
Global Report

환경 및 지역사회보건 관련 프로젝트에서 메트릭 및 개념 맵을 이용한 교통산업의 영향

1. 서론
2. 메트릭 및 개념지도의 구조
3. 치수, 기준 및 지표 검토
4. 지표 간의 관계
5. 사례연구
6. 결론

1. 서론

NEPA(The National Environmental Policy Act : 국가환경정책법)가 법으로 제정된 1970년대부터 연구원들은 교통이 환경에 미치는 영향을 연구해왔다[1]. 최근 NHTSA(The National Highway Traffic Safety Administration : 국립고속도로교통안전국)에서는 여행자의 건강과 신체활동이 교통시스템 설계의 주요 고려 사항이 되어야 한다고 보고하였다[2]. 이에 교통, 환경 및 보건 전문가들은 건강효과를 운송계획 프로세스와 통합이 필요하다고 주장하고 있다. 이 연구의 목적은 제안된 운송 산업이 환경 및 지역사회 건강에 영향을 줄 수 있는 측면을 파악하기 위해 엔지니어, 기획자, 공중보건 책임자 및 기타 의사결정자를 위한 계획도구를 개발하는 것이다. 이 도구의 사용자는 잠재적인 영향에 따라 평가연구를 수행 할 수 있을 것이다. 이 도구는 메트릭 개념 맵(metric a concept map)을 결합한 것으로서 이 도구를 개발하려면 다음과 같은 기본적인 질문에 대한 해법이 필요하다.

- 교통, 환경, 지역사회 건강이란 무엇인가?
- 교통, 환경, 지역사회 보건상태를 각각 평가하는 기준은 무엇인가?
- 다른 기준에 영향을 미치거나 영향을 받는 기준은 무엇인가?
- 각 기준에 대해 질적 및 양적 지표는 무엇인가?

이 도구의 응용프로그램은 교차로와 같은 복잡한 도로 네트워크에서의 운송 프로젝트로 제한한다. 이 연구에 도입된 메트릭 개념 맵은 최종 제품이나 표준이 아니고, 다만 교통, 환경 및 지역사회 건강을 구현하기 위한 지식을 기반으로 한 것이다.

2. 메트릭 및 개념지도의 구조

메트릭은 이벤트 또는 프로세스의 상태를 추적하는 데 사용되는 조직화된 구조로 설명할 수 있다[3]. 이 연구의 맥락에서 메트릭은 환경 및 지역사회 건강에 대한 운송 프로젝트의 영향을 추적하는 데 사용되는 파라미터의 집합으로 볼 수 있다. 우리는 교통, 환경 및 지역사회 건강을 하나의 시스템으로 간주한다. 이는 교통시스템, 환경시스템 및 지역사회 보건 시스템을 아우르는 메가 시스템이라고 할 수 있다. 이 연구에서 개발된 지표는 세 개의 하위 메트릭으로 구성되어 있으며, 각각 고유한 기준과 지표를 포함하고 있다. 한 차원이 다른 차원에 미치는 영향을 주지는 않는다. 이를 위해 관계를 시각화하는 데 필요한 개념 맵을 활용한다. 개념 맵은 메트릭을 보완하기 위한 시각화 도구로 이 응용프로그램에서 활용하며, 치수와 기준, 두 개의 서로 다른 차원 사이의 조건을 연결하는 방향을 제시한다.

3. 치수, 기준 및 지표 검토

3.1. 환경의 정의, 기준 및 지표

교통 프로젝트에서 환경문제는 1970년 NEPA에 의해 최초로 제안되었다. NEPA는 EPA(Environmental Protection Agency : 환경보호국)를 설립하고 미국연방기관의 교통 프로젝트와 관련된 환경, 사회 및 경제적 영향을 공공 참여와 함께 평가하도록 요구하고 있다. 특히 환경조건은 공기 질, 소음, 지상 진동 및 빛에 영향을 주며 토지이용은 운송수요에 영향을 미친다. 이 연구에서는 환경지수를 결정하는 5가지 기준(대기 질/소음/지상 진동/빛/건축 환경)을 제안한다. 이중 가장 중요한 요소인 대기 질/소음에 대한 기준은 다음과 같다:

- 대기 질 : EPA는 6가지 대기오염물질<일산화탄소(CO), 납(Pb), 이산화질소(NO₂), 오존(O₃), 미세먼지(PM2.5, PM10), 이산화황(SO₂)>에 대한 NAAQS(The National Ambient Air Quality

Standards : 국가대기질표준)를 설정했다. EPA는 또한 전체 대기 질을 대중에게 보고하는 데 사용되는 AQI(Air Quality Index : 공기품질지수)를 개발하였다. AQI는 6가지 대기 오염물질 지수의 합계이다.

- 소음 : 차량의 엔진소음과 타이어 포장소음은 고속도로 교통시스템에서 발생하는 주요원인이다. 1972년 제정된 소음통제법(The Noise Control Act)은 EPA에게 차량 엔진소음을 규제할 권한을 부여하였다. 아울러 FMCSA(The Federal Motor Carrier Safety Administration : 미국연방자동차운송업체안전관리국)는 상업용 트럭에 대한 소음표준을 시행할 수 있는 권한을 부여하였다. 차량 소음은 공간적 및 일시적으로 일정 시간동안 측정한 데이터를 집계하여 허용 가능한 최대 사운드 레벨과 비교하게 된다. 타이어 포장소음에 대한 연구는 아직 초기 단계에 있다.

3.2. 지역사회 보건의 정의, 기준 및 지표

WHO(The World Health Organization : 세계보건기구)는 건강에 대한 정의를 완전한 신체적/정신적/사회적 복지상태로 정의하고 있다[4]. 커뮤니티는 "공동된 특성을 가진 사람들의 그룹"으로 정의한다.(McKenzie et al., 2011). 따라서 지역사회 건강은 지역주민들의 신체적/정신적/사회적 건강상태를 의미한다. 지역사회 건강이라는 용어는 상호 교환적으로 사용되며, 공중보건과 혼용하기도 한다. 의학 연구소는 공중 보건을 "사람들이 건강할 수 있는 조건을 보장하기 위해 공동으로 하는 일"로 정의하고 있다.(Dishman, 1988) APHA(The American Public Health Association : 미국공중보건협회)는 "공중 보건은 사람과 사회의 건강을 증진하고 보호한다."고 명시하고 있다. 또한 의료, 과학적 연구, 질병 예방, 공공 정책, 비상 대응, 건강 교육 및 삶의 질을 향상시키는 것을 목표로 하는 많은 다른 노력을 포함한다고 정의하고 있다. 이 같은 논의는 지역사회 건강은 신체적/정신적/사회적 건강상태를 의미한다. 즉, 특정 지역의 건강지수(공중보건 인프라/서비스 및 조직된 활동 등)를 달성하는 프로세스를 의미한다. US-CDC(Center for Disease Control and Prevention : 미국-질병통제 및 예방센터)는 지역사회 건강에 대해 광범위하게 인정되는 정의가 없다고 인식하고 있다. 그럼에도 불구하고 CDC는 지역사회 건강 및 공중보건 차원에서 구성된 메트릭으로 볼 수 있는 CHAT(Community Health Assessment Tool : 지역사회 건강평가도구)를 개발하였다. 2015년 버전 메트릭에는 지역사회 건강 차원에서 두 가지 기준(사망률, 이환률)을 제시하였다. CDC는 사망률과 이환율 기준에 대한 다양한 지표를 추가로 확인하였다.

4. 지표 간의 관계

세 가지 목록의 기준 및 지표는 여러 차원에 걸쳐 조건관계를 묘사하지는 않는다. 다른 차원의 지표와 단일차원 지표 사이의 연결은 Glazier 등(2014), Novaco 등(1979), Litman(2003), 웰치 등(2003), Babisch(2005), Sullivan and Chang(2011)에 의해 확인되었다. 이러한 관계를 <표 1>에 나타낸다. 한 기준이 다른 기준의 방향을 결정하는 영향은 생성(G) 및 영향(A)과 같은 용어로 설명한다. 예를 들어, 이동성은 대기오염, 소음공해 및 빛 공해 또는 안전이 신체적/사회적/정신적 건강에 영향을 미치는 것이다.

<표 1> 각 지표 간의 관계

	<i>to dimension</i>	Transportation				Environment					Community Health		
<i>from dimension</i>	<i>criterion</i>	Mobility	Safety	Accessibility	Economy	Air quality	Noise	Vibration	Light	Built environment	Physical Health	Social Health	Mental Health
Transportation	Mobility	-	-	-	-	G	G	G	G	-	-	-	-
	Safety	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	A	A
	Accessibility	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	A
	Economy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A
Environment	Air quality	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	A
	Noise	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-
	Vibration	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A
	Light	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	A
	Built environment	A	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Community Health	Physical Health	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Social Health	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mental Health	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* 자료 : Esmaeil Balal, Ruey Long Cheu, “A metric-concept map for scoping impact studies of a transportation project on environment and community health”, International Journal of Transportation Science and Technology 8 (2019) 176-191, p.181.

5. 사례연구

다른 특성을 갖는 프로젝트(TxDOT : El Paso District, Sun Metro)를 통해 제안한 하위 메트릭 및 개념 맵이 운송 프로젝트에 적용될 수 있는 방법을 설명한다. 이러한 사례연구는 전형적인 TxDOT 고속도로 용량 확장 프로젝트이다. TxDOT/El Paso District는 Franklin Mountains State Park에서 0.479마일 떨어져 있는 고속도로 인터체인지 10(I~10) ‘루프 375’로 알려져 있다[5]. 제안된 개선사항을 간단히 요약하면 다음과 같다.

- 2차선 미분할 고속도로를 정면도로가 있는 4차선 고속도로로 변환
- 두 개의 등급 우선순위 교차로를 인터체인지로 변환
- 루프 375의 서쪽에서 동쪽으로 1~10개의 직접 커넥터를 추가
- 루프 375의 동쪽에서 서쪽으로 1~10개의 직접 커넥터를 추가 등

아울러 ‘루프 375’를 따라 자전거 및 하이킹 트레일을 추가한다. 이 프로젝트는 텍사스주에서 9,850만 달러의 비용을 100% 지원하였다. 이 프로젝트는 거의 완성단계에 있으며, 주립공원(Franklin Mountains State Park)에 인접한 고속도로에 자전거 트레일 건설을 포함하고 있어 TxDOT/El Paso District에서 권장하고 있다. 주립공원에서는 <표 2>는 이 프로젝트가 지역사회 건강에 미치는 잠재적 영향에 대해 평가하기 위한 사례연구이다.

<표 2> 사례연구를 위한 환경에 대한 하위 메트릭

일산화탄소(CO), 납(Pb), 이산화질소(NO₂), 오존(O₃), 미립자 문제(PM2.5, PM10), 이산화황(SO₂)

	Sub-metric for environment Indicator 환경 표시기의 하위 메트릭	측정단위	측정치
대기 질	일산화탄소 농도	ppm	-
	납 농도	µg/m³	-
	이산화질소 농도	ppm	-
	오존 농도	µg/m³	-
	미세먼지 농도	µg/m³	-
	이산화황 농도	ppb	-
공기품질지수	-	-	-
소음	낮 시간 사운드 레벨	dB(A)	-
	밤 시간 사운드 레벨	dB(A)	-
	35mph 이하 속도제한이 있는 도로에서 차량소음	dB(A)	-
	35mph 이상 속도제한이 없는 도로에서 차량소음	dB(A)	48.55
	고정 된 트럭 소음	dB(A)	-
진동	피크 입자 속도	mm/sec(in/sec)	-
빛	발광도	lm/m2 or lm/ft2	-
건축환경	주거 밀도	persons/mi2	-
	작업 밀도	persons/mi2	-
	엔트로피 지수	dimensionless	-

* 자료 : Esmaeil Balal, Ruey Long Cheu, “A metric-concept map for scoping impact studies of a transportation project on environment and community health”, International Journal of Transportation Science and Technology 8 (2019) 176-191, p.185.

6. 결론

이 연구에서는 교통, 환경 및 지역사회 건강에 대한 정의, 기준 및 지표를 검토하였다. 선택한 기준 및 지표는 메트릭으로 구성하였다. 이러한 측정항목들은 교통, 환경 및 지역사회 건강의 세 가지 차원으로 구성되며, 각 지표에는 고유한 하위 메트릭이 있다. 각 하위 메트릭은 여러 기준으로 구성되며, 각 기준은 하나 또는 여러 개의 지표로 구성하였다. 각 지표계측기의 측정단위도 지정하였다. 방향지표는 세 차원에 걸쳐 기준 간의 관계를 시각화하기 위해 개념 맵을 개발하였다. 각 방향지표는 한 기준과 다른 기준의 양수 또는 음수 관계를 나타낸다. 제안된 메트릭을 사례연구에 적용하여 이러한 도구의 잠재적인 응용프로그램을 보여주고, 지표 및 측정단위를 수정하여 특정 프로젝트 요구 사항을 충족할 수 있는 유연성을 입증하였다. 제안된 메트릭은 사용가능한 프로젝트 데이터와 함께 활용될 때 다른 사람에게 영향을 미치는 기준을 이해하고, 그로부터 중요한 환경 및 지역사회 건강에 대한 기준을 식별하는 데 도움이 될 수 있을 것이다. 향후에는 프로젝트에서 해결하지 못한 메트릭 개념 맵에 대한 연구가 필요하다.

교통 및 환경 관련 커뮤니티에 대한 지역사회의 정의, 기준 및 지표가 교통기획자, 엔지니어 및 연구자에 의해 잘 이해되지 않고 있다. 이 연구에서는 메트릭 및 개념 맵을 이용하여 의사결정자들이 환경과 운송 프로젝트 계획단계에서 해당 기준을 이해할 수 있도록 지원하고 있다. 이 연구결과는 국내 대도시의 도심, 고속도로 및 자동차 전용 도로에서의 원활한 교통흐름을 위한 정책에 벤치마킹 자료로 활용할 수 있을 것이다.

[참고문헌]

- [1] EPA, 2016. Criteria Air Pollutants. Environmental Protection Agency.
<<https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>. Accessed June 18, 2018.>
- [2] NHTSA, 2003. Mature Adults: Be Healthy, Walk Safely. National Highway Traffic Safety Administration.
<https://one.nhtsa.gov/people/injury/olddrive/steppingOut/positive_rewards.html. Accessed June 18, 2018.>
- [3] ASCE, 2010. Sustainability. American Society of Civil Engineers.
<<http://www.asce.org/sustainability>. Accessed June 18, 2018.>
- [4] WHO, 2006. Constitution of the World Health Organization. Basic Documents. World Health Organization.
- [5] TxDOT, 2017. Loop 375 – Transmountain West. Texas Department of Transportation.
<<http://www.txdot.gov/inside-txdot/projects/studies/el-paso/loop-375-west.html>.>

<원문제목> A metric-concept map for scoping impact studies of a transportation project on environment and community health

<원문출처> International Journal of Transportation Science and Technology 8 (2019) 176-191