

2024년 한국과학교육학회 제86차 하계학술대회

2022 개정 교육과정 물리학 분야 성취기준의 의미연결망 분석

서지범 (성균관대학교), 조준 (신길중학교), 한수경 (남한고등학교), 하미순 (조선대학교)
*qja1264@g.skku.edu



I. 서론

I 서론

2022
개정
교육과정



성취기준



I 서론

- 2022 개정 교육과정 성취기준 연구
 - 특정 교과목의 2015 개정 교육과정과 2022 개정 교육과정의 성취기준 비교
K. Kang (2023), H. Jho (2023)
 - 에너지 관련 성취기준 분석
H. Jho, H. Noh and J. Choi (2023)

교과목 및 학습 내용 간의 연계성 연구 필요

I 서론

- 의미 연결망 (언어 네트워크) 분석
 - 어떤 단어가 중요한지 또는 어떤 단어 간의 연결이 중요한지 파악 가능
 - 네트워크 구조와 특징을 분석하여, 새로운 정보 도출 가능

1. 각 물리영역 교과목 핵심 단어 도출
2. 물리학 용어 단어 커뮤니티 파악
3. 물리학 분야 과목 간의 연계성 파악

Ⅱ. 연구방법

Ⅱ 연구방법 1. 분석자료

- 2022 개정 교육과정의 과학과 교육과정 중 물리학 관련 성취기준

- 총 127개 성취기준
- 초등학교 '과학' : 37개
- 중학교 '과학': 26개
- '통합과학1,2': 13개
- '물리학': 18개
- '역학과 에너지': 16개
- '전자기와 양자': 17개

1. 열역학 및 통계역학 내용 포함

2. 물리학 및 과학의 전반적인 개념 포함

모든 성취기준 포함

Ⅱ 연구방법 2. 분석방법

1) 데이터 전처리

- 한글 형태소 분석기 Khaiii (Kakao Hangeul Analyzer Ⅲ)

자유 낙하하는 물체의 운동에서
시간에 따른 속력의 변화가 일정함을 분석할 수 있다.

1. 형태소 (단어) 중 일반 명사(NNG) 및 고유 명사(NNP) 추출
2. 물리학용어집과 공동연구자 의견을 토대로 단어 수정

Ⅱ 연구방법 2. 분석방법

1) 데이터 전처리

- 한글 형태소 분석기 Khaiii (Kakao Hangeul Analyzer Ⅲ)

자유 낙하하는 물체의 운동에서
시간에 따른 속력의 변화가 일정함을 분석할 수 있다.

1. 형태소 (단어) 중 일반 명사(NNG) 및 고유 명사(NNP) 추출
2. 물리학용어집과 공동연구자 의견을 토대로 단어 수정

Ⅱ 연구방법 2. 분석방법

1) 데이터 전처리

- 한글 형태소 분석기 Khaiii (Kakao Hangeul Analyzer Ⅲ)

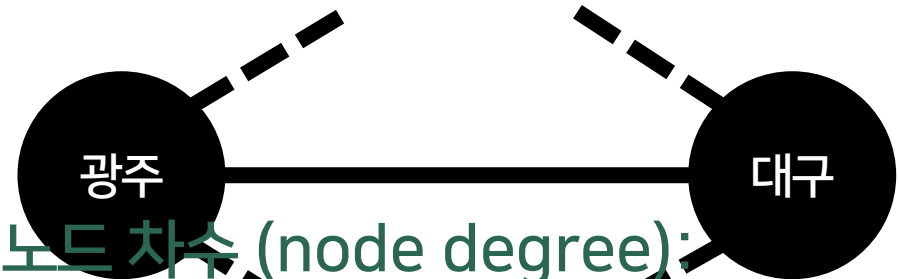
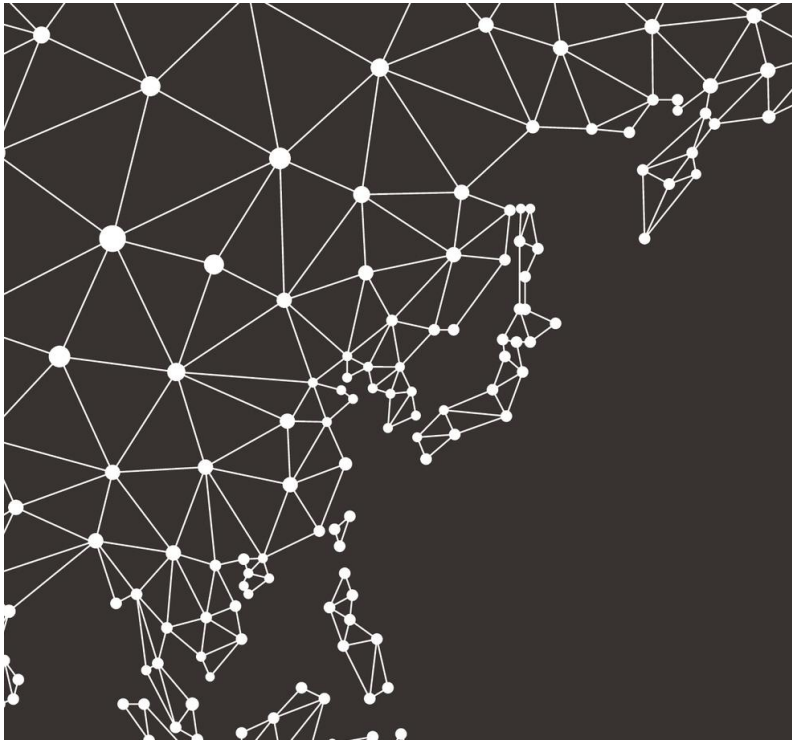
자유 낙하하는 물체의 운동에서
시간에 따른 속력의 변화가 일정함을 분석할 수 있다.

1. 형태소 (단어) 중 일반 명사(NNG) 및 고유 명사(NNP) 추출
2. 물리학용어집과 공동연구자 의견을 토대로 단어 수정

Ⅱ 연구방법 2. 분석방법

2) 언어 네트워크

- 네트워크는 **노드 (node)** 와 **에지 (edge)** 로 이루어진다:

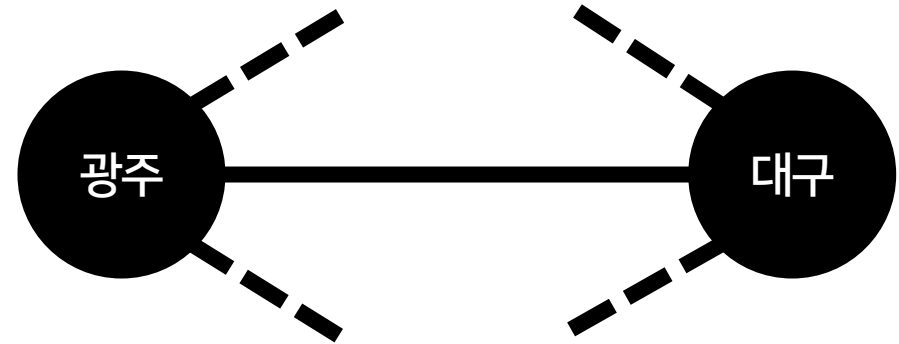
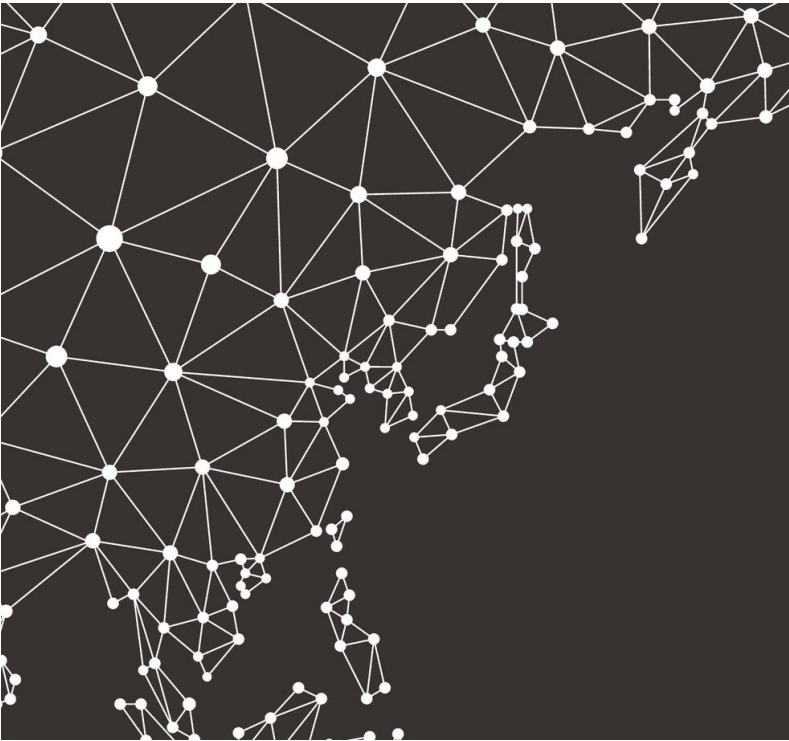


1. **노드 차수 (node degree):**
노드에 연결된 에지 수
2. **에지 가중치 (edge weight):**
노드-노드 연결 횟수
3. **노드 연결강도 (node strength):**
노드에 연결된 모든 에지 가중치 합

Ⅱ 연구방법 2. 분석방법

2) 언어 네트워크

- 네트워크는 **노드 (node)** 와 **에지 (edge)** 로 이루어진다:

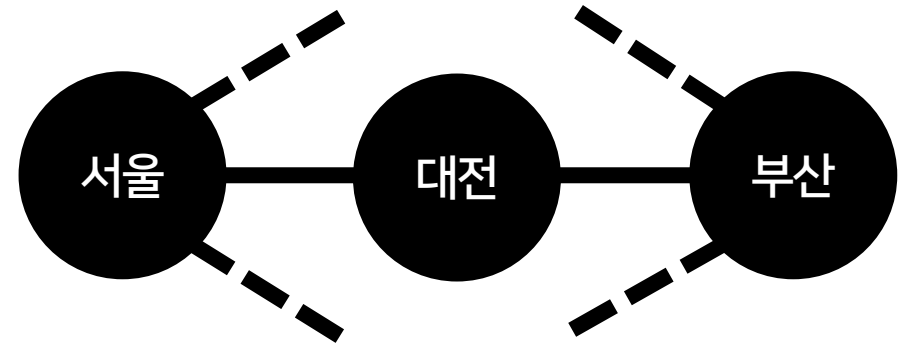
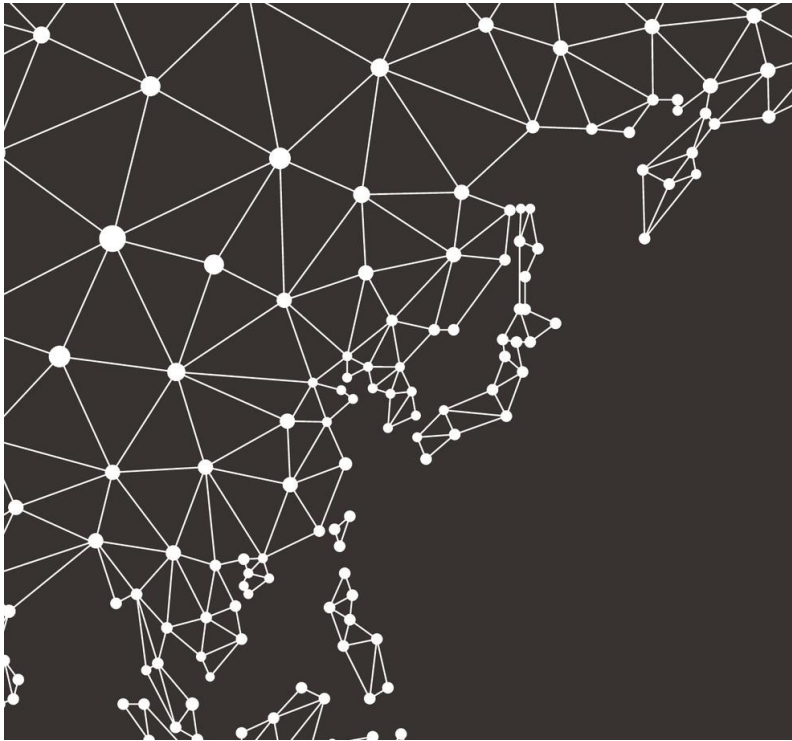


1. **노드 차수 (node degree):**
노드에 연결된 에지 수
2. **에지 가중치 (edge weight):**
노드-노드 연결 횟수
3. **노드 연결강도 (node strength):**
(간단하게 측정한) 어떤 노드의 중요성

Ⅱ 연구방법 2. 분석방법

2) 언어 네트워크

- 네트워크는 **노드 (node)** 와 **에지 (edge)** 로 이루어진다:



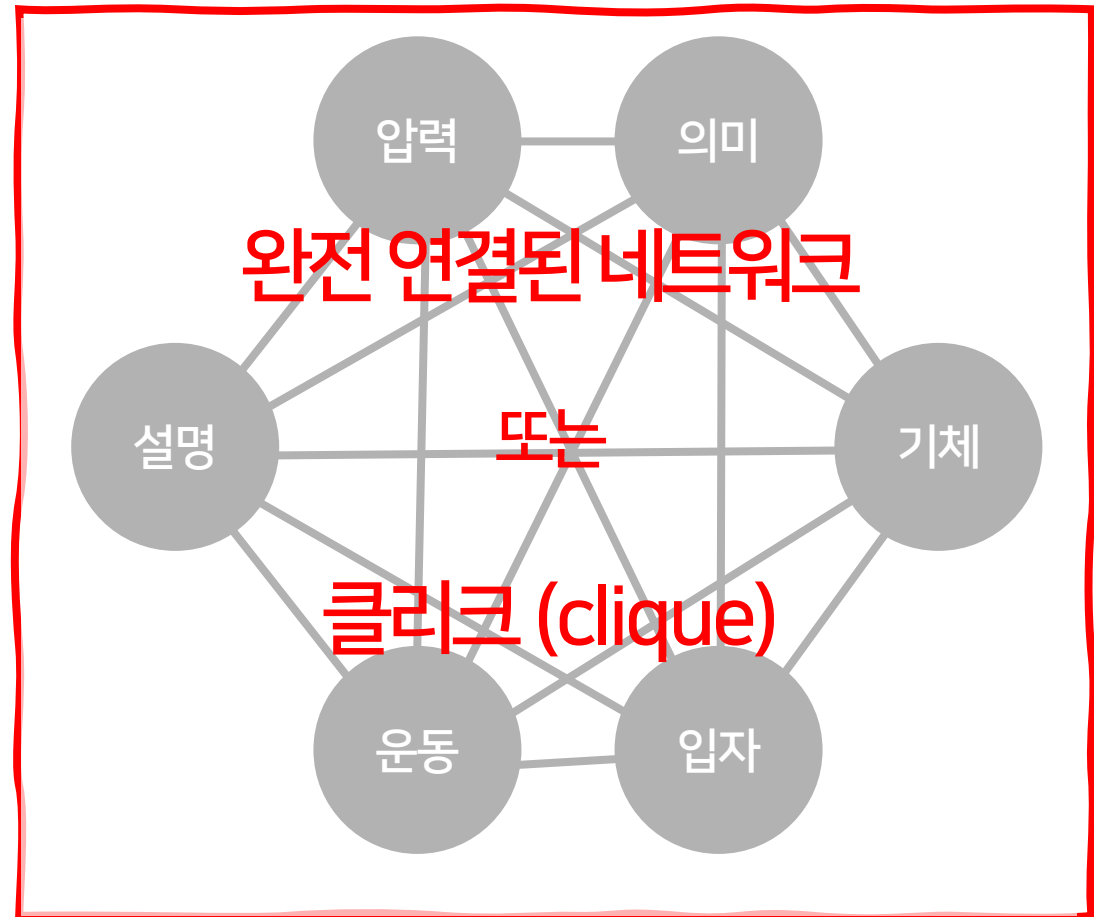
- 4. 랜덤워크 매개 중심성
(random-walk betweenness)
노드 사이에 흐르는 정보에 대한
어떤 노드의 영향력. 0에서 1 사이의 값.

Ⅱ 연구방법 2. 분석방법

2) 언어 네트워크

- 언어 네트워크는 성취기준을 구성하는 **모든 단어를 서로 연결**하여 생성한다:

압력의 의미를 알고,
기체의 압력을 입자의 운동으로
설명할 수 있다.



Ⅱ 연구방법 2. 분석방법

3) 커뮤니티 찾기

- 최대 모듈도 (modularity) 를 찾는

최적화된 탐욕 알고리즘 (optimized greedy algorithm) 활용

A. Clauset, M. E. J. Newman and C. Moore (2004)

1. 모듈도는 커뮤니티 분할을 평가하는 척도로,

무작위로 만들어진 네트워크는 커뮤니티가 없다는 점을 활용한다.

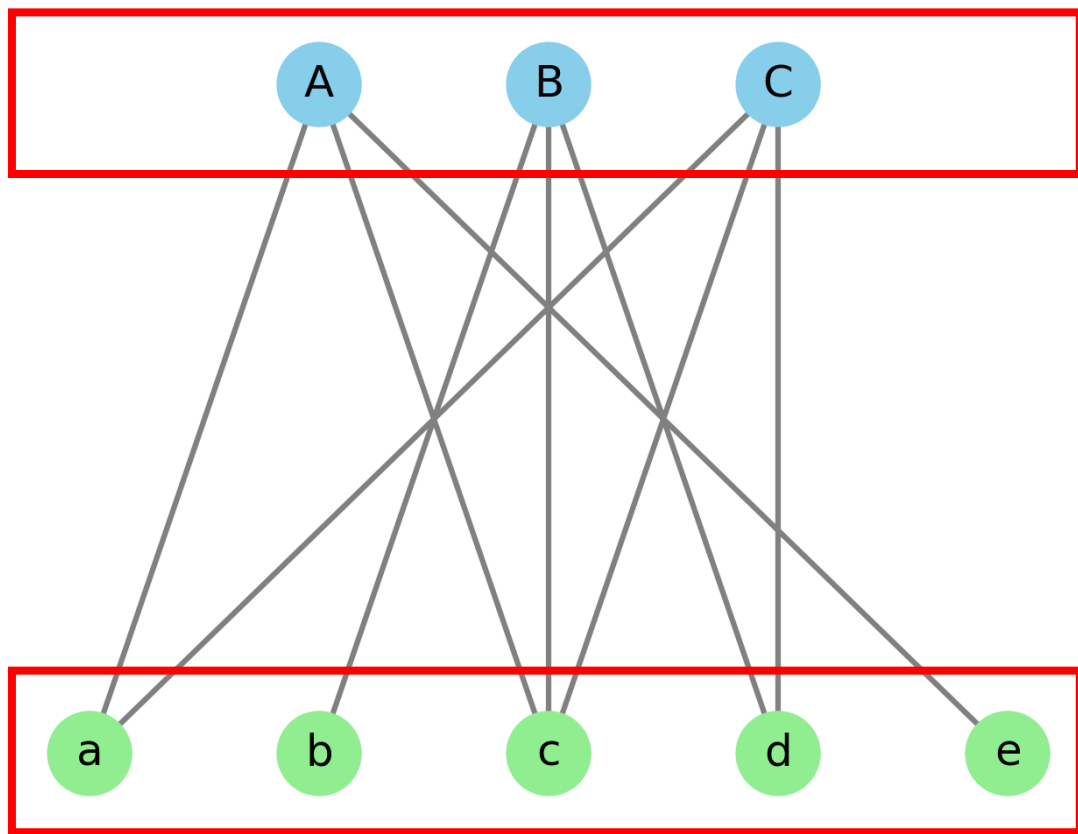
2. 모듈도는 커뮤니티가 잘 분할될수록 그 값이 높으며 최댓값은 1이다.

보통 0.3 이상이면 중요한 커뮤니티 구조가 있다고 판단 가능.

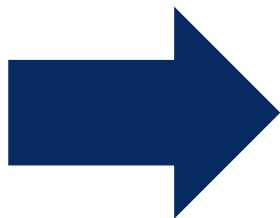
Ⅱ 연구방법 2. 분석방법

4) 이분 네트워크

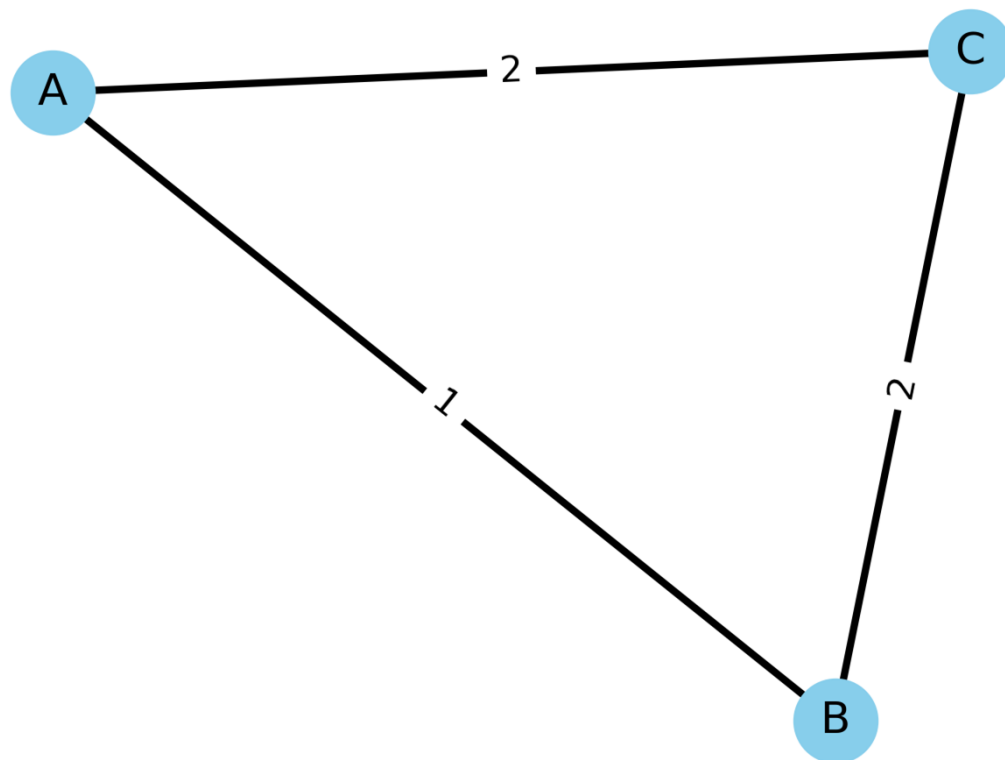
- 물리학 분야 과목의 **연계성**을 분석하기 위해 사용한다.



과목

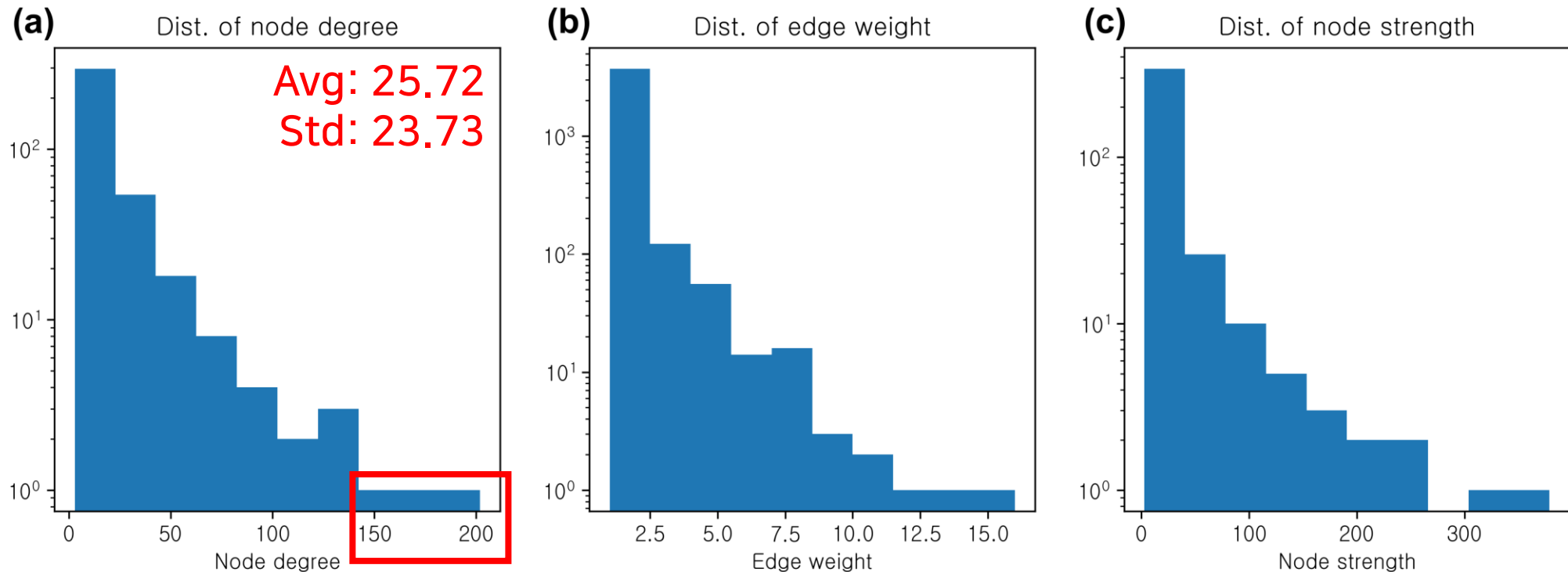


단어



III. 연구결과

연구결과 1. 전체 단어



1. 측정값의 분포는 왼쪽으로 편중(right-skewed, positive skew)

2. 노드 차수의 분포는 멱급수(power law) 분포 $p \sim k^\gamma$ ($\gamma \approx 2.65$):

척도 없는 (scale-free) 특성을 가지며, 에지가 매우 많은 소수의 허브 (hub) 노드 존재 의미

연구결과 1. 전체 단어

노드 연결강도														
순위	전체 교과목		초등학교 과학		중학교 과학		통합과학		물리학		역학과 에너지		전자기와 양자	
1	설명	379	이용	100	설명	102	다양	65	설명	75	설명	88	기술	61
2	이용	309	일상생활	73	일상생활	71	기술	52	빛	40	이해	85	활용	53
3	일상생활	247	조사	65	이용	69	지구	52	활용	39	이용	62	빛	44
4	다양	234	관찰	64	이해	61	일상생활	43	원리	37	예	52	설명	42
5	이해	222	물체	64	물체	61	활용	42	다양	35	다양	49	원리	38
랜덤워크 매개 중심성														
순위	전체 교과목		초등학교 과학		중학교 과학		통합과학		물리학		역학과 에너지		전자기와 양자	
1	설명	0.1571	이용	0.2174	설명	0.2036	다양	0.1786	설명	0.3552	설명	0.3191	기술	0.2025
2	이용	0.1174	물체	0.1860	일상생활	0.1379	적용	0.1749	적용	0.1753	이해	0.3165	설명	0.1905
3	이해	0.0977	관찰	0.1808	물체	0.1314	지구	0.1710	다양	0.1753	이용	0.1943	이용	0.1648
4	일상생활	0.0869	일상생활	0.1405	이용	0.1272	기술	0.1391	논증	0.1434	다양	0.1624	빛	0.1572
5	다양	0.0847	조사	0.1319	운동	0.1245	일상생활	0.1350	원리	0.1415	예	0.1522	활용	0.1540

- 핵심 단어: 과학적 사고와 과정 및 기능
- 학년이 올라감에 따라 고차원적인 기능을 요구함:

예시1) ‘이용’, ‘관찰’ → ‘설명’, ‘이해’, ‘활용’

예시2) ‘일상생활’의 중요성 감소

연구결과 1. 전체 단어

노드 연결강도

순위	전체 교과목		초등학교 과학		중학교 과학		통합과학		물리학		역학과 에너지		전자기와 양자	
1	설명	379	이용	100	설명	102	다양	65	설명	75	설명	88	기술	61
2	이용	309	일상생활	73	일상생활	71	기술	52	빛	40	이해	85	활용	53
3	일상생활	247	조사	65	이용	69	지구	52	활용	39	이용	62	빛	44
4	다양	234	관찰	64	이해	61	일상생활	43	원리	37	예	52	설명	42
5	이해	222	물체	64	물체	61	활용	42	다양	35	다양	49	원리	38

랜덤워크 매개 중심성

순위	전체 교과목		초등학교 과학		중학교 과학		통합과학		물리학		역학과 에너지		전자기와 양자	
1	설명	0.1571	이용	0.2174	설명	0.2036	다양	0.1786	설명	0.3552	설명	0.3191	기술	0.2025
2	이용	0.1174	물체	0.1860	일상생활	0.1379	적용	0.1749	적용	0.1753	이해	0.3165	설명	0.1905
3	이해	0.0977	관찰	0.1808	물체	0.1314	지구	0.1710	다양	0.1753	이용	0.1943	이용	0.1648
4	일상생활	0.0869	일상생활	0.1405	이용	0.1272	기술	0.1391	논증	0.1434	다양	0.1624	빛	0.1572
5	다양	0.0847	조사	0.1319	운동	0.1245	일상생활	0.1350	원리	0.1415	예	0.1522	활용	0.1540

1. 핵심 단어: 과학적 사고와 과정 및 기능

2. 학년이 올라감에 따라 고차원적인 기능을 요구함:

예시1) '이용', '관찰' → '설명', '이해', '활용'

예시2) '일상생활'의 중요성 감소

연구결과 1. 전체 단어

노드 연결강도														
순위	전체 교과목		초등학교 과학		중학교 과학		통합과학		물리학		역학과 에너지		전자기와 양자	
1	설명	379	이용	100	설명	102	다양	65	설명	75	설명	88	기술	61
2	이용	309	일상생활	73	일상생활	71	기술	52	빛	40	이해	85	활용	53
3	일상생활	247	조사	65	이용	69	지구	52	활용	39	이용	62	빛	44
4	다양	234	관찰	64	이해	61	일상생활	43	원리	37	예	52	설명	42
5	이해	222	물체	64	물체	61	활용	42	다양	35	다양	49	원리	38
랜덤워크 매개 중심성														
순위	전체 교과목		초등학교 과학		중학교 과학		통합과학		물리학		역학과 에너지		전자기와 양자	
1	설명	0.1571	이용	0.2174	설명	0.2036	다양	0.1786	설명	0.3552	설명	0.3191	기술	0.2025
2	이용	0.1174	물체	0.1860	일상생활	0.1379	적용	0.1749	적용	0.1753	이해	0.3165	설명	0.1905
3	이해	0.0977	관찰	0.1808	물체	0.1314	지구	0.1710	다양	0.1753	이용	0.1943	이용	0.1648
4	일상생활	0.0869	일상생활	0.1405	이용	0.1272	기술	0.1391	논증	0.1434	다양	0.1624	빛	0.1572
5	다양	0.0847	조사	0.1319	운동	0.1245	일상생활	0.1350	원리	0.1415	예	0.1522	활용	0.1540

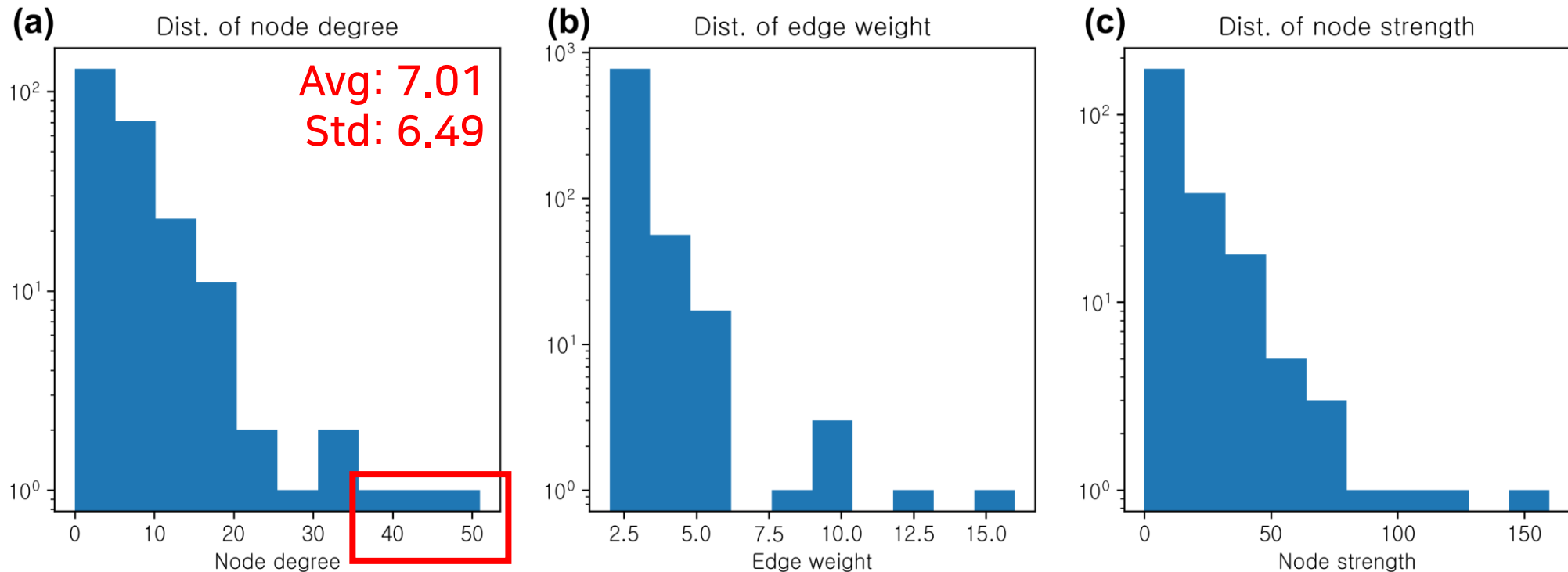
1. 핵심 단어: 과학적 사고와 과정 및 기능

2. 학년이 올라감에 따라 고차원적인 기능을 요구함:

예시1) ‘이용’, ‘관찰’ → ‘설명’, ‘이해’, ‘활용’

예시2) ‘일상생활’의 중요성 감소

연구결과 2. 물리학 용어



1. 측정값의 분포는 왼쪽으로 편중(right-skewed, positive skew)
2. 노드 차수의 분포는 멱급수(power law) 분포 $p \sim k^\gamma$ ($\gamma \approx 4.08$):
무작위 네트워크에 더 가까운 수치로, 소수의 허브 (hub) 노드가 존재하지 않음.

연구결과 2. 물리학 용어

노드 연결강도

순위	전체 교과목		초등학교 과학		중학교 과학		통합과학		물리학		역학과 에너지		전자기와 양자	
1	물체	80	물체	25	물체	31	지구	19	빛	14	물체	14	빛	20
2	빛	56	힘	10	운동	27	형성	13	전환	11	운동	13	확률	14
3	운동	48	물질	8	힘	16	원소	13	에너지	11	열	13	디지털	11
4	물질	47	기체	8	물질	15	우주초기	13	역학적에너지	10	행성	11	양자	11
5	힘	35	빛	8	중력	12	전환	12	작용	9	역학적에너지	10	세기	10

랜덤워크 매개 중심성

순위	전체 교과목		초등학교 과학		중학교 과학		통합과학		물리학		역학과 에너지		전자기와 양자	
1	빛	0.2980	물체	0.7883	물체	0.4567	지구	0.7137	역학적에너지	0.5630	물체	0.4517	빛	0.7113
2	물체	0.2871	빛	0.3135	운동	0.4363	전환	0.3804	에너지	0.4917	운동	0.3770	간섭	0.4822
3	물질	0.1889	물질	0.2954	모형	0.3158	물질	0.1313	보존법칙	0.4905	행성	0.3526	에너지	0.3001
4	운동	0.1488	기체	0.2560	힘	0.3098	원소	0.1272	작용	0.3420	역학적에너지	0.3168	확률	0.2685
5	에너지	0.1466	상태	0.2368	전환	0.2864	우주초기	0.1272	전환	0.3385	작용	0.1081	인덕터	0.1700

1. 초등학교 및 중학교 '과학', '역학과 에너지'의 핵심단어: 고전역학 관련 용어

2. '통합과학'과 '전자기와 양자'의 핵심 용어는 다른 과목의 핵심 용어들과 구별됨

예시) '통합과학'은 '과학'의 핵심 용어에서 등장하지 않은 천문학에 대한 내용이 많음

연구결과 2. 물리학 용어

노드 연결강도

순위	전체 교과목		초등학교 과학		중학교 과학		통합과학		물리학		역학과 에너지		전자기와 양자	
1	물체	80	물체	25	물체	31	지구	19	빛	14	물체	14	빛	20
2	빛	56	힘	10	운동	27	형성	13	전환	11	운동	13	확률	14
3	운동	48	물질	8	힘	16	원소	13	에너지	11	열	13	디지털	11
4	물질	47	기체	8	물질	15	우주초기	13	역학적에너지	10	행성	11	양자	11
5	힘	35	빛	8	중력	12	전환	12	작용	9	역학적에너지	10	세기	10

랜덤워크 매개 중심성

순위	전체 교과목		초등학교 과학		중학교 과학		통합과학		물리학		역학과 에너지		전자기와 양자	
1	빛	0.2980	물체	0.7883	물체	0.4567	지구	0.7137	역학적에너지	0.5630	물체	0.4517	빛	0.7113
2	물체	0.2871	빛	0.3135	운동	0.4363	전환	0.3804	에너지	0.4917	운동	0.3770	간섭	0.4822
3	물질	0.1889	물질	0.2954	모형	0.3158	물질	0.1313	보존법칙	0.4905	행성	0.3526	에너지	0.3001
4	운동	0.1488	기체	0.2560	힘	0.3098	원소	0.1272	작용	0.3420	역학적에너지	0.3168	확률	0.2685
5	에너지	0.1466	상태	0.2368	전환	0.2864	우주초기	0.1272	전환	0.3385	작용	0.1081	인덕터	0.1700

1. 초등학교 및 중학교 '과학', '역학과 에너지'의 핵심단어: 고전역학 관련 용어

2. '통합과학'과 '전자기와 양자'의 핵심 용어는 다른 과목의 핵심 용어들과 구별됨

예시) '통합과학'은 '과학'의 핵심 용어에서 등장하지 않은 천문학에 대한 내용이 많음

연구결과 2. 물리학 용어

노드 연결강도

순위	전체 교과목		초등학교 과학		중학교 과학		통합과학		물리학		역학과 에너지		전자기와 양자	
1	물체	80	물체	25	물체	31	지구	19	빛	14	물체	14	빛	20
2	빛	56	힘	10	운동	27	형성	13	전환	11	운동	13	확률	14
3	운동	48	물질	8	힘	16	원소	13	에너지	11	열	13	디지털	11
4	물질	47	기체	8	물질	15	우주초기	13	역학적에너지	10	행성	11	양자	11
5	힘	35	빛	8	중력	12	전환	12	작용	9	역학적에너지	10	세기	10

랜덤워크 매개 중심성

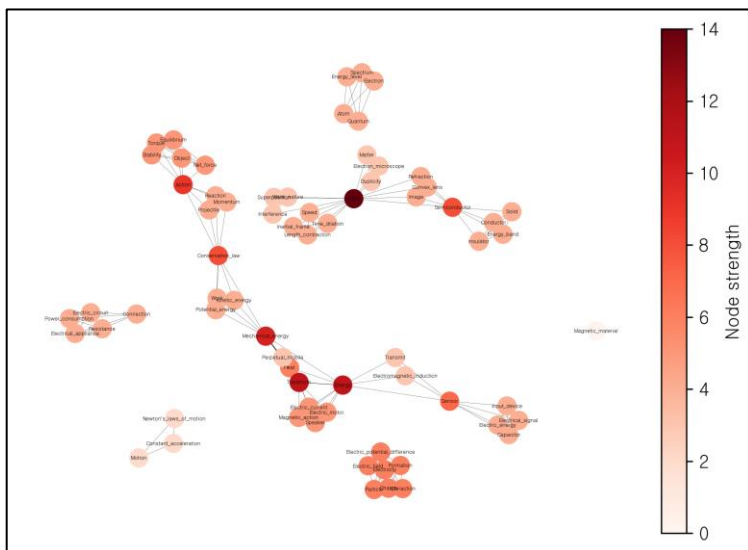
순위	전체 교과목		초등학교 과학		중학교 과학		통합과학		물리학		역학과 에너지		전자기와 양자	
1	빛	0.2980	물체	0.7883	물체	0.4567	지구	0.7137	역학적에너지	0.5630	물체	0.4517	빛	0.7113
2	물체	0.2871	빛	0.3135	운동	0.4363	전환	0.3804	에너지	0.4917	운동	0.3770	간섭	0.4822
3	물질	0.1889	물질	0.2954	모형	0.3158	물질	0.1313	보존법칙	0.4905	행성	0.3526	에너지	0.3001
4	운동	0.1488	기체	0.2560	힘	0.3098	원소	0.1272	작용	0.3420	역학적에너지	0.3168	확률	0.2685
5	에너지	0.1466	상태	0.2368	전환	0.2864	우주초기	0.1272	전환	0.3385	작용	0.1081	인덕터	0.1700

1. 초등학교 및 중학교 '과학', '역학과 에너지'의 핵심단어: 고전역학 관련 용어

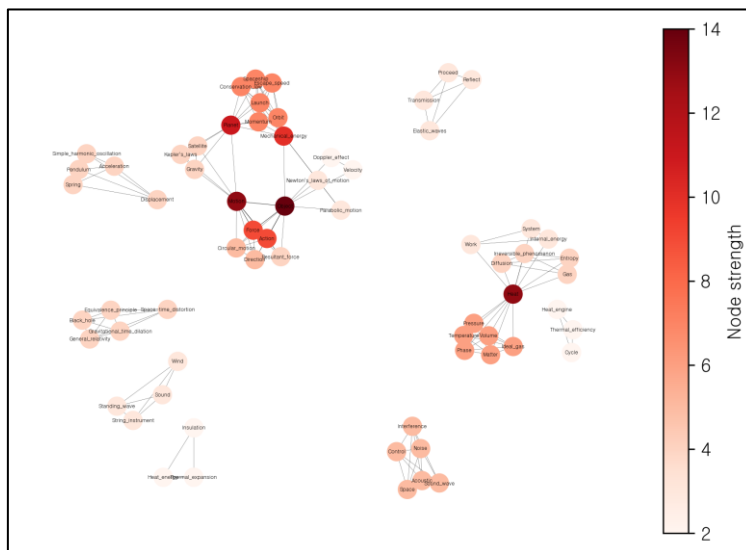
2. '통합과학'과 '전자기와 양자'의 핵심 용어는 다른 과목의 핵심 용어들과 구별됨

예시) '통합과학'은 '과학'의 핵심 용어에서 등장하지 않은 천문학에 대한 내용이 많음

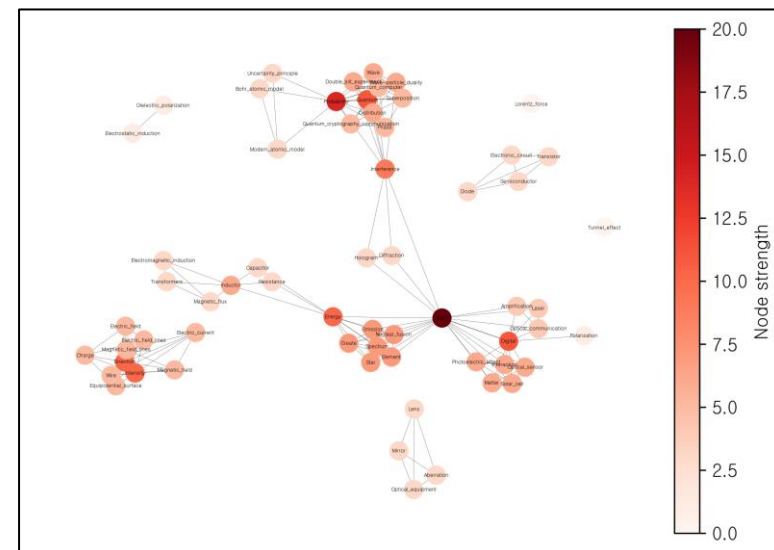
물리학



역학과 에너지



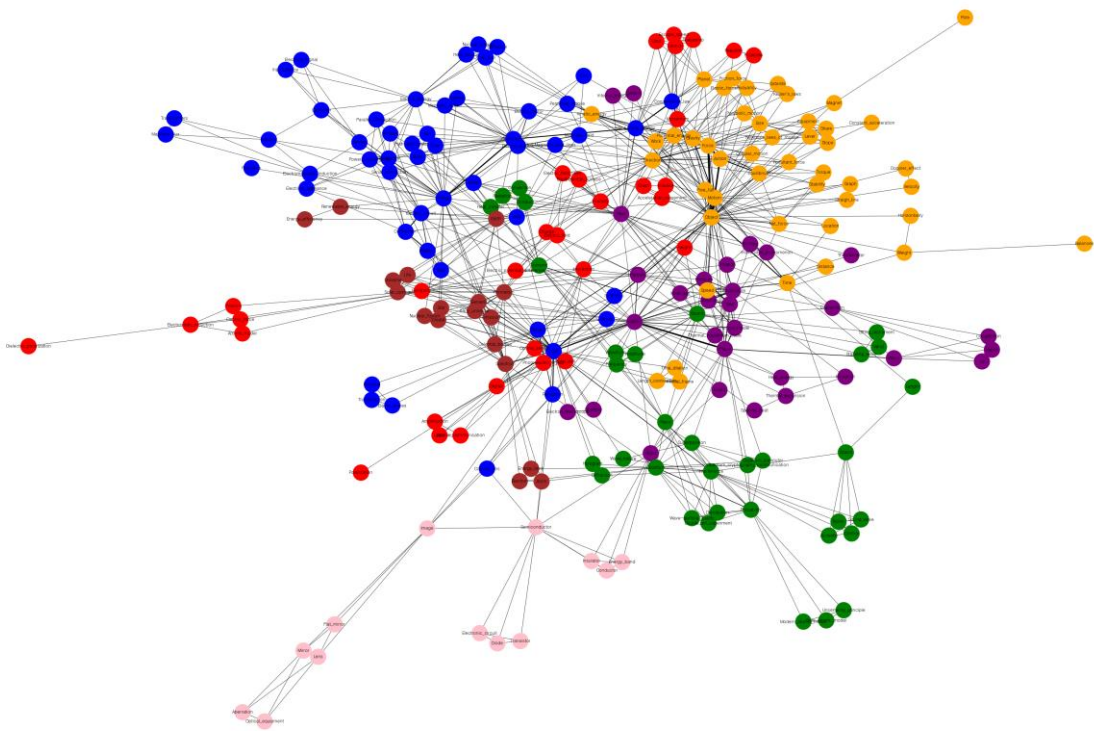
전자기와 양자



개별 과목의 물리학 용어 네트워크

→ 여러 덩어리로 **분리**되어 구성

→ 개념들이 **유기적으로 연결**되어 있지 않음

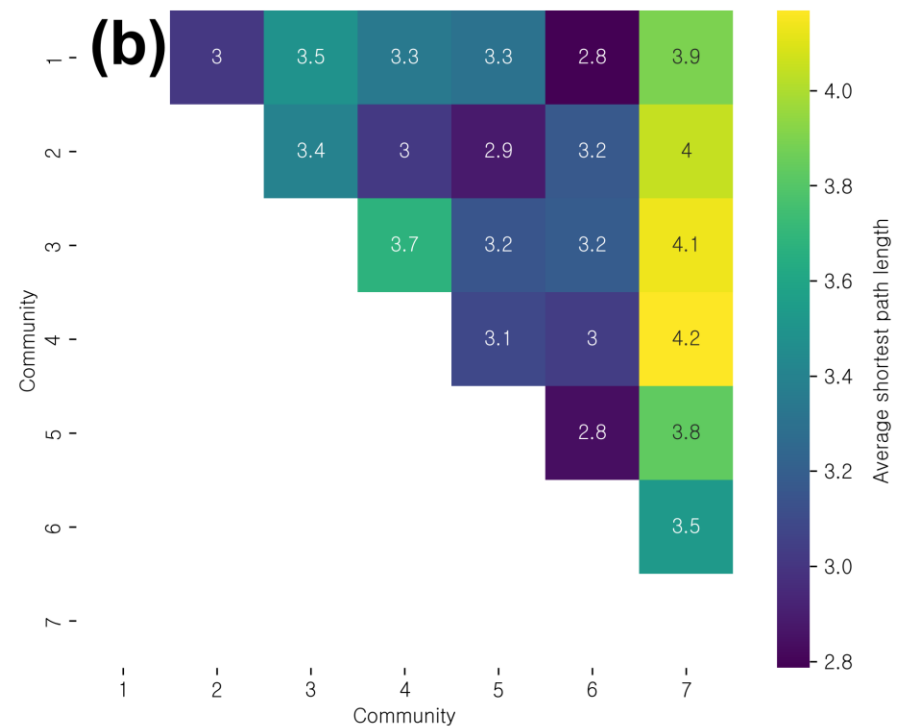
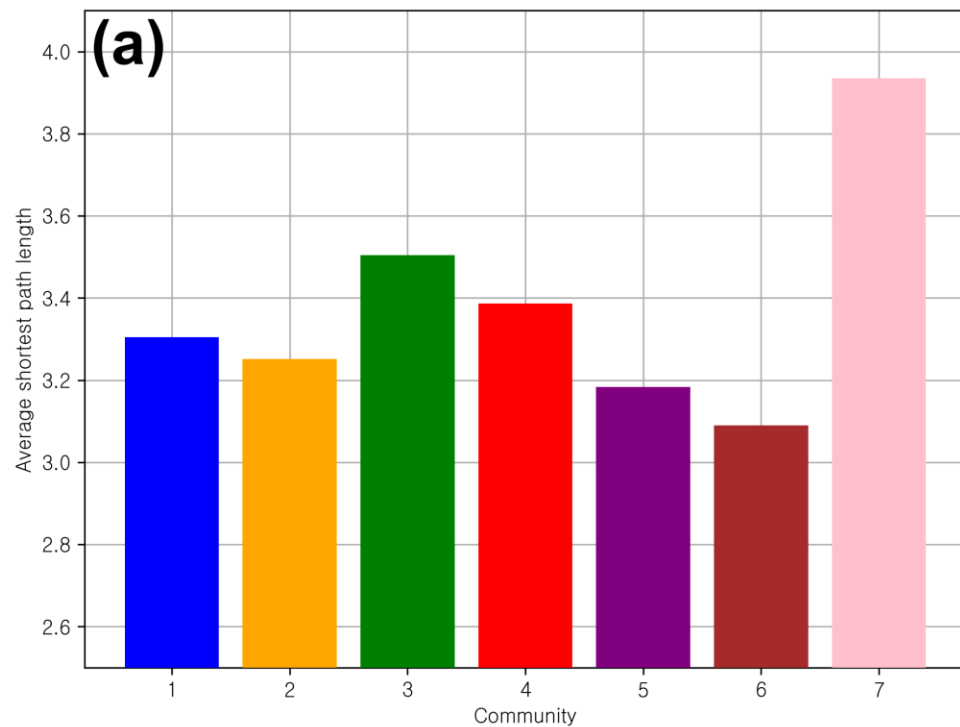


커뮤니티	단어 개수	단어
1	51	전구, 전선, 전자기유도, 전기신호 등
2	46	뉴턴운동법칙, 포물선운동, 원운동, 위치에너지 등
3	34	정상파, 관악기, 현악기, 음향, 파동 등
4	32	태양전지, 전기장, 광전효과, 정전기유도 등
5	30	비가역현상, 비열, 열평형, 엔트로피 등
6	18	천체, 우주, 핵융합, 태양계, 별 등
7	13	반도체, 부도체, 트랜지스터, 렌즈, 평면거울 등

대체로 서로 연관된 용어끼리 잘 묶여서
커뮤니티를 형성한다.

단순한 커뮤니티 탐색은 물리학 분야 연구가성 파악을 성파함! 어렵다!

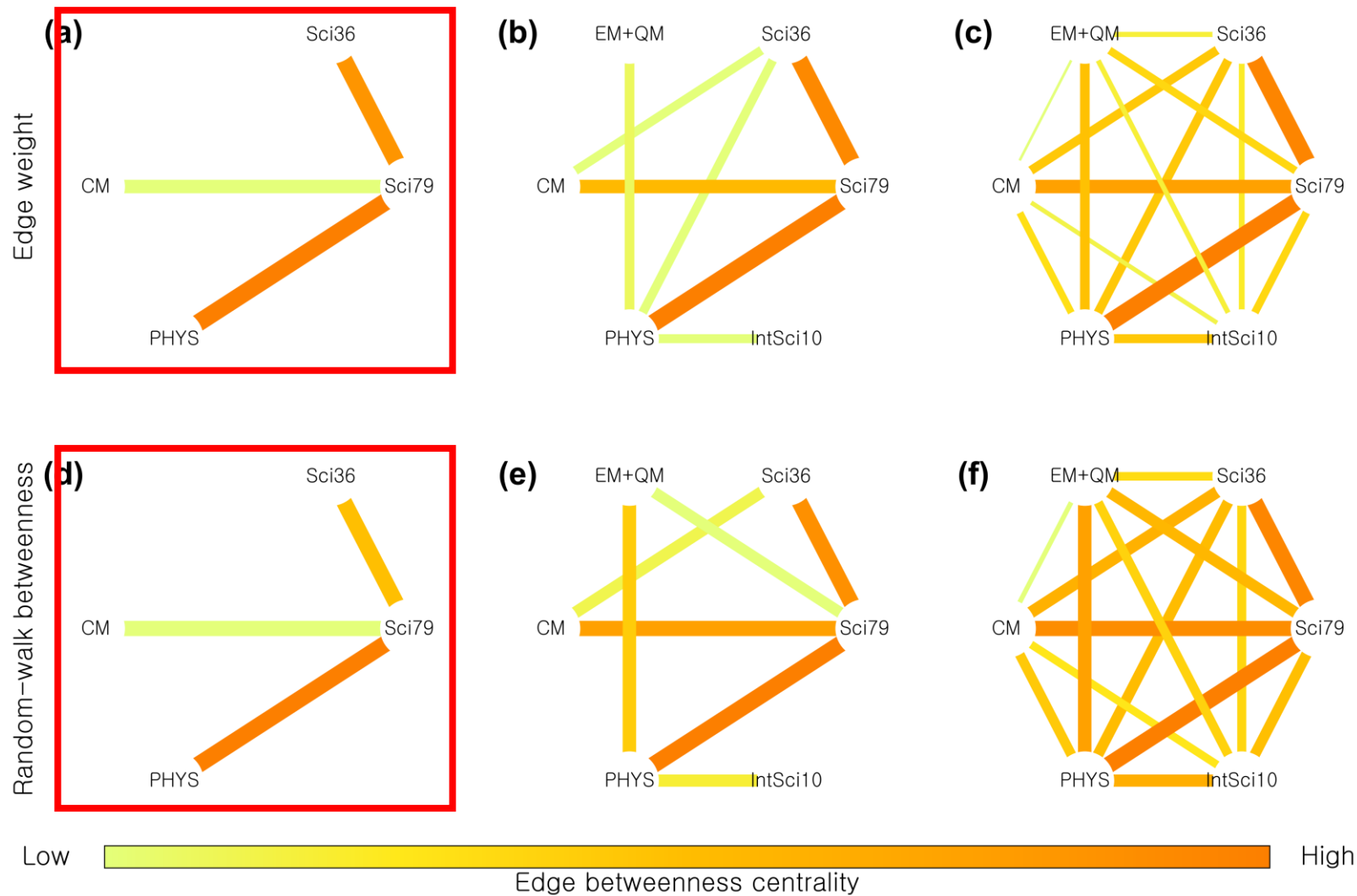
연구결과 3. 커뮤니티 분석



1. 7번 커뮤니티(거울, 렌즈, 반도체 등)의 평균 최단 경로 길이가 길다.
2. 3번 커뮤니티(음향학)과 7번 커뮤니티(기하광학)의 평균 최단 경로 길이가 길다.

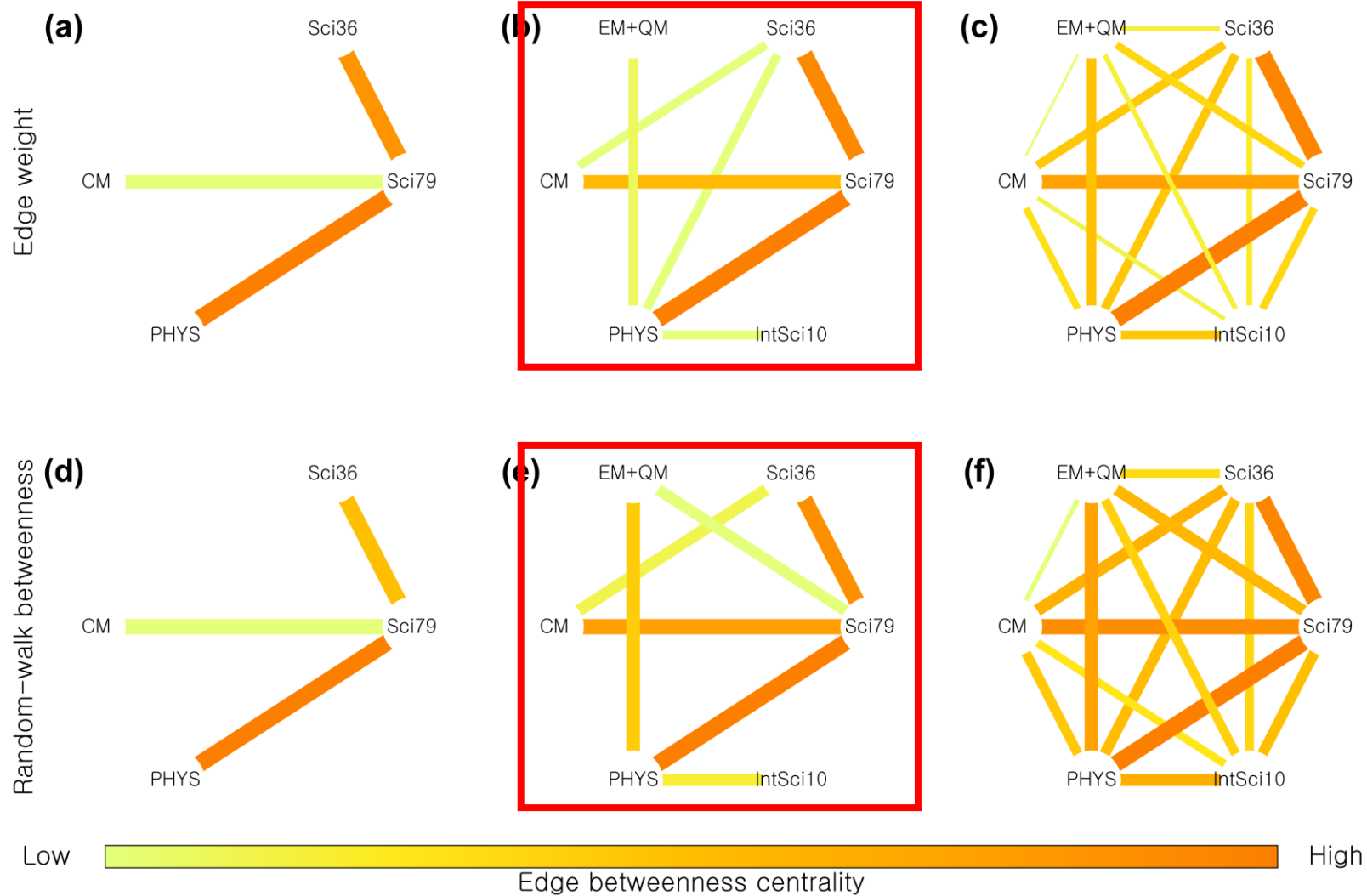
커뮤니티 간 거리가 멀다는 것은 개념 간 연계가 미흡한 부분이 있음을 방증

연구결과 4. 과목 연계성 분석



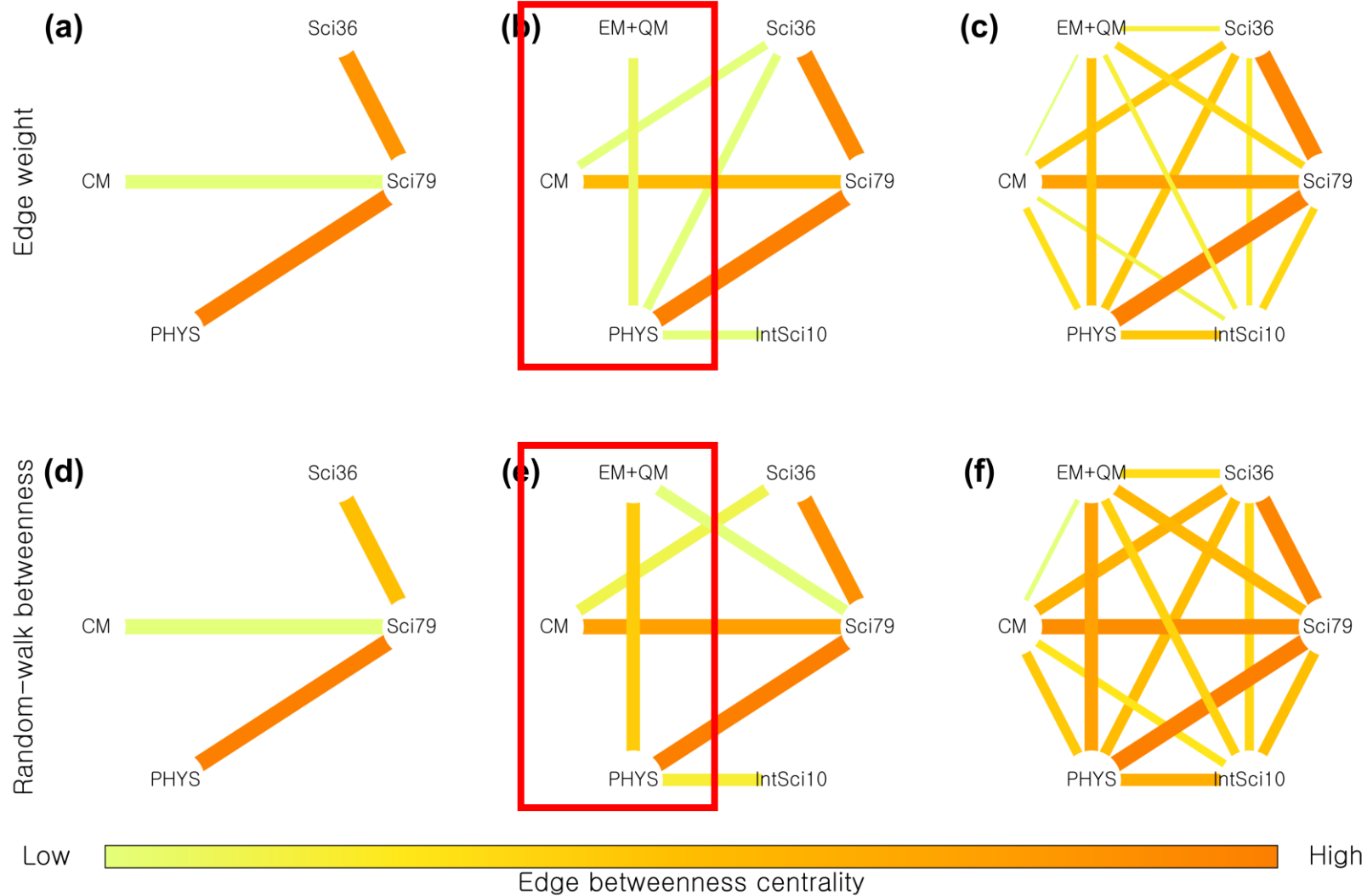
1. 중학교 '과학'이 2022 개정 교육과정 물리 내용 학습의 핵심

연구결과 4. 과목 연계성 분석



2. '통합과학'은 교육과정에서 의도한 역할을 충실히 수행하지 못할 수 있다.

연구결과 4. 과목 연계성 분석



3. '물리학'과 '역학과 에너지', '전자기와 양자' 과목 간 연계성이 낮다.

IV. 결론 및 제언

IV 결론 및 제언 1. 결론

1

물리학 분야 성취기준을 구성하는 핵심 단어는 과학적 사고와 과정 및 기능에 관련

2

중학교 '과학' 을 중심으로 초등학교 '과학', '물리학', '역학과 에너지' 가 긴밀하게 연계

3

'통합과학'의 성취기준은 교육과정이 의도한 목적을 수행하기에 미흡할 수 있음

IV 결론 및 제언 2. 제언

1

커뮤니티 탐색 알고리즘의 한계

2

교과서를 포함한 다른 교수매체를 활용한 연계성 분석 요구

3

통합 단원 도입으로, 교육과정의 부족한 연계성 보완 가능성

감사합니다