이다. 첫째, 4자리 CPC 공동출현 네트워크에서 해당 기술분야들이 치과 의료기기 산업의 핵심 CPC 기술분야와 연결되어 있어야 한다. 둘째, Node2Vec 기반 구조적 근접성이 일정 수준 이상이어야 한다. 셋째, 해당 4자리 CPC 기술조합이 8자리 CPC 수준에서 기업별 포트폴리오와 연결되어 기술기회로 해석될 수 있어야 한다. 이 과정에서 중요한 점은 분석범위가 연구자의 직관이나 관심 조합에 의해 임의로 정해진 것이 아니라는

점이다. 본 연구는 산업 안에서 실제로 반복적으로 관측되었고, 최근에도 활성화되어 있으며, 8자리 CPC 조합과 기업별 OR 분석으로 연결 가능한 4자리 CPC 조합을 분석대상으로 설정하였다.

[표 4-6] 4자리 CPC 분석범위 설정 결과

순위	선정 4 자리 CPC 기술조합	전체 빈도	20-24 빈도	최근 비중	증가	유형
1	A61C-G16H	1589	908	0.5714	422	누적 핵심·최근 활성
2	A61C-G06T	1544	982	0.6360	531	누적 핵심·최근 활성
3	A61B-G06T	881	539	0.6118	260	최근 활성·증가
4	A61B-G16H	791	494	0.6245	269	최근 활성·증가
5	G06T-G16H	657	485	0.7382	353	영상·의료정보 기술활용 영역
6	G06F-G16H	312	159	0.5096	56	범용 디지털 기반 조합
7	G06F-G06T	306	169	0.5523	58	범용 디지털 기반 조합
8	A61C-G06N	208	184	0.8846	160	AI 최근 부상

주: 최근 비중은 2020-2024년 빈도를 전체 빈도로 나눈 값이며, 최근 증가분은 2020-2024년 빈도에서 2015-2019년 빈도를 차감한 값이다.

[표 4-6]은 잠재 기술조합 탐색을 위해 선정한 4자리 CPC 분석범위의 설정 결과를 제시한 것이다. 본 연구는 전체 4자리 CPC 조합 중에서 치과 의료기기 산업과의 관련성이 높고, 최근 기간에 활발한 증가세를 보이며, 하위 8자리 CPC 수준으로 확장하여 미관측 후보군을 구성할 수 있는 조합을 분석대상으로 선정하였다.

선정 결과에서 A61C-G16H와 A61C-G06T는 전체 빈도가 각각 1,589회와 1,544회로 가장 높게 나타났다. 이는 치과기술이 의료정보 ICT 및 영상처리와 결합하는 방향이 이미 산업 내에서 중요한 기술조합으로 자리 잡았음을 의미한다. 특히 A61C-G06T는 2020-2024년 빈도가 982회, 최근 비중이 0.6360으로 나타나 치과기술과 영상처리의 결합이 최근에도 활발하게 지속되

고 있음을 보여준다.

A61B-G06T와 A61B-G16H는 각각 881회와 791회의 전체 빈도를 보였으며, 최근 비중도 0.6118과 0.6245로 나타났다. 이는 진단·수술기술이 영상처리 및 의료정보 ICT와 결합하는 방향이 치과 의료기기 산업의 디지털 전환과 밀접하게 연결되어 있음을 의미한다. 특히 이러한 조합은 구강영상, CBCT, 수술계획, 임플란트 식립계획, 환자정보 기반 의사결정 지원과 관련된다.

G06T-G16H는 전체 빈도 657회, 2020-2024년 빈도 485회, 최근 비중 0.7382, 증가율 2.6541로 나타났다. 이는 영상처리와 의료정보 ICT의 결합이 최근 기간에 빠르게 활성화되고 있음을 보여준다. G06F-G16H와 G06F-G06T는 각각 데이터처리와 의료정보 ICT, 데이터처리와 영상처리의 결합을 의미하며, 범용 디지털 기반 조합으로 해석된다. A61C-G06N은 전체 빈도는 208회로 상대적으로 낮지만, 최근 비중 0.8846과 증가율 6.4000으로 나타나 AI·계산모델 기반 치과기술 조합이 최근 빠르게 부상하고 있음을 보여준다.

중요한 점은 본 연구의 최종 선정 4자리 CPC 기술조합에 A61B-G06N이 포함되지 않았다는 것이다. A61B-G06N은 진단·수술기술과 AI·계산모델의 결합이라는 점에서 기술적으로 의미가 있을 수 있으나, 본 연구의 임계치 기준과 미관측 8자리 CPC 후보군 구성 기준에서는 최종 8개 조합에 포함되지 않았다. 따라서 이후 제4장과 제6장의 분석은 위 8개 4자리 CPC 기술조합을 기준으로 수행한다.

이 기준을 적용한 결과, 본 연구에서는 8개의 4자리 CPC 기술조합을 최종 분석대상으로 선정하였다. 이들 조합은 치과기술, 진단·수술기술, 영상처리, 의료정보 ICT, AI·계산모델, 데이터처리 등 치과 의료기기 산업의 디지털 전환과 관련된 주요 기술결합 방향을 포함한다.

[표 4-7] 분석대상 4자리 CPC 기술조합의 기술적 의미

순번	선정 4 자리 CPC 기술조합	기술적 의미	해석 방향
1	A61B-G06T	진단·수술기술 × 영상처리	진단영상, 수술계획, 3D 영상처리
2	A61B-G16H	진단·수술기술 × 의료정보 ICT	임상정보 기반 진단·수술 의사결정 지원
3	A61C-G06T	치과기술 × 영상처리	구강스캔, 보철설계, 치과영상 분석
4	G06T-G16H	영상처리 × 의료정보 ICT	영상 데이터와 진료정보의 통합
5	A61C-G06N	치과기술 × AI·계산모델	AI 기반 치과진단, 치료계획 추천
6	G06F-G06T	데이터처리 × 영상처리	디지털 데이터 처리와 영상분석 기술
7	A61B-G06N	진단·수술기술 × AI·계산모델	AI 기반 진단·수술계획
8	A61C-G16H	치과기술 × 의료정보 ICT	치과 진료정보, 치료계획, 환자관리

[표 4-7]은 잠재 기술조합 탐색에 활용한 8개 4자리 CPC 기술조합의 기술적 의미와 해석 방향을 정리한 것이다. 본 연구는 단순히 공동출현 빈도가 높은 조합을 선정하는 데 그치지 않고, 각 조합이 치과 의료기기 산업에서 어떤 기술적 의미를 갖는지를 함께 검토하였다. 위의 8개 4자리 CPC 기술조합은 본 연구에서 미관측 8자리 CPC 후보군을 구성하기 위한 상위 기준이다. 이는 기존의 특정 5개 조합을 고정하는 방식과 다르다. 본 연구는 사전에 조합 개수를 고정하지 않고, 임계치 기준을 충족한 4자리 CPC 기술조합을 분석대상으로 채택하였다. 따라서 특정 조합이 연구자의 판단에 의해 임의로 포함되거나 제외되는 문제를 줄이고, 분석의 재현성을 높이고자 하였다.

특히 B33Y-G06N과 같은 조합은 디지털 제조와 AI의 결합이라는 점에서 기술적으로 의미가 있을 수 있으나, 본 연구의 최종 선정 기준에서는 929개 미관측 8자리 CPC 후보군 구성의 상위 기준으로 사용하지 않았다. 이는 해당 조합의 기술적 중요성을 부정하는 것이 아니라, 본 연구의 임계치 기준과 기업별 OR 분석 연결성 관점에서 최종 분석대상 4자리 CPC 기술조합에 포함되지 않았음을 의미한다.

4.7 미관측 세부 기술조합 후보군

선정된 8개의 4자리 CPC 기술조합을 기준으로 8자리 CPC 코드를 확장하여 미관측 8자리 CPC 후보군을 구성하였다. 구체적으로 각 4자리 CPC 기술조합을 구성하는 두 4자리 CPC 코드에 속하는 8자리 CPC 코드 집합을 추출하고, 두 집합 간 가능한 모든 8자리 CPC 조합을 생성하였다. 이후 수집 특허 데이터에서 이미 공동출현이 관측된 8자리 CPC 조합은 제외하였다. 본 연구가 관측 조합을 제외한 이유는 이미 실현된 기술결합을 다시 확인하는 것보다, 산업 구조 안에서 아직 등장하지 않은 세부 조합을 잠재 기술기회 후보로 탐색하는 것이 본 연구의 목적에 더 부합하기 때문이다.

이 절차를 통해 본 연구는 929개의 미관측 8자리 CPC 후보 조합을 도출하였다. 본 연구는 이 929개 조합을 무작위적 가능성의 집합으로 보지 않는다. 이 후보군은 수집 특허 데이터에서 아직 공동출현이 관측되지 않았지만, 선정된 8개 4자리 CPC 기술조합의 구조적 관계 안에서 도출된 세부 조합이다. 따라서 929개 후보군은 산업 수준의 관측 구조에 의해 제한된 잠재 8자리 CPC 조합으로 해석된다. 이 점에서 929개 후보군은 제4장의 Node2Vec 분석과 제6장의 기업별 OR 분석을 연결하는 핵심 분석대상이다.

[표 4-8] 미관측 8자리 CPC 후보군 구성 결과

구분	값
선정 4 자리 CPC 기술조합 수	8 개
4 자리 CPC 기준 8 자리 CPC 조합 생성 방식	선정 4 자리 CPC 조합별 8 자리 CPC 코드 간 조합 생성
제외 기준	수집 특허 데이터에서 이미 관측된 8 자리 CPC 조합 제외
최종 미관측 8 자리 CPC 후보 조합 수	929 개
제 6 장 OR 계산 대상	929 개 미관측 8 자리 CPC 후보 조합
기업–후보 조합 단위 OR 계산 수	929 개 × 6 개 기업 = 5,574 개

[표 4-8]은 선정된 4자리 CPC 기술조합을 하위 8자리 CPC 수준으로 확장하여 미관측 8자리 CPC 후보군을 구성한 결과를 제시한 것이다. 본 연구는 8개의 4자리 CPC 기술조합을 기준으로 각 조합에 포함되는 8자리 CPC 코드 간 가능한 조합을 생성하였다. 이후 수집된 특허 데이터에서 이미 함께 관측된 8자리 CPC 조합은 제외하고, 아직 관측되지 않은 조합만을 미관측 8자리 CPC 후보군으로 정의하였다.

[표 4-9] 미관측 8자리 CPC 후보군 및 구조적 근접성 요약

4자리 CPC 기술조합	미관측 8자리 CPC 후보 조합 수	평균 similarity	중앙값 similarity	최대 similarity	최소 similarity	상위 10개 평균 similarity
A61C-G16H	42	0.352658	0.319180	0.579378	0.136133	0.527147
A61C-G06T	110	0.354975	0.300115	0.811661	0.185847	0.660624
A61B-G06T	299	0.386558	0.376567	0.763612	0.163237	0.661597
A61B-G16H	144	0.354287	0.346645	0.628277	0.172734	0.563835
G06T-G16H	44	0.585851	0.600874	0.687782	0.364182	0.666284
G06F-G16H	70	0.575889	0.593788	0.771671	0.351889	0.702494
G06F-G06T	183	0.612437	0.631928	0.842625	0.336800	0.788490
A61C-G06N	37	0.311701	0.256543	0.707345	0.141356	0.495096

[표 4-9]는 선정된 4자리 CPC 분석범위별로 구성된 미관측 8자리 CPC 후보군의 규모와 Node2Vec 기반 구조적 근접성 결과를 요약한 것이다. 분석 결과, 4자리 CPC 기술조합별 미관측 후보 조합 수와 similarity 수준은 서로 다르게 나타났다. 이는 동일한 방식으로 후보군을 구성하더라도, 각 기술조합이 특허 네트워크 안에서 갖는 구조적 위치와 결합 가능성이 다르다는 점을 보여준다.

4자리 CPC 기술조합별 후보 수와 구조적 근접성 분포는 서로 다른 의미를 가진다. A61B-G06T는 299개의 후보 조합을 포함하여 가장 넓은 미관측 8자리 CPC 후보군을 형성하였다. 이는 진단·수술기술과 영상처리 기술 사이에 아직 관측되지 않은 세부 기술조합이 다양하게 존재함을 의미한다. 이 조합의

평균 구조적 근접성은 0.386558이고, 최대값은 0.763612로 나타났다.

G06F-G06T는 후보 조합 수가 183개이며, 평균 구조적 근접성이 0.612437, 중앙값 구조적 근접성이 0.631928, 최대 구조적 근접성이 0.842625로 가장 높은 수준을 보였다. 이는 데이터처리와 영상처리 기술 사이의 미관측 8자리 CPC 후보 조합들이 네트워크 구조상 매우 가까운 위치에 있음을 의미한다. 특히 상위 10개 평균 구조적 근접성도 0.788490으로 가장 높아, 이 조합은 구조적 결합 가능성이 높은 디지털 기반 기술조합으로 해석된다.

G06F-G16H와 G06T-G16H도 각각 평균 구조적 근접성 0.575889와 0.585851로 비교적 높은 값을 보였다. 이는 데이터처리, 영상처리, 의료정보 ICT 간 결합이 치과 의료기기 산업의 디지털 진료·제작 프로세스에서 중요한 잠재 기술조합으로 작동할 수 있음을 시사한다. 반면 A61C-G06N은 최근 증가율은 높지만 평균 구조적 근접성이 0.311701로 상대적으로 낮아, AI 기반 치과기술 조합은 최근 부상하는 영역이지만 세부 8자리 CPC 후보 조합 간 구조적 근접성은 조합별로 차이가 큰 것으로 해석된다.

이 결과는 본 연구의 전체 프레임워크에서 중요한 전환점이다. 929개 미관측 8자리 CPC 후보 조합은 제4장에서는 산업 수준의 잠재 CPC 조합으로 평가되고, 제6장에서는 동일한 후보군이 6개 대표기업의 8자리 CPC 포트폴리오와 연결되어 기업별 OR 산출 대상으로 사용된다. 따라서 929개 후보군은 단순한 중간 산출물이 아니라, 산업 수준 분석과 기업 수준 분석을 연결하는 공통 분석단위이다. 본 연구의 핵심 논리는 바로 이 지점에서 형성된다. 즉, 산업 수준에서 구조적으로 의미 있는 잠재 CPC 조합이 기업별 기술포트폴리오와 결합될 때 서로 다른 활용 준비도로 나타나는지를 검토하는 것이다.

4.8 잠재 기술조합 도출 결과

본 연구는 929개의 미관측 8자리 CPC 후보 조합을 대상으로 Node2Vec 기반 구조적 근접성을 계산하였다. Node2Vec은 CPC 공동출현 네트워크에서 각 CPC 코드의 구조적 위치를 벡터로 학습하고, 두 CPC 코드 간 코사인 유사도를 통해 구조적 근접성을 평가한다. 본 연구에서 이 절차가 필요한 이유는 미관측 후보군 안에서도 모든 조합이 동일한 잠재성을 갖는다고 보기 어렵기 때문이다. 따라서 Node2Vec 구조적 근접성은 929개 후보군 중 기존 CPC 네트워크 구조 안에서 더 가까운 위치에 있는 조합을 선별하기 위한 기준으로 사용된다.

본 연구에서 구조적 근접성 값은 해당 미관측 8자리 CPC 후보조합이 기존 CPC 공동출현 네트워크 안에서 얼마나 구조적으로 가까운지를 나타내는 지표로 사용된다. 다만 본 연구는 이 값을 미래 출현 확률이나 사업화 성공 가능성으로 직접 해석하지 않는다. 구조적 근접성이 높다는 것은 두 8자리 CPC 코드가 유사한 네트워크 맥락을 공유한다는 의미이며, 해당 조합이 실제 제품이나 시장성과로 이어질지는 별도의 검토가 필요하다. 따라서 구조적 근접성은 잠재 CPC 조합의 1차 선별 기준이며, 기업별 활용 가능성은 제6장의 OR 분석에서 평가한다.

[표 4-10] Node2Vec 기반 상위 잠재 기술조합 도출 결과

전체 순위	4 자리 CPC 기술조합	잠재 CPC 조합	구조적 근접성	8 자리 CPC_1 출현특허수	8 자리 CPC_2 출현특허수	기술적 해석
1	G06F-G06T	G06F-2203-G06T-2211	0.842625	5	6	데이터처리와 영상 생성·처리 기술의 구조적 결합 가능성
2	A61C-G06T	A61C-2007-G06T-0009	0.811661	256	8	치과기술과 영상처리 기반 분석기술의 결합 가능성
3	G06F-G06T	G06F-2203-G06T-0011	0.808306	5	67	데이터처리와 영상분석·표현 기술의 결합 가능성

4	G06F-G06T	G06F-2203-G06T-2215	0.794929	5	13	데이터처리와 영상 시각화·렌더링 기술의 결합 가능성
5	G06F-G06T	G06F-2203-G06T-0009	0.787867	5	8	데이터처리와 영상분석 기술의 결합 가능성
6	G06F-G06T	G06F-2113-G06T-2211	0.786978	23	6	디지털 데이터처리와 영상 생성·처리 기술의 결합 가능성
7	G06F-G06T	G06F-0040-G06T-0003	0.783759	2	56	일반 데이터처리와 영상 정합·보정 기술의 결합 가능성
8	G06F-G06T	G06F-0040-G06T-0001	0.777919	2	156	일반 데이터처리와 구강영상·3D 데이터 처리 기술의 결합 가능성
9	G06F-G06T	G06F-2203-G06T-0005	0.776130	5	102	데이터처리와 영상분석 보조기술의 결합 가능성
10	A61C-G06T	A61C-2007-G06T-2211	0.775126	256	6	치과기술과 영상 생성·처리 기술의 결합 가능

[표 4-10]은 미관측 8자리 CPC 후보군 중 Node2Vec 기반 구조적 근접성이 높은 상위 잠재 기술조합을 제시한 것이다. 구조적 근접성은 두 8자리 CPC 코드가 기존 특허 네트워크 안에서 유사한 기술적 위치를 갖고 있는지를 나타내며, 값이 높을수록 기존 네트워크 구조 안에서 구조적 근접성이 높은 잠재 기술조합으로 해석할 수 있다.

상위 10개 중 8개가 G06F-G06T에 속한다는 점은 데이터처리와 영상처리 간 결합이 Node2Vec 구조에서 매우 높은 근접성을 보인다는 것을 의미한다. 특히 G06F-2203-G06T-2211은 구조적 근접성 0.842625로 전체 1위를 차지하였다. 이는 데이터처리 기술과 영상 생성·처리 기술이 치과 의료기기 산업의 디지털 기술활용 영역에서 강하게 연결될 가능성이 있음을 보여준다.

A61C-G06T에 속하는 A61C-2007-G06T-0009는 구조적 근접성 0.811661로 전체 2위를 차지하였다. 이는 치과기술과 영상처리 기반 분석기술의 결합 가능성이 높다는 점을 보여준다. 또한 A61C-2007-G06T-2211도 전체 10위에 포함되어 치과기술과 영상 생성·처리 기술의 결합이 산업 수준에서 중요한 잠재 CPC 조합으로 해석될 수 있다.

다시 한번 강조하면 Node2Vec 기반 구조적 근접성 결과를 해석할 때는 주의가 필요하다. 구조적 근접성이 높다는 것은 CPC 공동출현 네트워크 내에서 두 CPC 코드가 구조적으로 가까운 위치에 있다는 의미이지, 해당 조합이 특정 기업에게 곧바로 접근 가능한 기술기회라는 의미는 아니다. 특히 G06F-G06T 상위 조합은 산업 수준에서 구조적 결합 가능성이 높지만, 기업별 실제 접근 가능성은 각 기업의 기존 8자리 CPC 포트폴리오와 연결하여 별도로 평가해야 한다. 이 작업은 제6장의 기술기회 활용 준비도 분석에서 수행한다.

따라서 제4장과 제6장은 역할이 구분된다. 제4장은 산업 수준에서 미관측 8자리 CPC 후보군을 구성하고, Node2Vec 기반 구조적 근접성을 통해 잠재 CPC 조합의 구조적 가능성을 평가한다. 반면 제6장은 동일한 929개 미관측 8자리 CPC 후보 조합을 기업별 8자리 CPC 포트폴리오와 연결하여 기술기회 활용 준비도를 산출한다. 제4장의 잠재 CPC 조합은 산업 수준의 후보이며, 제6장의 OR 상위 조합은 기업별 접근 가능한 기술기회이다.

[표 4-11] 제4장 잠재 기술조합 도출과 제6장 OR 분석의 역할 구분

구분	제 4 장 잠재 CPC 조합 도출	제 6 장 OR 분석
분석 수준	산업 수준	기업 수준
분석대상	929 개 미관측 8 자리 CPC 후보 조합	929 개 후보 조합 × 6 개 기업
주요 지표	Node2Vec 구조적 근접성	기술기회 활용 준비도(OR)
핵심 질문	어떤 CPC 조합이 구조적으로 결합 가능성이 높은가	어떤 기업이 어떤 후보 조합에 접근 가능한가
결과 해석	산업 수준 잠재 CPC 조합	기업별 접근 가능한 기술기회

[표 4-11]은 제4장의 잠재 CPC 조합 도출과 제6장의 OR 분석이 서로 어떤 역할을 갖는지를 구분한 것이다. 제4장은 산업 수준에서 아직 관측되지 않은 929개 8자리 CPC 후보 조합을 대상으로 Node2Vec 기반 구조적 근접성을 분석하여, 어떤 기술조합이 네트워크 구조상 결합 가능성이 높은지를 확인하는 단계이

4.9 소결

본 장에서는 치과 의료기기 산업의 특허 네트워크를 활용하여 산업 수준의 기술융합 구조와 잠재 CPC 조합 도출 결과를 제시하였다. 먼저 정제된 특허 데이터셋을 바탕으로 4자리 CPC 공동출현 네트워크를 구성하고, 가중연결중심성을 통해 산업 내 핵심 기술분야를 도출하였다. 또한 Louvain 군집분석을 통해 치과 의료기기 산업의 기술융합 구조가 어떤 기술군집을 중심으로 형성되어 있는지를 확인하였다.

본 장의 분석 결과는 치과 의료기기 산업의 기술융합이 전통적 치과기술을 중심으로 하면서도 진단·수술기술, 영상처리, 의료정보, 데이터 처리, 인공지능, 적층제조와 결합하는 방향으로 확장되고 있음을 보여준다. 본 연구는 이를 치과 의료기기 산업의 기술전환이 단일 기술의 대체가 아니라 기존 치과 기술과 디지털 기반 기술의 재조합을 통해 진행되고 있다는 근거로 해석한다.

이후 산업 수준의 기술융합 구조를 기업 수준의 기술기회 평가로 연결하기 위해 4자리 CPC 분석범위를 설정하고, 해당 범위의 8자리 CPC 코드를 확장하여 미관측 8자리 CPC 후보군을 구성하였다. 미관측 8자리 CPC 후보군은 전체 8자리 CPC 조합의 임의 조합이 아니라, 산업 수준에서 확인된 기술결합 방향 내부에서 구성된 세부 후보 조합이다.

마지막으로 Node2Vec 기반 구조적 근접성을 활용하여 미관측 8자리 CPC 후보군 중 구조적 근접성이 높은 잠재 기술조합을 도출하였다. 이 결과는 산업 수준에서 결합 가능성이 높은 후보를 제시하지만, 특정 기업의 활용 가능성을 직접 의미하지는 않는다. 따라서 제5장에서는 분석대상 기업별 8자리 CPC 기술포트폴리오를 구성하고, 제6장에서는 본 장에서 도출된 잠재 기술조합과 기업별 기술포트폴리오를 연결하여 OR 분석을 수행한다.

Ⅴ. 기업별 기술포트폴리오 분석

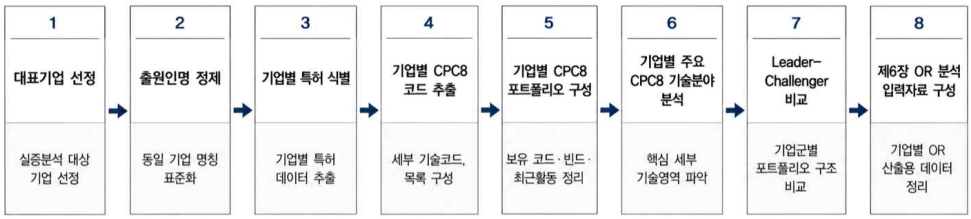
5.1 제5장의 분석 목적과 흐름

제4장에서는 치과 의료기기 산업의 특허 네트워크를 활용하여 산업 수준의 기술융합 구조와 Node2Vec 기반 잠재 기술조합 도출 결과를 제시하였다. 그러나 특정 산업에서 기술조합의 구조적 근접성이 높은 기술이 모든 기업에게 동일하게 활용 가능한 기술기회가 되는 것은 아니라 생각한다. 특정 기업이 해당 기술조합을 활용할 수 있는지는 그 기업이 보유한 8자리 CPC 기술포트폴리오, 기존 기술조합 경험, 최근 특허활동, 기술활용 영역에 따라 달라질 것이다.

본 장은 제4장에서 도출한 산업 수준의 잠재 기술조합을 제6장의 기업별 OR 분석으로 연결하기 위한 중간 분석 단계이다. 이를 위해 본 장에서는 분석대상 기업을 선정하고, 출원인명 정제를 통해 기업별 특허 데이터를 구성한 후, 기업별 8자리 CPC 기술포트폴리오를 분석한다. 8자리 CPC 기술포트폴리오는 기업이 보유한 세부 기술영역을 나타내며, 제6장에서 포트폴리오 유사도, 구성기술 보유도, 인접 기술조합 경험, 최근 활동성 등을 산출하는 기초자료로 활용된다.

본 장의 분석은 [그림 5-1]과 같이 다음 순서로 진행된다. 먼저 분석대상 기업 선정 기준과 출원인명 정제 절차를 제시한다. 다음으로 분석대상 기업별 특허 규모와 8자리 CPC 포트폴리오 규모를 비교하고, 기업별 주요 8자리 CPC 기술분야를 분석한다. 이후 기업별 관측 8자리 CPC 조합 경험을 살펴

보고, 선도기업-도전기업 관점에서 기업군별 기술포트폴리오 차이를 비교한다. 마지막으로 기업별 기술포트폴리오의 전략적 위치를 정리하고, 제6장의 OR 분석과 연결되는 시사점을 제시한다.



[그림 5-1] 제5장 분석 흐름

[그림 5-1]은 제5장의 분석이 기업 선정, 출원인명 정제, 기업별 8자리 CPC 포트폴리오 구성, 관측 기술조합 경험 분석, 선도기업-도전기업 비교의 순서로 진행됨을 보여준다. 이 과정에서 도출된 기업별 기술포트폴리오는 제6장에서 잠재 기술조합과 연결되어 OR을 산출하는 기준 자료로 사용된다.

5.2 분석대상 기업 선정과 기업명 정제

5.2.1 분석대상 선정 기준

본 절에서는 기업별 8자리 CPC 기술포트폴리오 분석을 수행하기 위한 분석대상 기업 선정 기준과 출원인명 정제 절차를 제시한다. 제3장에서는 기업별 기술포트폴리오를 기업 f의 8자리 CPC 코드 집합 T_f와 관측 8자리 CPC 조합 집합 E_f로 정의하였다. 본 장에서는 실제 치과 의료기기 특허 데이터에서 분석대상 기업을 식별하고, 출원인명 정제를 통해 기업별 특허 및 8자리 CPC 포트폴리오를 구성한다.

본 연구는 치과 의료기기 산업의 기업별 기술기회 활용 준비도를 분석하기 위해 6개 분석대상 기업을 선정하였다. 분석대상 기업은 단순히 특허 출원건수만을 기준으로 선정하지 않았다. 기업별 기술포트폴리오의 특성, 치과 의료기기 산업 내 기술활용 영역, 글로벌 및 국내 시장에서의 위치, 디지털 치과 기술과의 관련성 비교 가능성을 종합적으로 고려하였다.

치과 의료기기 산업은 임플란트, 보철, 교정, 진단·영상, 구강스캐너, CAD/CAM, 수술가이드, 의료정보 등 다양한 기술활용 영역이 결합된 산업이다. 따라서 특정 기술영역의 기업만을 분석대상으로 삼을 경우 기업별 기술기회 활용 준비도의 차이를 충분히 설명하기 어렵다. 본 연구는 서로 다른 기술활용 영역을 보유한 기업을 포함함으로써, 잠재 기술조합이 기업별 8자리 CPC 기술포트폴리오에 따라 어떻게 다르게 연결되는지를 분석하고자 한다.

본 연구는 ALIGN TECHNOLOGY, DENTSPLY SIRONA, OSSTEM IMPLANT, 3SHAPE, MEDIT, DIO의 6개 기업을 분석대상으로 선정하였다. 이들 기업을 선정한 이유는 치과 의료기기 산업 안에서도 서로 다른 기술 활용 영역을 대표하기 때문이다. ALIGN TECHNOLOGY는 디지털 교정, DENTSPLY SIRONA는 통합 치과 플랫폼, OSSTEM IMPLANT는 임플란트 중심 기술, 3SHAPE는 CAD/CAM 및 보철 설계, MEDIT는 구강스캐너, DIO는 수술가이드 영역과 관련성이 높다. 따라서 6개 기업은 단순한 규모 기준의 표본이 아니라, 치과 의료기기 산업의 주요 기술활용 영역을 비교하기 위한 대표 사례로 설정하였다.

분석대상 기업은 글로벌 선도기업과 국내 주요 기업을 함께 포함하도록 구성하였다. 본 연구가 두 유형의 기업을 함께 분석한 이유는 산업 수준의 잠재 CPC 조합이 기업의 규모나 글로벌 지위에 따라 동일하게 활용되는지 확인하기 위해서이다. 글로벌 선도기업은 폭넓은 기술포트폴리오와 높은 특허활동을 보일 가능성이 크지만, 국내 기업은 특정 제품군이나 세부 기술영역에 집중된 포트폴리오를 가질 수 있다. 따라서 본 연구는 선도기업과 국내 기업의 차이를 단순한 우열 관계가 아니라, 기술기회 활용 준비도의 구조적 차이로 해석

한다.

[표 5-1] 대표기업 선정 기준과 기술활용 영역

기업	기업 유형	주요 기술활용 영역	선정 이유
ALIGN TECHNOLOGY	글로벌 기업	교정진단, 치료계획, 투명교정 플랫폼	교정치료 기반 디지털 치료계획 영역 대표
DENTSPLY SIRONA	글로벌 기업	CAD/CAM, 체어사이드 장비, 보철·영상 기술	통합 치과 장비 및 진료실 내 디지털 기술활용 영역 대표
OSSTEM IMPLANT	국내 기업	임플란트, 진단·수술계획, 디지털 수술지원	임플란트 기반 디지털 치과기술 대표
3SHAPE	글로벌 기업	구강스캐너, CAD/CAM, 디지털 보철설계	구강스캔 및 보철설계 소프트웨어 영역 대표
MEDIT	국내 기업	구강스캐너, 3D 영상처리, 스캔 데이터 활용	구강스캐너 기반 영상처리 영역 대표
DIO	국내 기업	임플란트, 수술가이드	디지털 수술계획 및 수술가이드 영역 대표

[표 5-1]은 본 연구에서 기업별 기술기회 활용 준비도 분석을 위해 선정한 6개 대표기업과 각 기업의 주요 기술활용 영역을 정리한 것이다. 분석대상 기업은 치과 의료기기 산업에서 디지털 전환과 관련된 주요 기술영역을 대표할 수 있도록 글로벌 기업과 국내 기업을 함께 포함하였다.

5.2.2 기업명 표준화 기준

특허자료에서 기업명은 다양한 방식으로 표기될 수 있다. 동일 기업이라도 법인명, 약어, 국가별 자회사명, 대소문자, 특수문자, 오탈자 등에 따라 여러 형태로 나타난다. 따라서 기업별 기술포트폴리오를 정확하게 분석하기 위해서는 출원인명 정제가 필수적이다.

출원인명은 동일 기업의 명칭 변형을 통합하여 정제하였다. 본 연구에서 이 절차가 중요한 이유는 기업별 기술포트폴리오 분석이 출원인명을 기준으로 수행되기 때문이다. 동일 기업이 국가별 법인명, 약칭, 자회사명, 표기 방식의 차이로 분산되어 기록될 경우, 해당 기업의 특허 수, 8자리 CPC 다양성, 관측 8자리 CPC 조합 경험이 실제보다 낮게 산출될 수 있다. 따라서 출원인명

정제는 단순한 데이터 전처리가 아니라, 기업별 OR 분석의 기초가 되는 기업 포트폴리오의 정확성을 확보하기 위한 절차이다. 예를 들어 ALIGN TECHNOLOGY와 관련된 법인명 변형, OSSTEM IMPLANT의 국문·영문 표기, DENTSPLY SIRONA의 합병 전후 또는 계열사 표기 등을 검토하였다. 출원인명 정제 과정은 기업별 특허 수, 8자리 CPC 코드 수, 기술조합 경험 산출에 직접 영향을 미치므로, 제5장과 제6장의 기업별 분석 신뢰성을 확보하는 데 중요하다. 출원인명 정제 후에는 대표기업별 특허를 식별하고, 각 특허에 부여된 8자리 CPC 코드를 추출하였다. 이 과정을 통해 기업별 8자리 CPC 포트폴리오를 구성하고, 이후 기술기회 활용 준비도 산출에 필요한 기업별 기술기반 정보를 확보하였다.

[표 5-2] 출원인명 정제 절차

단계	내용	목적
1	수집 특허 데이터의 출원인명 추출	기업명 후보 확보
2	대소문자, 공백, 특수문자 표준화	표기 차이 완화
3	기업별 명칭 변형 식별	동일 기업의 분산 표기 통합
4	국문·영문 표기 및 계열사명 검토	국가별 표기 차이 보정
5	표준 기업명 부여	기업별 포트폴리오 분석 기준 확정
6	대표기업별 특허 재집계	기업별 특허 및 8자리 CPC 분석자료 생성

[표 5-2]는 대표기업별 기술포트폴리오 분석을 위해 수행한 출원인명 정제 절차를 정리한 것이다. 특허 데이터에서는 동일 기업이라도 대소문자, 공백, 특수문자, 국문·영문 표기, 계열사명 등에 따라 서로 다른 출원인명으로 기록될 수 있다. 이러한 표기 차이를 그대로 사용할 경우 동일 기업의 특허가 여러 이름으로 분산되어 기업별 특허 규모와 8자리 CPC 기술포트폴리오가 왜곡될 수 있다.

5.3 기업별 특허 규모와 보유기술 범위

본 절에서는 분석대상 기업별 특허 규모와 8자리 CPC 포트폴리오 규모를 비교한다. 특허 규모는 기업별 기술활동의 양적 수준을 보여주며, 8자리 CPC 포트폴리오 규모는 기업이 보유한 세부 기술영역의 폭을 나타낸다. 이 두 지표는 제6장에서 기업별 OR 차이를 해석하기 위한 기초정보로 활용하였다.

기업별 기술포트폴리오 분석의 첫 단계는 각 기업이 수집 특허 데이터 내에서 어느 정도의 특허 규모와 8자리 CPC 코드 규모를 보유하고 있는지 확인하는 것이다. 특허 규모는 기업의 기술활동량을 나타내며, 8자리 CPC 코드 규모는 기업이 보유한 기술분야의 폭을 나타낸다. 또한 기업별 관측 8자리 CPC 조합 수는 기업이 기존에 경험한 기술조합의 다양성을 보여준다.

본 연구에서는 대표기업별로 다음 지표를 산출하였다. 첫째, 기업별 특허 수이다. 이는 정제된 출원인명을 기준으로 각 기업에 귀속된 특허 수를 의미한다. 둘째, 기업별 고유 8자리 CPC 코드 수이다. 이는 해당 기업이 보유한 세부 기술분야의 다양성을 나타낸다. 셋째, 기업별 관측 8자리 CPC 조합 수이다. 이는 동일 기업의 특허 내에서 실제로 공동출현한 8자리 CPC 조합의 수를 의미하며, 기업의 기존 기술조합 경험을 반영한다. 넷째, 최근 기간 8자리 CPC 활동성이다. 이는 기업이 최근에도 해당 기술분야에서 특허활동을 지속하고 있는지를 나타낸다.

[표 5-3] 대표기업별 특허 규모와 8자리 CPC 포트폴리오 규모

기업	특허 수(2010-2024)	특허 수(2020-2024)	최근 특허 비중	고유 8자리 CPC 수	고유 4자리 CPC 수	8자리 CPC 출현건수	8자리 CPC 최근출현건수	8자리 CPC 최근비중	관측 8자리 CPC 조합 수
ALIGN TECHNOLOGY	1,043	542	0.5197	265	67	6,876	4,065	0.5912	3,215

DENTSPLY SIRONA	623	155	0.2488	303	92	2,855	864	0.3026	2,359
OSSTEM IMPLANT	570	330	0.5789	179	61	2,303	1,542	0.6696	1,189
3SHAPE	222	69	0.3108	73	22	1,154	428	0.3709	625
MEDIT	138	123	0.8913	74	22	788	716	0.9086	547
DIO	300	120	0.4000	82	22	1,389	640	0.4608	326

[표 5-3]은 대표기업별 특허 규모, 보유 8자리 CPC 범위, 최근 기술활동, 관측 8자리 CPC 조합 경험을 비교한 것이다. 분석 결과, 기업별로 특허 규모와 기술포트폴리오의 폭, 최근 활동성에서 뚜렷한 차이가 나타났다.

대표기업별 특허 규모를 비교하면, ALIGN TECHNOLOGY가 1,043건으로 가장 많은 특허를 보유하고 있으며, DENTSPLY SIRONA가 623건, OSSTEM IMPLANT가 570건으로 뒤를 이었다. DIO는 300건, 3SHAPE는 222건, MEDIT는 138건으로 나타났다. 특허 수만 보면 ALIGN TECHNOLOGY, DENTSPLY SIRONA, OSSTEM IMPLANT가 상대적으로 큰 포트폴리오를 보유하고 있다.

그러나 최근 특허 비중을 보면 다른 양상이 나타난다. MEDIT는 전체 138건 중 123건이 2020–2024년에 해당하여 최근 특허 비중이 0.8913으로 가장 높았다. 이는 MEDIT의 특허활동이 최근 기간에 매우 집중되어 있음을 의미한다. OSSTEM IMPLANT도 최근 특허 비중이 0.5789로 높게 나타났고, ALIGN TECHNOLOGY는 0.5197로 전체 특허의 절반 이상이 최근 기간에 해당하였다. 반면 DENTSPLY SIRONA는 최근 특허 비중이 0.2488로 가장 낮아, 전체 포트폴리오 규모는 크지만 최근 활동성은 상대적으로 낮은 것으로 해석된다.

고유 8자리 CPC 수를 보면 DENTSPLY SIRONA가 303개로 가장 넓은 세부 기술분야를 보유하고 있으며, ALIGN TECHNOLOGY가 265개, OSSTEM IMPLANT가 179개로 나타났다. 이는 DENTSPLY SIRONA가 특허 수는 ALIGN TECHNOLOGY보다 적지만, 8자리 CPC 기술분야의 폭은 더 넓다는 것을 의미한다. 반면 3SHAPE, MEDIT, DIO는 고유 8자리 CPC 수가 각각 73개, 74개, 82개로 상대적으로 좁지만, 특정 기술활용 영역에 집중된 포트폴리오를 보유하고 있는 것으로 볼 수 있다.

관측 8자리 CPC 조합 수는 ALIGN TECHNOLOGY가 3,215개로 가장 많고, DENTSPLY SIRONA가 2,359개, OSSTEM IMPLANT가 1,189개로 나타났다. 이는 세 기업이 다양한 세부 기술조합 경험을 축적해 왔음을 의미한다. 반면 MEDIT는 관측 8자리 CPC 조합 수가 547개로 상대적으로 적지만, 8자리 CPC 최근비중이 0.9086으로 매우 높다. 이는 MEDIT가 전체 규모는 작지만 최근 구강스캐너 및 영상처리 관련 기술활동이 매우 활발하게 이루어지고 있음을 보여준다.

이러한 결과는 제6장의 OR 분석과 연결된다. 기업별 기술기회 활용 준비도는 단순히 특허 수나 8자리 CPC 코드 수가 많은 기업에서만 높게 나타나는 것이 아니다. 기존 포트폴리오가 미관측 8자리 CPC 후보 조합과 얼마나 가까운지, 후보 조합의 구성기술을 보유하고 있는지, 인접 기술조합 경험이 있는지, 최근 활동성이 높은지에 따라 달라진다. 따라서 [표 5-3]은 제6장에서 기업별 OR 차이를 해석하기 위한 기초자료로 활용된다.

기업별 특허 수와 8자리 CPC 코드 수는 단순히 기업 규모를 비교하기 위한 지표가 아니다. 본 연구에서 이 값들은 제6장의 OR 구성요소 산출과 연결된다. 기업이 더 넓은 8자리 CPC 포트폴리오를 보유할수록 잠재 CPC 조합과 구조적으로 가까워질 가능성이 높고, 다양한 관측 8자리 CPC 조합을 경험한 기업일수록 인접 기술조합 경험이 높게 나타날 수 있다. 그러나 포트폴리오 규모가 크다고 해서 모든 후보 조합에 대해 높은 OR을 갖는 것은 아니다. 기업별 기술기회 활용 준비도는 포트폴리오의 폭뿐 아니라 후보 조합과

의 구체적 연결성, 최근 활동성, 경쟁 접근성에 따라 달라진다.

5.4 기업별 주요 보유기술 분야

기업별 주요 8자리 CPC 기술분야는 각 기업이 어떤 세부 기술영역에 특허 활동을 집중해 왔는지를 보여준다. 이는 특정 기업의 기술우위를 단정하기 위한 결과가 아니라, 제6장에서 잠재 기술조합과 기업별 포트폴리오를 연결하여 OR을 해석하기 위한 기반자료이다.

분석대상 기업별 기술포트폴리오의 특성을 파악하기 위해 각 기업의 주요 8자리 CPC 기술분야를 분석하였다. 주요 8자리 CPC 기술분야는 기업별 수집 특허 데이터에서 반복적으로 등장하는 세부 기술코드를 의미한다. 이는 기업이 어떤 기술영역에 지식기반을 축적해 왔는지를 보여준다.

기업별 주요 8자리 CPC 기술분야는 단순히 출현 빈도가 높은 코드만을 의미하지 않는다. 본 연구에서는 출현 빈도, 최근 활동성, 후보 8자리 CPC 조합과의 연결 가능성을 함께 고려하였다. 특히 제6장에서 OR을 산출할 때, 기업의 기존 8자리 CPC 보유 여부와 후보 조합의 구성기술 간 연결성이 중요하게 작용하므로, 주요 8자리 CPC 기술분야 분석은 OR 결과 해석의 기초가 된다.

[표 5-4] 대표기업별 주요 8자리 CPC 기술분야

기업	주요 8 자리 CPC 기술분야(상위 10 개, 괄호 안은 출현특허수)	기술적 해석	제 6 장 OR 분석과의 연결
ALIGN TECHNOLOGY	A61C-0007(786), A61C-0009(489), A61C-0013(287), B33Y-0080(209), A61B-0001(201), G06T-2207(196), A61B-0005(195),	교정장치·치과기술 기반 위에 영상처리, 의료정보, 적층제조 관련 코드가 결합된 포트폴리오	A61B-G06T, A61B-G16H 후보 조합과 연결

	G16H-0050(190), G06T-0007(180), A61C-0019(147)		
DENTSPLY SIRONA	A61C-0013(232), A61C-0005(173), A61C-0009(171), A61C-0001(148), A61C-0019(99), A61C-0008(95), A61B-0005(77), A61K-0006(62), G06T-0007(55), A61C-0007(55)	치과기술 전반과 보철·재료·진단 관련 포트폴리오가 넓게 분포	G06T-G16H, A61C-G06N, G06F-G06T 후보 조합과 연결
OSSTEM IMPLANT	A61C-0008(280), A61C-0009(184), A61C-0013(158), A61C-0019(109), A61C-0001(94), A61B-0034(94), A61B-2034(91), G16H-0030(80), A61C-0007(78), G06T-2207(73)	임플란트·치과기술에 진단·수술, 의료정보, 영상처리 코드가 결합된 포트폴리오	A61B-G16H, A61B-G06T 후보 조합과 연결
3SHAPE	A61C-0013(153), A61C-0009(150), A61C-0019(68), G16H-0020(66), A61B-0005(54), A61C-0005(50), G06F-0030(47), B33Y-0080(45), G06T-2207(35), G06T-0007(34)	치과기술과 의료정보·데이터처리·영상처리 기반의 디지털 설계 포트폴리오	A61B-G06T, G06T-G16H 후보 조합과 연결
MEDIT	A61C-0009(130), A61B-0005(80), G06T-2207(59), A61C-0019(41), A61C-0013(40), G06T-0017(39), G16H-0030(37), G16H-0050(36), G06T-0007(33), A61B-2018(33)	구강스캐너·영상처리·의료정보 관련 코드의 최근 활동성이 높은 포트폴리오	A61B-G06T, A61C-G06T 후보 조합과 연결
DIO	A61C-0008(200), A61C-0013(156), A61C-0009(145), A61C-0019(100), A61C-0001(82), G06T-2207(50), A61B-0006(49), A61B-0034(48), A61B-2034(47), A61B-0005(44)	임플란트·치과기술과 진단·수술, 영상처리 코드가 결합된 포트폴리오	A61B-G06T, A61B-G16H 후보 조합과 연결

[표 5-4]는 대표기업별 상위 8자리 CPC 기술분야를 정리하고, 이를 제6장의 OR 분석과 연결하기 위한 기초 자료이다. 분석 결과, 6개 대표기업은 모두 치과기술 관련 CPC를 중심으로 포트폴리오를 형성하고 있으나, 기업별 주력 영역과 결합되는 디지털 기술분야에는 차이가 나타났다.

대표기업별 주요 8자리 CPC 기술분야를 비교하면, 기업별 기술포트폴리오의 방향이 명확하게 구분된다. ALIGN TECHNOLOGY는 A61C-0007, A61C-0009, A61C-0013 등 치과·교정 관련 코드가 강하게 나타나며, 동시에 G06T-2207, G06T-0007, G16H-0050 등 영상처리와 의료정보 관련 코드가 상위에 포함되어 있다. 이는 ALIGN TECHNOLOGY가 교정장치 중심 포트폴리오를 기반으로 영상처리와 의료정보 기반 치료계획 영역으로 확장할 수 있음을 보여준다.

DENTSPLY SIRONA는 A61C 계열 코드가 폭넓게 분포한다. A61C-0013, A61C-0005, A61C-0009, A61C-0001, A61C-0019 등이 상위에 나타나며, A61B-0005, A61K-0006, G06T-0007도 포함된다. 이는 DENTSPLY SIRONA가 치과기술 전반, 보철·재료, 진단 및 영상처리 관련 포트폴리오를 폭넓게 보유하고 있음을 의미한다. 다만 최근 특허 비중은 0.2488로 낮아, 제6장의 OR 결과에서는 최근 활동성이 상대적으로 낮게 반영될 수 있다.

OSSTEM IMPLANT는 A61C-0008, A61C-0009, A61C-0013, A61C-0019 등 임플란트·치과기술 관련 코드가 중심을 이루며, A61B-0034, A61B-2034, G16H-0030, G06T-2207이 상위에 포함되어 있다. 이는 OSSTEM IMPLANT의 포트폴리오가 임플란트 기반 기술에서 진단·수술, 의료정보, 영상처리 기술로 확장되고 있음을 보여준다. 따라서 A61B-G16H와 A61B-G06T 계열의 미관측 8자리 CPC 후보 조합에서 높은 기술기회 활용 준비도가 나타날 가능성이 크다.

3SHAPE는 A61C-0013, A61C-0009, A61C-0019와 함께 G16H-0020,

G06F-0030, G06T-2207, G06T-0007이 상위에 나타난다. 이는 치과기술과 의료정보, 데이터처리, 영상처리 기반의 디지털 설계 포트폴리오를 보유하고 있음을 의미한다. MEDIT는 A61C-0009, A61B-0005, G06T-2207, G06T-0017, G16H-0030, G16H-0050, A61B-2018 등이 상위에 포함되어 있어 구강스캐너, 영상처리, 의료정보 관련 기술활동이 뚜렷하다. 특히 MEDIT는 최근 특허 비중과 8자리 CPC 최근비중이 가장 높기 때문에, 최근 활동성을 반영하는 OR 구성요소에서 강점을 가질 수 있다.

DIO는 A61C-0008, A61C-0013, A61C-0009, A61C-0019, A61C-0001 등 임플란트·치과기술 관련 코드가 중심을 이루며, G06T-2207, A61B-0006, A61B-0034, A61B-2034, A61B-0005가 상위에 포함되어 있다. 이는 DIO가 임플란트와 진단·수술, 영상처리 기술이 결합된 포트폴리오를 보유하고 있음을 보여준다. 따라서 제6장에서는 A61B-G06T와 A61B-G16H 계열의 후보 조합이 DIO의 접근 가능한 기술기회로 나타날 가능성이 높다.

이처럼 [표 5-4]는 기업별 OR 결과의 해석 기반을 제공한다. 같은 미관측 8자리 CPC 후보 조합이라도 기업별 기존 8자리 CPC 포트폴리오와 연결되는 방식은 다르다. 따라서 제6장의 OR 분석은 단순히 산업 수준에서 유망한 잠재 CPC 조합을 나열하는 것이 아니라, 기업별 기존 기술기반과 연결하여 접근 가능한 기술기회를 평가하는 단계로 이해해야 한다.

5.5 기업별 기존 기술조합 경험

기술기회 활용 준비도는 기업이 단일 기술분야를 보유하고 있는지뿐 아니라, 기존에 어떤 기술조합을 경험했는지에 따라 달라진다. 새로운 잠재 CPC 조합은 완전히 낯선 영역에서 갑자기 활용되기보다, 기업이 이미 경험한 기술조합과 인접한 영역에서 활용될 가능성이 높다. 본 연구는 이를 기술기회 활용 준비도의 핵심 전제로 본다. 기업이 두 기술영역을 결합해 본 경험이 있다

면, 유사한 조합으로 확장할 때 필요한 기술적 이해, 개발 프로세스, 조직 내 학습경로를 이미 일부 확보하고 있을 가능성이 크다. 따라서 관측 8자리 CPC 조합 경험은 단순한 과거 활동 기록이 아니라, 잠재 CPC 조합으로 확장할 수 있는 조합 역량의 지표로 해석된다.

기업별 관측 8자리 CPC 조합은 해당 기업의 특허 안에서 실제로 함께 등장한 8자리 CPC 조합을 의미한다. 본 연구에서 이 지표가 중요한 이유는 기업이 과거에 어떤 세부 기술들을 실제로 결합해 왔는지를 보여주기 때문이다. 단일 8자리 CPC 코드 보유는 기업의 기술요소를 보여주지만, 관측 8자리 CPC 조합은 그 기술요소들이 하나의 발명 안에서 어떻게 결합되었는지를 보여준다. 따라서 관측 8자리 CPC 조합은 기업의 조합 경험을 측정하는 데 더 직접적인 의미를 가진다. 이는 기업이 과거에 어떤 세부 기술들을 결합해 왔는지를 보여주는 지표이다. 예를 들어 구강스캐너 기업이 영상처리 관련 8자리 CPC 코드와 치과기술 관련 8자리 CPC 코드를 동일 특허 안에서 반복적으로 결합해 왔다면, 향후 유사한 영상처리 기반 잠재 CPC 조합에 접근할 가능성이 상대적으로 높다고 볼 수 있다. 이는 단순히 두 기술을 각각 보유했다는 의미를 넘어, 해당 기업이 두 기술영역을 제품 또는 발명 단위에서 결합해 본 경험을 갖고 있음을 뜻한다. 따라서 본 연구는 관측 8자리 CPC 조합 경험을 잠재 CPC 조합의 활용 준비도를 판단하는 중요한 근거로 사용하였다.

[표 5-5] 기업별 관측 8자리 CPC 조합 경험 분석 기준

분석 항목	의미	제 6 장 OR 구성요소와의 연결
관측 8 자리 CPC 조합 수	기업이 기존에 경험한 8 자리 CPC 조합의 수	인접 기술조합 경험(ACE)
반복 등장 조합	여러 특허에서 반복적으로 등장한 8 자리 CPC 조합	포트폴리오 유사도(PS), ACE
최근 관측 조합	최근 기간에도 등장한 8 자리 CPC 조합	최근 활동성(RA)
후보 조합과의 인접성	미관측 8 자리 CPC 후보 조합과 기존 조합의 유사성	PS, ACE

[표 5-5]는 기업별 관측 8자리 CPC 조합 경험을 분석하기 위한 기준과 이를 제6장의 OR 구성요소와 연결한 것이다. 본 연구에서 관측 8자리 CPC 조합 경험은 기업이 기존 특허에서 어떤 세부 기술들을 함께 결합해 왔는지를 보여주는 자료이다. 이는 단순한 보유기술 목록을 넘어, 기업이 실제로 기술 간 조합을 수행한 경험을 파악하기 위한 기준이다.

기업별 관측 8자리 CPC 조합 경험은 제6장의 ACE 산출에 직접 활용된다. ACE는 기업이 해당 미관측 8자리 CPC 후보 조합과 동일한 조합을 보유하지는 않더라도, 그와 유사하거나 인접한 기술조합 경험을 보유하고 있는지를 평가한다. 따라서 기업별 관측 8자리 CPC 조합이 다양하고, 후보 조합과 구조적으로 가까울수록 해당 기업의 기술기회 활용 준비도는 높게 나타날 수 있다.

본 연구에서 관측 8자리 CPC 조합 경험은 기업별 기술경로의 누적성을 반영한다. 기술기회는 단순히 외부에서 주어지는 것이 아니라, 기업이 축적해 온 기술조합 경험과 연결될 때 활용 가능성이 높아진다. 따라서 제5장의 관측 8자리 CPC 조합 경험 분석은 제6장의 OR 구성요소 중 인접 기술조합 경험과 포트폴리오 유사도의 해석 기반이 된다.

5.6 선도기업과 도전기업의 기술포트폴리오 비교

본 연구는 대표기업의 기술포트폴리오를 선도기업과 도전기업 관점에서 비교하였다. 이 구분은 기업을 단순히 선도기업과 후발기업으로 나누기 위한 것이 아니다. 본 연구에서 선도기업과 도전기업 관점은 기업별 기술포트폴리오의 규모, 다양성, 최근 활동성, 조합 경험이 잠재 기술조합 활용 준비도에 어떻게 다른 영향을 미치는지 해석하기 위한 비교 틀이다. 따라서 이 관점은 제6장의 기업별 OR 차이를 설명하는 배경 논리로 활용된다. 여기서 선도기업과 도전기업의 구분은 기업의 우열을 판단하기 위한 것이 아니라, 기술포트폴

리오의 구조적 차이를 설명하기 위한 비교 틀이다. 선도기업은 특허 규모와 8자리 CPC 다양성이 높고, 다양한 기술영역에서 활동하는 기업으로 볼 수 있다. 다만 본 연구는 선도기업 기업이 모든 잠재 기술조합에서 높은 OR을 보일 것이라고 가정하지 않는다. 넓은 포트폴리오는 다양한 잠재 CPC 조합과 접점을 형성할 가능성을 높이지만, 특정 조합이 이미 경쟁적으로 포화되어 있거나 기업의 최근 활동성과 연결되지 않는다면 OR은 낮게 나타날 수 있다. 따라서 선도기업의 강점은 포트폴리오의 폭에 있지만, 최종 활용 준비도는 잠재 CPC 조합별로 별도 평가되어야 한다. 도전기업은 특정 기술영역에 집중된 포트폴리오를 보이는 기업으로 볼 수 있다. 본 연구는 이러한 집중성을 약점으로만 보지 않는다. 포트폴리오의 폭은 선도기업보다 좁을 수 있지만, 특정 제품군이나 세부 기술영역에 집중된 기업은 관련 잠재 CPC 조합에서 높은 PS, CC, ACE를 보일 수 있다. 따라서 도전기업의 기술기회는 넓은 포트폴리오 전체에서 발생하기보다, 자사가 이미 축적한 기술기반과 인접한 조합에서 더 현실적으로 형성될 가능성이 있다.

그러나 선도기업이라고 해서 모든 잠재 CPC 조합에 대해 높은 기술기회 활용 준비도를 갖는 것은 아니다. 반대로 도전기업이라고 해서 접근 가능한 기술기회가 낮다고 단정할 수도 없다. 특정 기업의 기술기회 활용 준비도는 기업군 분류보다 해당 기업의 8자리 CPC 포트폴리오가 특정 미관측 8자리 CPC 후보 조합과 얼마나 가까운지에 따라 결정된다. 따라서 선도기업과 도전기업의 비교는 제6장의 OR 분석을 보조적으로 해석하기 위한 구조적 배경으로 활용된다.

[표 5-6] 선도기업과 도전기업 비교 관점

구분	예상 포트폴리오 특성	기술기회 해석상의 의미
선도기업	넓은 8자리 CPC 포트폴리오, 다양한 관측 8자리 CPC 조합 경험, 복수 기술활용 영역 보유	다양한 잠재 CPC 조합에 접근할 가능성 높음
도전기업	특정 8자리 CPC 기술분야 또는 특정 기술활용 영역에 집중	특정 후보 조합에서 높은 집중형 기회 가능

[표 5-6]은 대표기업의 기술포트폴리오를 선도기업과 도전기업의 비교 관점에서 해석하기 위한 기준을 제시한 것이다. 본 연구에서 선도기업은 상대적으로 넓은 8자리 CPC 포트폴리오와 다양한 관측 8자리 CPC 조합 경험을 보유한 기업을 의미하며, 여러 기술활용 영역에 걸쳐 잠재 기술조합에 접근할 가능성이 높은 기업으로 해석된다.

선도기업과 도전기업 비교에서 중요한 점은 포트폴리오의 규모와 집중도를 동시에 해석해야 한다는 것이다. 포트폴리오가 넓은 기업은 다양한 후보 조합에 접근할 가능성이 높지만, 특정 기술활용 영역에서의 집중도는 상대적으로 낮을 수 있다. 반대로 특정 영역에 집중된 기업은 전체 후보군에 대한 접근성은 제한적일 수 있으나, 해당 영역과 가까운 후보 조합에서는 높은 OR을 보일 수 있다.

이 관점은 제6장의 기업별 OR 결과를 해석하는 데 중요하다. 예를 들어 OSSTEM IMPLANT는 임플란트와 진단·수술계획 관련 후보 조합에서 높은 기술기회 활용 준비도를 보일 수 있고, MEDIT와 3SHAPE는 구강스캐너와 영상처리 관련 후보 조합에서 높은 OR을 보일 수 있다. DIO는 수술가이드 관련 후보 조합에서, ALIGN TECHNOLOGY는 교정진단과 치료계획 관련 후보 조합에서 강점을 보일 수 있다. 이처럼 기업별 접근 가능한 기술기회는 선도기업과 도전기업 구분 자체보다 기업별 8자리 CPC 포트폴리오의 구체적 방향성에 의해 결정된다.

5.7 기업별 기술포트폴리오의 전략적 위치

대표기업별 8자리 CPC 기술포트폴리오를 종합하면, 각 기업은 치과 의료기기 산업의 서로 다른 기술활용 영역에 위치하고 있음을 확인할 수 있다. 이 위치는 제6장에서 미관측 8자리 CPC 후보 조합에 대한 기술기회 활용 준비도를 해석하는 기준이 된다.

ALIGN TECHNOLOGY는 교정진단, 치료계획, 투명교정 플랫폼과 관련된 기술포트폴리오를 보유하고 있다. 따라서 영상처리 기반 진단, 치료 전후 비교, 의료정보 기반 의사결정 지원과 관련된 잠재 CPC 조합에서 높은 접근성을 가질 수 있다. DENTSPLY SIRONA는 CAD/CAM, 보철설계, 진료실 내 디지털 장비, 영상처리, 의료정보 관리 기술과 연결되어 있다. 이 기업의 기술기회는 통합 진료실 장비, 보철설계 자동화, 영상정보와 진료정보의 결합 영역에서 형성될 가능성이 높다.

OSSTEM IMPLANT는 임플란트, 진단·수술계획, 환자 맞춤형 치료계획, 의료정보 기반 수술지원 기술과 연결된다. 따라서 A61B-G16H 또는 A61B-G06T 계열의 잠재 CPC 조합에서 높은 기술기회 활용 준비도를 가질 수 있다. 3SHAPE는 구강스캐너, CAD/CAM, 디지털 보철설계, 3D 영상처리 기술과 관련되어 있으며, 영상처리와 의료정보 또는 치과기술이 결합되는 후보 조합에서 강점을 보일 수 있다.

MEDIT는 구강스캐너, 3D 데이터 처리, 영상 정합, 디지털 인상 데이터 활용과 관련된 기술포트폴리오를 보유하고 있다. 따라서 A61B-G06T, A61C-G06T 계열의 잠재 CPC 조합과 연결될 가능성이 높다. DIO는 임플란트, 디지털 수술계획, 수술가이드, 환자 맞춤형 수술지원 기술과 관련되어 있으며, 수술가이드와 영상처리, 의료정보 ICT가 결합되는 후보 조합에서 전략적 기회가 형성될 수 있다.

[표 5-7] 대표기업별 기술포트폴리오의 전략적 위치

기업	기술포트폴리오의 전략적 위치	제 6 장 OR 해석 방향
ALIGN TECHNOLOGY	교정진단·치료계획 플랫폼	영상처리 및 의료정보 기반 교정치료 기술기회
DENTSPLY SIRONA	CAD/CAM·체어사이드 통합 기술활용 영역	보철설계, 영상정보, 진료정보 통합 기회
OSSTEM IMPLANT	임플란트·진단·수술계획	의료정보 기반 임플란트 수술계획 기회
3SHAPE	구강스캐너·CAD/CAM·보철설	영상처리 기반 보철설계 자동화 기회

	계	
MEDIT	구강스캐너·3D 데이터 처리	영상 정합, 스캔 데이터 활용 기회
DIO	임플란트·수술가이드	영상처리 기반 임플란트 수술계획 기회

[표 5-7]은 대표기업별 기술포트폴리오의 전략적 위치와 제6장 OR 분석에서의 해석 방향을 정리한 것이다. 분석대상 6개 기업은 모두 치과 의료기기 산업에 속하지만, 각 기업이 보유한 기술포트폴리오의 중심 영역은 서로 다르게 나타난다.

이 [표 5-7]은 제6장의 기업별 OR 결과를 해석하는 기준표로 활용될 수 있다. 제6장에서 각 기업의 Top OR 후보 조합이 제시될 때, 해당 후보 조합이 기업의 기존 기술포트폴리오와 어떻게 연결되는지를 설명하기 위해 본 절의 전략적 위치 분석이 필요하다.

5.8 소결

본 장에서는 제6장의 기업별 OR 분석을 위한 기초 단계로 분석대상 기업별 8자리 CPC 기술포트폴리오를 분석하였다. 먼저 치과 의료기기 산업 내 기술활용 영역과 기업별 특허활동을 고려하여 분석대상 기업을 선정하고, 출원인명 정제를 통해 기업별 특허 데이터를 구성하였다. 본 장에서는 대표기업별 특허 규모, 8자리 CPC 포트폴리오 규모, 주요 8자리 CPC 기술 분야, 관측 8자리 CPC 조합 경험을 분석하였다. 본 장의 분석 결과는 기업별 기술포트폴리오가 단순히 특허 수의 많고 적음으로 설명되지 않는다는 점을 보여준다. 기업별 기술기반은 포트폴리오의 폭, 세부 기술영역의 집중도, 기존 조합 경험, 최근 활동성에 따라 서로 다른 구조를 가진다. 이러한 차이가 제6장에서 동일한 잠재 CPC 조합에 대해 기업별 OR이 다르게 산출되는 이유가 된다.

분석대상 기업들은 동일한 치과 의료기기 산업에 속해 있지만, 기술활용 영역과 8자리 CPC 포트폴리오 구조에서 차이를 보인다. 일부 기업은 교정 및 치료계획, 일부 기업은 임플란트와 수술가이드, 일부 기업은 구강스캐너와 CAD/CAM, 일부 기업은 보철 및 디지털 제작 관련 기술영역에서 상대적으로 뚜렷한 포트폴리오 특성을 보인다. 이러한 차이는 산업 수준에서 도출된 잠재 기술조합이 기업별로 동일한 기술기회로 해석될 수 없음을 보여준다.

또한 기업별 관측 8자리 CPC 조합 경험은 각 기업이 기존에 어떤 기술요소를 결합해 왔는지를 보여준다. 이는 제6장에서 인접 기술조합 경험(ACE)을 산출하고, 잠재 기술조합과 기업별 기술포트폴리오 간의 연결 가능성을 해석하는 기초자료가 된다. 따라서 본 장의 결과는 단순한 기업별 특허 현황 분석이 아니라, 제6장에서 수행할 기업별 기술기회 활용 준비도 평가의 입력자료로 기능한다.

제6장에서는 본 장에서 구성한 기업별 8자리 CPC 기술포트폴리오와 제4장에서 도출한 잠재 기술조합을 연결하여 OR을 산출한다. 이를 통해 산업 수준에서 구조적 근접성이 높은 잠재 기술조합이 기업별 기술포트폴리오에 따라 어떻게 다른 활용 준비도로 나타나는지를 분석한다.

Ⅵ. 기업별 기술기회 활용 준비도 분석

6.1 제6장의 분석 목적과 역할

제4장에서는 치과 의료기기 산업의 특허 네트워크를 활용하여 산업 수준의 기술융합 구조와 Node2Vec 기반 잠재 CPC 조합을 도출하였다. 제5장에서는 분석대상 기업별 8자리 CPC 기술포트폴리오와 관측 8자리 CPC 조합 경험을 구성하였다. 본 장은 이 두 결과를 연결하여 기업별 기술기회 활용 준비도(Opportunity Readiness, OR)를 분석한다. 본 연구가 제6장을 별도로 구성한 이유는 산업 수준에서 도출된 잠재 CPC 조합이 곧바로 기업별 전략적 기회가 되는 것은 아니라고 판단했기 때문이다. 따라서 본 장에서는 동일한 잠재 CPC 조합이라도 기업별 기술포트폴리오와 연결될 때 활용 준비도가 어떻게 달라지는지를 검토한다.

본 장의 핵심 분석 단위는 개별 잠재 기술조합 자체가 아니라, 기업과 잠재 기술조합의 관계이다. 이는 본 연구의 OR 분석에서 가장 중요한 전제이다. 특정 CPC 조합이 산업 수준에서 구조적으로 근접하게 나타나더라도, 해당 조합을 활용할 수 있는 기업과 그렇지 않은 기업은 다를 수 있다. 따라서 본 장은 어떤 기술조합이 유망한가보다 어떤 기업이 해당 잠재 CPC 조합을 활용할 준비가 되어 있는가에 초점을 둔다. 동일한 잠재 CPC 조합이라도 기업별 활용 준비도는 다르게 나타날 수 있다. 기업이 해당 조합과 구조적으로 가까운 기술포트폴리오를 보유하고 있는지, 조합을 구성하는 세부 8자리 CPC 기술을 직접 보유하고 있는지, 유사한 조합 경험을 축적했는지, 최근에도 관련 특허활동을 지속하고 있는지, 경쟁구조상 접근 가능한 영역인지에 따라 기

술기회로서의 의미가 달라지기 때문이다. 본 연구는 이러한 차이를 정량적으로 비교하기 위해 OR을 산출하였다. 따라서 본 장은 산업 수준의 잠재 CPC 조합을 기업 수준의 전략적 기술기회로 전환하여 해석하는 역할을 한다. 제4장의 Node2Vec 결과가 산업 수준에서 구조적으로 주목할 만한 후보를 제시한다면, 제6장의 OR 분석은 그 후보가 개별 기업에게 어느 정도 활용 가능한지를 평가한다. 이 점에서 제6장은 본 연구 프레임워크의 핵심 결과 장이며, 산업 수준 분석과 기업 전략 해석을 연결하는 장으로 기능한다.

본 장의 분석은 다음 순서로 진행된다. 먼저 OR 분석대상 기업과 잠재 기술조합 후보군을 제시하고, OR 구성요소와 해석 기준을 정리한다. 다음으로 분석대상 기업별 상위 10개 평균 OR 결과를 통해 기업 간 전반적 기술기회 활용 준비도 차이를 비교한다. 이후 기업별 OR 상위 3개 잠재 기술조합을 중심으로, 각 기업의 기술포트폴리오와 연결되는 핵심 기술기회를 심층 해석한다. 마지막으로 기업별 OR 결과를 종합하여 치과 의료기기 산업에서 기업별 기술기회 활용 준비도가 어떻게 다르게 나타나는지를 논의한다.

6.2 기업별 기술기회 평가 대상과 기준

본 절에서는 제4장에서 도출된 잠재 CPC 조합 후보군과 제5장에서 구성한 6개 분석대상 기업의 8자리 CPC 기술포트폴리오를 OR 분석대상으로 설정한다. 본 연구는 잠재 CPC 조합만을 따로 평가하지 않고, 각 조합을 기업별 포트폴리오와 결합하여 분석하였다. 이는 기술기회가 산업 수준에서 독립적으로 존재하는 것이 아니라, 기업이 보유한 기술기반과 연결될 때 비로소 전략적 의미를 갖는다고 보았기 때문이다. OR의 세부 산출식과 조작적 정의는 제3장에서 제시하였으므로, 본 절에서는 실제 제6장 분석에 투입된 데이터 구조와 결과 해석 기준을 중심으로 설명한다.

6.2.1 평가 대상 기업과 잠재 기술조합

본 장의 분석대상 기업은 치과 의료기기 산업에서 기술포트폴리오 규모, 디지털 치과 기술활용 영역과의 관련성, 글로벌 또는 국내 시장에서의 대표성, 그리고 제5장에서의 선도기업과 도전기업 비교 가능성을 고려하여 선정하였다. 분석대상 기업은 ALIGN TECHNOLOGY, DENTSPLY SIRONA, OSSTEM IMPLANT, 3SHAPE, MEDIT, DIO의 6개 기업이다. 이들 기업은 교정진단, CAD/CAM, 구강스캐너, 임플란트, 수술가이드, 진료실 내 디지털 워크플로우 등 치과 의료기기 산업의 주요 기술축을 대표한다.

후보 8자리 CPC 조합은 제4장에서 도출된 산업 수준 잠재 융합경로를 기반으로 구성하였다. 먼저 4자리 CPC 수준에서 임계치 기준을 적용하여 대표 잠재 융합경로를 선정하고, 각 4자리 CPC 융합경로 내부에서 실제로 아직 관측되지 않았지만 구조적으로 결합 가능성이 있는 8자리 CPC 후보 조합을 확장하였다. 이 과정에서 기존 특허자료에서 이미 관측된 8자리 CPC 조합은 제외하고, 미관측 후보 조합만을 기업별 OR 평가 대상으로 설정하였다. 최종적으로 929개의 미관측 8자리 CPC 후보 조합이 도출되었다.

이러한 후보군 설정은 두 가지 이유에서 필요하다. 첫째, 4자리 CPC 수준 분석은 산업 전체의 기술융합 방향을 파악하는 데 적합하지만, 기업별 전략적 기회를 해석하기에는 입도가 다소 거칠다. 둘째, 8자리 CPC 수준 분석은 기업의 구체적 기술포트폴리오와 직접 연결될 수 있으나, 모든 8자리 CPC 조합을 무차별적으로 분석하면 A61C 중심의 치과 내부 조합으로 편중될 가능성이 있다. 따라서 본 연구는 4자리 CPC 수준에서 산업적 융합경로를 먼저 제한한 후, 그 내부에서 8자리 CPC 후보군을 확장하는 절충적 접근을 채택하였다.

6.2.2 기술기회 활용 준비도의 평가요소

본 장에서는 제3장에서 정의한 Opportunity Readiness(OR) 산출 기준을 적용하여 기업별 잠재 CPC 조합의 활용 준비도를 산출하였다. 분석 대상은 제4장에서 도출한 929개의 잠재 CPC 조합이며, 이를 6개 분석대상 기업의 기술포트폴리오와 각각 연결하여 총 5,574개의 기업-조합 단위 OR 값을 계산하였다.

OR 산출에는 포트폴리오 유사도(PS), 구성기술 보유도(CC), 인접 기술조합 경험(ACE), 최근 활동성(RA), 경쟁 접근성(CI)의 다섯 구성요소를 사용하였다. 각 구성요소의 조작적 정의와 산출식은 제3장에서 제시한 기준을 따랐다. 제6장에서는 개별 지표의 산출 논리보다는 산출된 OR 값이 기업별로 어떻게 다르게 나타나는지에 초점을 둔다.

본 연구는 동일가중 OR과 AHP 가중 OR을 모두 산출하였으나, 기업별 순위와 본문 해석은 AHP 가중 OR을 기준으로 제시하였다. AHP 가중치는 구성기술 보유도(CC) 0.3261, 포트폴리오 유사도(PS) 0.2918, 인접 기술조합 경험(ACE) 0.1680, 최근 활동성(RA) 0.1275, 경쟁 접근성(CI) 0.0865를 적용하였다. 동일가중 OR은 가중치 적용에 따른 결과 차이를 확인하기 위한 보조 비교 기준으로 활용하였다.

기업별 결과는 두 단계로 제시하였다. 먼저 각 기업의 상위 10개 잠재 CPC 조합에 대한 평균 OR을 산출하여 기업 간 전반적 활용 준비도 차이를 비교하였다. 다음으로 기업별 AHP 가중 OR 상위 3개 조합을 선정하여, 각 기업의 기술포트폴리오와 연결되는 핵심 잠재 기술기회를 해석하였다. 기업별 상위 10개 전체 결과와 상위 조합에 포함된 CPC 코드 의미표는 부록에 제시하였다.

[표 6-1] Opportunity Readiness 구성요소와 해석

구성요소	약어	해석	본 연구에서의 의미
포트폴리오 유사도	PS	기업 기존 포트폴리오와 후보 조합 간 구조적 근접성	기존 기술기반이 잠재기회와 얼마나 가까운가
구성기술 보유도	CC	후보 조합을 구성하는 기술요소에 대한 보유 수준	두 구성기술 중 기업이 접근 가능한 기술이 있는가
인접 기술조합 경험	ACE	유사 또는 인접 기술조합 경험	기업이 관련 융합경험을 축적했는가
최근 활동성	RA	최근 기간 관련 기술영역의 특허 활동성	기업이 해당 기술영역에서 현재도 활동 중인가
경쟁 접근성	CI	경쟁기업 선점 정도를 고려한 접근 가능성	경쟁 강도에도 불구하고 진입 가능한 여지가 있는가

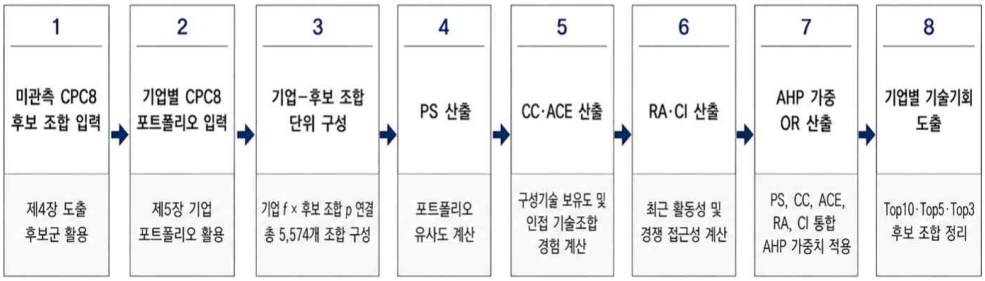
[표 6-1]은 기업별 기술기회 활용 준비도(Opportunity Readiness, OR)를 산출하기 위한 다섯 가지 구성요소와 해석 기준을 정리한 것이다. 본 연구에서 OR은 산업 수준에서 도출된 잠재 CPC 조합이 특정 기업의 기존 기술포트폴리오와 얼마나 연결될 수 있는지를 평가하기 위한 지표이다.

최종 AHP 가중 OR은 식(6-1)과 같이 산출한다.

$$OR_{f,p}^{AHP} = w_{PS}PS_{f,p} + w_{CC}CC_{f,p} + w_{ACE}ACE_{f,p} + w_{RA}RA_{f,p} + w_{CI}CI_{p}$$

식(6-1)

여기서 w_{PS}, w_{CC}, w_{ACE}, w_{RA}, w_{CI}는 AHP를 통해 산출된 OR 구성요소별 가중치이며, 모든 가중치의 합은 1이다. 본 연구에서는 AHP 가중 OR을 최종 분석지표로 사용하고, 동일가중치 OR은 가중치 설정에 따른 결과 민감도를 확인하기 위한 비교 기준으로 활용한다.



[그림 6-1] OR 산출 구조

[그림 6-1]은 기업별 기술기회 활용 준비도(OR)의 산출 구조를 제시한 것이다. 본 연구는 제4장에서 도출한 잠재 CPC 조합을 기업별 기술포트폴리오와 연결한 후, 포트폴리오 유사도(PS), 구성기술 보유도(CC), 인접 기술조합 경험(ACE), 최근 활동성(RA), 경쟁 접근성(CI)의 다섯 구성요소를 기준으로 기업별 OR을 산출하였다.

6.2.3 전문가 가중치를 반영한 평가 방식

OR 산출에서는 다섯 개 구성요소를 동일하게 반영한 동일가중 OR과 전문가 판단 기반 AHP가중치를 적용한 AHP가중 OR을 함께 계산하였다. 본 연구가 두 방식을 함께 사용한 이유는 OR 결과가 단순 산술평균에만 의존하지 않도록 하기 위해서이다. 동일가중 OR은 구성요소 간 중요도를 동일하게 보는 기준선이고, AHP 가중 OR은 치과 의료기기 산업 전문가가 판단한 구성요소별 상대적 중요도를 반영한 결과이다. 따라서 본문 해석에서는 AHP 가중 OR을 최종 순위 기준으로 사용하고, 동일가중 OR은 결과 민감도를 확인하기 위한 비교 기준으로 활용하였다.

본문 해석에서는 AHP 가중 OR을 최종 순위 기준으로 사용하되, 동일가중 OR은 결과의 보조 비교지표로 제시하였다. 이는 OR 지표가 단순 산술평균

에 의해 과도하게 좌우되지 않도록 하고, 기업의 실제 기술기회 활용 가능성에 더 중요한 구성요소를 차등 반영하기 위한 것이다.

AHP가중치 산정 결과, CC의 가중치가 0.3261로 가장 높고, PS가 0.2918로 그 다음을 차지하였다. 본 연구는 이 결과를 기업별 기술기회 활용 준비도에서 구성기술 보유 여부와 기존 포트폴리오와의 구조적 근접성이 가장 핵심적인 판단 기준으로 작용한다는 의미로 해석한다. 즉, 전문가들은 잠재 CPC 조합이 아무리 산업적으로 흥미롭더라도, 기업이 해당 조합의 구성기술을 보유하지 못하거나 기존 포트폴리오와 멀리 떨어져 있다면 활용 준비도가 낮다고 본 것이다. 따라서 AHP 가중 OR은 기업의 실제 기술기반과 잠재 CPC 조합의 직접적·구조적 연결성을 더 강하게 반영한다. ACE는 0.1680, RA는 0.1275, CI는 0.0865로 설정되었다. 본 연구는 이를 ACE, RA, CI가 부차적이라는 의미로 해석하지 않는다. 오히려 이들 요소는 CC와 PS가 설명하지 못하는 조합 경험, 현재 활동성, 외부 경쟁구조를 보완하는 역할을 한다. 특히 ACE는 기업이 유사 조합을 실제로 경험했는지를 보여주고, RA는 해당 조합이 현재에도 기업의 기술활동과 연결되는지를 보여주며, CI는 경쟁구조상 접근 가능성을 반영한다. 따라서 AHP 가중 OR은 구성기술 보유와 포트폴리오 근접성을 중심에 두되, 조합 경험과 최근성, 경쟁 접근성을 함께 고려하는 구조로 해석된다. 따라서 본 연구의 AHP 가중 OR은 다음과 같이 산출된다.

$$OR_{f,p}^{AHP} = 0.2918PS_{f,p} + 0.3261CC_{f,p} + 0.1680ACE_{f,p} + 0.1275RA_{f,p} + 0.0865CI_{f,p}$$

또한 기업별 전반적 OR 수준을 비교하기 위해 기업별 상위 10개 후보 조합의 평균 OR을 산출하였다. 본 연구가 상위 10개 평균을 사용한 이유는 특정 1개 조합의 OR 값만으로 기업의 전반적 기술기회 활용 준비도를 판단하기 어렵기 때문이다. 최고 OR 조합은 기업의 특정 기술영역과 매우 강하게 연결될 수 있지만, 그것만으로 기업이 다양한 잠재 CPC 조합에 대해 준비되어 있다고 보기는 어렵다. 따라서 상위 10개 평균 OR은 기업이 상위 기술기회 후보군 전반에 대해 어느 정도의 활용 준비도를 보이는지 비교하기 위한 지표이다. 기업 (f)의 상위 10개 평균 OR은 식(6-2)과 같이 정의된다.

$$Overall\,OR_f = \frac{1}{10} \sum_{p \in Top10_f} OR_{f,p}^{AHP} \quad \text{식(6-2)}$$

[표 6-2] AHP 가중치 및 OR 산출 기준

구성요소	약어	AHP 가중치
포트폴리오 유사도	PS	0.2918
구성기술 보유도	CC	0.3261
인접 기술조합 경험	ACE	0.1680
최근 활동성	RA	0.1275
경쟁 접근성	CI	0.0865
합계		1.0000

[표 6-2]는 기업별 기술기회 활용 준비도(OR)를 산출하기 위해 적용한 AHP 가중치를 제시한 것이다. 전문가 AHP 분석 결과, 구성기술 보유도(CC)의 가중치가 0.3261로 가장 높게 나타났고, 다음으로 포트폴리오 유사도(PS) 0.2918, 인접 기술조합 경험(ACE) 0.1680, 최근 활동성(RA) 0.1275, 경쟁 접근성(CI) 0.0865 순으로 나타났다.

본 연구에서는 기업별 전체 929개 후보 조합에 대해 OR을 산출한 후, 기업별 AHP 가중 OR 상위 10개 후보를 추출하였다. 본문에서는 기업별 상위 10개 평균 OR을 통해 기업 간 전반적 차이를 비교하고, 기업별 상위 3개 후보 조합은 기술적 의미와 전략적 연결성을 중심으로 심층 해석하였다. 기업별 상위 10개 전체 결과와 상위 10개에 등장한 8자리 CPC 코드 의미표는 부록에 수록하였다.

본 연구의 최종 잠재 CPC 조합 후보군은 중심 4자리 CPC 조합 내부의 미관측 8자리 CPC 조합을 기반으로 구성되었다. 최종적으로 929개의 잠재 CPC 조합이 도출되었으며, 이를 대상으로 6개 대표기업의 OR을 계산하였다.

6.3 기업별 상위 기술기회 활용 준비도 비교

본 연구에서는 기업별 전체 929개 후보 조합에 대해 OR을 산출한 후, 기업별 AHP 가중 OR 상위 10개 후보를 추출하였다. 이 절차는 기업별로 가장 높은 OR 값을 갖는 잠재 CPC 조합을 단순히 찾기 위한 것이 아니다. 본 연구의 관심은 각 기업이 어떤 기술영역에서 반복적으로 높은 활용 준비도를 보이는지 확인하는 데 있다. 따라서 상위 10개 후보군은 개별 기업의 기술포트폴리오가 어떤 잠재 CPC 조합과 강하게 접속되는지를 보여주는 전략적 해석 단위이다.

기업별 상위 10개 평균 OR 분석 결과, OSSTEM IMPLANT의 상위 10개 평균 AHP OR이 0.9893으로 가장 높게 나타났다. 그 다음은 MEDIT 0.9870, 3SHAPE 0.9788, DIO 0.9754, ALIGN TECHNOLOGY 0.9739, DENTSPLY SIRONA 0.9416 순이었다. 모든 기업의 상위 10개 평균 AHP OR이 0.94 이상으로 나타났다는 점은, 본 연구에서 선정한 대표기업들이 치과 의료기기 산업 내 주요 잠재 8자리 CPC 조합에 대해 일정 수준 이상의 기술적 접근성을 보유하고 있음을 의미한다. 그러나 기업 간 순위와 세부 구성요소 값을 비교하면, 각 기업이 접근 가능한 잠재기회의 성격은 상당히 다르게 나타난다.

[표 6-3] 분석대상 기업별 상위 10개 평균 OR 결과

순위	기업	상위 10 개 평균 AHP OR	상위 10 개 평균 동일가중 OR	상위 10 개 평균 PS	상위 10 개 평균 CC	상위 10 개 평균 ACE	상위 10 개 평균 RA	상위 10 개 평균 CI	해석 포인트
1	OSSTEM IMPLANT	0.9893	0.9755	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8773	임플란트 기반 진단·수술 및 의료정보 ICT 기술활용 영역 확장성이 가장 높음
2	MEDIT	0.9870	0.9701	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8504	구강스캐너 기반 영상처리·정합 기술활용 영역 기회가 높음
3	3SHAPE	0.9788	0.9520	1.0000	1.0000	1.0000	0.9917	0.7684	CAD/CAM·구강스캔·영상설계

									기반 기회가 높음
4	DIO	0.9754	0.9458	1.0000	1.0000	1.0000	0.9738	0.7554	수술가이드와 영상처리 연계 기회가 높음
5	ALIGN TECHNOLOGY	0.9739	0.9440	1.0000	1.0000	1.0000	0.9574	0.7627	교정진단·치료계획 플랫폼 확장 기회가 높음
6	DENTSPLY SIRONA	0.9416	0.8955	1.0000	1.0000	1.0000	0.6800	0.7974	체어사이드·CAD/CAM·영상 기술활용 영역 기회는 있으나 최근 활동성은 상대적으로 낮음

[표 6-3]은 분석대상 6개 기업별로 OR 값이 높은 상위 10개 잠재 CPC 조합의 평균값을 비교한 결과이다. 분석 결과, OSSTEM IMPLANT가 상위 10개 평균 AHP OR 0.9893으로 가장 높게 나타났으며, MEDIT 0.9870, 3SHAPE 0.9788, DIO 0.9754, ALIGN TECHNOLOGY 0.9739, DENTSPLY SIRONA 0.9416 순으로 나타났다.

OSSTEM IMPLANT는 상위 10개 평균 AHP OR 0.9893으로 6개 기업 중 가장 높은 값을 보였다. 특히 PS, CC, ACE, RA의 평균값이 모두 1.0000으로 나타났고, CI도 0.8773으로 높게 나타났다. 이는 OSSTEM IMPLANT가 상위 잠재 8자리 CPC 조합에 대해 기존 포트폴리오와의 구조적 근접성, 구성기술 보유도, 인접 기술조합 경험, 최근 활동성 측면에서 모두 높은 준비도를 보유하고 있음을 의미한다. OSSTEM IMPLANT의 상위 후보는 주로 A61B-G16H와 A61B-G06T 경로에 집중되어 있으며, 이는 임플란트 진단, 수술계획, 의료정보 ICT, 영상처리 기반 수술가이드 기술활용 영역과 연결된다.

MEDIT는 상위 10개 평균 AHP OR 0.9870으로 두 번째로 높은 값을 보였다. MEDIT 역시 PS, CC, ACE, RA 평균값이 모두 1.0000이며, CI는 0.8504로 나타났다. 이는 MEDIT가 구강스캐너 기반 영상획득 및 정합 기술을 중심으로 A61B-G06T, A61C-G06T 경로에서 높은 활용 준비도를 보유하고 있음을 보여준다. 특히 MEDIT의 결과는 구강스캐너 기업이 단순 영상획득 장비를 넘어 영상처리, 3D 데이터 정합, 치료 전후 비교, 디지털 보철·교정 기술활용 영역으로 확장할 수 있음을 시사한다.

3SHAPE는 상위 10개 평균 AHP OR 0.9788로 세 번째 순위를 보였다. 3SHAPE는 CAD/CAM, 구강스캔, 디지털 보철설계 영역에서 강한 포트폴리오를 보유하고 있으며, 상위 후보는 A61B-G06T와 G06T-G16H 경로에 집중된다. 이는 3SHAPE의 기회가 영상처리 기반 진단·설계 자동화와 의료정보 기술활용 영역 통합 방향에서 형성되고 있음을 의미한다.

DIO는 상위 10개 평균 AHP OR 0.9754로 네 번째 순위를 보였다. DIO의 상위 후보는 A61B-G06T와 A61B-G16H 경로에 집중되어 있으며, 특히 A61B-2505 계열과 G06T 계열의 결합이 반복적으로 등장한다. 이는 DIO의 기술기회가 임플란트 수술계획, 수술가이드, 환자 맞춤형 수술가이드, 영상 기반 식립 위치 분석과 밀접하게 연결되어 있음을 보여준다.

ALIGN TECHNOLOGY는 상위 10개 평균 AHP OR 0.9739로 다섯 번째 순위를 보였다. ALIGN TECHNOLOGY는 투명교정 및 치료계획 플랫폼을 중심으로 A61B-G06T와 A61B-G16H 경로에서 높은 OR을 보였다. 이는 교정진단, 치료 전후 영상분석, 환자 맞춤형 치료계획, 의료정보 기반 의사결정 지원 기능으로 확장될 수 있는 잠재기회를 의미한다.

DENTSPLY SIRONA는 상위 10개 평균 AHP OR 0.9416으로 6개 기업 중 상대적으로 낮은 값을 보였지만, 여전히 0.94 이상의 높은 수준을 유지하였다. DENTSPLY SIRONA의 경우 PS, CC, ACE 평균값은 모두 1.0000으로 나타났으나, RA 평균값이 0.6800으로 다른 기업보다 낮았다. 이는 상위 잠재 CPC 조합과의 구조적·기술적 접근성은 높지만, 최근 활동성 측면에서 상대적으로 차이가 있음을 의미한다. 따라서 DENTSPLY SIRONA의 기회는 CAD/CAM, 진료실 내 디지털 워크플로우, 영상처리, 의료정보 관리, AI 기반 보철설계 영역에서 여전히 의미가 있으나, 최근 특허활동의 집중도 또는 갱신성이 OR 순위에 영향을 미친 것으로 해석된다.

전체적으로 [표 6-3]의 결과는 기업별 OR 차이가 단순히 기업 규모나 기존 시장지위만으로 설명되지 않음을 보여준다. OSSTEM IMPLANT,

MEDIT, 3SHAPE, DIO와 같은 기업들은 특정 디지털 치과 기술활용 영역과 밀접하게 연결된 8자리 CPC 후보 조합에서 높은 준비도를 보였으며, ALIGN TECHNOLOGY는 교정치료 플랫폼 중심의 기회를, DENTSPLY SIRONA는 체어사이드 및 CAD/CAM 기반 통합 기술활용 영역 기회를 보였다. 따라서 산업 전체에서 동일하게 제시되는 잠재기회라 하더라도, 기업의 기존 포트폴리오와 활동성에 따라 실제 활용 가능성은 다르게 형성된다.

6.4 기업별 핵심 잠재 기술기회 해석

본 절에서는 기업별 OR 상위 3개 잠재 8자리 CPC 조합을 대상으로 심층 해석을 수행한다. 상위 3개 잠재 기술조합은 각 기업의 핵심 기술기회 후보로 해석할 수 있다. 다만 본 연구는 상위 3개 조합을 곧바로 사업화 대상이나 제품 개발 과제로 확정하지 않는다. 상위 3개 조합은 특허분류 기반 포트폴리오와 OR 구성요소를 기준으로 도출된 상대적 우선 검토 후보이다. 따라서 실제 전략 수립 단계에서는 시장성, 규제 적합성, 임상적 필요성, 생산 가능성, 파트너십 가능성을 추가로 검토해야 한다.

상위 3개 심층 해석 결과를 종합하면, 기업별 핵심 기술기회는 크게 네 가지 유형으로 구분된다. 첫째, OSSTEM IMPLANT와 DIO는 임플란트 수술 계획 및 수술가이드와 관련된 진단·수술, 영상처리 또는 의료정보 ICT 경로에서 높은 OR을 보인다. 둘째, MEDIT와 3SHAPE는 구강스캐너, 3D 영상처리, 디지털 보철설계 기술활용 영역과 관련된 영상처리 중심 기회에서 높은 OR을 보인다. 셋째, ALIGN TECHNOLOGY는 교정진단과 치료계획 플랫폼을 영상처리 및 의료정보 의사결정 지원 기술과 결합하는 방향에서 높은 OR을 보인다. 넷째, DENTSPLY SIRONA는 CAD/CAM, 진료실 내 디지털 워크플로우, 영상처리, AI 기반 보철설계 영역에서 기회가 확인된다.

이러한 결과는 OR 분석이 단순히 잠재 CPC 조합의 기술적 유망성을 나열

하는 것이 아니라, 기업의 기존 기술포트폴리오와 연결되는 구체적 전략 방향을 도출할 수 있음을 보여준다. 특히 동일한 A61B-G06T 경로라도 기업별 세부 8자리 CPC 조합과 해석은 다르게 나타났다. 예를 들어 MEDIT와 3SHAPE는 구강스캔 및 영상처리 기술활용 영역 관점에서, DIO는 수술가이드 관점에서, ALIGN TECHNOLOGY는 교정치료계획 플랫폼 관점에서 A61B-G06T 경로를 활용할 가능성이 높다. 따라서 본 연구의 OR 분석은 산업 수준 잠재 융합경로를 기업별 전략적 기술기회로 번역하는 역할을 수행한다.

[표 6-4]는 분석대상 기업별로 AHP 가중 OR이 가장 높은 상위 3개 잠재 8자리 CPC 조합을 제시하고, 각 조합의 기술적 의미를 심층 해석한 것이다. 제6장에서는 단순히 기업별 평균 OR을 비교하는 데 그치지 않고, 각 기업이 실제로 어떤 잠재 기술조합에서 높은 활용 준비도를 보이는지를 구체적으로 확인하였다.

HANSUNG UNIVERSITY

[표 6-4] 기업별 상위 3개 잠재 8자리 CPC 조합 심층 해석

기업	순위	잠재 8 자리 CPC 조합	AHP OR	심층 해석
ALIGN TECHNOLOGY	1	A61B-2018__G06T-0011	0.9808	ALIGN 은 진단·수술 장치 관련 세부기술과 영상처리 기반 치료계획 이미지 생성 기술의 결합에서 가장 높은 OR 을 보였다. 이는 투명교정·교합진단·치료계획 플랫폼을 보유한 ALIGN 이 구강 스캔 및 치료 전후 영상 데이터를 활용하여 교정진단 기술활용 영역을 고도화할 수 있음을 시사한다.
ALIGN TECHNOLOGY	2	A61B-0046__G06T-0011	0.9795	수술환경·멸균 기술활용 영역과 영상처리 기반 진단·치료계획 기술의 결합이다. ALIGN 의 직접 수술기구 영역은 제한적일 수 있으나, 진료환경 데이터와 영상 기반 치료계획을 연결하는 플랫폼 확장 가능성으로 해석할 수 있다.
ALIGN TECHNOLOGY	3	A61B-2018__G16H-0070	0.9775	진단·수술 장치에서 생성되는 데이터와 임상 reference 기반 의사결정 기술의 결합이다. 이는 교정치료 계획 추천, 치료경과 예측, 환자 맞춤형 의사결정 지원 기능으로 확장될 수 있다.
DENTSPLY SIRONA	1	G06T-2215__G16H-0040	0.9587	3D 렌더링·시각화 기술과 진료실 기술활용 영역 관리 기술의 결합이다. DENTSPLY SIRONA 의 CAD/CAM, 체어사이드 장비, 보철·영상 플랫폼과 직접적으로 연결되며, 장비 운용·보철설계·진료정보를 통합하는 플랫폼형 기회로 해석된다.
DENTSPLY SIRONA	2	A61C-0011__G06N-0020	0.9573	교합·턱관절·교정/보철 진단모형과 머신러닝 기반 예측·추천 기술의 결합이다. 이는 보철·교합 설계 데이터와 AI 분석을 결합한 자동화된 치료계획 또는 보철설계 추천 기술로 확장될 수 있다.
DENTSPLY SIRONA	3	G06F-0018__G06T-0001	0.9492	범용 데이터처리와 구강영상·CBCT·스캔 데이터 처리의 결합이다. 이는 장비·소프트웨어·영상처리 데이터를 통합하는 체어사이드 디지털 기술활용 영역 강화 가능성을 보여준다.
OSSTEM IMPLANT	1	A61B-0010__G16H-0070	0.9906	기타 진단·생체정보 수집 기술과 임상 reference 기반 의사결정 기술의 결합이다. OSSTEM 의 임플란트 진단, 수술계획, 환자상태 평가 데이터를 연결하여 임플란트 치료계획 의사결정 지원으로 확장될 가능성이 크다.
OSSTEM IMPLANT	2	A61B-2217__G16H-0070	0.9905	진단·수술 관련 세부 보조기술과 의료정보 기반 의사결정 기술의 결합이다. 이는 수술가이드, 수술 전 평가, 환자별 임플란트 식립계획을 지원하는 디지털 기술활용 영역 기회로 해석된다.
OSSTEM IMPLANT	3	A61B-2010__G16H-0070	0.9897	진단샘플링·기타 진단지표와 임상 reference 기반 의사결정 기술의 결합이다. 임플란트 수술 전 환자상태 평가와 치료계획 추천을 연결하는 고도화된 진단·수술계획 기술로 해석된다.

3SHAPE	1	A61B-2018__G06T-2211	0.9878	진단·수술 장치 관련 세부기술과 영상 생성·처리 기술의 결합이다. 3SHAPE 의 구강스캐너, CAD/CAM, 디지털 보철설계 기술과 연결되어 영상 기반 진단·설계 자동화 기회로 해석된다.
3SHAPE	2	A61B-2560__G06T-2211	0.9865	환자·시술 맥락의 진단정보와 영상 생성·처리 기술의 결합이다. 이는 구강스캔 데이터와 환자별 치료상황 정보를 결합하여 보철설계 또는 치료계획 정밀도를 높이는 방향으로 확장될 수 있다.
3SHAPE	3	A61B-2560__G06T-0001	0.9843	환자상태·시술정보와 구강영상·CBCT·스캔 데이터 처리 기술의 결합이다. 3SHAPE 의 scanner-centered 기술활용 영역과 직접 연결되며, 스캔 기반 진단·설계·치료계획 통합 가능성을 보여준다.
MEDIT	1	A61B-2018__G06T-0003	0.9896	진단·수술 장치 데이터와 영상 정합·보정 기술의 결합이다. MEDIT 의 구강스캐너 기반 3D 데이터 획득 역량과 연결되어 스캔 데이터 정합, 왜곡보정, 치료 전후 비교 기술활용 영역으로 확장될 수 있다.
MEDIT	2	A61C-2204__G06T-2211	0.9890	스마트 치과장치 관리 기술과 영상 생성·처리 기술의 결합이다. 구강스캐너 데이터, 장치 상태정보, 보철·교정 설계 데이터를 연결하는 digital dentistry 기술활용 영역 기회로 해석된다.
MEDIT	3	A61B-2090__G06T-2211	0.9889	진단·수술 관련 세부 색인기술과 영상 생성·처리 기술의 결합이다. 이는 MEDIT 의 구강스캔 영상처리 역량을 진단보조, 치료계획, 영상 기반 자동화 기능으로 확장할 수 있음을 시사한다.
DIO	1	A61B-2505__G06T-0001	0.9861	치료과정·수술관리 맥락의 환자 모니터링 기술과 구강영상·CBCT·스캔 데이터 처리 기술의 결합이다. DIO 의 임플란트 및 수술가이드 역량과 연결되어 수술계획 정밀화 기회로 해석된다.
DIO	2	A61B-2505__G06T-0015	0.9817	환자·수술과정 관리 기술과 영상분석 기술의 결합이다. 이는 임플란트 수술 전후 영상분석, 식립 위치 검토, 수술가이드 설계 보조 기능으로 확장될 수 있다.
DIO	3	A61B-2505__G06T-2219	0.9796	수술관리·환자 모니터링 기술과 3D 영상·모델 처리 기술의 결합이다. DIO 의 수술가이드 기술활용 영역과 결합할 경우, 환자 맞춤형 수술계획 및 수술가이드 제작 고도화 기회로 볼 수 있다.

6.5 소결

본 장에서는 치과 의료기기 산업의 잠재 8자리 CPC 조합을 대상으로 대표 기업별 기술기회 활용 준비도를 분석하였다. 분석은 임계치 기반으로 선정된 8개 4자리 CPC 분석범위 내부의 미관측 8자리 CPC 후보 조합 929개를 대상으로 수행되었으며, 6개 대표기업에 대해 총 5,574개의 기업의 후보 조합이 계산되었다. OR은 포트폴리오 유사도, 구성기술 보유도, 인접 기술조합 경험, 최근 활동성, 경쟁 접근성의 다섯 요소로 구성되었고, AHP 가중치를 적용하여 산출하였다.

분석 결과, 대표기업별 상위 10개 평균 AHP OR은 OSSTEM IMPLANT가 0.9893으로 가장 높았고, MEDIT 0.9870, 3SHAPE 0.9788, DIO 0.9754, ALIGN TECHNOLOGY 0.9739, DENTSPLY SIRONA 0.9416 순으로 나타났다. 이는 OSSTEM IMPLANT와 MEDIT가 본 연구에서 도출한 잠재 8자리 CPC 후보군에 대해 매우 높은 수준의 기술적 접근성을 보유하고 있음을 의미한다. 특히 OSSTEM IMPLANT는 임플란트 진단·수술계획과 의료정보 ICT가 결합되는 A61B-G16H 경로에서 높은 OR을 보였고, MEDIT는 구강스캐너 기반 영상처리 및 정합 기술활용 영역과 관련된 A61B-G06T 및 A61C-G06T 경로에서 높은 OR을 보였다.

기업별 상위 3개 결과는 각 기업의 전략적 기회방향이 상이하게 형성되고 있음을 보여준다. ALIGN TECHNOLOGY는 교정진단과 치료계획 플랫폼을 영상처리 및 의료정보 ICT와 연결하는 기회가 확인되었다. DENTSPLY SIRONA는 CAD/CAM, 진료실 내 디지털 워크플로우, AI 기반 보철설계, 영상처리와 의료정보 관리가 결합되는 영역에서 기회를 보였다. OSSTEM IMPLANT는 임플란트 진단, 수술계획, 의료정보 기반 의사결정 지원 기술에서 가장 높은 준비도를 보였다. 3SHAPE는 구강스캔, CAD/CAM, 영상 기반

보철설계 자동화 기회에서 높은 OR을 보였으며, MEDIT는 구강스캐너 기반 3D 영상 정합 및 영상처리 기술활용 영역에서 강한 준비도를 보였다. DIO는 수술가이드, 환자 맞춤형 임플란트 수술계획과 영상처리 기술의 결합에서 높은 OR을 나타냈다.

본 장의 결과는 세 가지 측면에서 중요한 의미를 가진다. 첫째, 산업 수준에서 도출된 잠재기회는 기업별로 동일하게 활용 가능한 것이 아니라, 기업의 기존 포트폴리오와 기술경험에 따라 차별적으로 접근된다. 동일한 A61B-G06T 경로라도 기업별로 구강스캔, 교정치료계획, 수술가이드, 보철설계 등 서로 다른 전략적 의미를 가진다. 둘째, 국내기업인 OSSTEM IMPLANT, MEDIT, DIO가 글로벌 기업과 비교해 낮지 않은 OR을 보였다는 점은 국내 치과 의료기기 기업들이 특정 디지털 dentistry 기술활용 영역 영역에서 높은 기술기회 활용 가능성을 보유하고 있음을 시사한다. 셋째, OR 분석은 단순한 잠재 기술조합 예측을 넘어, 기업별 전략적 의사결정에 활용 가능한 기술기회 우선순위 도출 방법으로 확장될 수 있다.

다만 본 장의 해석에서 주의할 점도 있다. OR은 특정 기업이 해당 기술기회를 실제로 사업화하거나 시장에서 성공할 것이라는 확정적 예측이 아니다. OR은 특허 기반 기술포트폴리오와 잠재 8자리 CPC 조합 사이의 구조적·경험적·활동성 기반 접근성을 측정한 지표이다. 따라서 OR이 높다는 것은 해당 기업이 해당 잠재기회에 접근할 수 있는 기술적 기반과 경험을 보유하고 있다는 의미이지, 시장성과, 규제 적합성, 제품화 가능성, 임상적 수용성까지 모두 확보했다는 의미는 아니다. 이러한 한계는 제7장의 시간기반 검증 및 전문가 검토를 통해 보완적으로 논의한다.

결론적으로 본 장은 제4장의 산업 수준 잠재융합 분석과 제5장의 선도기업과 도전기업 포트폴리오 비교를 기업 수준의 전략적 기술기회 분석으로 연결하였다. 이를 통해 치과 의료기기 산업에서 잠재 기술조합을 발견하는 것뿐만 아니라, 어떤 기업이 어떤 조합에 대해 상대적으로 높은 활용 준비도를 보유하는지를 정량적으로 제시하였다. 이 점에서 본 장은 본 연구의 핵심 주장인

산업 수준 기술융합 구조 분석과 기업 수준 전략적 기회평가의 연결을 실증적으로 보여주는 장이라고 할 수 있다.

HANSUNG UNIVERSITY

Ⅶ. 분석결과의 타당성 검토 및 논의

7.1 제7장의 목적과 구성

제7장에서는 Node2Vec 기반 잠재 CPC 조합 도출 결과와 OR 기반 기업별 기술기회 해석의 타당성을 검토한다. 본 연구가 별도의 타당성 검토 장을 구성한 이유는 제4장과 제6장의 결과를 정량분석 결과만으로 확정적으로 주장하기 어렵다고 보았기 때문이다. Node2Vec 구조적 근접성은 구조적 근접성을 보여주지만 미래 출현을 보장하지 않으며, OR은 기업별 활용 준비도를 비교하지만 실제 사업화 성과를 직접 예측하지는 않는다. 따라서 본 장은 정량분석 결과가 어느 범위까지 타당하게 해석될 수 있는지를 검토하는 보완적 논의 장이다.

본 장은 분석결과의 예측 타당성과 해석 타당성을 함께 검토하는 역할을 한다. 여기서 예측 타당성은 Node2Vec 기반 잠재 CPC 조합이 이후 기간의 신규 CPC 조합 출현과 어느 정도 연결되는지를 의미한다. 해석 타당성은 잠재 CPC 조합과 OR 결과가 치과 의료기기 산업 전문가의 관점에서 기술적·전략적으로 납득 가능한지를 의미한다. 따라서 본 장은 정량분석 결과를 강화하기 위한 장이라기보다, 정량분석 결과를 과도하게 해석하지 않도록 해석 범위를 조정하는 장으로 이해해야 한다.

본 장에서 수행하는 타당성 검토는 두 가지로 구분된다. 첫째, 시간기반 예측 타당성 검토이다. 이는 과거 기간의 특허 네트워크를 기반으로 도출된 잠재 기술조합이 이후 기간의 신규 관측 기술조합과 어느 정도 연결되는지를

확인하는 절차이다. 이 검토는 Node2Vec 기반 구조적 근접성이 미관측 기술조합의 구조적 결합 가능성을 탐색하는 지표로 활용될 수 있는지를 확인하기 위한 것이다.

둘째, 전문가 내용타당도 검토이다. 이는 잠재 기술조합의 기술적 의미, OR 구성요소의 적절성, 기업별 OR 해석의 산업적·전략적 해석 가능성을 전문가 관점에서 검토하는 절차이다. 전문가 내용타당도 검토는 정량분석 결과를 대체하는 검증 절차가 아니라, 특허분류 기반 분석결과의 해석 가능성과 과잉해석 가능성을 보완적으로 확인하기 위한 절차이다.

본 장의 구성은 다음과 같다. 7.2절에서는 시간기반 예측 타당성 검토의 설계와 결과를 제시한다. 7.3절에서는 전문가 내용타당도 검토의 설계와 결과를 제시한다. 7.4절에서는 연구 문제별로 분석결과를 종합 논의한다. 7.5절에서는 본 장의 논의를 요약하고, 제8장의 결론으로 연결한다.

7.2 시간기반 예측 타당성 검토

7.2.1 시간기반 검토

시간기반 예측 타당성 검토는 학습기간 기준 미관측이었던 CPC 조합 중 일부가 이후 검토기간에 신규 관측 조합으로 등장하는지를 확인하기 위한 절차이다. 본 연구가 이 검토를 수행한 이유는 Node2Vec 기반 구조적 근접성이 단순히 네트워크 안의 수치적 근접성만을 보여주는지, 아니면 이후 기술결합의 형성과도 일정 부분 연결되는지 확인할 필요가 있었기 때문이다. 따라서 시간기반 검토는 Node2Vec 결과를 완전한 예측모형으로 검증하는 절차가 아니라, 잠재 CPC 조합 도출 결과의 예측적 의미를 보완적으로 확인하는 절차이다.

구체적인 방법으로는 학습기간에는 과거 특허 데이터만을 이용하여 CPC 공동출현 네트워크를 구성하고, 해당 기간에 아직 관측되지 않은 기술조합 후보군을 도출한다. 이후 Node2Vec 기반 구조적 근접성을 산출하여 구조적 근접성이 높은 잠재 기술조합을 식별한다. 검토기간에는 학습기간 기준 미관측이었던 기술조합 중 실제 특허 데이터에서 신규 관측된 조합이 있는지를 확인한다.

본 연구에서 시간기반 검토의 목적은 Node2Vec 기반 잠재 기술조합 도출 결과가 이후 기간의 기술조합 출현과 어느 정도 연결되는지를 확인하는 데 있다. 따라서 이 절차는 예측모형의 완전한 성능 검증이라기보다, 네트워크 기반 잠재 기술조합 탐색 결과의 예측 타당성을 보완적으로 확인하는 절차로 이해해야 한다.

본 연구는 2010년부터 2019년까지를 학습기간으로 설정하고, 2020년부터 2024년까지를 검토기간으로 설정하였다. 이 구분은 단순한 시기 분할이 아니다. 학습기간은 과거 특허 네트워크 구조를 기반으로 미관측 잠재 CPC 조합을 도출하기 위한 기간이며, 검토기간은 그 조합 중 일부가 이후 실제 특허에서 새롭게 공동출현했는지를 확인하기 위한 기간이다. 따라서 시간 구분은 Node2Vec 기반 잠재 CPC 조합 도출 결과가 후속 기술결합과 연결될 수 있는지를 검토하기 위한 연구 설계상의 장치이다. 학습기간의 CPC 공동출현 네트워크를 기반으로 Node2Vec 임베딩을 학습하고, 본 연구는 학습기간에는 관측되지 않았으나 검토기간에 신규로 관측된 CPC 조합을 positive로 정의하였다. 이 정의가 중요한 이유는 본 연구의 관심이 이미 반복적으로 등장한 기존 조합이 아니라, 과거에는 미관측이었지만 이후 새롭게 등장한 기술결합에 있기 때문이다. 따라서 positive는 단순한 출현 여부가 아니라, Node2Vec 기반 잠재 CPC 조합 탐색이 실제 후속 기술결합을 어느 정도 포착할 수 있는지를 판단하기 위한 기준이다. 반대로 학습기간과 검증기간 모두에서 관측되지 않은 후보 조합은 미등장 후보로 설정하였다. 이후 Node2Vec 기반 코사

인 유사도가 검증기간의 신규 등장 조합을 얼마나 잘 상위에 배치하는지 평가하였다.

이러한 시간기반 검증은 본 연구 프레임워크에서 중요한 의미를 가진다. 만약 Node2Vec 기반 구조적 근접성이 이후 기간의 신규 등장 조합을 일정 수준 설명한다면, 제안 프레임워크는 단순한 사후적 구조분석에 머무르지 않고 미래지향적 기술기회 탐색 도구로 활용될 수 있다. 반대로 시간기반 검증에서 낮은 성능을 보인다면, 잠재 CPC 조합 도출 결과는 구조적으로 흥미로운 조합일 수는 있으나 실제 기술결합의 출현 가능성을 설명하는 데는 한계가 있다고 보아야 한다.

[표 7-1] 시간기반 예측 타당성 검토 설계

구분	내용
검증 목적	Node2Vec 기반 잠재 융합기술 조합 도출 결과의 시간적 타당성 확인
학습기간	2010-2019 년
검증기간	2020-2024 년
학습 네트워크	2010-2019 년 CPC 공동출현 네트워크
예측 방법	Node2Vec 임베딩 기반 코사인 유사도
Positive 조합	학습기간에는 미관측, 검증기간에 신규 등장한 CPC 조합
비교 후보	학습기간과 검증기간 모두 미관측인 후보 조합
평가 지표	ROC-AUC, Precision@K, 상위 후보 내 신규 등장 조합 비율

[표 7-1]은 Node2Vec 기반 잠재 기술조합 도출 결과의 시간기반 예측 타당성을 검토하기 위한 설계를 정리한 것이다. 본 연구는 2010-2019년 데이터를 학습기간으로 설정하여 CPC 공동출현 네트워크를 구성하고, Node2Vec 임베딩과 코사인 유사도를 활용하여 당시에는 관측되지 않았던 잠재 기술조합을 도출하였다

7.2.2 시간기반 검토 결과

본 절에서는 시간기반 검토 결과를 제시한다. 검토의 핵심은 학습기간 기준으로 미관측이었던 잠재 기술조합 중 일부가 검토기간에 신규 관측 조합으로 등장했는지, 그리고 Node2Vec 기반 구조적 근접성이 높은 후보군에서 신규 관측 조합이 상대적으로 많이 확인되는지를 살펴보는 데 있다.

시간기반 검토 결과, Node2Vec 기반 잠재 CPC 조합 예측모형은 ROC-AUC 0.85 수준의 성능을 보였다. 이는 학습기간의 CPC 공동출현 구조만을 사용했음에도 불구하고, 검증기간에 새롭게 등장한 CPC 조합과 미등장 후보 조합을 비교적 잘 구분했음을 의미한다. 또한 Precision@100은 0.70으로 나타나, Node2Vec 기반 구조적 근접성 상위 100개 후보 중 상당수가 검증기간에 실제로 신규 등장한 조합과 연결되었다.

[표 7-2] 시간기반 예측 타당성 검토 결과

평가 지표	결과	해석
ROC-AUC	0.85	신규 등장 조합과 미등장 후보 조합을 구분하는 전반적 판별력이 양호함
Precision@100	0.70	상위 100 개 잠재 후보 중 상당수가 검증기간 신규 등장 조합과 연결됨
검증 방식	시간분리 검증	과거 네트워크 구조가 이후 기술결합 출현을 설명하는지 확인

[표 7-2]는 시간기반 예측 타당성 검토 결과를 제시한 것이다. 분석 결과, ROC-AUC는 0.85로 나타나 Node2Vec 기반 구조적 근접성이 학습기간에는 관측되지 않았으나 검증기간에 새롭게 등장한 기술조합과 계속 미관측 상태로 남은 후보 조합을 구분하는 데 양호한 판별력을 보이는 것으로 확인되었다.

ROC-AUC 0.85는 제안 프레임워크의 잠재 CPC 조합 도출 방식이 무작위적 후보선정이 아니라 네트워크 구조에 기반한 예측력을 가진다는 점을 보여준다. 이는 CPC 공동출현 네트워크의 구조적 근접성이 향후 기술결합 가능성과 관련되어 있음을 시사한다. 특히 치과 의료기기 산업처럼 전통적 치과기술, 진단·수술기술, 영상처리, 의료정보 ICT, AI, 3D 프린팅 등이 결합하는 산업에서는 단일 기술분류의 출원증가보다 기술 간 구조적 위치와 연결패턴이 향후 융합 가능성을 설명하는 데 유용할 수 있다.

Precision@100 0.70은 상위 잠재 후보군의 실무적 유용성을 보여준다. 중소기업의 기술기회 탐색에서는 전체 후보군을 모두 검토하기보다, 우선순위가 높은 후보군을 선별하는 것이 중요하다. 상위 100개 후보 중 약 70% 수준이 검증기간의 신규 등장 조합과 연결되었다는 결과는 Node2Vec 기반 구조적 근접성이 중소기업의 기술탐색 초기 단계에서 후보선별 도구로 활용될 수 있음을 의미한다.

다만 시간기반 검증 결과는 예측모형의 구조적 타당성을 보여주는 것이지, 개별 조합의 사업화 성공 가능성을 보장하는 것은 아니다. 검증기간에 실제로 등장하지 않은 조합이 반드시 부정적 후보라는 의미도 아니다. 기술적으로 잠재성이 높더라도 시장조건, 규제환경, 기업전략, 연구개발 투자시점에 따라 실제 출원이 지연될 수 있기 때문이다. 따라서 시간기반 검증은 RQ2의 잠재 CPC 조합 도출 방식에 대한 정량적 보완 근거로 해석해야 한다.

7.2.3 잠재 기술조합 도출 결과의 예측적 의미

시간기반 검토 결과는 RQ2에서 제시한 Node2Vec 기반 잠재 기술조합 도출 결과의 예측 타당성을 보완적으로 뒷받침한다. RQ2의 핵심은 기존 특허 데이터에서 아직 관측되지 않은 기술조합 중 구조적으로 결합 가능성이 높은 후보를 식별할 수 있는가에 있다. 시간기반 검토는 학습기간 기준으로 미관측

이었던 후보 중 일부가 검토기간에 신규 관측 조합으로 나타나는지를 확인하였다. 본 연구는 이 결과를 Node2Vec 구조적 근접성이 단순한 수치적 유사도에 머무르지 않고, 기술조합의 구조적 결합 가능성을 탐색하는 지표로 활용될 수 있음을 보여주는 근거로 해석한다. 그러나 여기서의 결합 가능성은 특허 네트워크 구조 안에서의 가능성이다. 즉, 구조적 근접성이 높은 조합은 후속 검토 가치가 높은 후보일 수 있지만, 실제 제품화 가능성이나 기업별 사업화 가능성을 직접 의미하지는 않는다.

다만 본 연구의 시간기반 검토는 잠재 기술조합의 미래 출현을 확률적으로 예측하는 완전한 예측모형 검증은 아니다. 특허출원에는 기업전략, 시장 환경, 규제, 기술개발 주기, 특허 공개 지연 등 다양한 요인이 영향을 미친다. 따라서 특정 조합이 검토기간에 등장하지 않았다고 해서 해당 조합의 기술적 의미가 없다고 판단할 수 없으며, 반대로 검토기간에 등장했다고 해서 반드시 사업화 가능성이 높다고 볼 수도 없다. 본 연구의 시간기반 검토는 Node2Vec 기반 잠재 CPC 조합 도출의 예측 가능성을 제한적으로 확인하는 절차로 해석해야 한다. 따라서 본 연구의 시간기반 검토 결과는 Node2Vec 기반 잠재 기술조합 도출의 예측 가능성을 보완적으로 확인하는 근거로 해석해야 한다.

7.3 전문가 내용타당도 검토

본 절에서는 잠재 기술조합과 OR 기반 기업별 해석에 대한 전문가 내용타당도 검토 결과를 제시한다. 본 연구가 전문가 검토를 수행한 이유는 특허분류와 네트워크 지표만으로 기술조합의 산업적 의미를 충분히 설명하기 어렵다고 보았기 때문이다. CPC 조합은 기술분류상 구조적 관계를 보여주지만, 그 조합이 실제 치과 의료기기 제품, 임상 기술활용 영역, 기업전략 차원에서 해석 가능한지는 전문가 판단을 통해 보완적으로 확인할 필요가 있다. 전문가

내용타당도 검토는 특허분류와 네트워크 기반 정량분석 결과가 치과 의료기기 산업의 기술·제품·전략 맥락에서 해석 가능한지를 확인하기 위한 보완적 절차이다. 따라서 전문가 검토 결과는 정량분석 결과를 대체하거나 확정적으로 검증하는 근거가 아니라, 분석결과의 해석 가능성과 보완 필요성을 확인하는 자료로 활용된다.

7.3.1 전문가 검토 절차

전문가 검토는 잠재 기술조합의 기술적 의미, OR 구성요소의 적절성, 기업별 OR 해석의 산업적·전략적 해석 가능성을 확인하기 위해 수행하였다. 본 연구는 전문가 검토를 정량분석 결과를 대체하는 절차로 보지 않는다. 전문가 검토의 역할은 Node2Vec과 OR로 도출된 결과가 치과 의료기기 산업의 실제 기술 맥락에서 해석 가능한지를 점검하는 데 있다. 따라서 전문가 검토는 정량분석의 객관성을 대신하는 것이 아니라, 특허분류 기반 분석의 해석 가능성을 보완하는 절차이다. 특허 네트워크 분석은 CPC 간 구조적 관계를 정량적으로 제시할 수 있지만, 해당 조합이 실제 치과 의료기기 제품, 임상 기술 활용 영역, 기업전략으로 연결될 수 있는지는 전문가 판단이 필요하다.

전문가 패널은 치과 의료기기, 특허분석, 기술사업화, 연구개발 전략 관련 경험을 가진 전문가로 구성하였다. 본 연구가 다분야 전문가 구성을 선택한 이유는 잠재 CPC 조합과 OR 결과가 단일 관점만으로 평가되기 어렵기 때문이다. 잠재 CPC 조합의 기술적 의미는 치과 의료기기 전문가의 판단이 필요하고, 특허분류 기반 결과의 해석은 특허분석 경험이 필요하며, OR 결과의 전략적 의미는 기술사업화와 R&D 전략 관점에서 검토되어야 한다. 따라서 전문가 패널 구성은 본 연구 결과의 해석 범위를 넓히기 위한 설계이다.

본 연구의 전문가 검토는 두 가지로 구분된다. 첫째, 잠재 기술조합, OR 구성요소, OR 기반 전략 해석, 기업별 OR 결과 해석의 내용타당도를 검토

하기 위한 전문가 내용타당도 검토이다. 둘째, OR 구성요소 간 상대적 중요도를 산출하기 위한 AHP 기반 가중치 산출이다. 두 절차는 목적, 전문가 수, 평가방식, 산출물이 다르므로 본 연구에서는 이를 구분하여 제시한다

전문가 내용타당도 검토는 세 가지 대상을 중심으로 수행한다. 첫째, Node2Vec 기반으로 도출된 잠재 기술조합의 기술적 해석 가능성이다. 둘째, OR 구성요소가 기업별 기술기회 활용 준비도를 평가하기에 적절한지 여부이다. 셋째, 기업별 OR 상위 결과에 대한 기술적·전략적 해석이 치과 의료기기 산업 맥락에서 타당한지 여부이다.

전문가 검토 항목은 정량평가와 개방형 의견으로 구성한다. 정량평가는 잠재 기술조합의 기술적 타당성, OR 구성요소의 적절성, 기업별 결과 해석의 타당성을 평가하도록 구성한다. 개방형 의견은 특허분류 기반 해석에서 보완이 필요한 부분, 산업 현장 관점에서 과도하게 해석될 수 있는 부분, 향후 분석 고도화에 필요한 사항을 확인하는 데 활용한다.

[표 7-3] 전문가 내용타당도 검토 설계

구분	내용
전문가 수	12 명
전문분야	치과 의료기기, 디지털 덴티스트리, 치과 임상, AI·영상처리, 특허·기술전략, 학계
평가척도	7 점 리커트 척도
타당 응답 기준	6 점 이상
내용타당도 지표	CVR
CVR 기준값	0.56
검토 대상	잠재 기술조합, OR 구성요소, 전략 해석, 기업별 OR 해석

[표 7-3]은 본 연구의 분석결과에 대한 전문가 내용타당도 검토 설계를 제시한 것이다. 전문가 검토는 특허 네트워크와 Node2Vec 분석을 통해 도출된

잠재 기술조합, OR 구성요소, 전략 해석, 기업별 OR 결과 해석이 산업적·기술적으로 타당한지를 확인하기 위해 수행하였다. 내용타당도 검토는 측정 또는 평가 항목이 연구대상 개념을 적절하게 대표하는지를 전문가 판단을 통해 확인하는 절차로 활용될 수 있다(Polit & Beck, 2006).

검토에는 치과 의료기기, 디지털 덴티스트리, 치과 임상, AI·영상처리, 특허·기술전략, 학계 분야의 전문가 12명이 참여하였다. 평가는 7점 리커트 척도로 수행하였으며, 6점 이상을 타당 응답으로 기준화하였다. 내용타당도 지표로는 CVR을 활용하였고, 전문가 수 12명 기준으로 CVR 기준값은 0.56으로 설정하였다. CVR은 전문가 집단이 특정 항목을 필수적이거나 타당하다고 판단하는 정도를 정량화하여 내용타당도를 평가하는 지표이다(Lawshe, 1975). CVR 기준값은 전문가 수에 따라 달라질 수 있으므로, 본 연구는 전문가 수 12명을 기준으로 해석 기준을 설정하였다(Ayre & Scally, 2014).

7.3.2 잠재 기술조합 해석에 대한 전문가 평가

잠재 기술조합 해석의 내용타당도 검토는 Node2Vec 기반으로 도출된 잠재 CPC 조합이 치과 의료기기 산업 맥락에서 기술적으로 해석 가능한지를 확인하기 위해 수행하였다. 본 연구에서 이 검토가 필요한 이유는 구조적 근접성이 높은 조합이라고 해서 반드시 산업적으로 의미 있는 조합이라고 단정할 수 없기 때문이다. 전문가 검토는 해당 조합이 실제 치과 진단, 치료, 보철, 임플란트, 교정, 디지털 기술활용 영역과 연결될 수 있는지를 판단하는 절차로 활용하였다. 검토 대상은 단순한 CPC 코드 조합이 아니라, 해당 조합이 의미하는 기술영역 간 결합 가능성이다. 따라서 전문가에게는 미관측 8자리 CPC 조합라는 기술적 표현보다, 향후 출현 가능성이 있는 잠재 기술조합이라는 관점에서 검토하도록 제시하였다.

전문가 검토 결과, 주요 잠재 기술조합은 치과 의료기기 산업의 디지털 전환 방향과 일정 부분 부합하는 것으로 나타났다. 본 연구는 이 결과를

Node2Vec 기반 잠재 CPC 조합이 완전히 임의적인 조합이 아니라, 치과 의료기기 산업에서 실제로 해석 가능한 기술결합 후보를 포함하고 있음을 보여주는 근거로 해석한다. 다만 전문가 검토 결과가 모든 잠재 CPC 조합의 제품화 가능성을 보장하는 것은 아니다. 전문가의 긍정 평가는 해당 조합이 기술적으로 설명 가능하다는 의미이지, 시장성과나 사업화 성공 가능성을 확정하는 의미는 아니다.

[표 7-4] 잠재 기술조합별 전문가 검토 결과

코드	잠재 기술조합	평균	표준편차	6 점 이상 응답자 수	CVR	판정
LP1	A61C-G16H	6.50	0.52	12	1.000	타당
LP2	G06T-G16H	6.25	0.45	12	1.000	타당
LP3	A61C-G06N	6.08	0.51	11	0.833	타당
LP4	A61B-G06T	6.00	0.43	11	0.833	타당

[표 7-4]는 잠재 기술조합에 대한 전문가 내용타당도 검토 결과를 제시한 것이다. 전문가들은 각 잠재 기술조합이 치과 의료기기 산업에서 기술적으로 의미가 있고, 향후 기술기회로 해석 가능한지를 7점 리커트 척도로 평가하였다. 전문가 검토 결과, 네 개의 대표 잠재 CPC 조합은 모두 CVR 기준값을 상회하여 내용타당성이 확보된 것으로 나타났다. 특히 A61C-G16H는 평균 6.50, CVR 1.000으로 가장 높은 평가를 받았다. 이는 치과 치료기술과 의료정보 ICT의 결합이 환자정보 기반 치료계획, 디지털 진료정보 관리, 플랫폼 기반 진료지원과 직접적으로 연결될 수 있기 때문으로 해석된다.

G06T-G16H 역시 평균 6.25, CVR 1.000으로 높게 평가되었다. 이는 구강스캐너, CBCT, 치과 영상자료와 의료정보 시스템 간 연결 가능성이 높다는 전문가 판단을 반영한다. 치과 의료기기 산업에서 영상 데이터는 단순 진단 보조자료에 그치지 않고, 치료계획, 보철설계, 수술가이드 제작, 환자 모니터링 등 다양한 디지털 진료·제작 프로세스와 연결된다. 따라서 G06T-G16H 조합은 영상처리 기반 치과 데이터 활용의 핵심 방향으로 해석할 수 있다.

A61C–G06N은 평균 6.08, CVR 0.833으로 기준을 충족하였다. 이는 치과 기술과 AI·계산모델의 결합이 교정 예측, 치료계획 추천, 보철설계 자동화, 진단지원 알고리즘 등으로 확장될 수 있다는 점에서 전문가들이 타당성을 인정한 결과이다. A61B–G06T도 평균 6.00, CVR 0.833으로 타당한 것으로 나타났다. 이는 진단·수술기술과 영상처리의 결합이 임플란트 수술계획, 구강영상 기반 진단, CBCT 분석, 수술가이드 설계 등과 연결될 수 있음을 의미한다.

종합하면, 전문가 검토 결과는 Node2Vec 기반 잠재 CPC 조합 도출 결과가 단순한 통계적 유사도에 그치지 않고, 치과 의료기기 산업의 디지털 전환 방향과 일정 수준의 산업적 정합성을 갖고 있음을 보여준다. 다만 본 전문가 검토는 대표 4자리 CPC 기술조합 수준의 내용타당도를 검토한 것이며, 929개의 미관측 8자리 CPC 후보 조합 각각의 제품화 가능성이나 사업화 가능성을 직접 검증한 것은 아니다. 따라서 본 연구의 잠재 CPC 조합은 확정적 사업기회가 아니라, 기업별 기술포트폴리오와 연결하여 추가 검토할 수 있는 탐색적 기술기회 후보로 해석하는 것이 적절하다.

7.3.3 평가요소와 기업별 해석에 대한 전문가 평가

OR 구성요소에 대한 전문가 내용타당도 검토는 포트폴리오 유사도(PS), 구성기술 보유도(CC), 인접 기술조합 경험(ACE), 최근 활동성(RA), 경쟁 접근성(CI)이 기업별 기술기회 활용 준비도를 설명하는 데 적절한지를 확인하기 위해 수행하였다. 이 검토는 OR 산식 자체를 검증하는 절차가 아니라, 다섯 구성요소가 치과 의료기기 기업의 기술기회 활용 가능성을 해석하는 데 필요한 차원을 적절히 포함하고 있는지를 확인하는 절차이다.

기업별 OR 결과 해석에 대한 검토는 분석대상 기업별 상위 3개 잠재 기술조합이 각 기업의 기술포트폴리오, 제품영역, 기술활용 방향과 연결되어 해석

가능한지를 중심으로 수행하였다. 전문가 의견은 기업별 OR 결과가 단순히 수치 순위로 제시되는 것을 방지하고, 각 기업의 기술활동 맥락에서 결과를 해석하는 데 활용된다.

검토 결과는 OR 기반 기업별 기술기회 해석이 기업의 기술포트폴리오와 일정한 정합성을 갖는지, 특정 기업에 대해 과도한 전략적 의미를 부여하고 있지는 않은지, 그리고 기술분류 기반 분석만으로 설명하기 어려운 산업적 고려사항이 무엇인지를 확인하는 데 활용한다.

[표 7-5] OR 구성요소별 전문가 검토 결과

코드	구성요소	평균	표준편차	6 점 이상 응답자 수	CVR	판정
OR1	포트폴리오 유사도	6.17	0.39	12	1.000	타당
OR2	구성기술 보유도	6.33	0.49	12	1.000	타당
OR3	융합경험·최근 활동성	5.83	0.39	10	0.667	타당
OR4	선도기업 점유도	5.75	0.45	9	0.500	조건부 타당

[표 7-5]는 OR 구성요소에 대한 전문가 내용타당도 검토 결과를 제시한 것이다. 전문가들은 기업별 기술기회 활용 준비도를 평가하기 위해 설정한 구성요소들이 실제 기업의 기술기회 활용 가능성을 설명하는 데 적절한지를 평가하였다

OR 구성요소에 대한 전문가 검토 결과, 포트폴리오 유사도, 구성기술 보유도, 융합경험·최근 활동성은 CVR 기준값을 충족하였다. 특히 구성기술 보유도는 평균 6.33, CVR 1.000으로 가장 높은 평가를 받았다. 이는 특정 잠재 기술조합에 접근하기 위해 기업이 해당 조합의 구성기술을 보유하고 있는지가 가장 직접적인 판단 기준이라는 전문가 의견을 반영한다.

포트폴리오 유사도 역시 평균 6.17, CVR 1.000으로 높게 평가되었다. 이는 기업의 기존 기술포트폴리오와 잠재 기술조합 간 구조적 관련성이 전략적 접근 가능성을 설명하는 데 적절하다는 의미이다. 융합경험·최근 활동성은 평균

5.83, CVR 0.667로 기준값을 충족하였다. 이는 과거 유사 조합 경험과 최근 관련 기술활동이 기술기회 활용 가능성을 판단하는 데 유의미한 보조 지표임을 보여준다.

반면 선도기업 점유도는 평균 5.75로 비교적 높았으나 CVR은 0.500으로 기준값에 미달하였다. 이는 선도기업 점유도가 경쟁장벽을 설명하는 데 유용하지만, 모든 경우에 동일하게 해석되기는 어렵다는 점을 의미한다. 일부 전문가는 선도기업 점유도가 높더라도 도전기업이 특정 세부 치료흐름에서 차별화된 기회를 가질 수 있으며, 반대로 선도기업 점유도가 낮더라도 기업 내부 역량이 부족하면 실제 기회로 보기 어렵다고 지적하였다. 따라서 본 연구에서는 선도기업 점유도를 OR 산식에 포함하되, 기회공간 분석에서 별도 축으로 제시하여 접근 가능성과 경쟁강도를 분리하여 해석하였다.

다만 12명 전문가 내용타당도 검토는 기존 설문 구조에 따라 OR 구성요소를 포트폴리오 유사도, 구성기술 보유도, 융합경험·최근 활동성, 선도기업 점유도의 네 항목으로 평가하였다. 이후 AHP 가중치 산출 단계에서는 최종 OR 산식과의 정합성을 확보하기 위해 융합경험과 최근 활동성을 각각 인접 기술조합 경험(ACE)과 최근 활동성(RA)으로 분리하고, 선도기업 점유도는 경쟁 접근성(CI)으로 변환하여 총 다섯 개 평가기준으로 쌍대비교하였다. 따라서 본 절의 내용타당도 검토는 OR 구성요소의 기본 타당성을 확인하는 절차이며, 구성요소별 세부 가중치는 AHP 분석 결과에 따른다.

OR 기반 전략 해석 검토는 기업별 OR 결과가 실제 기업의 기존 기술포트폴리오와 부합하는지, 선도기업과 도전기업 간 차이를 설명하는 데 유용한지, 그리고 기회공간 해석이 산업 경쟁구조를 설명하는 데 적절한지를 평가하기 위해 수행하였다.

[표 7-6] OR 기반 전략 해석에 대한 전문가 검토 결과

코드	평가 항목	평균	표준편차	6점 이상 응답자 수	CVR	판정

R1	기업별 OR 결과는 기존 기술포트폴리오와 정합적이다.	6.25	0.45	12	1.000	타당
R2	OR 결과는 기업의 전략적 접근 가능성을 적절히 반영한다.	6.00	0.43	11	0.833	타당
R3	OR 결과는 선도기업-도전기업 간 차이를 설명하는 데 유용하다.	5.83	0.39	10	0.667	타당
R4	OR-선도기업 점유도 기반 기회공간 해석은 실제 산업 경쟁구조와 정합적이다.	5.83	0.39	10	0.667	타당
U1	본 분석결과는 연구개발 기획 또는 기술전략 수립에 활용 가능하다.	6.17	0.39	12	1.000	타당

[표 7-6]은 OR 분석결과를 기반으로 한 기업별 전략 해석이 전문가 관점에서 타당한지를 검토한 결과이다. 전문가들은 기업별 OR 결과가 기존 기술포트폴리오와 정합적인지, 기업의 전략적 접근 가능성을 적절히 반영하는지, 선도기업과 도전기업 간 기술기회 차이를 설명하는 데 유용한지를 평가하였다.

이 결과는 OR 분석이 단순한 수리적 지표가 아니라 기업의 기술전략 해석에 활용 가능한 분석도구임을 보여준다. 특히 R1의 평균 6.25, CVR 1.000은 기업별 OR 결과가 각 기업의 기존 기술포트폴리오와 대체로 부합한다는 전문가 판단을 의미한다. U1의 평균 6.17, CVR 1.000은 OR 분석이 연구개발 기획, 기술 포트폴리오 점검, 잠재 기술조합 탐색, 경쟁구조 해석에 활용될 수 있음을 보여준다.

기업별 OR 결과 해석에 대한 전문가 검토는 제6장에서 도출한 6개 대표기업의 기술기회 활용 준비도 결과가 각 기업의 기존 기술포트폴리오와 산업 내 기술활용 영역에 부합하는지를 확인하기 위해 수행하였다. 본 검토는 기업별 OR 점수의 수치적 크기만을 평가하기 위한 것이 아니라, 각 기업에서 높게 나타난 미관측 8자리 CPC 후보 조합이 실제 기업의 기술기반, 제품·서비스 방향, 디지털 전환 전략과 해석상 정합성을 갖는지를 검토하는 데 목적이 있다.

본 연구의 기업별 OR 분석은 929개의 미관측 8자리 CPC 후보 조합과 6개 대표기업의 8자리 CPC 포트폴리오를 연결하여 수행되었다. 따라서 전문가 검토에서는 기업별 상위 OR 결과가 단순히 통계적으로 높은 값인지, 아니면 해당 기업의 기존 기술활동과 연결 가능한 기술기회로 해석될 수 있는지를 중심으로 평가하였다.

[표 7-7] 기업별 OR 결과 해석에 대한 전문가 검토 결과

기업	주요 OR 결과	평균	표준편차	6점 이상 응답자 수	CVR	판정
OSSTEM IMPLANT	임플란트 기반 진단·수술계획 및 의료정보 연계 기회	6.42	0.51	12	1.000	타당
MEDIT	구강스캐너 기반 영상처리·의료정보 연계 기회	6.25	0.62	12	1.000	타당
3SHAPE	디지털 설계·보철·CAD/CAM 기반 확장 기회	6.17	0.58	11	0.833	타당
DIO	임플란트·수술가이드 기반 디지털 수술계획 기회	6.08	0.67	11	0.833	타당
ALIGN TECHNOLOGY	교정진단·치료계획 기반 디지털 확장 기회	6.00	0.74	11	0.833	타당
DENTSPLY SIRONA	폭넓은 치과기술 포트폴리오 기반 플랫폼 확장 기회	5.83	0.83	10	0.667	타당

[표 7-7]은 기업별 OR 결과 해석에 대한 전문가 내용타당도 검토 결과를 제시한 것이다. 전문가들은 제6장에서 도출된 기업별 주요 기술기회 해석이 각 기업의 기존 기술포트폴리오와 산업 내 기술활용 영역을 적절히 반영하는지를 평가하였다.

전문가 검토 결과, 6개 대표기업의 OR 결과 해석은 모두 CVR 기준값을 충족하여 내용타당성이 확보된 것으로 나타났다. 특히 OSSTEM IMPLANT는 평균 6.42, CVR 1.000으로 가장 높은 평가를 받았다. 이는 OSSTEM IMPLANT의 기존 임플란트 중심 기술포트폴리오가 진단·수술계획, 환자정보, 디지털 가이드, 치료결과 관리 등과 연결될 수 있다는 전문가 판단을 반영한다. 제6장에서 OSSTEM IMPLANT가 높은 상위 10개 평균 OR을 보인 결

과는 이러한 기술포트폴리오 특성과 정합적인 것으로 해석된다.

MEDIT 역시 평균 6.25, CVR 1.000으로 높게 평가되었다. MEDIT는 전체 특허 규모는 상대적으로 작지만, 구강스캐너, 영상처리, 3D 데이터 처리, 의료정보 연계와 관련된 최근 활동성이 높은 기업이다. 따라서 MEDIT의 OR 결과는 대규모 포트폴리오 기반의 범용 기술기회라기보다, 구강스캐너 기반 영상처리 및 디지털 진료·제작 프로세스와 연결되는 세부 기술기회로 해석하는 것이 적절하다.

3SHAPE는 평균 6.17, CVR 0.833으로 타당한 것으로 평가되었다. 전문가들은 3SHAPE가 디지털 인상, 보철설계, CAD/CAM, 치과 데이터 처리와 관련된 기술포트폴리오를 보유하고 있기 때문에, 영상처리와 의료정보, 데이터 처리 기반의 후보 조합에서 기술기회 활용 가능성이 있다고 판단하였다. 이는 제6장에서 3SHAPE가 높은 OR을 보인 결과와도 일관된다.

DIO는 평균 6.08, CVR 0.833으로 기준을 충족하였다. DIO의 결과는 임플란트, 수술가이드, 진단·수술계획, 영상 기반 치료계획과 관련된 세부 기술 활용 영역에서 해석할 수 있다. 즉, DIO의 기술기회는 전체 디지털 플랫폼형 기회보다는 임플란트 및 디지털 수술계획 중심의 선택적 기술기회로 보는 것이 적절하다.

ALIGN TECHNOLOGY는 평균 6.00, CVR 0.833으로 타당한 것으로 나타났다. ALIGN TECHNOLOGY는 교정진단, 치료계획, 환자 데이터, 영상기반 분석과 관련된 기술포트폴리오를 보유하고 있으므로, 치과기술과 영상처리, 의료정보 ICT, AI·계산모델이 결합되는 후보 조합에서 전략적 접근 가능성이 있는 것으로 해석된다.

DENTSPLY SIRONA는 평균 5.83, CVR 0.667로 기준값을 충족하였으나, 다른 기업에 비해 상대적으로 낮은 평가를 받았다. 이는 DENTSPLY SIRONA가 폭넓은 8자리 CPC 기술포트폴리오를 보유하고 있음에도 불구하

고, 제6장 분석에서 최근 활동성 요인이 상대적으로 낮게 반영된 결과와 관련된다. 따라서 DENTSPLY SIRONA의 OR 결과는 기술기반의 폭은 넓지만, 특정 미관측 8자리 CPC 후보 조합에 대한 최근 집중도와 접근성은 기업별로 차별적으로 해석할 필요가 있음을 보여준다.

종합하면, 전문가 검토 결과는 제6장의 기업별 OR 결과가 단순한 수치 산출에 그치지 않고, 각 기업의 기술포트폴리오 및 산업 내 기술활용 영역과 대체로 정합적인 해석을 제공한다는 점을 보여준다. 특히 OSSTEM IMPLANT, MEDIT, 3SHAPE, DIO는 각 기업의 기존 기술기반과 연결되는 세부 기술기회에서 높은 해석 타당성을 보였으며, ALIGN TECHNOLOGY와 DENTSPLY SIRONA 역시 기업별 포트폴리오 특성을 반영한 기술기회 해석이 가능함을 확인하였다.

다만 본 검토는 기업별 OR 결과의 산업적 해석 가능성을 평가한 것이며, 해당 후보 조합의 실제 제품화 가능성이나 시장성과를 직접 검증한 것은 아니다. 따라서 기업별 OR 결과는 확정적 사업기회라기보다, 각 기업이 우선적으로 검토할 수 있는 기술기회 후보를 선별하기 위한 전략적 탐색 결과로 해석하는 것이 적절하다.

7.3.4 전문가 의견과 반영 내용

전문가 개방형 의견은 정량평가 항목으로 포착하기 어려운 해석상의 보완점을 확인하기 위해 수집하였다. 주요 의견은 잠재 기술조합의 기술적 해석, OR 구성요소의 해석 범위, 기업별 기술기회 해석의 과잉 가능성, 특허분류 기반 분석의 한계와 보완 방향으로 구분할 수 있다.

개방형 의견은 본 연구의 분석결과를 수정하기 위한 사후적 근거가 아니라, 분석결과의 해석 범위를 명확히 하고 한계를 제시하기 위한 자료로 활용한다.

특히 전문가 의견 중 특허분류 기반 결과만으로 제품화 가능성이나 사업성과를 직접 판단하기 어렵다는 지적은 제8장의 연구 한계와 향후 연구 방향에서 반영한다.

[표 7-8] 전문가 개방형 의견 요약 및 반영 내용

구분	주요 의견	논문 반영 방향
잠재 기술조합 해석	A61C-G16H는 디지털 치과 치료흐름과 가장 직접적으로 연결된다.	치과 치료기술-의료정보 결합을 핵심 잠재 CPC 조합으로 강조
영상·의료정보 결합	G06T-G16H는 구강스캐너, CBCT, 진단영상 데이터와 의료정보 시스템의 연결을 설명하는 데 적절하다.	영상처리-의료정보 조합의 산업적 의미 보강
AI 조합	A61C-G06N은 치료계획 자동화, 교정 예측, 보철 설계 자동화와 연결될 수 있다.	A61C-G06N을 선도기업 중심의 고도화 기회로 해석
적층제조·AI	B33Y-G06N은 아직 초기 단계이나 맞춤형 보철 설계와 제조공정 최적화 측면에서 중요하다.	초기형 잠재 CPC 조합으로 분류
OR 해석	OR은 시장성 지표가 아니라 기업별 기술적·전략적 접근 가능성 지표로 해석해야 한다.	OR 정의를 명확화
CI 해석	선도기업 점유도가 낮다고 자동으로 도전기업 기회가 되는 것은 아니다.	OR과 CI를 분리한 기회공간 해석 유지
도전기업 전략	도전기업은 플랫폼 경쟁보다 스캐너, 보철 설계, 수술가이드 등 세부 치료흐름 중심 접근이 현실적이다.	틈새 집중형 기술융합 전략으로 정리
추가 고려요인	인허가, 임상 데이터, 제조 인프라, 해외 인증은 OR에 반영되지 않은 중요 요인이다.	연구 한계 및 향후 연구에 반영

[표 7-8]의 개방형 의견은 본 연구의 분석결과를 무조건 보강하기 위한 근거가 아니라, 특허분류 기반 분석의 해석 범위를 명확히 하기 위한 자료이다. 특히 전문가들은 잠재 CPC 조합이 기술적으로 설명 가능하더라도, 제품화 가능성이나 사업성과를 직접 의미하는 것은 아니라는 점을 지적하였다. 따라서 본 연구는 전문가 의견을 반영하여 OR 결과를 기업별 기술기회 활용 준비도의 상대적 판단자료로 한정하여 해석한다.

전문가 개방형 의견은 본 연구의 해석 방향을 보완하는 데 활용되었다. 특

히 전문가들은 OR이 시장성과 사업화 성공률을 직접 예측하는 지표가 아니라, 기업의 기존 기술포트폴리오와 잠재 기술조합 간 전략적 접근 가능성을 평가하는 탐색적 지표로 해석되어야 한다고 지적하였다. 이에 따라 본 연구는 OR의 의미를 기술기회 활용 준비도로 한정하고, 시장성과 수익성의 직접 예측으로 확대 해석하지 않았다.

또한 전문가들은 선도기업 점유도가 낮다고 해서 자동으로 도전기업의 기회가 되는 것은 아니며, 기업의 구성기술 보유도, 융합경험, 최근 활동성, 임상 데이터 확보, 인허가 대응 역량이 함께 고려되어야 한다고 지적하였다. 이에 따라 본 연구는 제6장에서 OR과 선도기업 점유도를 분리한 기회공간 분석을 제시하고, 제7장의 한계와 향후 연구에서 비특허 요인의 추가 반영 필요성을 명시하였다.

7.3.5 전문가 검토 결과 종합

전문가 내용타당도 검토 결과는 본 연구의 정량분석 결과가 치과 의료기기 산업의 기술적·전략적 맥락에서 일정 수준 해석 가능함을 보여준다. 그러나 본 연구는 전문가 검토 결과를 정량분석의 객관성을 대체하는 근거로 사용하지 않는다. 전문가 검토의 역할은 특허분류와 네트워크 기반 분석결과가 실제 산업 맥락에서 해석 가능한지를 확인하는 데 있다. 따라서 본 연구는 전문가 검토를 통해 Node2Vec 기반 잠재 CPC 조합과 OR 결과의 해석 가능성을 보완하되, 그 결과를 제품화 가능성이나 사업성과의 직접 증거로 확대하지 않는다.

따라서 본 연구는 전문가 검토 결과를 바탕으로 Node2Vec 기반 잠재 기술조합과 OR 기반 기업별 기술기회 해석의 타당성을 제한적으로 논의한다. 이 제한적 해석이 필요한 이유는 전문가 검토가 산업적 해석 가능성을 보완하는 절차이지, 잠재 CPC 조합의 시장성과나 기업별 실행 가능성을 확정하는 절

차는 아니기 때문이다. 본 연구에서 전문가 검토 결과는 정량분석 결과가 치과 의료기기 산업의 기술 맥락과 충돌하지 않는지를 확인하는 근거로 활용된다. 특히 잠재 기술조합은 제품화 가능성이 확정된 조합이 아니라, 기존 CPC 공동출현 네트워크에서 구조적 근접성이 높게 나타난 기술조합 후보이다. 또한 OR은 기업의 실제 사업화 성과를 예측하는 지표가 아니라, 기업별 기술기회 활용 준비도를 비교하기 위한 분석 지표이다. 본 연구는 이 두 한계를 명확히 구분한다. Node2Vec은 산업 수준의 후보를 제시하고, OR은 기업별 포트폴리오와의 연결성을 평가하지만, 제품화·시장성·규제 적합성·임상적 유효성은 별도의 후속 검토가 필요하다.

7.4 연구 문제별 종합 논의

본 절에서는 제4장부터 제7장까지의 분석 결과를 연구 문제별로 종합 논의한다. 본 연구의 연구 문제는 치과 의료기기 산업의 기술융합 구조, Node2Vec 기반 잠재 기술조합 도출, 기업별 OR 차이, 분석결과의 예측 타당성과 해석 타당성 검토로 구성된다. 본 절의 목적은 각 장의 결과를 다시 요약하는 데 있지 않다. 오히려 각 분석결과가 본 연구의 핵심 주장, 즉 산업 수준의 잠재 CPC 조합을 기업별 기술기회 활용 준비도 평가로 연결할 수 있는지를 논증하는 데 있다. 따라서 본 절에서는 각 연구 문제에 대응하는 분석 결과와 해석상의 의미를 정리한다.

7.4.1 RQ1: 치과 의료기기 산업의 기술융합 구조 논의

RQ1은 치과 의료기기 산업의 특허 네트워크에서 기술융합 구조와 핵심 기술결합 방향이 어떠한 양상으로 나타나는가에 관한 것이다. 제4장의 4자리 CPC 공동출현 네트워크 분석 결과는 치과 의료기기 산업이 A61C 중심의 전

통적 치과기술을 기반으로 하면서도 A61B, G06T, G16H, G06F, G06N 등 진단·영상·의료정보·데이터·인공지능 관련 기술과 결합하고 있음을 보여준다. 본 연구는 이를 치과 의료기기 산업의 디지털 전환이 기존 치과기술을 대체하는 방식이 아니라, 기존 기술을 디지털 기반 기술과 재조합하는 방식으로 진행되고 있다는 근거로 해석한다.

가중연결중심성 기반 핵심 기술분야 분석은 산업 내에서 다양한 기술영역과 반복적으로 결합되는 중심 기술영역을 확인하게 해준다. 또한 주요 관측 기술조합 분석은 동일 특허 안에서 반복적으로 함께 등장한 기술결합 방향을 보여준다. 이 결과는 치과 의료기기 산업의 기술기회가 단일 기술영역의 발전이 아니라, 기존 치과기술과 디지털·정보·제조 기술 간 결합을 통해 형성되고 있음을 시사한다.

7.4.2 RQ2: 잠재 기술조합 도출 결과 논의

RQ2는 Node2Vec 기반 특허 네트워크 분석이 기존 특허 데이터에서 아직 관측되지 않은 잠재 CPC 조합을 식별할 수 있는가에 관한 것이다. 본 연구의 결과는 Node2Vec이 미관측 8자리 CPC 조합 중 구조적 근접성이 높은 후보를 선별하는 데 활용될 수 있음을 보여준다. 다만 본 연구는 Node2Vec 결과를 미래 출현 확률이나 사업화 가능성으로 해석하지 않는다. Node2Vec 구조적 근접성은 기존 CPC 공동출현 네트워크 안에서 두 기술영역이 유사한 구조적 맥락을 공유하는지를 나타내는 탐색 지표이다. 따라서 RQ2에 대한 답은 미래 조합을 예측한다가 아니라 구조적으로 검토할 가치가 있는 미관측 CPC 조합을 식별할 수 있다로 정리하는 것이 타당하다.

이 결과는 Node2Vec 기반 구조적 근접성이 기존 공동출현 빈도만으로는 확인하기 어려운 미관측 기술조합의 구조적 관련성을 탐색하는 데 활용될 수 있음을 보여준다. 다만 구조적 근접성은 미래 출현 확률이 아니라 기존 네트

워크 구조 안에서의 구조적 근접성을 의미한다. 따라서 RQ2에 대한 본 연구의 결론은 Node2Vec이 잠재 기술조합의 확정적 예측도구라기보다, 산업 수준에서 결합 가능성이 높은 기술조합 후보를 탐색하는 데 유용한 보완적 방법이라는 데 있다.

7.4.3 RQ3: 기업별 기술기회 활용 준비도 차이 논의

RQ3은 산업 수준에서 식별된 잠재 CPC 조합이 기업별 기술포트폴리오와 연결될 때 어떠한 OR 차이로 나타나는가에 관한 것이다. 제6장의 결과는 동일한 잠재 CPC 조합이라도 기업별 8자리 CPC 포트폴리오, 구성기술 보유, 인접 조합 경험, 최근 활동성, 경쟁 접근성에 따라 서로 다른 활용 준비도로 나타날 수 있음을 보여준다. 본 연구는 이 결과를 기업별 기술기회 평가의 핵심 근거로 본다. 산업 수준에서 유망하거나 구조적으로 가까운 조합이라도 모든 기업에게 동일한 전략적 기회가 되는 것은 아니며, 기업의 기존 기술기반과 연결될 때 비로소 기업별 기술기회로 해석될 수 있다.

분석 결과는 동일한 잠재 기술조합이라도 기업별 포트폴리오 유사도, 구성기술 보유도, 인접 기술조합 경험, 최근 활동성, 경쟁 접근성에 따라 활용 준비도가 다르게 나타날 수 있음을 보여준다. 이는 산업 수준에서 유망한 잠재 기술조합이 모든 기업에게 동일한 기술기회가 아니며, 기업별 기술포트폴리오와 연결될 때 서로 다른 전략적 의미를 갖는다는 점을 시사한다.

7.4.4 RQ4: 분석결과의 타당성 논의

RQ4는 시간기반 검증과 전문가 내용타당도 검토가 Node2Vec 기반 잠재 기술조합 도출 결과와 OR 기반 기업별 기술기회 해석의 예측 타당성 및 해석 타당성을 어떻게 뒷받침하는가에 관한 것이다. 본 연구의 시간기반 검토는

Node2Vec 구조적 근접성이 이후 신규 관측 조합과 일정 부분 연결될 수 있음을 보완적으로 확인하였다. 전문가 내용타당도 검토는 잠재 CPC 조합과 OR 결과가 치과 의료기기 산업의 기술적·전략적 맥락에서 일정 수준 해석 가능함을 보여주었다. 그러나 본 연구는 이 검토 결과를 완전한 예측력이나 사업화 타당성의 증거로 확대하지 않는다. RQ4에 대한 결론은 정량분석 결과의 해석 가능성을 보완적으로 확인했다는 데 있으며, 결과의 적용 범위는 특허분류 기반 기술기회 탐색으로 한정된다.

전문가 내용타당도 검토는 잠재 기술조합과 OR 기반 기업별 해석이 치과 의료기기 산업의 기술·제품·전략 맥락에서 해석 가능한지를 확인하였다. 다만 두 검토 절차는 분석결과를 절대적으로 검증하는 절차가 아니라, 정량분석 결과의 예측적 의미와 해석 가능성을 보완적으로 확인하는 절차이다. 따라서 RQ4에 대한 결론은 본 연구의 분석결과가 시간기반 검토와 전문가 검토를 통해 일정 수준의 타당성 근거를 확보하였으나, 여전히 특허 데이터와 CPC 기반 분석의 한계 안에서 해석되어야 한다는 것이다.

7.5 소결

본 장에서는 Node2Vec 기반 잠재 기술조합 도출 결과와 OR 기반 기업별 기술기회 해석의 타당성을 시간기반 예측 타당성 검토와 전문가 내용타당도 검토를 통해 논의하였다. 본 연구는 이 검토 결과를 정량분석의 결론을 확정하는 근거로 사용하지 않는다. 시간기반 검토는 과거 특허 네트워크에서 도출된 잠재 CPC 조합이 이후 기간의 신규 관측 조합과 어느 정도 연결되는지를 확인함으로써, Node2Vec 구조적 근접성의 예측적 의미를 제한적으로 검토한 것이다. 따라서 시간기반 검토는 미래 출현을 보장하는 검증이 아니라, 구조적 근접성이 후속 기술결합과 연결될 수 있음을 보여주는 보완적 근거로 해석해야 한다.

전문가 내용타당도 검토는 잠재 기술조합의 기술적 해석 가능성, OR 구성 요소의 적절성, 기업별 OR 결과 해석의 산업적·전략적 타당성을 검토하였다. 전문가 검토 결과는 본 연구의 정량분석 결과가 치과 의료기기 산업 맥락에서 일정 수준 해석 가능함을 보여준다. 그러나 이 결과는 특허분류 기반 분석을 제품화 가능성이나 사업성과로 직접 해석해서는 안 된다는 점도 함께 확인하게 한다. 따라서 본 연구는 전문가 검토 결과를 정량분석 결과의 타당성을 보완하는 근거로 사용하되, OR 결과를 실제 시장성과나 사업화 성공 가능성으로 확대 해석하지 않는다.

연구 문제별 종합 논의 결과, 본 연구는 치과 의료기기 산업의 기술융합 구조를 파악하고, Node2Vec 기반 잠재 CPC 조합을 도출하며, 이를 기업별 8자리 CPC 기술포트폴리오와 연결하여 OR 차이를 분석하는 절차가 논리적으로 연결될 수 있음을 확인하였다. 본 연구의 핵심 주장은 바로 이 연결성에 있다. 산업 수준의 잠재 CPC 조합은 그 자체로 완성된 기술기회가 아니라, 기업별 기술포트폴리오와 연결될 때 서로 다른 활용 준비도로 나타난다. 따라서 본 연구의 프레임워크는 잠재 기술조합 탐색과 기업별 기술기회 평가를 분리하지 않고, 하나의 분석 흐름으로 연결한다는 점에서 의미가 있다.

Ⅷ. 결론

8.1 연구의 요약

본 연구는 치과 의료기기 산업에서 산업 수준의 잠재 기술조합을 도출하는 것만으로는 기업 전략적 의미를 충분히 설명하기 어렵다는 문제의식에서 출발하였다. 기존 특허 네트워크 분석은 산업 수준의 기술융합 구조와 잠재 기술조합을 파악하는 데 유용하지만, 해당 조합이 특정 기업에게 실제로 활용 가능한 기술기회인지까지 설명하는 데에는 한계가 있다. 이에 본 연구는 치과 의료기기 산업의 특허 네트워크를 활용하여 산업 수준의 잠재 CPC 조합을 도출하고, 이를 기업별 8자리 CPC 기술포트폴리오와 연결하여 기술기회 활용 준비도(Opportunity Readiness, OR)를 평가하는 분석 프레임워크를 제시하였다. 기존의 특허 기반 기술기회 탐색 연구가 주로 산업 또는 기술분야 수준에서 유망 기술영역이나 잠재 기술조합을 식별하는 데 초점을 두었다면, 본 연구는 산업 수준에서 도출된 잠재 기술조합이 개별 기업의 기존 기술포트폴리오와 연결될 때 실제 활용 가능한 기술기회로 해석될 수 있는지를 분석하는 데 초점을 두었다.

이를 위해 본 연구는 2010년부터 2024년까지 미국, 유럽, 한국에 출원된 치과 의료기기 관련 특허를 대상으로 실증분석을 수행하였다. 수집된 특허 데이터는 중복 특허 제거, CPC 코드 정리, 동일 특허 내 CPC 중복 제거, 출원인명 정제, 출원연도 정리, 범위 외 특허 제외 등의 절차를 거쳐 분석 가능한 데이터셋으로 정제하였다. 특히 본 연구는 CPC 분석단위를 4자리 CPC와 8자리 CPC로 구분하였다. 4자리 CPC는 산업 수준의 기술융합 구조를 파악하

기 위한 분석단위로 활용하였고, 8자리 CPC는 세부 잠재 기술조합 및 기업별 기술포트폴리오를 분석하기 위한 단위로 활용하였다.

첫째, 산업 수준의 기술융합 구조를 분석하기 위해 4자리 CPC 공동출현 네트워크를 구축하였다. 동일 특허 내 함께 등장한 4자리 CPC 코드를 공동출현 관계로 정의하고, 공동출현 빈도를 엣지 가중치로 설정하였다. 이를 바탕으로 가중연결중심성을 산출하여 산업 내 핵심 CPC 기술분야를 파악하였고, Louvain 군집분석을 통해 치과 의료기기 산업의 기술군집 구조를 도출하였다. 이 과정에서 치과 의료기기 산업은 전통적인 치과기술을 중심으로 진단·수술기술, 영상처리, 의료정보, 인공지능, 데이터처리, 적층제조 등 다양한 기술영역과 결합하는 구조를 보이는 것으로 확인되었다.

둘째, 4자리 CPC 기반 산업 수준 분석 결과를 바탕으로 미관측 8자리 CPC 후보군을 구성하였다. 본 연구는 산업 수준에서 의미 있는 4자리 CPC 기술조합 범위를 설정한 후, 해당 4자리 CPC 조합의 8자리 CPC 코드를 확장하였다. 이후 가능한 8자리 CPC 조합을 생성하고, 기존 특허에서 이미 관측된 8자리 CPC 조합을 제외함으로써 미관측 8자리 CPC 후보군을 구성하였다. 이러한 절차를 통해 단순히 전체 8자리 CPC 조합을 무차별적으로 탐색하는 것이 아니라, 산업 수준의 기술융합 구조 안에서 의미 있는 세부 후보조합을 도출하고자 하였다.

셋째, 미관측 8자리 CPC 후보군에 대해 Node2Vec 기반 구조적 근접성 분석을 수행하였다. 8자리 CPC 공동출현 네트워크를 구축한 후 Node2Vec을 활용하여 각 8자리 CPC 코드의 임베딩 벡터를 생성하고, 후보 조합을 구성하는 두 8자리 CPC 코드 간 코사인 유사도를 계산하였다. 이 구조적 근접성은 미래 출현 확률을 직접 의미하는 값이 아니라, 기존 특허분류 네트워크 구조 안에서 두 8자리 CPC 코드가 얼마나 가까운 위치에 있는지를 나타내는 구조적 근접성 지표로 해석하였다. 이를 통해 최종적으로 929개의 잠재 기술조합 후보군을 도출하였다.

넷째, 산업 수준에서 도출된 929개의 잠재 기술조합 후보군을 기업별 기술 포트폴리오와 연결하였다. 기업 수준 분석에서는 ALIGN TECHNOLOGY, DENTSPLY SIRONA, OSSTEM IMPLANT, 3SHAPE, MEDIT, DIO의 6개 기업을 분석대상으로 설정하고, 각 기업의 특허에서 관측된 8자리 CPC 기술포트폴리오와 관측 8자리 CPC 조합 경험을 구성하였다. 이후 929개의 잠재 기술조합 후보군을 6개 기업의 8자리 CPC 기술포트폴리오와 연결하여 총 5,574개의 기업–후보 조합 단위에서 OR을 산출하였다.

다섯째, OR은 잠재 기술조합에 대한 기업별 활용 준비도를 평가하기 위한 다차원 지표로 구성하였다. 본 연구에서는 OR을 포트폴리오 유사도(PS), 구성기술 보유도(CC), 인접 기술조합 경험(ACE), 최근 활동성(RA), 경쟁 접근성(CI)의 다섯 구성요소로 조작화하였다. 또한 전문가 AHP 기반 가중치를 적용하여 기업별 상위 10개 평균 OR과 기업별 상위 3개 잠재 기술조합을 도출하였다. 이를 통해 동일한 산업 수준의 잠재 기술조합이라도 기업의 기존 기술기반, 조합 경험, 최근 활동성, 경쟁구조에 따라 서로 다른 활용 준비도로 나타날 수 있음을 확인하였다.

여섯째, 분석결과의 타당성을 보완적으로 검토하기 위해 시간기반 예측 타당성 검토와 전문가 내용타당도 검토를 수행하였다. 시간기반 검토에서는 학습기간 기준 미관측이었던 기술조합 중 일부가 이후 검토기간에 신규 관측 조합으로 등장하는지를 확인함으로써 Node2Vec 기반 잠재 기술조합 도출 결과의 예측적 의미를 검토하였다. 전문가 내용타당도 검토에서는 잠재 기술조합의 기술적 의미, OR 구성요소의 적절성, OR 기반 전략 해석, 기업별 OR 결과 해석의 산업적·전략적 타당성을 검토하였다. 이를 통해 본 연구의 정량 분석 결과가 치과 의료기기 산업 맥락에서 일정 수준 해석 가능함을 확인하는 한편, 특허분류 기반 분석결과를 실제 제품화 가능성이나 사업성과로 직접 해석해서는 안 된다는 한계도 함께 확인하였다.

종합하면, 본 연구는 치과 의료기기 산업의 특허 데이터를 기반으로 4자리 CPC 수준의 산업 기술융합 구조를 분석하고, 8자리 CPC 수준의 미관측 잠

재 기술조합을 도출한 후, 이를 기업별 8자리 CPC 기술포트폴리오와 연결하여 기업별 기술기회 활용 준비도를 평가하였다. 이러한 분석절차는 산업 수준의 유망 기술조합 탐색과 기업 수준의 전략적 활용 가능성 평가를 연결한다는 점에서 의미가 있다. 즉, 본 연구는 기술기회 탐색을 단순한 유망 기술조합 도출에 머무르게 하지 않고, 특정 기업이 해당 잠재 기술조합을 어느 정도 활용할 준비가 되어 있는지를 평가하는 방향으로 확장하였다

8.2 연구 문제별 결론

본 절에서는 연구질문별로 본 연구의 주요 결론을 제시한다. 여기서 결론은 각 장의 분석결과를 단순히 반복하는 것이 아니다. 본 연구의 결론은 산업 수준의 기술융합 구조, Node2Vec 기반 잠재 CPC 조합, 기업별 OR 차이, 타당성 검토 결과가 하나의 분석 프레임워크 안에서 어떻게 연결되는지를 정리하는 데 있다. 첫째, 치과 의료기기 산업의 특허 네트워크에서 기술융합 구조와 핵심 기술결합 방향이 어떠한 양상으로 나타나는지를 분석하였다. 둘째, Node2Vec 기반 특허 네트워크 분석을 통해 기존 특허 데이터에서 아직 관측되지 않은 잠재 기술조합을 식별하고, 이들 조합의 기술적 특성을 분석하였다. 셋째, 산업 수준에서 식별된 잠재 기술조합이 기업별 기술포트폴리오와 연결될 때 어떠한 OR 차이로 나타나는지를 분석하였다. 넷째, 시간기반 예측 타당성 검토와 전문가 내용타당도 검토를 통해 Node2Vec 기반 잠재 기술조합 도출 결과와 OR 기반 기업별 해석의 타당성을 보완적으로 검토하였다.

8.2.1 RQ1: 치과 의료기기 산업의 기술융합 구조

RQ1은 치과 의료기기 산업의 특허 네트워크에서 기술융합 구조와 핵심 기술결합 방향이 어떠한 양상으로 나타나는가에 관한 것이다. 분석 결과, 치과

의료기기 산업은 A61C를 중심으로 A61B, G06T, G16H, G06F, G06N 등과 결합하는 구조를 보였다. 본 연구는 이 결과를 치과 의료기기 산업의 디지털 전환이 전통적 치과기술의 약화가 아니라, 치과기술을 중심으로 진단·영상·의료정보·데이터·인공지능 기술이 결합되는 재조합 과정으로 진행되고 있다는 근거로 해석한다. 따라서 RQ1에 대한 결론은 치과 의료기기 산업의 기술융합이 치과기술 중심 구조를 유지하면서 디지털 기술영역으로 확장되고 있다는 것이다.

가중연결중심성 기반 분석은 산업 내에서 다양한 기술영역과 반복적으로 결합되는 핵심 기술분야를 보여주었고, 주요 관측 기술조합 분석은 동일 특허 안에서 반복적으로 함께 등장한 기술결합 방향을 보여주었다. 또한 Louvain 군집분석은 치과 의료기기 산업의 기술융합 구조가 몇 개의 기술군집을 중심으로 형성되어 있음을 보여주었다.

따라서 RQ1에 대한 결론은 치과 의료기기 산업의 기술융합 구조가 단일 기술영역 중심으로 형성되는 것이 아니라, 치과기술과 디지털·정보·제조 기반 기술 간 결합을 통해 다층적으로 형성되고 있다는 것이다. 이는 치과 의료기기 산업의 기술기회가 기존 제품군 내부의 단순 개선보다 기술영역 간 결합과 재조합을 통해 형성될 가능성이 높음을 시사한다.

8.2.2 RQ2: 잠재 기술조합 도출

RQ2는 Node2Vec 기반 특허 네트워크 분석이 기존 특허 데이터에서 아직 관측되지 않은 잠재 CPC 조합을 식별할 수 있는가에 관한 것이다. 분석 결과, Node2Vec 기반 구조적 근접성은 미관측 8자리 CPC 조합 중 구조적으로 근접한 잠재 CPC 조합을 탐색하는 데 활용될 수 있었다. 그러나 본 연구는 이를 미래 기술조합의 확정적 예측으로 해석하지 않는다. RQ2에 대한 본 연구의 결론은 Node2Vec이 미래 출현 조합을 맞히는 도구라는 것이 아니라,

기존 CPC 공동출현 네트워크 안에서 후속 검토 가치가 있는 미관측 CPC 조합을 선별하는 탐색 도구로 활용될 수 있다는 것이다.

분석 결과, Node2Vec 기반 구조적 근접성은 기존 공동출현 빈도만으로는 확인하기 어려운 미관측 기술조합의 구조적 관련성을 탐색하는 데 활용될 수 있음을 보여주었다. 특히 잠재 기술조합은 치과기술, 진단·수술기술, 영상처리, 의료정보, 인공지능, 데이터처리, 적층제조 등 치과 의료기기 산업의 주요 기술전환 방향과 연결되는 조합을 포함하였다.

다만 Node2Vec 기반 구조적 근접성은 잠재 기술조합의 미래 출현 확률을 의미하는 값이 아니다. 이는 기존 특허 네트워크 구조 안에서 두 기술분류가 유사한 구조적 맥락을 공유하는 정도를 나타내는 탐색적 지표이다. 따라서 RQ2에 대한 결론은 Node2Vec이 잠재 기술조합을 확정적으로 예측하는 도구라기보다, 산업 수준에서 결합 가능성이 높은 후보 기술조합을 도출하기 위한 보완적 탐색도구로 활용될 수 있다는 것이다.

8.2.3 RQ3: 기업별 기술기회 활용 준비도

RQ3은 산업 수준에서 식별된 잠재 CPC 조합이 기업별 기술포트폴리오와 연결될 때 어떠한 OR 차이로 나타나는가에 관한 것이다. 분석 결과, 동일한 잠재 CPC 조합이라도 기업별 8자리 CPC 포트폴리오, 구성기술 보유, 인접 조합 경험, 최근 활동성, 경쟁구조에 따라 서로 다른 OR 값으로 나타났다. 본 연구는 이 결과를 기업별 기술기회 평가의 핵심 근거로 본다. 산업 수준에서 구조적으로 근접한 조합이라도 모든 기업에게 동일한 전략적 의미를 갖지는 않으며, 기업의 기존 기술기반과 연결될 때 비로소 기업별 활용 준비도로 해석될 수 있다. 따라서 RQ3에 대한 결론은 산업 수준의 잠재 CPC 조합을 기업별 기술포트폴리오와 연결해야 기업별 기술기회의 차이를 설명할 수 있다는 것이다.

분석 결과, 동일한 잠재 기술조합이라도 기업별 포트폴리오 유사도, 구성기술 보유도, 인접 기술조합 경험, 최근 활동성, 경쟁 접근성에 따라 서로 다른 OR 값을 가질 수 있음을 확인하였다. 이는 산업 수준에서 유망하게 보이는 잠재 기술조합이 모든 기업에게 동일한 기술기회로 작용하지 않음을 의미한다. 즉, 잠재 기술조합은 기업의 기존 기술포트폴리오와 연결될 때 비로소 기업별 전략적 기술기회로 해석될 수 있다.

상위 10개 평균 OR은 분석대상 기업별 상위 기술기회 후보군에 대한 전반적 활용 준비도 차이를 보여주었고, 기업별 상위 3개 잠재 기술조합은 각 기업의 기술포트폴리오와 가장 강하게 연결되는 핵심 기술기회를 보여주었다. 따라서 RQ3에 대한 결론은 기업별 기술기회 활용 준비도는 단순한 특허 수나 기업 규모만으로 설명되지 않으며, 기업별 8자리 CPC 포트폴리오의 구조와 잠재 기술조합 간 정합성에 의해 달라진다는 것이다.

8.2.4 RQ4: 예측 타당성 및 해석 타당성

RQ4는 시간기반 검증과 전문가 내용타당도 검토가 Node2Vec 기반 잠재 기술조합 도출 결과와 OR 기반 기업별 기술기회 해석의 예측 타당성 및 해석 타당성을 어떻게 뒷받침하는가에 관한 것이다. 시간기반 검토는 Node2Vec 구조적 근접성이 이후 신규 관측 조합과 일정 부분 연결될 수 있음을 보완적으로 확인하였다. 전문가 내용타당도 검토는 잠재 CPC 조합과 OR 해석이 치과 의료기기 산업의 기술적·전략적 맥락에서 일정 수준 해석 가능함을 보여주었다. 다만 본 연구는 이 결과를 완전한 예측력이나 사업화 타당성의 증거로 보지 않는다. RQ4에 대한 결론은 정량분석 결과의 해석 가능성이 시간기반 검토와 전문가 검토를 통해 제한적으로 보완되었다는 것이다.

전문가 내용타당도 검토는 잠재 기술조합의 기술적 의미, OR 구성요소의

적절성, 기업별 OR 결과 해석의 산업적·전략적 타당성을 검토하기 위해 수행되었다. 전문가 검토 결과는 정량분석 결과를 확정적으로 검증하는 근거가 아니라, 특허분류 기반 분석결과의 해석 가능성과 보완 필요성을 확인하는 자료로 활용되었다.

따라서 RQ4에 대한 결론은 본 연구의 분석결과가 시간기반 예측 타당성 검토와 전문가 내용타당도 검토를 통해 일정 수준의 타당성 근거를 확보하였으나, 여전히 특허 데이터와 CPC 기반 분석의 한계 안에서 해석되어야 한다는 것이다. 특히 잠재 기술조합은 제품화 가능성이 확정된 조합이 아니며, OR은 기업의 실제 사업성과를 예측하는 지표가 아니라 기업별 기술기회 활용 준비도를 비교하기 위한 분석 지표로 이해해야 한다.

8.3 연구의 주요 기여

본 연구의 기여는 Node2Vec 자체를 새롭게 개발하거나 특허 네트워크 분석 방법을 새로 제안한 데 있지 않다. 본 연구의 실제 기여는 기존에 개별적으로 활용되어 온 특허 네트워크 분석, Node2Vec 기반 구조적 근접성 분석, 기업 기술포트폴리오 평가를 하나의 절차로 연결하여, 산업 수준에서 도출된 잠재 기술조합이 기업별로 얼마나 활용 가능한지를 평가했다는 데 있다. 따라서 본 연구의 기여는 추상적인 방법론 제안이 아니라, 치과 의료기기 산업의 실제 특허 데이터를 대상으로 잠재 기술조합 도출, 기업별 OR 산출, 시간기반 검증, 전문가 검토까지 연결한 실증적 분석 프레임워크를 제시한 점에서 찾을 수 있다.

8.3.1 학술적 기여

첫째, 본 연구는 기술기회 탐색 연구의 분석 초점을 산업 수준의 유망 기술

조합 도출에서 기업별 기술기회 활용 준비도 평가로 확장하였다. 기존 특허 기반 기술기회 탐색 연구는 주로 산업 또는 기술분야 수준에서 유망기술, 기술공백, 잠재 기술조합을 식별하는 데 초점을 두어 왔다. 그러나 산업 수준에서 유망한 기술조합이 모든 기업에게 동일한 전략적 기회가 되는 것은 아니다. 본 연구는 이 점을 분명히 문제로 설정하고, 잠재 8자리 CPC 조합을 기업별 8자리 CPC 포트폴리오와 연결하여 기업별 Opportunity Readiness를 산출하였다. 이로써 기술기회를 “산업에 존재하는 가능성”이 아니라 “기업이 실제로 접근하고 활용할 수 있는 준비도”의 관점에서 재해석하였다.

둘째, 본 연구는 4자리 CPC와 8자리 CPC의 분석 역할을 구분함으로써 특허 기반 기술기회 탐색의 분석 단위를 보다 명확히 체계화하였다. 4자리 CPC는 치과 의료기기 산업의 기술융합 구조와 주요 관측 기술조합을 파악하기 위한 산업 수준 분석 단위로 활용하였고, 8자리 CPC는 기업별 기술포트폴리오와 잠재 기술조합을 연결하기 위한 세부 분석 단위로 활용하였다. 이러한 구분은 전체 8자리 CPC 조합을 무차별적으로 생성할 때 발생할 수 있는 해석 불가능성과 후보군 과잉 문제를 줄이고, 산업적으로 의미 있는 범위 안에서 기업 수준의 세부 기술기회를 평가할 수 있게 한다는 점에서 의미가 있다.

셋째, 본 연구는 관측된 기술조합의 설명에 머무르지 않고, 아직 동일 특허에서 함께 등장하지 않은 미관측 8자리 CPC 조합을 잠재 기술조합 후보로 설정하였다. 기존 공동분류 네트워크 분석은 이미 관측된 기술 간 관계를 설명하는 데 강점을 갖지만, 앞으로 결합될 가능성이 있는 기술조합을 탐색하는 데에는 한계가 있다. 본 연구는 4자리 CPC 수준에서 주요 기술조합 범위를 먼저 설정한 뒤, 그 8자리 CPC 조합 중 기존 특허에서 아직 함께 관측되지 않은 후보군을 구성하고, Node2Vec 기반 구조적 근접성을 이용하여 잠재 기술조합을 선별하였다. 이 점에서 본 연구는 특허 네트워크 분석을 현재 기술융합 구조의 설명에서 잠재 기술조합 탐색으로 확장하였다.

넷째, 본 연구는 기업별 기술기회 활용 준비도를 PS, CC, ACE, RA, CI의

다섯 구성요소로 조작화하였다. PS는 기업의 기존 8자리 CPC 포트폴리오와 잠재 CPC 조합 간 구조적 유사성을, CC는 잠재 CPC 조합을 구성하는 기술요소의 보유 정도를, ACE는 인접 기술조합 경험을, RA는 최근 활동성을, CI는 선도기업 집중도를 고려한 경쟁 접근성을 반영한다. 이 다섯 지표는 기술기회를 단순한 유망성의 문제가 아니라 기업의 기존 역량, 조합 경험, 현재 활동성, 경쟁환경이 결합된 활용 준비도의 문제로 평가한다는 점에서 본 연구의 핵심 학술적 기여에 해당한다.

다섯째, 본 연구는 잠재 기술조합 도출 결과와 기업별 OR 해석에 대해 시간기반 검증과 전문가 내용타당도 검토를 병행하였다. Node2Vec 기반 구조적 근접성은 미래 기술출현을 확정적으로 예측하는 값이 아니라 구조적 근접성을 나타내는 탐색적 지표이다. 본 연구는 이 한계를 인정하고, 2010–2019년 학습기간과 2020–2024년 검증기간을 구분하여 과거에는 미관측이었던 조합이 이후 기간에 실제 신규 공동출현으로 나타나는지를 검토하였다. 또한 전문가 내용타당도 검토를 통해 잠재 기술조합의 기술적 의미와 기업별 OR 해석의 산업적 타당성을 보완하였다. 이는 정량분석 결과를 단순히 제시하는 데 그치지 않고, 결과의 예측적 의미와 해석 가능성을 함께 점검했다는 점에서 학술적 완성도를 높인다.

8.3.2 실무적 기여

첫째, 본 연구는 치과 의료기기 기업이 R&D 우선순위를 설정할 때 활용할 수 있는 정량적 기준을 제시하였다. 기업은 제한된 연구개발 자원을 모든 기술영역에 동시에 투입할 수 없기 때문에, 자사의 기존 기술포트폴리오와 가까우면서도 향후 결합 가능성이 높은 기술조합을 선별할 필요가 있다. 본 연구의 OR 결과는 기업별로 어떤 잠재 8자리 CPC 조합이 기존 포트폴리오와 가깝고, 어떤 조합이 구성기술 보유도나 최근 활동성 측면에서 접근 가능한지를 보여준다. 따라서 기업은 OR 상위 조합을 R&D 기획, 신규 제품개발, 특허

포트폴리오 확장 후보로 활용할 수 있다.

둘째, 본 연구는 동일한 잠재 기술조합이라도 기업에 따라 전략적 의미가 달라질 수 있음을 보여준다. 산업 수준에서 유망한 잠재 CPC 조합이 도출되더라도, 해당 조합이 ALIGN, DENTSPLY SIRONA, OSSTEM IMPLANT, 3SHAPE, MEDIT, DIO에게 동일한 기회가 되는 것은 아니다. 기업별 8자리 CPC 포트폴리오, 기존 관측 조합 경험, 최근 출원 활동, 경쟁 접근성에 따라 OR 값은 다르게 나타난다. 이는 기업이 유망기술 목록을 단순히 따라가기보다, 자사의 기술기반과 조합 경험을 기준으로 접근 가능한 기회를 선별해야 함을 시사한다.

셋째, 본 연구는 특허 포트폴리오 관리와 기술협력 후보 탐색에 활용될 수 있다. OR 구성요소 중 CC와 ACE는 기업이 이미 보유한 기술요소와 조합 경험을 확인하게 해주며, PS는 잠재 CPC 조합이 기업의 기존 기술포트폴리오와 얼마나 가까운지 보여준다. 반대로 OR은 높지만 CC가 낮은 조합은 내부 역량만으로 추진하기보다 외부 기술협력이나 공동개발이 필요한 후보로 해석할 수 있다. 따라서 본 연구의 결과는 기업이 내부 개발, 기술도입, 공동연구, 특허 매입, 산학연병 협력 등 다양한 실행전략을 선택하는 데 참고자료가 될 수 있다.

넷째, 본 연구는 잠재 기술조합을 내부 기술조합형과 외부 디지털 기술융합형으로 구분하여 기업의 실행전략을 차별화할 수 있음을 제시한다. 잠재 8자리 CPC 조합을 구성하는 두 기술요소가 모두 치과·의료기기 내부 기술영역에 속하는 경우에는 기존 제품군, 임상 경험, 제조역량을 활용한 내부 R&D 고도화 전략이 적합할 수 있다. 반면 치과·의료기기 기술과 인공지능, 데이터처리, 영상처리, 소프트웨어 등 외부 디지털 기술이 결합된 조합은 기업 내부 역량만으로 추진하기 어렵기 때문에 외부 전문기업, 병원, 대학, 연구기관과의 공동개발 또는 오픈이노베이션 전략이 필요하다. 이 점에서 OR은 단순한 점수표가 아니라, 기업이 기술기회를 어떤 방식으로 실행할 것인지를 판단하는 전략적 해석 도구로 활용될 수 있다.

다섯째, 본 연구는 중소·도전기업의 기술기획 과정에 실질적 도움을 줄 수 있다. 대기업이나 글로벌 선도기업은 다양한 기술영역에 동시에 투자할 수 있지만, 중소·도전기업은 제한된 인력, 자금, 특허 포트폴리오 안에서 선택과 집중을 해야 한다. 본 연구의 OR 프레임워크는 기업이 막연히 유망해 보이는 기술을 선택하는 것이 아니라, 자사가 이미 보유한 기술과 가까운지, 일부 구성기술을 보유하고 있는지, 최근 활동성과 경쟁 접근성이 있는지를 기준으로 기술기회를 선별하도록 돕는다. 이는 정부 연구개발 과제 기획, 기업의 신규 제품개발 방향 설정, 연구개발 협력 후보 탐색, 중소기업 적합기술 검토, 특허 전략 수립 과정에서 실무적 의사결정 자료로 활용될 수 있다(Park et al., 2015; Lee et al., 2016; Lee et al., 2017).

8.4 연구의 한계와 향후 연구

본 연구는 특허 CPC 데이터를 기반으로 기술기회 탐색과 기업별 OR 평가를 수행하였다는 점에서 명확한 범위를 갖는다. 따라서 연구 결과는 특허 데이터에 기록된 기술분류와 공동출현 관계를 중심으로 해석되어야 하며, 실제 제품화 가능성, 임상적 채택 가능성, 시장성, 규제 대응 가능성을 직접 측정한 것은 아니다. 향후 연구에서는 기업 내부 R&D 자료, 제품 출시 정보, 임상 적용 사례, 시장자료를 함께 결합하여 OR 평가의 설명력을 높일 필요가 있다.

둘째, Node2Vec 기반 구조적 근접성은 CPC 간 구조적 근접성을 측정하는 지표이지, 특정 기술조합의 미래 실현을 확정하는 예측값은 아니다. 본 연구는 시간기반 검증과 전문가 검토를 통해 이 한계를 보완하였지만, 구조적으로 가까운 조합이 항상 기술적으로 구현 가능하거나 시장에서 성공한다는 의미는 아니다. 향후 연구에서는 기술적 구현 가능성, 규제 난이도, 데이터 확보 가능성, 제품화 비용 등을 함께 고려한 확장 지표를 개발할 필요가 있다.

셋째, 본 연구는 치과 의료기기 산업을 대상으로 프레임워크를 적용하였다. 치과 의료기기 산업은 전통적 의료기기 기술과 디지털 기술의 융합이 활발하다는 점에서 본 연구에 적합한 사례이지만, 본 연구 결과를 모든 산업에 일반화하기 위해서는 추가 검증이 필요하다. 향후 연구에서는 정형외과 의료기기, 진단기기, 디지털 헬스케어, 정밀제조 등 다른 산업에 동일한 절차를 적용하여 OR 프레임워크의 일반화 가능성을 비교할 필요가 있다.

8.5 최종 결론

본 연구는 치과 의료기기 산업의 특허 네트워크를 활용하여 산업 수준의 잠재 CPC 조합을 도출하고, 이를 기업별 8자리 CPC 기술포트폴리오와 연결하여 기업별 기술기회 활용 준비도를 평가하는 분석 프레임워크를 제시하였다. 본 연구의 핵심 결론은 잠재 기술조합을 찾는 것 자체에 있지 않다. 보다 중요한 결론은 산업 수준에서 구조적으로 의미 있는 잠재 CPC 조합이라도 기업별 기술기반과 연결될 때 서로 다른 활용 준비도로 나타난다는 점이다. 연구 결과는 기술기회가 산업 수준에서 동일하게 주어지는 것이 아니라, 기업별 기술포트폴리오와 기존 조합 경험, 최근 활동성, 경쟁구조에 따라 서로 다른 활용 가능성으로 나타남을 보여준다.

본 연구의 핵심 의의는 특허 네트워크 기반 기술기회 탐색을 산업 수준의 잠재성 분석에 머물지 않고, 기업별 활용 준비도 평가로 확장했다는 점에 있다. 4자리 CPC 공동출현 네트워크는 치과 의료기기 산업의 기술융합 구조를 보여주었고, Node2Vec 기반 분석은 미관측 8자리 CPC 후보군 중 구조적 근접성이 높은 잠재 기술조합을 도출하였다. 기업별 8자리 CPC 기술포트폴리오와 OR 분석은 이러한 잠재 기술조합이 기업별로 서로 다른 전략적 의미를 가질 수 있음을 보여주었다.

따라서 본 연구는 치과 의료기기 산업의 기술융합 구조를 이해하고, 잠재

기술조합을 탐색하며, 기업별 기술기회 활용 준비도를 비교하기 위한 하나의 분석적 접근을 제시한다. 다만 본 연구의 결과는 특허 데이터와 CPC 기반 분석의 범위 안에서 해석되어야 하며, 실제 사업화 가능성이나 시장성과를 판단하기 위해서는 추가적인 기업 내부자료와 시장자료가 결합될 필요가 있다.

종합하면, 본 연구는 기술기회 탐색을 산업적으로 유망한 기술을 찾는 문제에서 기업이 실제로 활용할 수 있는 기술기회를 식별하는 문제로 확장하였다. 이는 기술융합이 빠르게 진행되는 치과 의료기기 산업에서 기업별 R&D 전략, 특허 포트폴리오 관리, 기술협력 방향 설정에 활용될 수 있는 분석 기반을 제공한다.

HANSUNG UNIVERSITY

참 고 문 헌

1. 국내문헌

권상집, & 안경민. (2024). 네트워크 분석을 활용한 중소기업의디지털 전환과 기술혁신역량 변화 고찰: 동적 역량을 중심으로. 기술금융연구, 29-65.

권영은, & 김재수. (2018). 바이오 헬스케어 분야 국가연구개발 특허성과 네트워크 분석. Journal of the Korea Convergence Society, 9(12), 17-24

김경수. (2020). 국제특허분류를 활용한 기술융합 연결망 구조 및 패턴 분석: 해양수산 산업 육성 분야의 특허를 중심으로. 과학기술정책, 3(2), 159-186.

김도성. (2019). 국내 의료기기 기업의 특허성과와 연구개발활동이 경영성과에 미치는 영향에 관한 연구. 국내박사학위논문, 연세대학교 대학원.

김도성, 이정수, 조성한, 김민석, & 김남현. (2018a). 국내 의료기기 제조기업의 연구개발활동과 특허가기업 경영성과에 미치는 영향에 관한 연구. 한국산학기술학회논문지, 19(11), 157-165.

김도성, 이정수, 조성한, 김민석, & 김남현. (2018b). 국내 의료기기 제조기업의 특허 동향 분석: 연구개발을 통한 국내등록특허 보유기업 98 개社 중심으로. 산업혁신연구, 34(3), 165-187.

김도환, & 배준성. (2022). 특허 네트워크 분석 통한 핵심 융합기술 도출 방안 연구: 광주연구개발특구 기업 및 공공기술 중심으로. 혁신클러스터연구, 12(1), 132-157.

김민승, 이정희, 이선홍, 이상화, 이재원, 박상현, & 성태응. (2023). 특허 수

명에 대한 내· 외재적 요인의 영향관계에 관한 연구: 의료기기 산업 및 거시경제 현황을 중심으로. 기술혁신학회지, 26(3), 479-497.

김병국, 김광만, & 김영진. (2015). 치과 임플란트 분야의 특허분석을 통한 정량적 기술수준평가. 대한치과재료학회지, 42(1), 35-43.

김지은, & 이성주. (2013). 특허정보를 활용한 산업융합성 평가 방법론: 기술연관분석: 기술연관분석. 대한산업공학회지, 39(3), 212-221.

김혜인, 박인채, & 윤병운. (2017). 특허분석을 통한 ICT 분야 공백기술영역 도출 방법론 개발. 대한산업공학회 춘계공동학술대회 논문집, 2703-273

문진희, 권의준, & 금영정. (2017). 특허 동시분류분석과 텍스트마이닝을 활용한 사물인터넷 기술융합 분석. 기술혁신연구, 25(3), 1-24.

박수현, 윤영미, 김호용, & 김재수. (2021). 5 개국 바이오헬스 산업의 기술융합과 트렌드 분석: 특허 동시분류분석과 텍스트마이닝을 활용하여. Journal of the Korea Convergence Society, 12(4), 9-21.

박영진, 고남욱, & 윤장혁. (2015). 보유특허 기반의 기술기회탐색을 위한 특허추천방법: 3D 프린팅 산업을 중심으로: 3D 프린팅 산업을 중심으로. 지식재산연구, 10(1), 169-200.

박인채. (2017). 특허분석을 통한 기술기회 발굴 방법론: 기술협력, 유망기술, 융합기술 기회 발굴을 중심으로. 국내박사학위논문, 동국대학교 대학원.

배영임, & 신혜리. (2017). 인공지능기술의 특허네트워크 분석을 통한 융합패턴 연구. GRI 연구논총, 19(1), 113-133.

백현미, & 김명숙. (2013). 특허 네트워크 분석을 통한 융합 기술 트렌드 분석: 한국· 미국· 유럽· 일본의 특허데이터를 중심으로. Asia-Pacific Journal of Business Venturing and Entrepreneurship, 8(2), 11-19.

서원철. (2022). 기술토픽 간 기술융합기회 발굴 연구－웨어러블 기술 사례를

중심으로－. 지식재산연구, 17(4), 141-176.

송경태, 봉강호, & 박재민. (2022). 특허 정보를 이용한 유망기술 발굴 프로세스 연구－요인분석과 텍스트마이닝 기법의 결합 접근－. 지식재산연구, 17(1), 169-204.

신동환 외. (2021).『치과용 디지털 임플란트 분야 특허출원 및 기술개발 동향 보고서』. 대전: 특허청 의료기술심사과.

유경영, & 송지훈. (2023). 특허정보를 활용한 디지털 트윈 기술 동향 분석 및 기술융합기회 발굴. 한국산업융합학회논문집, 471-481.

윤병운, 박인채, 이호신, & 고병열. (2011). 기술 인텔리전스를 활용한 기술기회탐색: 유형화, 현황, 통합체계 개발을 중심으로. Journal of Korea Technology Innovation Society, 14(spc), 1073-1095.

윤두섭, 박인채, & 윤병운. (2016). 기술이전을 위한 기술수요자 중심의 가치평가 방법론 개발. 한국산학기술학회 논문지, 17(11), 155-167.

윤석훈, & 지일용. (2019). 특허의 정량적 지표와 동시분류 네트워크를 활용한 반도체 세정장비 분야 국가별 기술경쟁력 분석. 한국융합학회논문지, 10(11), 85-93.

이승환. (2025). 글로벌 선도기업 기술경쟁력에 관한 연구: 원자층 증착 기술 특허분석을 바탕으로. 국내박사학위논문, 성균관대학교 기술경영전문대학원.

이지호, 고남욱, 김철한, & 윤장혁. (2023). 특허-상표 연계 데이터를 활용한 기술기반 기업의 비즈니스 기회 발굴 방법. 지식재산연구, 18(1), 283-311

이현민, 김선재, & 김홍영. (2018). 융합기술 개발전략 기획을 위한 특허 인용 네트워크 기반의 분석 방법론: 스마트공장 ICT 기술을 중심으로. 한국산학기술학회 논문지, 19(1), 34-47.

장성수, & 이정환. (2023). 인공지능 기술의 산업별 특허 협력 네트워크 분

석. 경영과 정보연구, 42(1), 95-113.

장혜진, 노태연, & 윤병운. (2017). 오피니언 마이닝 및 특허분석을 통한 사용자 니즈기반 이종영역 기술기회 탐색. 대한산업공학회지, 43(1), 39-48.

전상규. (2021). 특허 네트워크 분석을 통한 기술융합 및 융합기술의 확산 연구—디지털 데이터 처리 기술 중심으로—. 지식재산연구, 16(4), 161-202.

전재헌, 이창섭, & 이석준. (2016). 특허 네트워크 분석을 활용한 의료기기 분야에서의 핵심기술 도출. Management & Information Systems Review, 35(2), 221-254.

정재민, 정병기, & 윤장혁. (2020). 비즈니스 기회 발굴을 위한 문제-해결방법 기반의 특허분석 방법. 지식재산연구, 15(2), 187-222.

조용래, & 김의석. (2014). 특허 네트워크와 전략지표 분석을 통한 기업 기술융합 전략 연구. 지식재산연구, 9(4), 191-221.

조한필. (2018). 초고층 시공기술 특허분석을 통한 유망기술 예측. 국내박사학위논문, 고려대학교 대학원.

최호창, 곽기영, & 김남규. (2018). 기술 성숙도 및 의존도의 네트워크 분석을 통한 유망 융합 기술 발굴 방법론. 지능정보연구, 24(1), 101-124.

특허청.『CPC 제도 및 특허분류체계 안내』.

2. 국외문헌

Adamic, L. A., & Adar, E. (2003). Friends and neighbors on the web. Social networks, 25(3), 211-230.

Arundel, A., & Kabla, I. (1998). What percentage of innovations are patented? Empirical estimates for European firms. Research policy, 27(2), 127-141.

Ayre, C., & Scally, A. J. (2014). Critical values for Lawshe's content validity ratio: revisiting the original methods of calculation. Measurement and evaluation in counseling and development, 47(1), 79-86.

Barabási, A. L., & Albert, R. (1999). Emergence of scaling in random networks. science, 286(5439), 509-512.

Blondel, V. D., Guillaume, J. L., Lambiotte, R., & Lefebvre, E. (2008). Fast unfolding of communities in large networks. Journal of statistical mechanics: theory and experiment, 2008(10), P10008..

Breschi, S., Lissoni, F., & Malerba, F. (2003). Knowledge-relatedness in firm technological diversification. Research policy, 32(1), 69-87..

Caviggioli, F. (2016). Technology fusion: Identification and analysis of the drivers of technology convergence using patent data. Technovation, 55, 22-32.

Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. Administrative science quarterly, 35(1), 128-152..

Cho, J. H., Lee, J., & Sohn, S. Y. (2021). Predicting future technological convergence patterns based on machine learning using link prediction. Scientometrics, 126(7), 5413-5429..

Curran, C. S., & Leker, J. (2011). Patent indicators for monitoring convergence-examples from NFF and ICT. Technological

forecasting and social change, 78(2), 256-273.

Daim, T. U., Rueda, G., Martin, H., & Gerdsri, P. (2006). Forecasting emerging technologies: Use of bibliometrics and patent analysis. Technological forecasting and social change, 73(8), 981-1012.

Fleming, L. (2001). Recombinant uncertainty in technological search. Management science, 47(1), 117-132

Fleming, L., & Sorenson, O. (2001). Technology as a complex adaptive system: evidence from patent data. Research policy, 30(7), 1019-1039.

Forman, E., & Peniwati, K. (1998). Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. European journal of operational research, 108(1), 165-169.

Fortunato, S. (2010). Community detection in graphs, physics reports, 486 (3-5).

Freeman, L. C. (1978). Centrality in social networks conceptual clarification. Social networks, 1(3), 215-239.

Geum, Y., Kim, C., Lee, S., & Kim, M. S. (2012). Technological convergence of IT and BT: Evidence from patent analysis. Etri Journal, 34(3), 439-449.

Goyal, P., & Ferrara, E. (2018). Graph embedding techniques, applications, and performance: A survey. Knowledge-Based Systems, 151, 78-94.

Griliches, Z. (1990). Patent statistics as economic indicators: A survey. Journal of Economic Literature, 28(4), 1661-1707.

Grover, A., & Leskovec, J. (2016, August). node2vec: Scalable feature learning for networks. In Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD

international conference on Knowledge discovery and data mining (pp. 855-864).

Hall, B. H., Jaffe, A., & Trajtenberg, M. (2005). Market value and patent citations. RAND Journal of Economics, 36(1), 16-38.

Hamilton, W., Ying, Z., & Leskovec, J. (2017). Inductive representation learning on large graphs. Advances in neural information processing systems, 30., 1024-1034.

Jaffe, A. B. (1986). Technological opportunity and spillovers of R&D: evidence from firms' patents, profits and market value.

Jaffe, A. B., & Trajtenberg, M. (2002). Patents, citations, and innovations: A window on the knowledge economy. MIT press.

Joda, T., Braegger, U., & Gallucci, G. (2015). Systematic literature review of digital three-dimensional superimposition techniques to create virtual dental patients. International journal of oral & maxillofacial implants, 30(2).

Joda, T., Zarone, F., & Ferrari, M. (2017). The complete digital workflow in fixed prosthodontics: a systematic review. BMC oral health, 17(1), 124.

Kim, J., Kim, S., & Lee, C. (2019). Anticipating technological convergence: Link prediction using Wikipedia hyperlinks. Technovation, 79, 25-34.

Kim, S., Park, I., & Yoon, B. (2020). SAO2Vec: Development of an algorithm for embedding the subject-action-object (SAO) structure using Doc2Vec. Plos one, 15(2), e0227930.

Kipf, T. N., & Welling, M. (2016). Semi-supervised classification with graph convolutional networks. arXiv preprint arXiv:1609.02907.

Lanjouw, J. O., & Schankerman, M. (2004). Patent quality and research productivity: Measuring innovation with multiple indicators. The economic journal, 114(495), 441-465.

Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. Personnel psychology, 28(4).

Lee, C., Kang, B., & Shin, J. (2015). Novelty-focused patent mapping for technology opportunity analysis. Technological Forecasting and Social Change, 90, 355-365.

Lee, K., Park, I., & Yoon, B. (2016). An approach for r&d partner selection in alliances between large companies, and small and medium enterprises (smes): Application of bayesian network and patent analysis. Sustainability, 8(2), 117.

Lee, K., Go, D., Park, I., & Yoon, B. (2017). Exploring suitable technology for small and medium-sized enterprises (SMEs) based on a hidden markov model using patent information and value chain analysis. Sustainability, 9(7), 1100.

Leydesdorff, L. (2008). Patent classifications as indicators of intellectual organization. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 59(10), 1582-1597

Liben-Nowell, D., & Kleinberg, J. (2007). The link-prediction problem for social networks. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 58(7), 1019-1031.

Liu, Z., Feng, J., & Uden, L. (2023). Technology opportunity analysis using hierarchical semantic networks and dual link prediction. Technovation, 128, 102872.

Lynn, M. R. (1986). Determination and quantification of content validity.

Nursing research, 35(6), 382-386.

Lü, L., & Zhou, T. (2011). Link prediction in complex networks: A survey. Physica A: statistical mechanics and its applications, 390(6), 1150-1170.

Mangano, F., Gandolfi, A., Luongo, G., & Logozzo, S. (2017). Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. BMC oral health, 17(1), 149.

March, J. G. (1991). Exploration and exploitation in organizational learning. Organization science, 2(1), 71-87.

Nagaoka, S., Motohashi, K., & Goto, A. (2010). Patent statistics as an innovation indicator. In Handbook of the Economics of Innovation (Vol. 2, pp. 1083-1127). North-Holland.

Nambisan, S., Lyytinen, K., Majchrzak, A., & Song, M. (2017). Digital innovation management: Reinventing innovation management research in a digital world. MIS quarterly, 41(1), 223-238.

Neffke, F., Henning, M., & Boschma, R. (2011). How do regions diversify over time? Industry relatedness and the development of new growth paths in regions. Economic geography, 87(3), 237-265.

Newman, M. E. (2001). The structure of scientific collaboration networks. Proceedings of the national academy of sciences, 98(2), 404-409

Newman, M. E. (2004). Analysis of weighted networks. Physical Review E—Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics, 70(5), 056131.

OECD. (2009). OECD Patent Statistics Manual. Paris: OECD Publishing.

Park, I., Park, G., Yoon, B., & Koh, S. (2016). Exploring promising

technology in ICT sector using patent network and promising index based on patent information. Etri Journal, 38(2), 405-415.

Park, I., Jeong, Y., Yoon, B., & Mortara, L. (2015). Exploring potential R&D collaboration partners through patent analysis based on bibliographic coupling and latent semantic analysis. Technology Analysis & Strategic Management, 27(7), 759-781.

Park, I., Jeong, Y., & Yoon, B. (2017). Analyzing the value of technology based on the differences of patent citations between applicants and examiners. Scientometrics, 111(2), 665-691.

Park, I., & Yoon, B. (2018). Technological opportunity discovery for technological convergence based on the prediction of technology knowledge flow in a citation network. Journal of informetrics, 12(4), 1199-1222.

Park, I., Triulzi, G., & Magee, C. L. (2022). Tracing the emergence of new technology: A comparative analysis of five technological domains. Technological Forecasting and Social Change, 184, 122014.

Park, M., & Geum, Y. (2022). Two-stage technology opportunity discovery for firm-level decision making: GCN-based link-prediction approach. Technological Forecasting and Social Change, 183, 121934.

Perozzi, B., Al-Rfou, R., & Skiena, S. (2014, August). Deepwalk: Online learning of social representations. In Proceedings of the 20th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining (pp. 701-710).

Polit, D. F., & Beck, C. T. (2005). The content validity ı ndex: Are you

sure you know what's being reported. Critique and recommendations. Res Nurs Health, 29, 488-95.

Porter, A. L., & Cunningham, S. W. (2004). Tech mining: Exploiting new technologies for competitive advantage. John Wiley & Sons.

Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. European journal of operational research, 48(1), 9-26.

Schwendicke, F. A., Samek, W., & Krois, J. (2020). Artificial intelligence in dentistry: chances and challenges. Journal of dental research, 99(7), 769-774.

Seol, Y., Lee, S., Kim, C., Yoon, J., & Choi, J. (2023). Towards firm-specific technology opportunities: A rule-based machine learning approach to technology portfolio analysis. Journal of Informetrics, 17(4), 101464.

Song, K., Kim, K. S., & Lee, S. (2017). Discovering new technology opportunities based on patents: Text-mining and F-term analysis. Technovation, 60, 1-14.

Teece, D. J. (2007). Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. Strategic management journal, 28(13), 1319-1350.

Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. Strategic management journal, 18(7), 509-533.

Trajtenberg, M. (1990). A penny for your quotes: patent citations and the value of innovations. The Rand journal of economics, 172-187.

Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An

overview of applications. European Journal of operational research, 169(1), 1-29.

Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Dong, J. Q., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. Journal of business research, 122, 889-901.

Vial, G. (2021). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. Managing digital transformation, 13-66.

Wang, X., Ma, P., Huang, Y., Guo, J., Zhu, D., Porter, A. L., & Wang, Z. (2017). Combining SAO semantic analysis and morphology analysis to identify technology opportunities. Scientometrics, 111(1), 3-24

Watts, D. J., & Strogatz, S. H. (1998). Collective dynamics of 'small-world'networks. nature, 393(6684), 440-442.

Yang, G., Xing, J., Xu, S., & Zhao, Y. (2024). A framework armed with node dynamics for predicting technology convergence. Journal of Informetrics, 18(4), 101583.

Yoon, B., & Magee, C. L. (2018). Exploring technology opportunities by visualizing patent information based on generative topographic mapping and link prediction. Technological Forecasting and Social Change, 132, 105-117.

Yoon, B., Park, I., & Coh, B. Y. (2014). Exploring technological opportunities by linking technology and products: Application of morphology analysis and text mining. Technological Forecasting and Social Change, 86, 287-303.

Yoon, B., Park, I., Yun, D., & Park, G. (2019). Exploring promising

vacant technology areas in a technology-oriented company based on bibliometric analysis and visualisation. Technology Analysis & Strategic Management, 31(4), 388-405.

Zahra, S. A., & George, G. (2002). Absorptive capacity: A review, reconceptualization, and extension. Academy of management review, 27(2), 185-203.

Zhao, R., Wei, W., & Zhu, Z. (2025). Discovering firm technology opportunities by machine learning prediction method based on firm's technology portfolio. Technological Forecasting and Social Change, 124305.

Zimmermann, M., Mehl, A., Mörmann, W. H., & Reich, S. (2015). Intraoral scanning systems-a current overview. International journal of computerized dentistry, 18(2), 101-129.

HANSUNG UNIVERSITY

부 록

부록 1. 특허 데이터 수집 및 검색식
부록 2. 특허 데이터 정제 및 전처리 기준
부록 3. 출원인명 정제 사전
부록 4. CPC 코드 변환 기준
부록 5. Node2Vec 분석 파라미터 및 실행 조건
부록 6. OR 구성요소 산출
부록 7. AHP 전문가 설문지
부록 8. 전문가 내용타당도 검토 설문지

HANSUNG UNIVERSITY

부록 1. 치과 의료기기 특허 데이터 수집 기준 및 검색식

1. 특허 데이터 수집 목적

본 부록은 본 연구에서 사용한 치과 의료기기 특허 데이터의 수집 범위, 검색 기준, 포함·제외 기준, 데이터 정제 절차를 제시한다. 본 연구의 목적은 특정 산업의 단순 기술동향을 설명하는 데 있지 않고, 디지털 전환 환경에서 중소기업과 도전기업이 실현 가능한 기술기회를 발굴하기 위한 특허 네트워크 기반 분석 프레임워크를 실증적으로 검토하는 데 있다. 따라서 특허 데이터는 치과 의료기기 산업의 기술융합 구조를 포괄적으로 반영하면서도, CPC 공동출현 네트워크 및 8자리 CPC 기반 잠재 기술조합 분석이 가능하도록 구성하였다.

본 연구는 2010년부터 2024년까지 미국, 유럽, 한국에 출원 또는 공개된 치과 의료기기 관련 특허를 대상으로 하였다. 자료원은 미국특허청, 유럽특허청, 한국 특허 데이터베이스를 기준으로 하였으며, 치과 치료·진단·영상·소재·디지털 제조·의료정보·인공지능·무선통신 관련 기술이 분석 범위에 포함되도록 CPC 기반 필터와 자연어 키워드 기반 검색을 병행하였다.

2. 특허 데이터 수집 범위

[부록 표 1-1] 특허 데이터 수집 범위

구분	내용
분석 대상 산업	치과 의료기기 산업
분석 목적	특허 기반 기술융합 구조 분석 및 기업별 기술기회 활용 준비도 분석
분석 기간	2010 년 1 월 1 일 – 2024 년 12 월 31 일
분석 국가·권역	미국, 유럽, 한국
주요 자료원	USPTO, EPO/Espacenet, KIPRIS
분석 단위	특허 문헌, CPC 코드, CPC 조합

산업 수준 분석 단위	4 자리 CPC 공동출현 조합
기업 수준 분석 단위	8 자리 CPC 잠재 CPC 조합 및 기업별 CPC 포트폴리오
최종 활용 목적	산업 수준 주요 관측 CPC 조합 도출, 8 자리 잠재 CPC 조합 도출, 기업별 AHP 가중 OR 산출

3. 기술영역 정의

치과 의료기기 산업은 전통적인 치과 진료·치료 장비뿐 아니라 영상진단, 디지털 제조, 생체소재, 의료정보, 인공지능, 무선통신 등 다양한 기술과 결합되는 융합적 특성을 가진다. 이에 본 연구는 A61C를 핵심 CPC 기술분야로 설정하고, 치과 의료기기와 직접 또는 간접적으로 관련된 인접 기술영역을 함께 포함하였다.

[부록 표 1-2] 주요 CPC 기술영역 정의

구분	주요 CPC	기술영역	포함 이유
치과 핵심 기술	A61C	치과학, 치과 치료기기, 보철, 교정, 임플란트	치과 의료기기 산업의 중심 기술영역
진단·수술 기술	A61B	진단, 측정, 수술 장치	치과 영상진단, 수술계획, 진단보조 기술과 관련
생체소재	A61L	생체재료, 멸균, 조직재생 소재	임플란트, 골이식재, 생체적합 소재와 관련
영상처리	G06T	영상처리, 이미지 분석	CBCT, 구강스캐너, AI 영상분석과 관련
인공지능	G06N	AI, 머신러닝, 신경망	AI 진단, 자동 설계, 예측 알고리즘과 관련
의료정보	G16H	의료정보, 헬스데이터, 진료정보시스템	디지털 덴티스트리, 의료정보 플랫폼과 관련
적층제조	B33Y	3D 프린팅, 적층제조	보철물, 수술가이드, 맞춤형 제조와 관련
무선통신	H04W	무선통신, IoT 통신	스마트 센서, 원격 모니터링, 플랫폼 연계와 관련

4. 자연어 검색 키워드

CPC 코드만으로 검색할 경우 치과 의료기기 관련 특허가 누락될 수 있으므로, 본 연구는 CPC 필터와 함께 제목, 초록, 청구항에 포함되는 자연어 키워드를 활용하였다. 키워드는 치과 치료 및 수술 장비, 치과 진단 및 영상, 조직재생 및 생체소재, 디지털 제조 및 CAD/CAM, IoT·플랫폼 영역으로 구분하였다.

[부록 표 1-3] 치과 의료기기 영역별 검색 키워드

영역	주요 키워드
치과 치료 및 수술 장비	dental implant, fixture, abutment, healing abutment, crown, screw, surgical drill, driver, fixation tool, guided surgery
치과 진단 및 영상	dental imaging, X-ray, CBCT, oral scanner, intraoral scanner, computer vision, segmentation, detection, classification
치과 재료 및 조직재생	guided bone regeneration, GBR, bone graft, synthetic bone, biomaterial, biocompatible, zirconia, titanium, osseointegration, alveolar bone
디지털 제조 및 CAD/CAM	CAD/CAM, additive manufacturing, 3D printing, prosthesis, customized abutment, surgical guide, milling
디지털 헬스·IoT 플랫폼	intraoral sensor, biosensor, wearable, wireless, monitoring, telemetry, RF, BLE, NFC, oral data, diagnostic platform

5. 대표 검색식

본 연구의 검색식은 CPC 코드와 자연어 키워드를 결합한 Boolean 방식으로 구성하였다. 데이터베이스별 검색문법은 다를 수 있으므로, 아래 검색식은 USPTO, EPO/Espacenet, KIPRIS에서 동일한 논리를 유지하되 각 DB의 검색 필드에 맞게 변환하여 적용하였다.

[부록 표 1-4] 대표 검색식

영역	대표 검색식
치과 치료 및 수술 장비	(TIAB:("dental implant" OR fixture OR abutment OR "healing abutment" OR crown) AND TIAB:(screw OR "surgical drill" OR

	driver OR "fixation tool" OR "guided surgery")) AND CPC:(A61C OR A61B OR A61F) AND PD:[2010-01-01 TO 2024-12-31]
치과 진단 및 영상	(TIAB:(AI OR "machine learning" OR "deep learning" OR "computer vision") AND TIAB:("dental imaging" OR CBCT OR "oral scanner" OR "intraoral scanner" OR "diagnostic system")) AND CPC:(G06T OR G16H OR A61B OR A61C) AND PD:[2010-01-01 TO 2024-12-31]
치과 재료 및 조직재생	(TIAB:("guided bone regeneration" OR GBR OR "bone graft" OR osseointegration) AND TIAB:("synthetic bone" OR biomaterial OR biocompatible OR zirconia OR titanium)) AND CPC:(A61L OR A61F OR A61C) AND PD:[2010-01-01 TO 2024-12-31]
디지털 제조 및 CAD/CAM	(TIAB:(CAD/CAM OR "3D printing" OR "additive manufacturing" OR milling OR prosthesis OR "customized abutment" OR "surgical guide")) AND CPC:(A61C OR B33Y OR G06F OR G06T) AND PD:[2010-01-01 TO 2024-12-31]
IoT·플랫폼	(TIAB:("intraoral sensor" OR biosensor OR wearable OR wireless OR monitoring OR telemetry OR "oral data")) AND CPC:(H04W OR G16H OR A61B OR A61C) AND PD:[2010-01-01 TO 2024-12-31]
통합 보완 검색식	(A61C OR A61B) AND (dental OR implant OR prosthetic OR scanner OR CBCT) / (A61L OR B33Y) AND (biomaterial OR "bone graft" OR "3D printing" OR regenerative) / G16H AND (AI OR "machine learning" OR diagnostic OR "oral data")

6. 포함 기준

본 연구는 다음 기준을 충족하는 특허를 분석 대상에 포함하였다.

[부록 표 1-5] 특허 포함 기준

구분	포함 기준
기간 기준	2010 년 1 월 1 일부터 2024 년 12 월 31 일까지 등록 또는 공개된 특허
국가 기준	미국, 유럽, 한국 특허
기술 기준	A61C 를 중심으로 A61B, A61L, G06T, G06N, G16H, B33Y, H04W 등 치과 의료기기 관련 CPC 포함
키워드 기준	dental, implant, oral scanner, CBCT, prosthesis, CAD/CAM, 3D printing, biomaterial, oral data 등 치과 의료기기 관련 키워드 포함
문헌 기준	공개번호, 등록번호, 등록월일, 출원인, CPC 코드가 확인 가능한 특허
분석 가능 기준	하나 이상의 CPC 코드가 확인되고, CPC 조합 생성 가능성이 있는 특허

7. 제외 기준

검색 결과에는 치과 의료기기와 직접 관련이 낮은 특허가 포함될 수 있으므로, 다음 기준에 해당하는 문헌은 분석에서 제외하였다.

[부록 표 1-6] 특허 제외 기준

구분	제외 기준
비치과 의료분야	피부, 성형, 안과, 이비인후과, 정형외과 등 치과 의료기기와 직접 관련성이 낮은 문헌
일반 기계·부품	치과 적용 맥락이 없는 일반 나사, 고정장치, 공구, 단순 기계부품
일반 소재	치과 적용성이 확인되지 않는 범용 고분자, 세라믹, 금속 소재
일반 헬스케어	구강 또는 치과 맥락이 없는 일반 건강관리 장비 또는 플랫폼
중복 문헌	동일 국가 또는 다국가 출원에서 중복 확인된 동일 발명
데이터 불완전 문헌	등록번호, 국가코드, CPC 코드 등 핵심 필드가 누락되어 분석이 불가능한 문헌

8. 데이터 정제 절차

수집된 원천 데이터는 특허 네트워크 분석과 기업별 OR 분석에 활용하기 위해 다음과 같은 정제 절차를 거쳤다. 정제 과정에서는 중복 제거, 출원인명 정규화, CPC 코드 표준화, 치과 관련성 검토, CPC 조합 생성 가능 여부 확인을 수행하였다.

[부록 표 1-7] 특허 데이터 정제 절차

단계	정제 항목	처리 내용	목적
1	원천 데이터 통합	USPTO, EPO/Espacenet, KIPRIS 에서 수집된 데이터를 하나의 통합 테이블로 병합	국가별 데이터 구조 통합
2	고유 특허 식별	국가코드와 등록번호를 결합하여 고유 특허 ID 생성	중복 집계 방지
3	기간 필터링	2010 – 2024 년 범위에 해당하는 문헌만 유지	분석기간 일관성 확보
4	CPC 코드 정제	CPC 표기 형식 통일, 불필요 공백·특수문자 제거, 상위·하위 코드 정규화	CPC 조합 생성 가능성 확보

5	치과 관련성 검토	CPC 와 키워드를 교차 확인하여 치과 의료기기 관련성이 낮은 문헌 제거	분석범위 정확성 확보
6	출원인명 정제	동일 기업의 다양한 표기를 대표 출원인명으로 통합	기업별 포트폴리오 분석 가능성 확보
7	CPC 조합 생성 가능성 확인	하나의 특허에 2 개 이상의 고유 CPC 가 존재하는지 확인	공동출현 네트워크 구축
8	분석 데이터셋 확정	산업 수준 4 자리 CPC 분석용 데이터와 기업 수준 8 자리 CPC 분석용 데이터 구분	분석 목적별 데이터셋 구성

9. 최종 분석 데이터셋 구성 결과

본 연구에서 사용한 원천 데이터는 총 34,649개 행으로 구성되었다. 국가코드와 등록번호를 기준으로 고유 특허를 식별한 결과, 18,957건의 고유 특허가 확인되었다. CPC 조합 분석을 위해서는 하나의 특허에 서로 다른 CPC 코드가 2개 이상 부여되어 있어야 하므로, 4자리 CPC 기준과 8자리 CPC 기준으로 조합 생성 가능 특허 수를 별도로 산출하였다.

[부록 표 1-8] 최종 분석 데이터셋 구성 결과

항목	값	산출 기준
원천 데이터 행 수	34,649	엑셀 원천데이터 행 수
고유 특허 수	18,957	국가코드 + 등록번호 기준
분석 가능 특허 수	18,932	CPC 코드 보유 특허
4 자리 CPC 조합 생성 가능 특허 수	13,270	고유 4 자리 CPC 가 2 개 이상 부여된 특허
8 자리 CPC 조합 생성 가능 특허 수	16,177	고유 8 자리 CPC 가 2 개 이상 부여된 특허

4자리 CPC 조합 생성 가능 특허 수가 8자리 CPC 기준보다 적게 나타난 이유는 하나의 특허에 여러 개의 세부 8자리 CPC가 부여되어 있더라도, 이를 상위 4자리 CPC로 변환하면 동일한 상위 기술영역으로 통합되는 경우가 있기 때문이다. 즉, 8자리 수준에서는 서로 다른 세부 기술코드가 복수로 존

재하지만, 4자리 수준에서는 동일한 상위 기술영역으로 묶여 조합이 생성되지 않을 수 있다.

10. 분석 데이터셋의 활용

본 연구에서는 최종 정제된 특허 데이터셋을 다음과 같이 분석 단계별로 활용하였다.

[부록 표 1-9] 분석 단계별 데이터 활용

분석 단계	활용 데이터	분석 목적
산업 수준 기술융합 구조 분석	4 자리 CPC 조합	산업 전체의 핵심 CPC 기술분야와 주요 관측 CPC 조합 도출
공동출현 네트워크 분석	4 자리 CPC 공동출현 네트워크	네트워크 중심성, 밀도, 관측 조합 구조 분석
Louvain 군집분석	4 자리 CPC 네트워크	산업 수준 기술군집 및 주요 관측 CPC 조합 해석
잠재 기술조합 도출	8 자리 CPC 후보 조합	주요 관측 CPC 조합 내부의 미관측 세부 CPC 조합 도출
Node2Vec 분석	8 자리 CPC 네트워크	미관측 CPC 조합의 구조적 근접성 및 잠재 결합 가능성 평가
기업별 OR 분석	기업별 8 자리 CPC 포트폴리오	기업별 기술기회 활용 준비도 산출
AHP 가중 OR 분석	PS, CC, ACE, RA, CI	전문가 가중치를 반영한 기업별 전략기회 평가

부록 2. 특허 데이터 정제 및 분석 데이터셋 구성 기준

1. 데이터 정제의 목적

본 부록은 본 연구에서 수집한 치과 의료기기 특허 데이터를 최종 분석 데이터셋으로 구성하기 위한 정제 기준과 절차를 제시한다. 특허 데이터는 기술내용, 출원인, 출원연도, 국가코드, CPC 코드, 인용정보 등 다양한 메타데이터를 포함하고 있으나, 원천 데이터에는 중복 특허, 출원인명 표기 차이, CPC 코드 형식 불일치, 결측값, 치과 의료기기와 직접 관련성이 낮은 문헌 등이 포함될 수 있다.

이러한 문제를 정제하지 않을 경우 CPC 공동출현 네트워크의 노드 수와 엣지 수가 왜곡될 수 있으며, 기업별 특허 수, 고유 CPC 수, CPC 조합 수, 최근 활동성, 기술기회 활용 준비도 산출 결과에도 영향을 미칠 수 있다. 따라서 본 연구에서는 특허 데이터 정제를 단순한 사전 처리 단계가 아니라 분석결과의 신뢰성과 재현성을 확보하기 위한 핵심 절차로 간주하였다.

본 연구의 데이터 정제 목적은 다음 세 가지이다.

첫째, 중복 문헌과 분석 목적에 부합하지 않는 문헌을 제거하여 치과 의료기기 기술융합 분석에 적합한 데이터 순도를 확보한다.

둘째, 국가코드, 등록번호, 등록일, 출원인, CPC 코드 등 주요 메타데이터를 동일한 형식으로 정규화하여 분석 데이터의 일관성을 확보한다.

셋째, 4자리 CPC 공동출현 네트워크와 8자리 CPC 잠재 CPC 조합 분석이 모두 가능하도록 분석 수준별 데이터셋을 구분하여 구성한다.

2. 원천 데이터의 기본 구조

본 연구의 원천 데이터는 치과 의료기기 관련 특허를 대상으로 수집된 통합 데이터셋이다. 원천 데이터에는 국가코드, 등록번호, 등록일, 출원인, Current CPC Main, Current CPC Main 4, Current CPC All, 인용 및 피인용 정보가 포함되었다. 이 중 본 연구의 핵심 분석에 직접 활용한 필드는 국가코드, 등록번호, 등록일, 출원연도, 출원인, CPC 코드이다.

[부록 표 2-1] 원천 데이터 주요 필드

구분	필드명	활용 목적
특허 식별 정보	국가코드	국가·권역 구분 및 고유 특허 ID 생성
특허 식별 정보	등록번호	고유 특허 식별 및 중복 제거
시간 정보	구분일 또는 등록일	분석기간 필터링 및 최근 활동성 산출
출원인 정보	출원인	기업별 특허 포트폴리오 구성
CPC 정보	Current CPC Main	대표 CPC 확인
CPC 정보	Current CPC Main 4	4 자리 CPC 분석 보조
CPC 정보	Current CPC All	8 자리 CPC 추출 및 조합 생성
인용 정보	인용 문헌 수, 인용 문헌번호	특허 영향 또는 보조 분석 가능
피인용 정보	피인용 문헌 수, 피인용 문헌번호	기술 영향력 보조 분석 가능

3. 고유 특허 식별 기준

원천 데이터는 하나의 특허가 복수 행으로 나타날 수 있다. 이는 동일 특허에 여러 CPC 코드가 부여되었거나, 국가별·문헌별 정보가 반복되어 저장되었기 때문이다. 본 연구에서는 분석 단위를 “고유 특허”로 설정하기 위해 국가코드와 등록번호를 결합하여 고유 특허 ID를 생성하였다.

$$PatentID = CountryCode + ApplicationNumber$$

예를 들어 동일한 등록번호가 여러 행에 반복되어 나타나더라도 국가코드와 등록번호가 동일하면 하나의 고유 특허로 간주하였다. 다만 서로 다른 국

가에 출원된 패밀리 특허는 본 연구의 원천 데이터 구조와 분석 목적을 고려하여 국가별 출원 문헌으로 유지하되, 동일 국가 내 중복 행은 하나의 고유 특허로 통합하였다.

[부록 표 2-2] 고유 특허 식별 기준

구분	처리 기준
기본 식별자	국가코드 + 등록번호
동일 국가 내 동일 등록번호 반복	하나의 고유 특허로 통합
동일 특허의 CPC 코드 반복	고유 CPC 리스트로 정리
공개·등록 문헌 중복	동일 등록번호 기준 중복 여부 확인
분석 단위	고유 특허

4. 분석기간 필터링 기준

본 연구의 분석기간은 2010년부터 2024년까지이다. 원천 데이터에서 등록일 또는 구분일을 기준으로 연도를 추출하고, 2010년 이전 또는 2024년 이후의 문헌은 분석에서 제외하였다.

[부록 표 2-3] 분석기간 필터링 기준

구분	기준
분석 시작연도	2010 년
분석 종료연도	2024 년
연도 추출 기준	구분일 또는 등록일
포함 조건	2010 ≤ 출원연도 ≤ 2024
제외 조건	출원연도 결측 또는 분석기간 외 문헌

분석기간을 2010–2024년으로 설정한 이유는 디지털 덴티스트리, 3D 프린팅, 구강스캐너, AI 기반 영상처리, 의료정보 플랫폼 등 치과 의료기기의 디지털 융합 기술이 본격적으로 확산된 시기를 포괄하기 위해서이다.

5. 출원인명 정제 기준

기업별 기술포트폴리오 분석과 기술기회 활용 준비도 산출을 위해서는 출원인명 정제가 필수적이다. 동일 기업이 약어, 법인형태, 국가별 표기, 자회사명, 인수합병 전후 명칭 등으로 다르게 표기될 수 있기 때문이다. 출원인명 정제가 이루어지지 않으면 기업별 특허 수와 CPC 포트폴리오가 분산되어 OR 산출 결과가 왜곡될 수 있다.

본 연구에서는 대표기업 분석을 위해 주요 출원인에 대한 표준 기업명 사전을 구축하였다. 동일 기업으로 판단되는 출원인명은 표준 기업명으로 통합하였다.

[부록 표 2-4] 출원인명 정제 기준

정제 항목	처리 기준
대소문자 차이	대문자 기준으로 통일
법인형태 표기	INC, LTD, CO., CORP., GmbH 등 법인형태 표기 정리
국가별 표기 차이	영문명·국문명·약칭을 표준명으로 통합
계열사·자회사 표기	동일 기업군으로 볼 수 있는 경우 대표기업명으로 통합
인수합병 전후 명칭	현재 분석 목적에 맞는 대표기업명으로 통합
복수 출원인	대표 출원인 또는 공동 출원인 기준을 명확히 적용

예를 들어 ALIGN TECHNOLOGY는 ALIGN, ALIGN TECH, ALIGN TECHNOLOGY INC 등의 표기를 ALIGN TECHNOLOGY로 통합하였다. OSSTEM IMPLANT는 OSSTEM, OSSTEMIMPLANT, 오스템임플란트 등의 표기를 OSSTEM IMPLANT로 통합하였다. DENTSPLY SIRONA는 DENTSPLY, SIRONA, DENTSPLY SIRONA 등 관련 표기를 DENTSPLY SIRONA로 통합하였다.

6. CPC 코드 표준화 기준

본 연구의 핵심 분석 단위는 CPC 코드이다. 원자료의 CPC 코드는 슬래시, 하이픈, 공백, 버전 정보, 세부 기호 등이 혼재되어 있을 수 있으므로 분석 가능한 형식으로 표준화하였다.

본 연구에서는 두 가지 수준의 CPC 코드를 사용하였다.

첫째, 산업 수준 분석에서는 4자리 CPC를 사용하였다. 이는 산업 전체의 핵심 CPC 기술분야와 주요 관측 CPC 조합을 안정적으로 파악하기 위한 분석 단위이다.

둘째, 기업 수준 분석에서는 8자리 CPC를 사용하였다. 이는 기업별 세부 기술포트폴리오와 잠재 기술조합의 접근 가능성을 평가하기 위한 분석 단위이다.

[부록 표 2-5] CPC 코드 표준화 기준

구분	표준화 기준	예시
수집 CPC	슬래시와 세부기호가 포함된 원문 CPC	A61C 0009/00, A61C-0009/00
8 자리 CPC	섹션·클래스·서브클래스 + 메인그룹 4 자리	A61C-0009
4 자리 CPC	섹션·클래스·서브클래스 수준	A61C
중복 제거	동일 특허 내 동일 CPC 반복 제거	A61C-0009 중복 시 1 개만 유지
pair 생성	하나의 특허 내 서로 다른 CPC 간 조합 생성	A61C-G16H, A61C-0009__G16H-0050

본 연구에서 8자리 CPC는 A61C-0009, G16H-0050과 같이 표현하였다. 슬래시 이하 세부번호는 분석의 희소성을 줄이고 기업별 포트폴리오 비교 가능성을 높이기 위해 제외하였다.

7. CPC 조합 생성 기준

CPC 공동출현 네트워크는 하나의 특허에 함께 부여된 CPC 코드 간 관계를 기반으로 구축하였다. 하나의 특허에 서로 다른 CPC 코드가 2개 이상 존재하면, 해당 CPC 코드들 사이에 조합을 생성하였다. 동일 특허 내에서 생성된 조합은 무방향 관계로 처리하였다.

[부록 표 2-6] CPC 조합 생성 기준

구분	기준
pair 생성 단위	동일 특허 내 고유 CPC 코드 조합
관계 방향	무방향
엣지 가중치	동일 CPC 조합이 함께 등장한 특허 수
4 자리 조합	산업 수준 공동출현 네트워크 구축
8 자리 조합	잠재 세부 기술조합 및 기업별 OR 분석
자기 조합	동일 CPC 간 조합은 제외
중복 조합	동일 특허 내 동일 조합 반복은 1 회만 계산

예를 들어 하나의 특허에 A61C-0009, G16H-0050, G06T-2207이 함께 존재하는 경우, 다음과 같은 8자리 CPC 조합이 생성된다.

A61C-0009_G16H-0050
A61C-0009_G06T-2207
G06T-2207_G16H-0050

이후 각 조합의 출현 빈도를 집계하여 공동출현 네트워크의 엣지 가중치로 활용하였다.

8. 치과 관련성 검토 기준

CPC 코드와 키워드를 기준으로 수집된 특허 중 일부는 치과 의료기기와 직접 관련성이 낮을 수 있다. 따라서 본 연구에서는 치과 관련성 검토를 수행하였다. 치과 관련성은 CPC 코드, 제목·초록 키워드, 출원인, 기술영역 설명을 종합적으로 고려하여 판단하였다.

[부록 표 2-7] 치과 관련성 검토 기준

구분	유지 기준	제외 기준
CPC 기준	A61C 포함 또는 치과 관련 A61B, A61L, G16H, G06T, B33Y 포함	치과 맥락 없는 일반 의료·일반 기계·일반 소재
키워드 기준	dental, oral, implant, prosthesis, CBCT, scanner 등 포함	피부, 안과, 성형, 정형외과 등 비치과 키워드 중심
기술영역 기준	치과 진단, 치료, 보철, 교정, 임플란트, 디지털 제조, 구강 데이터	범용 헬스케어, 일반 센서, 일반 3D 프린팅
출원인 기준	치과 의료기기 기업 또는 관련 의료기기 기업	치과와 무관한 일반 제조기업의 비관련 특허

9. 분석 데이터셋 구성 결과

데이터 정제 결과, 원천 데이터 34,649행에서 18,957건의 고유 특허가 식별되었다. 이 중 CPC 코드가 확인되어 분석 가능한 특허는 18,932건이었다. 4자리 CPC 기준으로는 하나의 특허 내 서로 다른 4자리 CPC가 2개 이상 존재하는 경우에만 조합 생성이 가능하므로, 4자리 CPC 조합 생성 가능 특허는 13,270건으로 산출되었다. 8자리 CPC 기준으로는 서로 다른 세부 CPC가 2개 이상 존재하는 특허가 16,177건으로 나타났다.

[부록 표 2-8] 특허 데이터 정제 결과

항목	값	산출 기준
원천 데이터 행 수	34,649	원천 엑셀 데이터 행 수
고유 특허 수	18,957	국가코드 + 등록번호 기준
분석 가능 특허 수	18,932	CPC 코드 보유 특허
4 자리 CPC 조합 생성 가능 특허 수	13,270	고유 4 자리 CPC 가 2 개 이상 존재하는 특허
8 자리 CPC 조합 생성 가능 특허 수	16,177	고유 8 자리 CPC 가 2 개 이상 존재하는 특허

4자리 CPC 조합 생성 가능 특허 수가 8자리 CPC 조합 생성 가능 특허 수보다 적게 나타난 이유는 하나의 특허에 여러 개의 8자리 CPC가 존재하더라도, 이를 상위 4자리 CPC로 변환하면 동일한 상위 기술영역으로 통합되는 경우가 있기 때문이다. 즉, 8자리 수준에서는 서로 다른 세부 기술코드가 복수로 존재하지만, 4자리 수준에서는 동일한 기술영역으로 묶여 조합이 생성되지 않을 수 있다.

10. 분석 목적별 데이터셋 구분

본 연구는 동일한 수집 특허 데이터를 사용하되, 분석 목적에 따라 데이터셋을 구분하였다. 산업 수준의 기술융합 구조 분석에서는 4자리 CPC 조합을 사용하였고, 기업 수준의 기술기회 활용 준비도 분석에서는 8자리 CPC 조합과 기업별 8자리 CPC 포트폴리오를 사용하였다.

[부록 표 2-9] 분석 목적별 데이터셋 구성

데이터셋	분석 단위	활용 장	주요 목적
산업 수준 CPC 데이터셋	4 자리 CPC	제 4 장	핵심 CPC 기술분야, 주요 관측 CPC 조합, Louvain 군집 도출
관측 CPC 조합 데이터셋	4 자리 CPC 조합	제 4 장	관측된 기술융합 관계 분석
8 자리 후보군 데이터셋	8 자리 CPC 조합	제 4 장	주요 관측 CPC 조합 내부 세부 후보군 구성
잠재 CPC 조합	미관측 8 자리	제 4 장,	Node2Vec 기반 잠재 기술조합 도출

데이터셋	CPC 조합	제 6 장	
기업 포트폴리오 데이터셋	기업별 8 자리 CPC	제 5 장	선도기업·도전기업 기술포트폴리오 비교
OR 분석 데이터셋	기업 × 잠재 CPC 조합	제 6 장	기업별 AHP 가중 기술기회 활용 준비도 산출
검증 데이터셋	기간별 CPC 조합	제 7 장	시간기반 검증 및 전문가 검토

11. 데이터 정제 절차 요약

[부록 표 2-10] 데이터 정제 절차 요약

단계	처리 내용	결과
1	수집 특허 데이터 수집	34,649 행
2	국가코드 + 등록번호 기준 고유 특허 식별	18,932 건
3	분석기간 2010–2024 년 필터링	분석기간 외 문헌 제외
4	CPC 코드 보유 여부 확인	분석 가능 특허 확정
5	CPC 코드 표준화	4 자리·8 자리 CPC 생성
6	동일 특허 내 고유 CPC 리스트 생성	중복 CPC 제거
7	4 자리 CPC 조합 생성	13,270 건의 특허 활용
8	8 자리 CPC 조합 생성	16,177 건의 특허 활용
9	출원인명 정제	기업별 포트폴리오 구성
10	산업 수준·기업 수준 분석 데이터셋 분리	제 4 장 – 제 7 장 분석에 활용

부록 3. 전체 출원인명 정제 규칙 및 대표기업 표준화 기준

1. 출원인명 정제의 목적

본 연구는 특허 데이터의 출원인 정보를 활용하여 기업별 기술포트폴리오, 최근 특허활동, 8자리 CPC 다양성, 기업별 기술기회 활용 준비도 OR^{AHP}를 산출하였다. 따라서 출원인명이 동일 기업임에도 불구하고 서로 다르게 표기될 경우, 기업별 특허 수와 CPC 포트폴리오가 분산되어 분석 결과가 왜곡될 수 있다.

이에 본 연구에서는 전체 특허 데이터에 포함된 모든 출원인을 대상으로 1차 문자열 정제를 수행하였다. 이후 제5장과 제6장에서 분석한 대표기업 6개에 대해서는 별도의 표준명 사전을 적용하여 정밀 정제를 수행하였다. 즉, 본 연구의 출원인명 정제는 전체 출원인 일반 정제와 대표기업 표준화 정제가 결합된 방식이다.

2. 출원인명 정제의 기본 구조

[부록 표 3-1] 출원인명 정제 단계

단계	정제 대상	주요 처리 내용	활용 목적
1 단계	전체 출원인	대소문자 통일, 특수문자 제거, 법인형태 제거, 공백 정리	전체 특허 데이터의 출원인 표기 일관화
2 단계	전체 출원인	복수 출원인 분리, 중복 출원인 제거	기업별 특허 집계 오류 방지
3 단계	주요 기업명	유사 표기명 매칭, 약칭·국문명·영문명 통합	기업별 포트폴리오 분석 정확도 향상
4 단계	대표기업 6 개	표준명 사전 기반 정밀 매칭	선도기업·도전기업 OR 분석
5 단계	최종 데이터	기업별 특허 수, 최근 특허 수, 8 자리 CPC 다양성 산출	제 5 장·제 6 장 분석 입력자료 생성

3. 전체 출원인명 정제 원칙

[부록 표 3-2] 전체 출원인명 정제 원칙

구분	정제 기준	예시
대소문자 통일	모든 출원인명을 대문자로 변환	Align Technology → ALIGN TECHNOLOGY
특수문자 제거	쉼표, 마침표, 괄호, 하이픈 등 제거	CO., LTD. → CO LTD
법인형태 제거	INC, LTD, CO, CORP, GMBH, AG 등 제거	ALIGN TECHNOLOGY INC → ALIGN TECHNOLOGY
공백 통일	중복 공백 제거	DENTSPLY SIRONA → DENTSPLY SIRONA
국문 법인형태 제거	주식회사, ㈜, 유한회사 등 제거	주식회사 디오 → 디오
복수 출원인 분리	세미콜론, 쉼표, 슬래시 등 기준 분리	A; B → A, B
중복 출원인 제거	동일 특허 내 동일 출원인 반복 제거	ALIGN, ALIGN → ALIGN
표준명 매칭	대표기업 사전과 일치하는 경우 표준명 부여	OSSTEM → OSSTEM IMPLANT

4. 대표기업 표준화 기준

전체 출원인을 정제한 뒤, 본 연구의 기업별 분석 대상인 6개 대표기업에 대해서는 별도의 표준명 사전을 적용하였다.

[부록 표 3-3] 대표기업 표준명 사전

표준 기업명	원자료 출원인명 예시	정제 기준
ALIGN TECHNOLOGY	ALIGN TECHNOLOGY INC, ALIGN TECH, ALIGN	ALIGN TECHNOLOGY 로 통합
DENTSPLY SIRONA	DENTSPLY, SIRONA, DENTSPLY INTERNATIONAL, SIRONA DENTAL SYSTEMS	DENTSPLY SIRONA 로 통합
OSSTEM IMPLANT	OSSTEM, OSSTEMIMPLANT, OSSTEM IMPLANT CO LTD, 오스템임플란트	OSSTEM IMPLANT 로 통합

3SHAPE	3SHAPE A/S, 3SHAPE TRIOS, 3SHAPE DENTAL	3SHAPE 로 통합
MEDIT	MEDIT CORP, MEDIT CO LTD, MEDIT INC, 메디트	MEDIT 로 통합
DIO	DIO CORPORATION, DIO CO LTD, DIO IMPLANT, 디오	DIO 로 통합

5. Python 기반 출원인명 정제 규칙

아래 코드는 본 연구에서 적용 가능한 출원인명 정제 규칙을 재현 가능한 형태로 정리한 것이다. 실제 분석에서는 원천 데이터의 출원인 필드에 적용하여 출원인_정제와 출원인_표준명 필드를 생성한다.

출원인명 정제 규칙 코드

```
   import re
import pandas as pd


# 1. 법인형태 및 불필요 표기 사전
LEGAL_SUFFIXES = [
    "INC", "INCORPORATED",
    "CORP", "CORPORATION",
    "CO", "COMPANY",
    "LTD", "LIMITED",
    "LLC", "LLP",
    "GMBH", "AG", "KG",
    "SA", "S A", "SAS",
    "BV", "NV",
    "PLC", "PTE", "PTY",
    "AB", "AS", "A S", "OY", "SRL",
    "K K", "KK",
    "주식회사", "㈜", "유한회사", "회사"
]


# 2. 전체 출원인명 1차 정제 함수
def normalize_assignee(name):
    """
    전체 출원인명을 대상으로 적용하는 1차 정제 함수.
    대소문자, 특수문자, 법인형태, 공백을 표준화한다.
    """
```

```
    if pd.isna(name):
        return ""

    name = str(name).strip()

    # 대문자 변환
    name = name.upper()

    # & 표기 통일
    name = name.replace("&", " AND ")

    # 특수문자 제거
    name = re.sub(r"[.,;:()₩[₩]{}]", " ", name)
    name = re.sub(r"[-_/]", " ", name)

    # 공백 정리
    name = re.sub(r"₩s+", " ", name).strip()

    # 법인형태 제거
    for suffix in LEGAL_SUFFIXES:
        suffix_upper = suffix.upper()
        pattern = r"₩b" + re.escape(suffix_upper) + r"₩b"
        name = re.sub(pattern, " ", name)

    # 국문 법인형태 추가 제거
    name = name.replace("주식회사", " ")
    name = name.replace("㈜", " ")
    name = name.replace("유한회사", " ")

    # 최종 공백 정리
    name = re.sub(r"₩s+", " ", name).strip()

    return name


# 3. 대표기업 표준명 사전


STANDARD_ASSIGNEE_MAP = {
    "ALIGN": "ALIGN TECHNOLOGY",
    "ALIGN TECHNOLOGY": "ALIGN TECHNOLOGY",
    "ALIGN TECH": "ALIGN TECHNOLOGY",

    "DENTSPLY": "DENTSPLY SIRONA",
    "SIRONA": "DENTSPLY SIRONA",
    "DENTSPLY SIRONA": "DENTSPLY SIRONA",
    "DENTSPLY INTERNATIONAL": "DENTSPLY SIRONA",
    "SIRONA DENTAL SYSTEMS": "DENTSPLY SIRONA",
```

```
    "OSSTEM": "OSSTEM IMPLANT",
    "OSSTEM IMPLANT": "OSSTEM IMPLANT",
    "OSSTEMIMPLANT": "OSSTEM IMPLANT",
    "오스템": "OSSTEM IMPLANT",
    "오스템임플란트": "OSSTEM IMPLANT",

    "3SHAPE": "3SHAPE",
    "3SHAPE TRIOS": "3SHAPE",
    "3SHAPE DENTAL": "3SHAPE",

    "MEDIT": "MEDIT",
    "메디트": "MEDIT",

    "DIO": "DIO",
    "DIO IMPLANT": "DIO",
    "DIO CORPORATION": "DIO",
    "디오": "DIO"
}


# 4. 대표기업 표준화 함수
def standardize_representative_assignee(name):
    """
    전체 출원인명 정제 후 대표기업 사전을 적용하는 함수.
    대표기업에 해당하면 표준 기업명을 반환하고,
    그렇지 않으면 1차 정제명을 그대로 반환한다.
    """

    normalized = normalize_assignee(name)

    for key, standard_name in STANDARD_ASSIGNEE_MAP.items():
        key_norm = normalize_assignee(key)

        if not key_norm:
            continue

        pattern = r"₩b" + re.escape(key_norm) + r"₩b"

        if re.search(pattern, normalized):
            return standard_name

    return normalized


# 5. 복수 출원인 분리 함수
def split_assignees(assignee_text):
    """
    하나의 셀에 복수 출원인이 들어 있는 경우 분리한다.
    데이터 구조에 따라 구분자는 조정 가능하다.
```

```
    """

    if pd.isna(assignee_text):
        return []

    text = str(assignee_text)

    # 복수 출원인 구분자 처리
    parts = re.split(r";|₩||/|,", text)

    # 1차 정제
    cleaned = [normalize_assignee(p) for p in parts]

    # 빈값 제거 및 중복 제거
    cleaned = [p for p in cleaned if p]
    cleaned = list(dict.fromkeys(cleaned))

    return cleaned


# 6. 데이터프레임 적용 예시
def apply_assignee_cleaning(df, assignee_col="출원인"):
    """
    수집 특허 데이터프레임에 출원인 정제 필드를 추가한다.
    """

    df = df.copy()

    df["출원인_정제"] = df[assignee_col].apply(normalize_assignee)
    df["출원인_표준명"] = df[assignee_col].apply(standardize_representative_assignee)
    df["출원인_분리목록"] = df[assignee_col].apply(split_assignees)

    return df


# 사용 예시
# df = pd.read_excel("TextDown_20250703_P123 TOTAL 원천데이터.xlsx")
# df_cleaned = apply_assignee_cleaning(df, assignee_col="출원인")
# df_cleaned.to_excel("01_assignee_cleaned.xlsx", index=False)
```

HANSUNG UNIVERSITY

6. 출원인명 정제 결과의 활용

[부록 표 3-4] 출원인명 정제 결과 활용

산출 항목	산출 방식	활용 위치
전체 정제 출원인명	전체 출원인에 문자열 정규화 적용	원천 데이터 정제
대표기업 표준명	대표기업 사전 기반 표준화	제 5 장 대표기업 분석
기업별 특허 수	표준명 기준 고유 특허 수 집계	제 5 장
최근 특허 수	2020 – 2024 년 기업별 특허 수	제 5 장, 제 6 장
8 자리 CPC 다양성	기업별 고유 8 자리 CPC 수	제 5 장
기업별 8 자리 CPC 포트폴리오	기업 × 8 자리 CPC 출현 행렬	제 6 장
기업별 CPC 조합 경험	기업별 관측 8 자리 CPC 조합 여부	제 6 장 ACE 산출
기업별 ORAHP	기업 × 잠재 CPC 조합 단위 산출	제 6 장

HANSUNG UNIVERSITY

부록 4. CPC 코드 표준화 및 CPC 조합 생성 기준

1. CPC 코드 표준화의 목적

본 연구는 특허에 부여된 CPC(Cooperative Patent Classification)를 활용하여 치과 의료기기 산업의 기술융합 구조를 분석하였다. CPC 코드는 기술영역을 계층적으로 표현하기 때문에 산업 수준의 융합구조 분석과 기업 수준의 세부 기술기회 분석에 모두 활용할 수 있다.

다만 원천 데이터의 CPC 코드는 슬래시, 공백, 하이픈, 세부기호 등이 혼재되어 있으므로, 분석 전에 동일한 형식으로 표준화해야 한다. 본 연구에서는 산업 수준 분석에는 4자리 CPC, 기업 수준 분석에는 8자리 CPC를 사용하였다. 선행 연구에서도 CPC 공동분류 정보를 활용하여 네트워크를 구축하고 Node2Vec 기반 링크 예측을 수행한 것으로 제시되어 있다. 또한 선행 연구에서는 A61C, A61B, A61L, B33Y, G16H, G06T/G06N, H04W 등을 주요 치과 의료기기 관련 CPC 영역으로 정의하였다.

2. CPC 분석 수준

[부록 표 4-1] CPC 분석 수준과 활용 목적

구분	예시	분석 목적	활용 장
4 자리 CPC	A61C, A61B, G06T, G16H	산업 수준 핵심 CPC 기술분야 주요 관측 CPC 조합 도출	제 4 장
8 자리 CPC	A61C-0009, G16H-0050	세부 잠재 기술조합 및 기업별 OR 분석	제 4 장, 제 6 장
4 자리 CPC 조합	A61C-G16H	산업 수준 기술융합 관계 분석	제 4 장
8 자리 CPC 조합	A61C-0009__ G16H-0050	기업별 기술기회 활용 준비도 산출	제 6 장

3. CPC 코드 표준화 기준

[부록 표 4-2] CPC 코드 표준화 기준

원자료 형태	표준화 후	처리 기준
A61C 9/00	A61C-0009	공백 제거, 메인그룹 4 자리 변환
A61C-0009/00	A61C-0009	슬래시 이하 세부기호 제거
G16H 50/20	G16H-0050	메인그룹 4 자리 보존
G06T 2207/00	G06T-2207	8 자리 CPC 로 정규화
B33Y10/00	B33Y-0010	코드 자리수 통일

본 연구에서 8자리 CPC는 서브클래스-메인그룹 4자리 형식으로 구성하였다. 예를 들어 A61C 9/00은 A61C-0009로 변환하였다. 슬래시 이하의 세부 번호는 분석의 희소성을 줄이고 기업 간 비교 가능성을 높이기 위해 제외하였다.

4. 주요 CPC 영역

[부록 표 4-3] 본 연구의 주요 CPC 기술영역

CPC	기술영역	본 연구 내 해석
A61C	치과학	치과 치료, 보철, 교정, 임플란트의 중심 기술
A61B	진단·수술 장치	치과 영상진단, 수술계획, 진단보조 기술
A61L	생체재료	임플란트 소재, 골이식재, 생체적합 소재
A61F	보철·임플란트 관련 장치	임플란트 및 보철기기 관련 기술
G06T	영상처리	CBCT, 구강스캐너, 영상분석
G06N	인공지능	AI 진단, 자동 설계, 예측 알고리즘
G16H	의료정보	의료데이터, 디지털 헬스, 진료정보 플랫폼
B33Y	적층제조	3D 프린팅, 맞춤형 보철, 수술가이드
H04W	무선통신	IoT 센서, 원격 모니터링, 데이터 전송
G06F	컴퓨팅	CAD/CAM, 소프트웨어, 데이터 처리

5. CPC 조합 생성 기준

CPC 조합은 하나의 특허에 동시에 부여된 서로 다른 CPC 코드의 조합으로 정의하였다. 동일 특허 내에서 두 개 이상의 CPC가 존재하는 경우, 가능한 모든 조합을 생성하였다. 이때 조합은 방향성이 없는 무방향 관계로 처리하였다.

[부록 표 4-4] CPC 조합 생성 기준

구분	처리 기준
pair 생성 단위	동일 특허 내 고유 CPC 코드 조합
관계 방향	무방향
자기 연결	동일 CPC 간 조합은 제외
중복 처리	동일 특허 내 동일 조합은 1 회만 계산
가중치	동일 조합이 함께 출현한 특허 수
4 자리 조합	산업 수준 공동출현 네트워크 구축
8 자리 조합	잠재 기술조합 및 기업별 OR 분석

6. CPC 조합 생성 예시

하나의 특허에 다음 8자리 CPC가 부여되어 있다고 가정한다.

특허 ID	8 자리 CPC 리스트
P001	A61C-0009, G16H-0050, G06T-2207

이 경우 생성되는 8자리 CPC 조합은 다음과 같다.

생성 조합	해석
A61C-0009__G16H-0050	치과 보철·치료 기술과 의료정보 기술의 결합
A61C-0009__G06T-2207	치과 보철·치료 기술과 영상처리 기술의 결합
G06T-2207__G16H-0050	영상처리 기술과 의료정보 기술의 결합

4자리 CPC로 변환하면 다음과 같다.

8 자리 CPC 조합	4 자리 CPC 조합
A61C-0009__G16H-0050	A61C__G16H
A61C-0009__G06T-2207	A61C__G06T
G06T-2207__G16H-0050	G06T__G16H

7. Python 기반 CPC 표준화 및 조합 생성 규칙

CPC 표준화 및 조합 생성 규칙

```
  import re
import itertools
import pandas as pd


def normalize_cpc8(code):
    """
    원자료 CPC 코드를 8자리 분석 단위로 표준화한다.
    예: A61C 9/00 -> A61C-0009
        G16H 50/20 -> G16H-0050
    """

    if pd.isna(code):
        return None

    code = str(code).upper().strip()

    # 공백, 하이픈 정리
    code = code.replace("-", " ")
    code = re.sub(r"₩s+", " ", code)

    # CPC 패턴 추출: A61C 9/00, G16H 50/20 등
    match = re.search(r"([A-Z]₩d{2}[A-Z])₩s*0*(₩d+)", code)

    if not match:
        return None

    subclass = match.group(1)
    main_group = match.group(2).zfill(4)

    return f"{subclass}-{main_group}"


def normalize_cpc4(code):
```

```
    """
    원자료 CPC 또는 표준화된 CPC8에서 4자리 CPC를 추출한다.
    예: A61C-0009 -> A61C
    """

    if pd.isna(code):
        return None

    code = str(code).upper().strip()

    match = re.search(r"([A-Z]₩d{2}[A-Z])", code)

    if not match:
        return None

    return match.group(1)


def split_cpc_list(cpc_text):
    """
    하나의 셀에 포함된 복수 CPC 코드를 분리한다.
    원자료 구분자에 따라 ;, ,, | 등을 사용한다.
    """

    if pd.isna(cpc_text):
        return []

    parts = re.split(r";|,|₩|", str(cpc_text))

    cpc8_list = [normalize_cpc8(p) for p in parts]
    cpc8_list = [c for c in cpc8_list if c is not None]

    # 중복 제거
    cpc8_list = list(dict.fromkeys(cpc8_list))

    return cpc8_list


def make_pairs(code_list):
    """
    동일 특허 내 CPC 리스트에서 무방향 조합을 생성한다.
    """

    unique_codes = sorted(set(code_list))

    if len(unique_codes) < 2:
        return []

    pairs = [
```

```
        f"{a}-{b}"
        for a, b in itertools.combinations(unique_codes, 2)
        if a != b
    ]

    return pairs


def cpc8_to_cpc4_pairs(cpc8_list):
    """
    CPC8 리스트를 CPC4로 변환한 뒤 4자리 조합을 생성한다.
    """

    cpc4_list = [normalize_cpc4(c) for c in cpc8_list]
    cpc4_list = [c for c in cpc4_list if c is not None]
    cpc4_list = list(dict.fromkeys(cpc4_list))

    return make_pairs(cpc4_list)


def apply_cpc_processing(df, cpc_col="Current CPC All"):
    """
    수집 특허 데이터에 CPC8 리스트, CPC4 리스트,
    8자리 CPC 조합, 4자리 CPC 조합 필드를 추가한다.
    """

    df = df.copy()

    df["CPC8_LIST"] = df[cpc_col].apply(split_cpc_list)
    df["CPC4_LIST"] = df["CPC8_LIST"].apply(
        lambda x: list(dict.fromkeys([normalize_cpc4(c) for c in x if
normalize_cpc4(c)]))
    )

    df["CPC8_PAIR_LIST"] = df["CPC8_LIST"].apply(make_pairs)
    df["CPC4_PAIR_LIST"] = df["CPC8_LIST"].apply(cpc8_to_cpc4_pairs)

    df["CPC8_PAIR_COUNT"] = df["CPC8_PAIR_LIST"].apply(len)
    df["CPC4_PAIR_COUNT"] = df["CPC4_PAIR_LIST"].apply(len)

    return df


# 사용 예시
# df = pd.read_excel("TextDown_20250703_P123 TOTAL 원천데이터.xlsx")
# df_cpc = apply_cpc_processing(df, cpc_col="Current CPC All")
# df_cpc.to_excel("02_cpc_pair_processed.xlsx", index=False)
```

8. 조합 가능 특허 산출 기준

[부록 표 4-5] 조합 가능 특허 산출 기준

구분	산출 기준
4 자리 CPC pair 가능 특허	동일 특허 내 서로 다른 4 자리 CPC 가 2 개 이상 존재
8 자리 CPC pair 가능 특허	동일 특허 내 서로 다른 8 자리 CPC 가 2 개 이상 존재
4 자리 조합 불가능 사례	여러 8 자리 CPC 가 있으나 모두 같은 4 자리 CPC 에 속하는 경우
8 자리 조합 가능 사례	같은 A61C 내부라도 A61C-0008, A61C-0009 처럼 세부 코드가 다른 경우

현재 논문에서는 최종 데이터셋을 다음과 같이 구성하였다.

[부록 표 4-6] CPC 조합 가능 특허 수

항목	값
원천 데이터 행 수	34,649
고유 특허 수	18,957
4 자리 CPC 조합 생성 가능 특허 수	13,270
8 자리 CPC 조합 생성 가능 특허 수	16,177

9. CPC 조합 데이터의 활용

[부록 표 4-7] CPC 조합 데이터 활용

데이터	활용 목적
4 자리 CPC 조합	산업 수준 공동출현 네트워크 구축
4 자리 CPC 조합 가중치	핵심 CPC 기술분야 및 주요 관측 CPC 조합 도출
4 자리 CPC Louvain 군집	산업 수준 기술군집 해석
8 자리 CPC 조합	세부 잠재 기술조합 후보군 구성
미관측 8 자리 CPC 조합	Node2Vec 기반 잠재 CPC 조합 예측
기업별 8 자리 CPC	기업별 기술포트폴리오 및 OR 산출
기업별 8 자리 CPC 조합 경험	ACE 산출
최근 8 자리 CPC 출현	RA 산출

부록 5. Node2Vec 분석 파라미터 및 잠재 CPC 조합 선별

1. Node2Vec 분석의 목적

본 연구는 산업 수준의 4자리 CPC 공동출현 네트워크에서 주요 관측 CPC 조합을 도출한 후, 해당 CPC 조합 내부에서 아직 관측되지 않았지만 구조적으로 결합 가능성이 높은 8자리 CPC 조합을 탐색하였다. 이를 위해 8자리 CPC 공동출현 네트워크를 구축하고, Node2Vec 기반 노드 임베딩을 수행하였다.

Node2Vec은 네트워크의 구조적 관계를 저차원 벡터공간에 표현하는 방법이다. 동일 네트워크 내에서 유사한 연결 패턴을 갖는 CPC 노드는 임베딩 공간에서 가까운 위치에 배치된다. 따라서 직접 공동출현하지 않은 CPC 조합이라 하더라도 임베딩 벡터 간 유사도가 높으면 구조적 근접성이 높은 잠재 기술조합 후보로 해석할 수 있다.

관련 선행연구에서도 Node2Vec 기반 링크 예측을 통해 기존 특허 네트워크에서 관측되지 않은 신규 기술융합 가능성을 탐색한 것으로 제시되어 있다. 또한 선행 연구는 CPC 공동출현 네트워크를 구축한 뒤 Node2Vec을 활용해 잠재 기술조합을 도출하는 분석 절차가 설명되어 있다.

2. Node2Vec 입력 네트워크

[부록 표 5-1] Node2Vec 입력 네트워크 구성

구분	내용
네트워크 유형	8 자리 CPC 공동출현 네트워크
노드	8 자리 CPC 코드
엣지	동일 특허 내 8 자리 CPC 공동출현 관계
엣지 방향	무방향
엣지 가중치	동일 CPC 조합이 함께 출현한 특허 수
관측 조합	2010 – 2024 년 특허에서 실제 공동출현한 8 자리 CPC 조합
미관측 CPC 조합	동일 후보군 내에서 아직 공동출현하지 않은 8 자리 CPC 조합
분석 목적	미관측 CPC 조합 중 구조적 유사도가 높은 잠재 기술조합 도출

3. Node2Vec 파라미터 설정

본 연구에서 사용한 Node2Vec 파라미터는 다음과 같다.

[부록 표 5-2] Node2Vec 파라미터 설정

파라미터	값	의미
embedding dimension	128	각 CPC 노드를 128 차원 벡터로 표현
walk length	80	한 번의 random walk 에서 이동하는 노드 수
number of walks	10	각 노드에서 시작하는 random walk 반복 횟수
window size	10	Skip-gram 학습에서 주변 노드를 고려하는 범위
p	1.0	이전 노드로 되돌아갈 확률 조절
q	1.0	BFS/DFS 탐색 성향 조절
workers	4	병렬 처리 수
min count	1	최소 등장 빈도 기준
batch words	4	학습 배치 크기
seed	42	재현 가능성 확보를 위한 난수 고정값

본 연구에서는 p=1.0, q=1.0을 적용하였다. 이는 특정하게 BFS 또는 DFS 탐색을 강하게 편향시키기보다, 지역적 연결성과 전역적 구조를 균형 있게 반영하기 위한 설정이다.

4. 잠재 CPC 조합 선별 절차

Node2Vec 임베딩 결과를 활용하여 모든 미관측 8자리 CPC 조합에 대해 코사인 유사도를 계산하였다. 이후 중심 4자리 CPC 조합과 연결되는 8자리 후보군 내부에서 구조적 근접성이 높은 조합을 잠재 기술조합 후보로 선별하였다.

[부록 표 5-3] 잠재 CPC 조합 선별 절차

단계	처리 내용
1	8 자리 CPC 공동출현 네트워크 구축
2	Node2Vec 으로 각 CPC8 노드의 임베딩 벡터 산출

3	동일 후보군 내 가능한 모든 8 자리 CPC 조합 생성
4	기존 특허에서 이미 관측된 조합 제거
5	미관측 CPC 조합의 코사인 유사도 계산
6	구조적 근접성 기준 상위 조합 도출
7	4 자리 주요 관측 CPC 조합과 연결되는 조합만 선별
8	기업별 OR 분석 대상 잠재 CPC 조합으로 확정

5. 코사인 유사도 산출식

두 CPC 노드 i, j의 Node2Vec 임베딩 벡터를 각각 z_i, z_j라고 할 때, 두 노드 간 구조적 유사도는 다음과 같이 계산하였다.

$$Sim(i,j) = \frac{z_i \cdot z_j}{\|z_i\| \|z_j\|}$$

여기서 $Sim(i,j)$는 CPC i와 CPC j의 코사인 유사도이다. 값이 1에 가까울수록 두 CPC 노드가 네트워크 내에서 구조적으로 유사한 위치에 있음을 의미한다.

6. Python 기반 Node2Vec 실행 예시

Node2Vec 계산

```
  import pandas as pd
import networkx as nx
from node2vec import Node2Vec
from sklearn.metrics.pairwise import cosine_similarity
import itertools
import numpy as np


# 1. 8자리 CPC 조합 데이터 불러오기
# columns 예시: source, target, weight
edge_df = pd.read_csv("cpc8_edges.csv")


# 2. 8자리 CPC 공동출현 네트워크 구축
```

```
G = nx.Graph()

for _, row in edge_df.iterrows():
    G.add_edge(
        row["source"],
        row["target"],
        weight=float(row["weight"])
    )


# 3. Node2Vec 파라미터 설정
node2vec = Node2Vec(
    G,
    dimensions=128,
    walk_length=80,
    num_walks=10,
    p=1.0,
    q=1.0,
    workers=4,
    seed=42,
    weight_key="weight"
)


# 4. 임베딩 학습
model = node2vec.fit(
    window=10,
    min_count=1,
    batch_words=4,
    seed=42
)


# 5. 노드 임베딩 벡터 추출
nodes = list(G.nodes())
embeddings = {
    node: model.wv[node]
    for node in nodes
}


# 6. 관측 조합 집합 생성
observed_pairs = set()

for u, v in G.edges():
    pair = tuple(sorted([u, v]))
    observed_pairs.add(pair)
```

HANSUNG UNIVERSITY

```
# 7. 전체 가능한 조합 중 미관측 CPC 조합 생성
candidate_pairs = []

for u, v in itertools.combinations(nodes, 2):
    pair = tuple(sorted([u, v]))

    if 조합 not in observed_pairs:
        candidate_pairs.append(pair)


# 8. 미관측 CPC 조합의 코사인 유사도 계산
results = []

for u, v in candidate_pairs:
    vec_u = embeddings[u].reshape(1, -1)
    vec_v = embeddings[v].reshape(1, -1)

    sim = cosine_similarity(vec_u, vec_v)[0][0]

    results.append({
        "source": u,
        "target": v,
        "similarity": sim
    })


latent_pair_df = pd.DataFrame(results)


# 9. similarity 기준 정렬
latent_pair_df = latent_pair_df.sort_values(
    by="similarity",
    ascending=False
)


# 10. 결과 저장
latent_pair_df.to_csv(
    "node2vec_latent_cpc8_pairs.csv",
    index=False,
    encoding="utf-8-sig"
  )
```

7. 주요 관측 CPC 조합 기반 후보군 제한

본 연구는 모든 미관측 8자리 CPC 조합을 그대로 기업별 OR 분석에 사용

하지 않았다. 산업 수준 분석에서 도출된 중심 4자리 CPC 조합을 기준으로 후보군을 제한하였다. 이는 의미 없는 조합이 과도하게 포함되는 것을 방지하고, 산업적으로 해석 가능한 잠재 CPC 조합만을 분석하기 위한 절차이다.

[부록 표 5-4] 주요 관측 CPC 조합 기반 후보군 제한 기준

구분	내용
1 차 기준	제 4 장에서 도출된 중심 4 자리 CPC 조합
2 차 기준	해당 4 자리 CPC 조합에 속하는 8 자리 CPC 조합
3 차 기준	기존 특허에서 관측되지 않은 미관측 CPC 조합
4 차 기준	Node2Vec 코사인 유사도 상위 조합
최종 활용	기업별 OR 분석 대상 잠재 CPC 조합

8. Node2Vec 결과의 해석 기준

[부록 표 5-5] Node2Vec 구조적 근접성 해석 기준

similarity 수준	해석
매우 높음	네트워크 내 구조적 위치가 매우 유사하며 잠재 결합 가능성이 큼
높음	기술적 연관성 또는 향후 공동출현 가능성이 비교적 높음
중간	구조적 근접성은 있으나 추가 검토 필요
낮음	현재 네트워크 구조상 결합 가능성이 낮음
0 이하	구조적 유사성이 낮거나 기술적 관련성이 약함

단, Node2Vec similarity는 기술조합의 실현 가능성을 직접 의미하지 않는다. 이는 특허 네트워크 구조상 두 CPC가 유사한 위치에 있다는 것을 의미하며, 실제 사업화 가능성은 기업의 보유기술, 최근 활동성, 인접 조합 경험, 선도기업 점유도 등을 함께 고려해야 한다.

부록 6. 기술기회 활용 준비도 OR^{AHP} 산출

1. 산출 목적

본 부록은 제6장에서 사용한 기업별 기술기회 활용 준비도 OR^{AHP}의 산출 방식을 예시로 제시한다. 본 연구의 OR^{AHP}는 산업 수준에서 도출된 잠재 CPC 조합이 특정 기업에게 실제로 활용 가능한 전략적 기술기회인지 평가하기 위한 지표이다.

선행연구에서는 Node2Vec 기반으로 잠재 기술조합을 도출하고, 이를 중소기업 전략기회로 해석하였다. 본 박사논문에서는 이를 확장하여 잠재 CPC 조합 자체의 유망성뿐 아니라, 개별 기업의 기존 기술포트폴리오와의 적합성을 함께 평가하였다.

2. OR^{AHP} 구성요소

[부록 표 6-1] OR^{AHP} 구성요소

약어	풀네임	의미
PS	Portfolio Similarity	기업의 기존 8자리 CPC 포트폴리오와 잠재 CPC 조합 간 구조적 유사도
CC	Component Code Coverage	잠재 CPC 조합을 구성하는 8자리 CPC 코드의 기업 보유 여부
ACE	Adjacent Combination Experience	기업이 과거에 인접 CPC 조합을 경험한 정도
RA	Recent Activity	최근 2020–2024년 해당 기술영역에서의 활동성
CI	Competitive Intensity	선도기업 점유도에 따른 경쟁강도 보정 지표

3. 최종 산식

본 연구의 AHP 가중 OR은 다음과 같이 산출하였다.

$$OR_{f,p}^{AHP} = 0.2918PS_{f,p} + 0.3261CC_{f,p} + 0.1680ACE_{f,p} + 0.1275RA_{f,p} + 0.0865CI_{p}$$

여기서 f는 기업, p는 잠재 CPC 조합을 의미한다.

4. 산출 예시

예를 들어 특정 기업 f가 잠재 CPC 조합 p=A61C-0009__G16H-0050에 대해 다음 값을 가진다고 가정한다.

[부록 표 6-2] OR^{AHP} 산출 예시

구성요소	값	가중치	가중값
PS	0.82	0.2918	0.2393
CC	1.00	0.3261	0.3261
ACE	0.60	0.1680	0.1008
RA	0.75	0.1275	0.0956
CI	0.40	0.0865	0.0346
합계	-	1.0000	0.7964

라서 해당 기업의 잠재 CPC 조합 p에 대한 기술기회 활용 준비도는 다음과 같다.

$$OR_{f,p}^{AHP} = 0.7964$$

5. 해석 기준

[부록 표 6-3] OR^{AHP} 해석 기준

OR^{AHP} 범위	해석
0.80 이상	매우 높은 기술기회 활용 준비도
0.60 이상 – 0.80 미만	비교적 높은 기술기회 활용 준비도
0.40 이상 – 0.60 미만	중간 수준의 기술기회 활용 준비도
0.40 미만	낮은 기술기회 활용 준비도

6. Python 계산 예시

OR 계산식

```
def calculate_or_ahp(ps, cc, ace, ra, ci):
    weights = {
        "PS": 0.2918,
        "CC": 0.3261,
        "ACE": 0.1680,
        "RA": 0.1275,
        "CI": 0.0865
    }

    or_score = (
        weights["PS"] * ps +
        weights["CC"] * cc +
        weights["ACE"] * ace +
        weights["RA"] * ra +
        weights["CI"] * ci
    )

    return round(or_score, 4)


# 예시
or_score = calculate_or_ahp(
    ps=0.82,
    cc=1.00,
    ace=0.60,
    ra=0.75,
    ci=0.40
)

print(or_score)
```

출력값:

0.7964

HANSUNG UNIVERSITY

부록 7. OR 구성요소 가중치 산출을 위한 AHP 전문가 설문지

AHP 기반 기술기회 활용 준비도(OR)
구성요소 가중치 산출 전문가 설문지

박사학위논문 연구용 전문가 평가

본 설문지는 기업별 기술기회 활용 준비도(Opportunity Readiness, OR)를 구성하는

다섯 요소의 상대적 중요도를 AHP 방식으로 산출하기 위한 전문가 쌍대비교 설문입니다.

연구 주제	디지털 전환 환경에서 중소기업의 접근 가능한 기술기회 탐색 프레임워크
설문 목적	OR 구성요소별 상대적 중요도 산출
평가 방법	AHP 쌍대비교, Saaty 1-9 척도
평가 요소	PS, CC, ACE, RA, CI
소요 시간	약 10~15 분

응답자께서 제공하신 자료는 학술연구 목적으로만 활용되며, 개인 식별 정보는 연구결과에 직접 공개하지 않습니다.

HANSUNG UNIVERSITY

1. 설문 목적

본 설문은 박사학위논문 연구에서 제안하는 기술기회 활용 준비도(Opportunity Readiness, OR) 지표의 구성요소별 상대적 중요도를 산출하기 위한 전문가 평가입니다.

본 연구는 특정 기업이 특정 잠재 기술조합을 활용할 준비가 되어 있는지를 평가하기 위해 포트폴리오 유사도, 구성기술 보유도, 인접 기술조합 경험, 최근 활동성, 경쟁 접근성의 다섯 요소를 사용합니다. 다만 이 다섯 요소가 기술기회 활용 준비도 평가에서 동일한 중요도를 갖는다고 보기 어렵기 때문에, 본 설문에서는 AHP 를 활용하여 각 요소의 상대적 중요도를 도출하고자 합니다.

2. 응답자 기본 정보

성명	
소속기관	
직위	
전문분야	
관련 경력	□ 5 년 미만 □ 5~10 년 □ 10~15 년 □ 15 년 이상
주요 전문영역	□ 특허분석 □ 기술전략 □ 의료기기 □ 디지털 헬스케어 □ 치과 산업 □ R&D 기획 □ 기업전략 □ 기타: _____
이메일 또는 연락처	

3. OR 구성요소 정의

약어	구성요소	정의	해석
PS	포트폴리오 유사도	기업의 기존 기술포트폴리오가 잠재 기술조합과 구조적으로 얼마나 가까운가	높을수록 기존 보유기술과 가까운 기회
CC	구성기술 보유도	기업이 잠재 기술조합을 구성하는 세부 기술을 직접 보유하고 있는가	높을수록 직접 접근 가능성 높음
ACE	인접 기술조합 경험	기업이 잠재 기술조합의 구성기술을 다른 기술과 조합해 본 경험이 있는가	높을수록 재조합 경험 기반 활용 가능성 높음
RA	최근 활동성	기업이 해당 기술영역에서 최근에도 특허활동을 수행하고 있는가	높을수록 현재 기술개발 관심과 역량이 유지됨
CI	경쟁 접근성	선도기업 점유도가 낮아 도전기업이 접근할 여지가 있는가	높을수록 경쟁적으로 상대적으로 열려 있음

4. AHP 평가 방법 안내

각 문항에서는 두 개의 OR 구성요소를 비교합니다. 두 요소 중 기업의 기술기회 활용 준비도 평가에서 더 중요하다고 판단되는 요소를 선택하고, 그 중요도 정도를 표시해 주십시오.

척도	의미
1	두 요소가 동일하게 중요함
3	한 요소가 다른 요소보다 약간 중요함
5	한 요소가 다른 요소보다 중요함
7	한 요소가 다른 요소보다 매우 중요함
9	한 요소가 다른 요소보다 절대적으로 중요함
2, 4, 6, 8	위 판단의 중간값

응답 예시: PS 가 CC 보다 "중요함"이라고 판단하면 왼쪽의 5 에 표시합니다. 반대로 CC 가 PS 보다 "매우 중요함"이라고 판단하면 오른쪽의 7 에 표시합니다.

5. AHP 쌍대비교 문항

문항 1. PS vs CC

포트폴리오 유사도(PS)와 구성기술 보유도(CC) 중, 기업의 기술기회 활용 준비도 평가에서 어느 요소가 더 중요하다고 판단하십니까?

왼쪽 기준	왼쪽이 더 중요	동일	오른쪽이 더 중요	오른쪽 기준
PS	□9 □7 □5 □3 □2	□1	□2 □3 □5 □7 □9	CC

선택값: _____ 판단 근거(선택): _____

문항 2. PS vs ACE

포트폴리오 유사도(PS)와 인접 기술조합 경험(ACE) 중, 기업의 기술기회 활용 준비도 평가에서 어느 요소가 더 중요하다고 판단하십니까?

왼쪽 기준	왼쪽이 더 중요	동일	오른쪽이 더 중요	오른쪽 기준
PS	□9 □7 □5 □3 □2	□1	□2 □3 □5 □7 □9	ACE

선택값: _____ 판단 근거(선택): _____

문항 3. PS vs RA

포트폴리오 유사도(PS)와 최근 활동성(RA) 중, 기업의 기술기회 활용 준비도 평가에서 어느 요소가 더 중요하다고 판단하십니까?

왼쪽 기준	왼쪽이 더 중요	동일	오른쪽이 더 중요	오른쪽 기준
PS	□9 □7 □5 □3 □2	□1	□2 □3 □5 □7 □9	RA

선택값: _____ 판단 근거(선택): _____

문항 4. PS vs CI

포트폴리오 유사도(PS)와 경쟁 접근성(CI) 중, 기업의 기술기회 활용 준비도 평가에서 어느 요소가 더 중요하다고 판단하십니까?

왼쪽 기준	왼쪽이 더 중요	동일	오른쪽이 더 중요	오른쪽 기준
PS	□9 □7 □5 □3 □2	□1	□2 □3 □5 □7 □9	CI

선택값: _____ 판단 근거(선택): _____

문항 5. CC vs ACE

구성기술 보유도(CC)와 인접 기술조합 경험(ACE) 중, 기업의 기술기회 활용 준비도 평가에서 어느 요소가 더 중요하다고 판단하십니까?

왼쪽 기준	왼쪽이 더 중요	동일	오른쪽이 더 중요	오른쪽 기준
CC	□9 □7 □5 □3 □2	□1	□2 □3 □5 □7 □9	ACE

선택값: _____ 판단 근거(선택): _____

문항 6. CC vs RA

구성기술 보유도(CC)와 최근 활동성(RA) 중, 기업의 기술기회 활용 준비도 평가에서 어느 요소가 더 중요하다고 판단하십니까?

왼쪽 기준	왼쪽이 더 중요	동일	오른쪽이 더 중요	오른쪽 기준
CC	□9 □7 □5 □3 □2	□1	□2 □3 □5 □7 □9	RA

선택값: _____ 판단 근거(선택): _____

AHP 기반 OR 구성요소 가중치 산출 전문가 설문지

문항 7. CC vs CI

구성기술 보유도(CC)와 경쟁 접근성(CI) 중, 기업의 기술기회 활용 준비도 평가에서 어느 요소가 더 중요하다고 판단하십니까?

왼쪽 기준	왼쪽이 더 중요	동일	오른쪽이 더 중요	오른쪽 기준
CC	□9 □7 □5 □3 □2	□1	□2 □3 □5 □7 □9	CI

선택값: _____ 판단 근거(선택): _____

문항 8. ACE vs RA

인접 기술조합 경험(ACE)와 최근 활동성(RA) 중, 기업의 기술기회 활용 준비도 평가에서 어느 요소가 더 중요하다고 판단하십니까?

왼쪽 기준	왼쪽이 더 중요	동일	오른쪽이 더 중요	오른쪽 기준
ACE	□9 □7 □5 □3 □2	□1	□2 □3 □5 □7 □9	RA

선택값: _____ 판단 근거(선택): _____

문항 9. ACE vs CI

인접 기술조합 경험(ACE)와 경쟁 접근성(CI) 중, 기업의 기술기회 활용 준비도 평가에서 어느 요소가 더 중요하다고 판단하십니까?

왼쪽 기준	왼쪽이 더 중요	동일	오른쪽이 더 중요	오른쪽 기준
ACE	□9 □7 □5 □3 □2	□1	□2 □3 □5 □7 □9	CI

선택값: _____ 판단 근거(선택): _____

문항 10. RA vs CI

최근 활동성(RA)와 경쟁 접근성(CI) 중, 기업의 기술기회 활용 준비도 평가에서 어느 요소가 더 중요하다고 판단하십니까?

왼쪽 기준	왼쪽이 더 중요	동일	오른쪽이 더 중요	오른쪽 기준
RA	□9 □7 □5 □3 □2	□1	□2 □3 □5 □7 □9	CI

선택값: _____ 판단 근거(선택): _____

부록 8. 전문가 내용타당도 검토 설문지

전문가 검증 설문지

Expert Validation Questionnaire for Latent Technology Pairs and Opportunity Readiness

A-0. 설문 안내

본 설문은 특허 네트워크 분석을 통해 도출된 잠재 기술조합과 기업별 기술기회 활용 준비도(OR: Opportunity Readiness) 분석 결과의 산업적·전략적 타당성을 검토하기 위한 전문가 검증 설문입니다.

각 문항은 7 점 리커트 척도로 평가합니다. 1 점은 "전혀 동의하지 않음", 7 점은 "매우 동의함"을 의미합니다.

응답 결과는 연구 목적으로만 활용되며, 개별 전문가의 신상정보나 개별 응답은 익명으로 처리됩니다.

7 점 리커트 척도

점수	의미
1	전혀 동의하지 않음
2	동의하지 않음
3	다소 동의하지 않음
4	보통
5	다소 동의함
6	동의함
7	매우 동의함

A-1. 전문가 기본정보

항목	응답
소속 분야	□ 치과 의료기기 산업 □ 디지털 덴티스트리 □ 치과 임상 □ AI·영상처리 □ 특허·기술전략 □ 학계 □ 기타( )
경력	□ 5 년 이상 □ 10 년 이상 □ 15 년 이상 □ 20 년 이상
주요 전문분야	
현재 직무	
기술평가 또는 자문 경험	□ 있음 □ 없음

A-2. 잠재 기술조합 평가

다음 잠재 기술조합에 대해 귀하의 의견을 평가해 주십시오.

번호	잠재 기술조합	기술적 의미
LP1	A61C-G16H	치과 치료기술-의료정보 결합
LP2	G06T-G16H	영상처리-의료정보 결합
LP3	A61C-G06N	치과 치료기술-인공지능 결합
LP4	A61B-G06T	진단·수술기술-영상처리 결합
LP5	B33Y-G06N	적층제조-인공지능 결합

※ 아래 문항은 각 잠재 기술조합별로 반복 평가합니다.

LP1. A61C-G16H (치과 치료기술-의료정보 결합)

평가 문항	평정(1~7)	비고
해당 기술조합은 치과 의료기기 산업의 기술발전 방향과 부합한다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	

※ 본 설문은 연구 목적의 전문가 검증을 위한 문서입니다.

평가 문항	평정(1~7)	비고
해당 기술조합은 디지털 덴티스트리 흐름과 정합적이다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	
해당 기술조합은 실제 제품 또는 서비스 치료흐름으로 발전 가능성이 있다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	
해당 기술조합은 기술적으로 실현 가능하다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	
해당 기술조합은 산업적 활용 가능성이 있다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	

LP2. G06T-G16H (영상처리-의료정보 결합)

평가 문항	평정(1~7)	비고
해당 기술조합은 치과 의료기기 산업의 기술발전 방향과 부합한다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	
해당 기술조합은 디지털 덴티스트리 흐름과 정합적이다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	
해당 기술조합은 실제 제품 또는 서비스 치료흐름으로 발전 가능성이 있다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	
해당 기술조합은 기술적으로 실현 가능하다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	
해당 기술조합은 산업적 활용 가능성이 있다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	

LP3. A61C-G06N (치과 치료기술-인공지능 결합)

평가 문항	평정(1~7)	비고
해당 기술조합은 치과 의료기기 산업의 기술발전 방향과 부합한다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	
해당 기술조합은 디지털 덴티스트리 흐름과 정합적이다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	
해당 기술조합은 실제 제품 또는 서비스 치료흐름으로 발전 가능성이 있다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	
해당 기술조합은 기술적으로 실현 가능하다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	
해당 기술조합은 산업적 활용 가능성이 있다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	

LP4. A61B-G06T (진단·수술기술-영상처리 결합)

평가 문항	평정(1~7)	비고
해당 기술조합은 치과 의료기기 산업의 기술발전 방향과 부합한다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	
해당 기술조합은 디지털 덴티스트리 흐름과 정합적이다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	
해당 기술조합은 실제 제품 또는 서비스 치료흐름으로 발전 가능성이 있다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	
해당 기술조합은 기술적으로 실현 가능하다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	
해당 기술조합은 산업적 활용 가능성이 있다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	

LP5. B33Y-G06N (적층제조-인공지능 결합)

평가 문항	평정(1~7)	비고

※ 본 설문은 연구 목적의 전문가 검증을 위한 문서입니다.

평가 문항	평정(1~7)	비고
해당 기술조합은 치과 의료기기 산업의 기술발전 방향과 부합한다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	
해당 기술조합은 디지털 덴티스트리 흐름과 정합적이다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	
해당 기술조합은 실제 제품 또는 서비스 치료흐름으로 발전 가능성이 있다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	
해당 기술조합은 기술적으로 실현 가능하다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	
해당 기술조합은 산업적 활용 가능성이 있다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	

A-3. CPC-4-CPC-8 매핑 평가

다음 문항은 산업 수준의 CPC-4 잠재 기술조합을 기업 수준의 CPC 세부그룹 후보조합으로 전환한 방식에 대한 평가입니다.

평가 문항	평정(1~7)	비고
CPC-4 수준의 잠재 기술조합을 CPC 세부그룹 후보조합으로 매핑한 방식은 적절하다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	
CPC 세부그룹 후보조합은 기업별 기술포트폴리오와 비교하기에 적절한 분석 단위이다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	

A-4. OR 구성요소 평가

다음은 기술기회 활용 준비도(OR)를 구성하는 세부 요소에 대한 평가입니다.

코드	OR 구성요소	평가 문항	평정(1~7)
OR1	포트폴리오 유사도	포트폴리오 유사도는 기업별 기술기회 접근 가능성을 설명하는 데 적절하다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7
OR2	구성기술 보유도	구성기술 보유도는 기업별 기술기회 접근 가능성을 설명하는 데 적절하다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7
OR3	융합경험·최근 활동성	과거 융합경험과 최근 활동성은 기술기회 활용 가능성을 판단하는 데 필요하다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7
OR4	선도기업 점유도	선도기업 점유도는 도전기업의 진입장벽 또는 경쟁강도를 설명하는 데 적절하다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7

A-5. OR 기반 전략 해석 평가

평가 문항	평정(1~7)	비고
기업별 OR 결과는 해당 기업의 기존 기술포트폴리오와 정합적이다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	
OR 결과는 기업의 전략적 접근 가능성을 적절히 반영한다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	
OR 결과는 선도기업-도전기업 간 차이를 설명하는 데 유용하다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	
OR-선도기업 점유도 기반 기회공간 해석은 실제 산업 경쟁구조와 정합적이다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	
본 분석결과는 기업의 연구개발 기획 또는 기술전략 수립에 활용 가능하다.	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7	

※ 본 설문은 연구 목적의 전문가 검증을 위한 문서입니다.

ABSTRACT

Patent Network-Based Technology Opportunity Discovery and Firm-Level Opportunity Readiness Assessment: The Case of the Dental Medical Device Industry

Yoo, Seong-Hwan

Major in Smart Factory Consulting

Dept. of Smart Convergence Consulting

The Graduate School

Hansung University

This study proposes an analytical framework for identifying latent technology combinations at the industry level and evaluating firm-level Opportunity Readiness (OR) by linking those combinations to firm-specific technology portfolios. Prior studies on patent-based technological opportunity discovery have mainly focused on identifying promising technology fields or potential technology combinations at the industry level. However, whether an industry-level opportunity can be

translated into an actionable opportunity for a specific firm depends on the firm's existing technology portfolio, component technology ownership, prior recombination experience, recent technological activity, and competitive accessibility. To address this gap, this study connects industry-level latent technology combination discovery with firm-level opportunity readiness assessment.

The empirical analysis focuses on the dental medical device industry and uses patents filed in the United States, Europe, and Korea from 2010 to 2024. After removing duplicates, standardizing CPC codes, and cleaning assignee names, this study constructs a CPC4 co-occurrence network. At the industry level, core technological fields are identified using weighted degree, and technological clusters are examined using the Louvain algorithm. Subsequently, lower-level CPC8 codes are expanded within the selected CPC4 analytical scope, and CPC8 combinations already observed in the patent data are excluded to construct a set of unobserved CPC8 candidate combinations. Node2Vec embeddings and cosine similarity are then used to identify structurally proximate latent technology combinations from this candidate set.

At the firm level, six firms are analyzed: ALIGN TECHNOLOGY, DENTSPLY SIRONA, OSSTEM IMPLANT, 3SHAPE, MEDIT, and DIO. For each firm, a CPC8 technology portfolio and a set of observed CPC8 combination experiences are constructed. The final set of 929 latent technology combination candidates is linked to the CPC8 portfolios of the six firms, resulting in 5,574 firm-candidate units for OR assessment. OR is operationalized through five components: Portfolio Similarity (PS), Component Coverage (CC), Adjacent Combination Experience (ACE), Recent Activity (RA), and Competitive Accessibility (CI). Expert AHP-based weights are applied to calculate firm-level weighted OR, and

the results are presented using each firm's Top10 average OR and Top3 latent technology combinations.

The results show that technological convergence in the dental medical device industry is formed around combinations of traditional dental technologies with diagnostic and surgical technologies, image processing, medical information technology, artificial intelligence, data processing, and additive manufacturing. Node2Vec-based similarity is shown to be useful for exploring structurally proximate latent CPC8 technology combinations that have not yet been observed in existing patent data. However, this similarity should not be interpreted as a probability of future occurrence. Rather, it represents structural proximity within the existing patent co-occurrence network.

The firm-level OR results indicate that the same latent technology combination can have different levels of opportunity readiness across firms, depending on each firm's CPC8 technology portfolio. The Top10 average OR summarizes the overall readiness of each firm for its highest-ranked opportunity candidates, while the Top3 latent technology combinations provide a more detailed interpretation of the core opportunities most closely aligned with each firm's portfolio. These findings suggest that industry-level latent technology combinations do not have the same strategic meaning for all firms. Instead, they become firm-specific technological opportunities only when linked to the firm's existing technological base, prior combination experience, recent activity, and competitive accessibility.

To complement the validity of the analytical results, this study conducts temporal predictive validity assessment and expert content validity review. The temporal assessment examines whether technology combinations that

were unobserved during the training period appear as newly observed combinations in a later validation period. This provides supporting evidence for the predictive relevance of Node2Vec-based latent technology combination discovery. The expert content validity review examines the technological meaning of latent technology combinations, the appropriateness of the OR components, and the interpretability of firm-level OR results in the context of the dental medical device industry.

This study makes several contributions. First, it extends technological opportunity discovery from industry-level identification of promising technology combinations to firm-level evaluation of opportunity readiness. Second, it connects CPC4-based industry-level technological convergence analysis with CPC8-based firm-level technology portfolio analysis, thereby securing both industry-level interpretability and firm-level specificity. Third, it combines Node2Vec-based latent technology combination discovery with OR-based firm-level assessment, expanding the use of patent network analysis beyond observed technological relationships. Fourth, it complements the quantitative analysis through temporal predictive validity assessment and expert content validity review.

In summary, this study provides an analytical approach for identifying latent technology combinations in the dental medical device industry and evaluating their firm-specific opportunity readiness. The proposed framework can support R&D planning, patent portfolio strategy, technology collaboration search, and new product development direction-setting. Nevertheless, the findings should be interpreted within the limits of patent data and CPC-based analysis. Additional firm-level internal data and market data are required to assess commercialization potential and market performance more directly.

Keywords: Technological Opportunity Discovery, Patent Network, CPC Co-occurrence Network, Node2Vec, Latent Technology Combination, Firm Technology Portfolio, Opportunity Readiness, Dental Medical Device Industry

HANSUNG UNIVERSITY