

NIGT BRIEF

텍스트 마이닝 기반
기후변화협약 협상그룹별
장기 저탄소발전전략 분석을 통한
주요 기후기술 도출

장용철 / 최영현 / 신종석 / 염성찬





장용철 / 데이터정보센터

신종석 / 데이터정보센터

최영현 / 데이터정보센터

염성찬 / 데이터정보센터

하이라이트

- 전 세계 국가들은 지정학적 특성에 따라 기후변화협약 협상그룹에 참여하고 있으며, 그들이 공유하는 저탄소발전 전략의 목표를 달성시키기 위한 노력에 따라 기술 개발과 국제협력 등에 대한 통합적 전략 방향성 설정이 중요
- 텍스트 마이닝 기반으로 토크모델링과 단어 임베딩을 통해 UNFCCC에 제출된 68개의 장기 저탄소발전전략을 분석하여 협상그룹별 주요 주제 도출
- 각 협상그룹은 지정학적 상황에 따라 공통적인 기후변화 대응 전략이 존재하며, 이에 맞춘 기술과 협력이 필요
- 온실가스 감축 의무를 지닌 Umbrella Group과 EU는 온실가스 관리를 위한 에너지 기술 및 시스템에 중점을 두는 반면, 감축 의무가 없거나 약한 국가들의 그룹은 기후변화 적응 및 지속가능한 발전을 위한 기술에 중점

키워드

- 장기 저탄소발전전략(Long-Term Low Emission Development Strategy), 협상그룹(Negotiating Groups), 텍스트 마이닝(Text Mining)

장기 저탄소발전전략 개요 및 분석 배경

- 파리협정에서는 기후변화에 대응하기 위하여 국가 온실가스 감축 목표(Nationally Development Strategies, NDC) 수립과 별도로, 2050년 온실가스 감축 목표를 포함하는 장기 계획인 저탄소발전전략(Long-Term Low Emission Development Strategy, LEDS) 수립 요구¹⁾
 - LEDS는 단순히 온실가스 감축에 그치지 않고, 경제적, 사회적, 환경적 지속가능성을 강화하는 방향인 저탄소사회로의 전환을 목표로 하고, 이러한 국제적 노력은 기후변화에 대한 전 세계적인 대응을 강화하여 장기적인 지속가능한 발전을 도모하는데 있어 필수적
 - 해당 전략에는 탄소 저감뿐만 아니라 저탄소사회 전환에 맞춰 청정생산 전기·수소활용 확대, 디지털 기술 연계 에너지효율 향상, 탈탄소 미래기술개발·상용화, 순환경제 촉진, 자연·생태 탄소 흡수 기능 강화 등 산업경쟁력을 높이는 5가지 방안 포함
- 기후변화협약 협상 과정에서 다양한 이해관계를 가진 그룹들(Party Group)에 속한 국가들이 LEDS를 설정함으로써, 자신들의 이익을 반영하기 위한 논의 가능성 확대
 - 각 국가는 2050년까지 그들의 사회경제적 맥락, 기술변화, 국가 가용성 등을 반영하여 목표를 달성하기 위한 계획을 설정하기 때문에 협상의 방향성과 성공에 따라 목표 달성에 중요한 영향²⁾

1) 환경부(2022)

2) UNFCCC(2023a)

- 특히, 비부속서 I에 속하는 155개의 국가들은 고유의 이해관계와 우선순위를 가지고 다양한 협상그룹을 형성하여(표 1) 기후변화총회 및 기후변화협약 부속기구회의 등에 참여함으로써, 국제사회의 파리협정 이행 방안 방향성에 영향³⁾

[표 1] 기후변화협약 주요 협상그룹

부속서	협상그룹	주요 내용
부속서 I (43개국)	Umbrella Group 우산그룹	호주, 아이슬란드, 뉴질랜드, 미국, 이스라엘* 등 12개국 - Umbrella Group은 유럽연합(EU)을 제외한 산업화된 국가들로 구성된 비공식 연합 - 1990년대에 EU가 G77 그룹의 지원을 받으며 기후협상에서 강력한 영향력을 발휘하기 시작하여, 이를 보호하기 위해 결성
	EU 유럽연합	크로아티아, 리투아니아, 체코, 폴란드, 에스토니아 등 27개국 - 유럽 연합(EU)의 27개 회원국은 공동 협상 입장을 정하기 위해 정기적으로 회의 - EU 의장직은 6개월마다 순환하며, 해당 당사국이 EU 및 그 회원국들을 대표 - EU는 지역 경제 통합 조직으로서 협약의 당사국이 될 수 있지만, 회원국들로부터 별도의 투표 권한이 없음
부속서 I & 비부속서 I (198개국)	EIG 환경건전성그룹	스위스, 대한민국, 멕시코, 조지아, 리히텐슈타인, 모나코 등 6개국 - EIG(Environmental Integrity Group)는 2000년대 초반 교토의정서 협상과정에서 스위스에 의해 시작 - 스위스는 어떤 그룹에도 속하지 않았고 우선순위에 가입하기를 원하지 않았으며, 지리적이거나 경제적 기준이 아닌 공통된 입장을 공유하는 소수의 국가들로 구성을 필요 - 2015년 파리협약 당시 EIG는 중재 역할로 개발 및 개발도상국의 이익을 모두 대변하며, 금융 지원의 필요성 강조
비부속서 I (155개국)	Arab Group 아랍그룹	알제리, 바레인, 코모로, 지부티, 이집트 등 22개국 - 아랍연맹의 22개 회원국으로 구성되며, 공통된 입장을 취하고 공동 성명을 발표 - 아랍 질서는 개별 국가의 독립성과 지배 엘리트의 권력 유지 욕구를 바탕으로 하며, 아랍 통합에 대한 내부적 불화와 외부의 영향으로 인한 이중성이 존재
	African Group 아프리카그룹	알제리, 콩고, 감비아(공화국), 가나, 케냐 등 54개국 - UN의 5개 지역 그룹 중 하나로, 아프리카 대륙의 54개 회원국으로 구성된 가장 큰 지역 그룹 - 지역 및 국제 문제에 대해 논의 및 유엔 기구들의 의석 할당에 있어 지역 후보자들을 지명하는 역할 - UN 내 다양한 국제 연합 조직의 후보자들에 대한 지원 논의와 조정을 수행
	SIDS 군소도서 개발도상국	벨리즈, 피지, 마셜 제도, 싱가포르, 솔로몬 제도 등 39개국 - SIDS(Small Island Developing States)는 해수면 상승에 특히 취약한 G-77의 회원국들인 약 40개의 저지대 섬들로 구성된 연합체 - 기후변화가 생존에 미치는 위협으로 연합하고 있으며 협상에서 공통된 입장을 채택
	LDC 최빈개도국	라이베리아, 마다가스카르, 말라위, 말리, 모리타니 등 46개국 - 최빈개도국으로 정의된 LDC(Least Developed Countries)의 46개 당사국들은 더 넓은 UN 시스템에서 정기적으로 협력 - 기후변화협상 과정에서 점점 더 적극적이 되어, 취약성 및 기후변화적응과 관련하여 그들의 이익을 방어하기 위해 함께 협력
	LMDC 강성개도국	알제리, 방글라데시, 볼리비아, 중국, 쿠바 등 24개국 - LMDC(Like-Minded Developing Countries)는 세계 인구의 50% 이상을 대표하는 그룹 - 개발도상국과 최빈개발국이 기후변화의 부정적인 영향을 가장 크게 받고 있음에도 불구하고, 이에 대한 역사적 책임이 적음을 강조 - 선진국이 기후변화 대응을 선도하고 재정 자원 및 기술 이전을 제공할 것을 요구

* Umbrella Group에서 이스라엘만 비부속서 I 국가

- 각 협상그룹 내에 속하는 국가들은 서로가 공유하는 공통의 LEDS 세부 목표가 존재할 가능성이 크며, 이에 대한 기술, 재정 및 정책적 협력과 지원은 효과적으로 기후변화대응 목표 달성을 가속화⁴⁾
 - 따라서, 본 브리프에서는 다양한 국가들이 설정한 LEDS를 분석하고, 각 국가의 이해관계를 반영하여 형성된 주요 협상그룹들의 공통된 LEDS 목표 탐색을 통해 기후변화 대응 전략에서 중요한 기후기술 분야 도출
 - LDA 토픽모델링과 단어 임베딩 등 텍스트 마이닝을 활용하여 각 협상그룹 내 국가들이 제시한 LEDS의 주요 내용과 목표들을 분석하고, 이를 통해 공통된 관심사와 기술적 요구사항을 식별
 - 각 그룹의 전략적 우선순위와 기술적 필요성을 이해하고, 이를 바탕으로 향후 기후변화 대응에 있어 필요한 기술 개발과 국제협력의 방향을 제시할 수 있으며, 효과적인 정책 수립과 기술 개발에 중요한 통찰을 제공할 것으로 기대

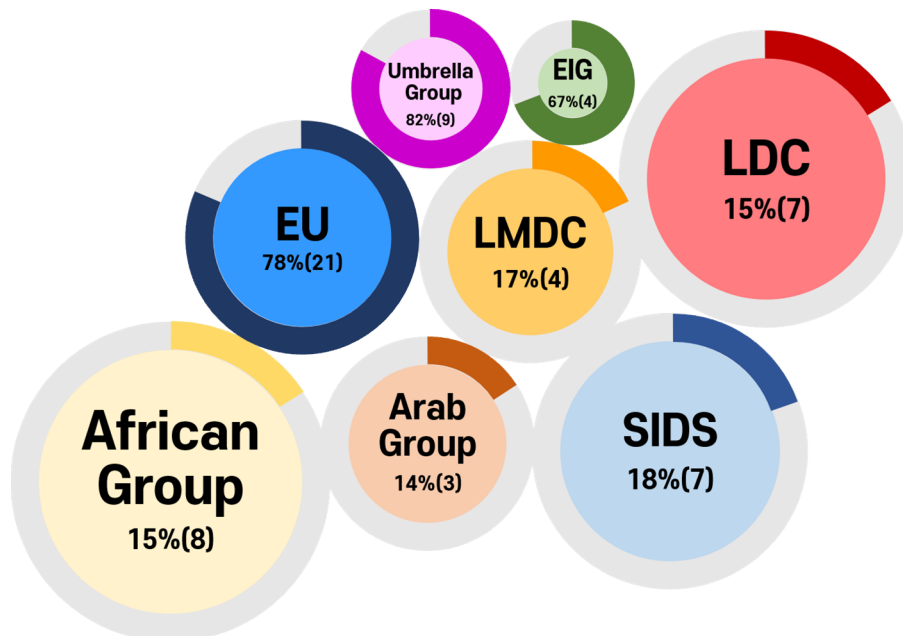
3) Hirsch, T.(2016)

4) Rydge, J., & Bassi, S.(2014)

장기 저탄소발전전략 분석을 위한 텍스트 마이닝 방법론

- 텍스트 마이닝 방법론 중 토픽모델링(Topic Modeling)과 단어 임베딩(Word Embedding)을 단계적으로 활용하여 UNFCCC에 제출된 LEDS의 주제를 분석하고, 협상그룹별로 주제를 그룹화
 - 토픽모델링이란 대량의 문서에 내재된 단어를 근간으로 토픽을 추출하고, 토픽 간 관계 분석을 통한 변화를 파악하는데 유용한 빅데이터 기반 텍스트 분석 기법⁵⁾으로, 본 브리프에서는 다양한 모델 알고리즘 중 잠재디리클레할당(Latent Dirichlet Allocation, LDA)⁶⁾ 사용
 - 단어 임베딩은 단어의 맥락과 의미를 파악하는 기법으로 그 중 단어를 밀집 벡터로 만들어 유사성을 판단하는 Word2Vec⁷⁾를 적용
- 연구방법 개요
 - (대상 자료) UNFCCC 홈페이지 내 “Long-term strategies portal”⁸⁾에 업로드된 각 국가별 LEDS 문서 68건
 - * 불어나 스페인어로 된 제출문은 영문으로 번역하여 모델링
 - (대상 기간) 국가별 최신 제출 문서 (Benin: 2016. 12. 12 - Buhtan: 2023.09. 22)
 - (분석 라이브러리) Python 3.10.12 버전 기반으로 Gensim 라이브러리의 LDA 토픽모델링과 NLTK 라이브러리의 Word2Vec의 자연어처리 사용
 - (데이터 분류) UNFCCC의 협상그룹 정의⁹⁾에 따라, LEDS 보고서를 제출한 유럽연합 포함 68개국을 부속서 I 에 속하는 Umbrella Group과 EU, 그리고 부속서 I 및 비부속서 I 에 중첩되는 EIG와 비부속서 I 에 속하는 Arab Group, African Group, SIDS, LDC, LMDC 등 총 8개의 주요 협상그룹으로 분류(그림 1)

[그림 1] 기후변화협약 협상그룹별 LEDS 제출 국가 비율 및 수



5) 신현우 외(2020)

6) Blei et al.(2003)

7) Mikolov et al.(2013)

8) UNFCCC(2023b)

9) UNFCCC(2023c)

- (LDA 토픽모델링) 협상그룹별 LE DS 문서를 그룹화하여 각 문서별 다양한 토픽 수에 대해 LDA 모델을 생성해 Coherence Values를 계산 후 최적의 주제 수 산정, 그 후 해당 주제 수와 주제 분포를 결정하는 parameter를 실험 최적치인 0.6¹⁰⁾으로 설정하여 문서별 다양한 키워드로 구성된 주제 도출
- (주제 그룹화) Word2Vec을 통해 68개의 LE DS 문서에서 키워드 학습 후, 해당 모델을 이용해 LDA로 도출된 협상그룹 내 국가들의 다양한 주제들의 키워드 간 유사도를 분석하여 그룹화
- (대표 주제 선별) 다양하게 그룹화된 주제들의 키워드 구성을 통해 의미를 파악할 수 있는 주제들을 선별한 후, 각 협상그룹에 속한 국가 수가 많은 순으로 상위 세 가지 주제를 도출

기후변화협약 주요 협상그룹별 공통 주제 도출 및 분석 결과

- 부속서 I 에 속하는 Umbrella Group과 EU는 에너지 분야에 관한 주제에 많은 나라들 포함
 - Umbrella Group은 기술혁신을 위한 정부 지원으로 추정되는 주제에 LE DS 문서를 제출한 모든 나라들이 연관되어 있으며, 이 밖에 재생 또는 청정에너지의 기술적 지원과 효율적 관리 등에 중점
 - EU의 주요 주제는 에너지 관련 내용에 집중되어 있으며 기술과 인프라를 강조하고, 에너지원 공급의 다변화 및 에너지와 관련된 경제적 발전 등에 초점

[표 2] Umbrella Group과 EU의 대표 주제

협상그룹	주제별 주요 키워드(분포도 순)	나라 비중	주제 해석
Umbrella Group	support, government, technology, innovation, development, climate, investment, transition, climate_change, action	100%	기술혁신을 위한 정부지원
	industry, support, technology, hydrogen, transport, fuel, energy, low_carbon, emission, industrial	67%	저탄소연료 기술 산업 지원
	electricity, energy, generation, renewable_energy, deployment, promote, electrification, heat, building, efficient	33%	재생에너지 개발을 통한 전력생산
EU	development, technology, economy, energy, investment, strategy, innovation, provide, implement, sustainable	40%	에너지 기술 개발
	energy, electricity, heat, renewable, power, renewable_energy, building, supply, system, source	35%	재생에너지를 통한 전기 및 열 생산
	transport, vehicle, passenger, electric, mobility, infrastructure, alternative, car, public, road	30%	전기차 및 관련 인프라

- 부속서 I 와 비부속서 I 에 걸쳐 있는 EIG는 에너지, 폐기물, 산림 및 토지에 관한 내용을 대표 주제로 도출
 - 모든 나라들이 에너지 기술 및 시스템 개선을 통한 온실가스 배출을 감축하는 전략을 채택
 - 폐기물 관리와 이의 농업에 대한 활용방안 및 토지이용을 통한 탄소저감 등 기후변화와 지속가능발전에 동시 대응

[표 3] EIG의 대표 주제

협상그룹	주제별 키워드(분포도 순)	나라 비중	주제 해석
EIG	energy, technology, system, industry, building, year, electricity, emission, fuel, reduce	100%	에너지기술 및 시스템
	waste, area, fertilizer, waste_management, apply, strategy, amount, crop, action_plan, municipal	75%	폐기물 관리 및 활용
	land, lulucf, emission, carbon, area, removal, building, change, co2, forestry	50%	토지이용 및 임업을 통한 탄소저감

10) Sivert & Shirley(2014)

- 비부속서 I 내에서 생성된 협약그룹은 각 입장에 대해 환경적, 경제적, 사회적 상황을 반영하며, 전반적으로 공통된 전략을 제시
 - 각 그룹의 대표 주제들을 통해 모든 그룹들은 기후변화 대응과 지속가능한 발전을 동시에 주요 목표로 인식
 - 여러 가지 주제 중 재생에너지 및 지속가능한 농업 및 토지이용을 대부분 주요 전략으로 포함시키고 있으며, 특히 Arab Group, SIDS, LDC는 폐기물 관리에 관심
- 각 그룹은 지리적 환경과 경제적 상황에 따라 LEDS에서 관심사의 차이 발생
 - 지리적 환경이 열악한 상황에 있는 Arab Group, African Group, SIDS는 기후변화 적응, 물 관리, 농산림업 효율 등을 주요 관심사로 인식
 - 최빈국으로 분류되는 LDC는 인프라가 갖춰지지 않은 현실을 반영하여 전기 인프라를 도입하기 위한 전략과 폐기물 관리를 통한 자원 효율성 향상을 모색
 - LMDC는 선진국의 선도적 역할을 요구하는 본래의 입장에 상응하는 방향으로 저탄소사회 전환을 위한 재정적 지원 또는 투자를 유도할 수 있는 방안을 탐색하기 위한 전략을 수립한 것으로 판단

[표 4] 비부속서 I 내 협상그룹별 대표 주제

협상그룹	주제별 키워드(분포도 순)	나라 비중	주제 해석
Arab Group	national, climate, implementation, climate_change, adaptation, plan, financial, finance, development, project	66%	기후변화 적응을 위한 재정
	wastewater, waste, energy, urban, 2050, treatment, therefore, water, ghg_emission, city	66%	폐수처리
	resource, improve, land, agricultural, agriculture, strategic_orientation, governance, enm, energy, hectare	66%	농업 효율성 증대
African Group	agriculture, forest, land, reduce, water, management, fertilizer, degradation, improve, production	62.5%	농업 및 산림 토지관리
	crop, farmer, rate, improve, capacity, import, economic_growth, good, practice, foreign	62.5%	농업 생산성 증대
	energy, renewable_energy, development, policy, transport, lowcarbon, electricity, carbon, change, countrys	50%	재생에너지개발
SIDS	climate_change, youth, change, adaptation, resilience, policy, climate, school, student, food_waste	57%	기후변화 적응을 위한 교육
	system, emission, wastewater, adoption, group, pipe, area, treatment, septic_tank, target	43%	폐수처리
	land, management, area, forest, agriculture, forestry, action, sustainable, community, agricultural	43%	산림 및 농업을 위한 지속가능한 토지관리
LDC	forest, development, climate_change, agriculture, area, deforestation, people, loss, plantation, lts	71%	산림보존
	electricity, emission, project, estimate, electric, country, import, source, energy, electrification	71%	전기 전환
	waste, government, waste_management, partnership, bicycle, strengthen, current, promote, recycle, potential	43%	폐기물 관리
LMDC	power, gas, renewable_energy, reduce, generation, natural, system, electricity, coal, photovoltaic	75%	청정연료사용
	public, green, energy, support, building, standard, promote, design, effort_make, build	75%	건물 에너지효율
	development, transition, global, promote, finance, investment, implement, adhere, green_lowcarbon, future	75%	저탄소전환을 위한 재정지원

시사점

- 국가별 LEDS는 각 협상그룹의 입장에 대해 지정학적 상황을 반영하며 전반적으로 공통된 전략 제시
 - 각 협상그룹은 지리, 환경, 경제, 정치 등 지정학적 상황에 따라 각기 다른 기후변화 대응 전략을 가지며, 각 지역의 특성과 요구에 맞는 맞춤형 기술과 협력이 필요함을 시사
 - 선진국 협상그룹과 개발도상국 및 최빈국 협상그룹은 각각의 지리, 환경, 경제, 정치적 상황에 따라 맞춤형 전략을 개발하며, 이는 기후변화 대응의 다양성과 복잡성 반영
- 감축 의무가 있는 선진국으로 구성된 협상그룹의 기술적 중점과 리더십
 - 선진국들이 속한 협상그룹인 Umbrella Group과 EU는 기후변화 대응 및 에너지 관련 기술 개발에 중점을 두고, 이를 통해 해당 분야에서 선도적인 역할 위한 전략 수립
 - 에너지 관리, 재생에너지 및 청정 운송 기술 개발 등 전 세계적인 기후변화 대응 노력의 핵심 역할 수행 기대
- 개도국 및 최빈국 협상그룹의 통합적 접근과 필요
 - 기후변화에 취약한 개도국과 최빈국으로 구성된 협상그룹은 적응과 완화 전략의 통합적 접근을 필요로 하며, 이들의 주요 관심사는 농업, 산림, 에너지 효율성, 폐기물 관리 등
 - 관련 기술들은 상호 연결되어 있으며, 지속가능발전과 기후변화 대응을 동시에 추구하기 위한 기술 이전과 재정지원 필요
- 우리나라는 협상그룹 LEDS의 주요 관심사를 탐색하여 기술 개발과 국제협력의 방향성 설정에 참고 필요
 - 다양한 협상그룹들이 LEDS를 통해 설정하는 공동 목표는 국제협력과 기술 이전의 필수성에 대한 인식을 공유하고 서로 다른 이해관계와 우선순위를 가지고 있지만, 그들의 공통된 목표와 필요에 대한 이해를 기반으로 한 통합적 전략의 방향성 설정이 중요
 - 재생에너지 및 전기로의 전환, 폐기물 관리 등 특정 분야에서의 기술 개발과 적용이 각 협상그룹별 기후변화 대응의 핵심 요소임을 인식하고, 각 국가 및 지정학적 상황에 적합한 전략을 도출하여 국제협력 효율성 증대
 - 또한, 탄소중립이라는 장기 목표 달성을 위해 각 국가의 특성과 방향성에 부합하는 일관적인 정책 및 재정지원 필요
- NIGT 내 텍스트 마이닝 기반 LEDS 분석 적용을 통한 지속적인 주요 기후기술 추적 필요
 - 각국의 LEDS에 대한 토픽모델링과 단어 임베딩을 통해, 우리나라의 양자·다자협력에 있어 협상그룹별 맞춤형 기술 분야 우선순위 설정에 기여할 수 있을 것으로 기대
 - 155개국에 달하는 비부속서 I 국가들의 LEDS가 지속적으로 제출 및 업데이트되고 있는바, 최신 LEDS에 대한 주기적인 모니터링과 분석 필요
 - 협상그룹별 또는 다양한 차원에서 주요 기후기술에 대한 모니터링 및 업데이트 정보를 플랫폼을 통해 지속적으로 제공하여 이해관계자들이 보다 효과적인 의사결정을 할 수 있도록 지원

참고문헌

- 1) 환경부 (2022). 기후변화와 탄소중립.
<https://www.gir.go.kr/home/file/readDownloadFile.do?fileId=6063&fileSeq=1>
(accessed 2023.11.27.)
- 2) UNFCCC (2023a). LT-LEDS Synthesis Report 2023.
https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2023_10.pdf
(accessed 2023.10.17.)
- 3) Hirsch, T. (2016). The role of alliances in international climate policy after Paris. Friedrich Ebert Stiftung, Global Policy and Development.
- 4) Rydge, J., & Bassi, S. (2014). Global cooperation and understanding to accelerate climate action. The global development of policy regimes to combat climate change, 1-22.
- 5) 신현우, 전은진, 오지현, 정현덕 (2020). LDA 기반의 융·복합 녹색·기후기술 도출 방법. NIGT Brief. 1(2).
- 6) Blei, D. M., Ng, A. Y., & Jordan, M. I. (2003). Latent dirichlet allocation. Journal of machine Learning research, 3, 993~1022
- 7) Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G., & Dean, J. (2013). Efficient estimation of word representations in vector space. arXiv preprint arXiv:1301.3781.
- 8) UNFCCC(2023b). Long-term strategies portal.
<https://unfccc.int/process-and-meetings/parties-non-party-stakeholders/parties/party-groupings>
(accessed 2023.11.24.)
- 9) UNFCCC(2023c). Party Groupings.
<https://unfccc.int/process-and-meetings/parties-non-party-stakeholders/parties/party-groupings>
(accessed 2023.11.17.)
- 10) Sievert, C., & Shirley, K. (2014). LDAvis: A method for visualizing and interpreting topics. In Proceedings of the workshop on interactive language learning, visualization, and interfaces (pp. 63-70).

본 발간물은 국가녹색기술연구소의 기관고유사업인 “[F2330101] 지능형 디지털플랫폼 기반의 혁신 융·복합 기후기술 개발”의 일환으로 수행한 내용을 요약·정리한 것입니다.

NIGT BRIEF

본 NIGT BRIEF의 내용은 필자의 개인적 견해이며,
연구소의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.



07328 서울특별시 영등포구 여의나루로 60 여의도포스트타워 14층
TEL 02)3393-3900 FAX 02)3393-3919~20 www.nigt.re.kr