

LCC 분석을 이용한 효과적인 신호 설비 분류에 관한 연구

A Study on The Effective Classification of Signal Facilities using LCC Analysis

김두석† 김영훈* 안찬기** 장성용***
Doo-Suk Kim Young-Hoon Kim Chan-Gi An Seong-Yong Jang

ABSTRACT

This paper presents the classification scheme of the signal facilities on the railroad considering the construction costs and maintenance costs in a low population area. The construction costs of the new signal facility system can be compare with the costs of the present signal facilities as the classification scheme. The signal facilities on the railroad were classified as the railroad security regulations and then the scheme is considered through the LCC analysis . In order to test this research, the costs of signal facilities obtained from ones on TAEBACK railroad line. The costs categorized the construction costs, the labor cost and the maintenance costs can be effectively applied to the LCC analysis. The scheme is very useful to make a decision whether the new signal facilities on railroad in low population area is build or not in terms of the costs.

1. 서론

철도신호제어설비는 다양한 장치들로 구성 되어 있으며 또한 많은 부품 및 세부 장치들로 구성되어있다. 이는 철도 안전법 제25조 및 철도시설 안전 기준에 관한 규칙 제 35조에 의거 한국 철도시설공단이 철도신호제어설비의 시설에 관한 기본적인 사항과 설치 기준을 규정함으로써 나타낸다. 즉, 철도신호제어설비는 안전과 관련되어 분류되어져 있다. 그러나 본 논문은 철도 신호 설비들을 다양한 비용들 (구입비용, 유지보수비용, 폐기비용 등)을 통한 비용분류 체계를 구축하고자 한다. 즉, 신규 설비 설치 및 개량 공사 시 유용한 자료로서 쓰일 수 있다. 또한 새로운 신호 설비 도입 시 구축비용과 기존 설비비용을 비교함으로써 새로운 시설을 구축할 것인지에 대한 의사 결정을 지원하기 위한 효과적인 비용 체계 구축을 위한 연구이다. 이는 기존의 설비비용 체계가 복잡하고 비교 분석이 어려운 관계로 새로운 도입 시에 많은 시행착오와 예산의 과잉 집행이 발생할 수 있기 때문이다.

LCC 분석은 대안에 대한 평가로서 경제성 분석을 통해 기존 시스템의 교체 또는 수명 연장 등을 결정하기 위해 적용하므로 이는 새로운 시설 도입 시 의사 결정 과정에서 매우 유용한 도구로 사용되고 있다. 물론 기존 시스템과 새로운 시스템을 비교하기 위해서는 기존 설비의 현재가치를 구하여야 한다. 설비의 설치 연도, 할인율, 구입비용 그리고 유지관리 비용 및 해체/폐기 비용이 이에 속한다. 의사 결정 시에 새로운 설비를 도입 할 것인지, 유지보수로 할 것인지 또는 폐기 처분할 것인지에 대한 대안들의 선택에 도움을 줄 수 있다. LCC를 통해 효과적인 신호 설비의 비용 체계를 구축함으로써 다양한 분석과 함께 대안들의 의사 결정에 많은 도움이 됨을 알 수 있다.

본 연구는 신호설비를 철도공사 지침서로 분류한 다음 이를 LCC 분석과 연계하여 설비설치비용과 유지보수비용에 따른 분류를 통해 신호설비비용 체계를 구축하고자 하였다. 이 분류 작업을 실험하기 위

† 교신저자, 서울과학기술대학교 연구원, 산업정보시스템공학과
E-mail : doosukkim@hanmail.net

* 한국철도기술연구원, 녹색교통물류연구본부

** 서울과학기술대학교, 철도경영정책학과

하여 저밀도 구간 태백선의 영월 사업소가 관리하는 지역을 택하여 비용을 산출하였다. 이에 새로운 신호 설비 시스템 도입 시 비교 분석이 명확하고 또한 카테고리별로 분류된 비용들을 분석함으로써 다양한 비교 접근법을 제시 할 수 있다.

2. 본론

2.1 신호 설비의 기본 분류

그림 1은 기본적인 신호 설비의 분류를 보여주고 있다.

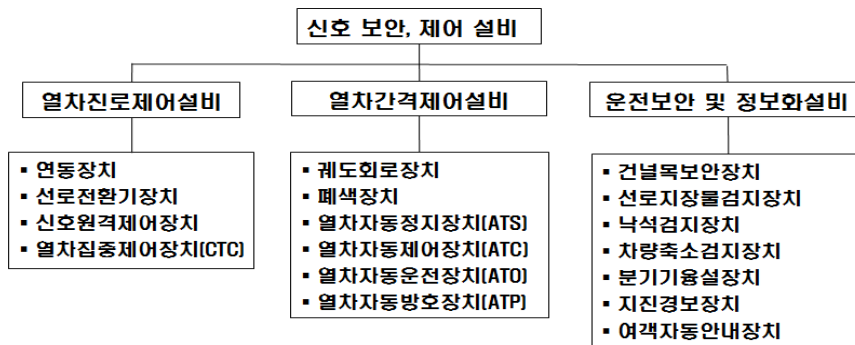


그림 1. 신호 설비의 분류 (현대 철도의 이해)

철도시설 안전에 따른 이 분류는 새로운 설비 도입 시 또는 다른 대안들에 대한 비교를 할 수 없고 또한 장단점을 파악할 수 가 없다. 이에 그림 2처럼 신호 설비의 분류 체계를 좀 더 구체적으로 나타낸다. 이는 좀 더 정확한 비용을 구할 수 있기 때문이다. 그러나 세부적으로 계속 내려 갈수록 비용의 산출은 복잡하고 또한 하위 분류 품목간의 중복으로 인해 비용 산출이 더 어려울 수 있다.

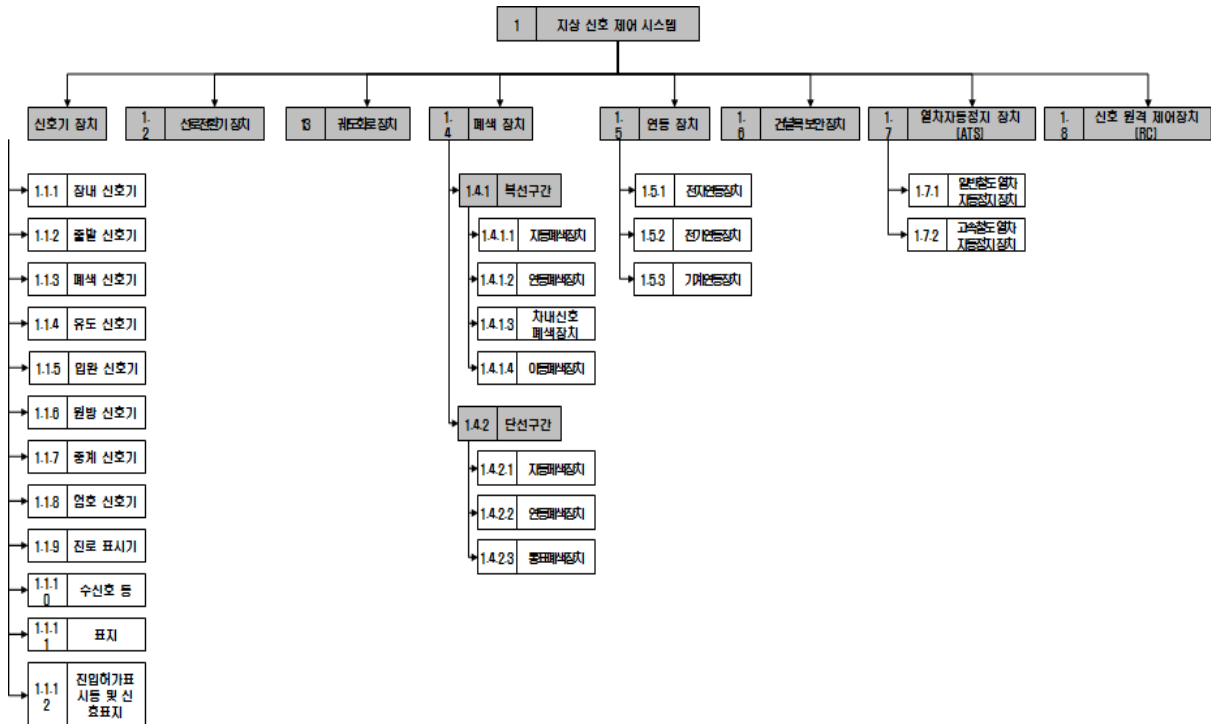


그림 2. 2단계 하위 시스템으로의 신호 설비 분류

2.2 비용 분류 체계

2.2.1 수명 주기 비용

수명주기비용(LCC: Life Cycle Costs)이란 어떤 자산 또는 시스템의 전체 사용수명 기간에 소요되는 전체 비용을 말한다. 이는 초기 개발비용 또는 구입비용 그리고 그 후 사용 중에 발생하는 모든 비용 즉 유지보수비용과 교체비용의 합으로 이루어진다. 수명주기비용이 중요한 이유는 오랜 기간 사용하는 설비나 시스템의 경우 그것이 발생하는 전체비용에 의거하여 여러 의사결정을 할 수 있도록 정확한 진단을 할 수 있기 때문이다.

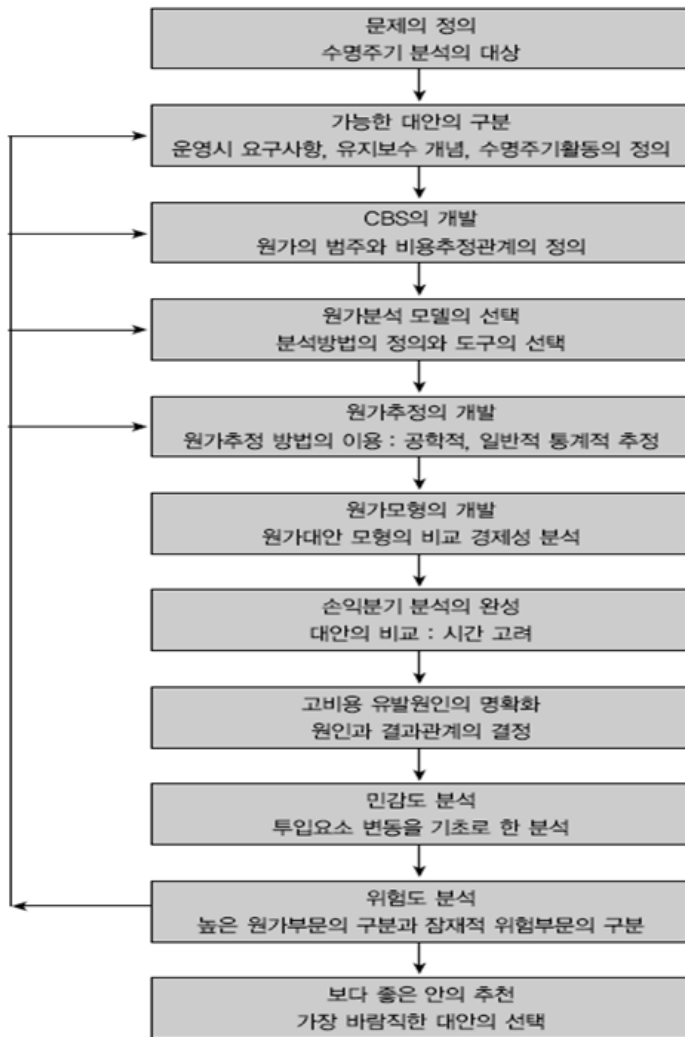


그림 3. 수명주기비용 평가분석 절차

따라서 LCC는 입찰단계에서는 제안 시스템에 대한 경제성을 평가하는 도구로, 설계단계에서는 비용적 측면에서 효율적인 대안 설계를 위한 도구로 활용되고 있으며 사용처에서는 이를 기반으로 유지보수체계를 갖추어 업무의 효율성을 높이는데 사용된다. 일반적으로 구입비용보다 시스템을 운영하고 유지보수에 따른 비용이 매우 크다. 수명주기비용을 분석하는데 여러 가지 선택이 가능한 대안이 있는 경우 일반적인 분석절차는 그림3과 같다. 그러나 수명주기비용을 평가하는데 어려움이 적지 않다. 또한 비용분석구조(CBS, Cost Breakdown Structure)는 중복 및 미반영을 최소화하기 위해 복잡한 원가를 측정하는 데에 필요한 체계적 분석구조로서 복잡하고 많은 비용 구성요소를 분석하며 측정하고자 한다. 본 연구에서는 그림2의 신호설비분류체계에 따라 설비비용과 유지 보수비용을 산출한다.

2.2.2 내구연한과 사회적 할인율

철도 시설물의 내구연한 자료는 철도투자평가편람에 제시되어 있으며 표1은 이를 정리하여 나타낸 것이다. 설비 사업의 경제성 평가기간은 대체로 해당 시설물의 내용 연수와 관련된 여러 분야에 대하여 예상되는 가능성을 검토하여 결정된다. 하지만 신호설비에 사용되는 부품의 수가 많음에 따라 적정하게 부품들을 나누어서 평균값으로 내용 연수를 사용한다.

한편 유지 보수비용은 각 대상의 수명주기 동안에 발생하는 시간단계별 비용흐름의 결정시 인플레이션과 할인율 등이 고려된다. 인플레이션의 영향은 설비비용과 인건비와 연관관계에 있다. 인플레이션 요인들은 가능하면 1년을 기준으로 평가하고, 일반적인 경제적 여건들에 의해 변화가 다양하므로 미래의 비용 추정치는 주기적인 재조사를 통해 보정되어야 한다. 이러한 인플레이션을 측정할 수 있는 지수로 소매물가지수, 도매물가지수, GNP환가지수가 대표적이며, 물가상승률, 명목가치를 통해 실질가치를 계산하고, 할인율과 물가상승률을 동시에 고려할 경우 명목할인율(Nominal Discount Rate)을 산출한다. 하지만 할인율 산정과 적용의 어려움으로 본 논문에서는 사회적 할인율을 적용한다.

도표1. 신호 설비의 내용 연수와 세부 항목

자산별 (계정과목)	내역	내용 연수	세부항목
신호설비	신호기장치	20	출발·장내·유도·입환·폐색·원방·유도·중계·엄호신호기, 입환표지, 고속철도신호표지(SM,AM,P), 출발전호기, 진로표시기
	선로전환기장치	10	전기선로전환기, 선로전환기(MJ81), 차상전환장치, 기계선로전환기, 전철표지, 간류
	궤도회로장치	5	임펄스궤도회로, AF궤도회로, 바이어스궤도회로, 직류궤도회로, PF궤도회로, 주파수궤도회로, 궤도단락스위치, 궤도회로기능검지장치
	연동장치	10	전기연동장치(일반, 고속), 기계연동장치, 기기집중제어장치
	폐색장치	10	자동폐색장치, 연동폐색장치, 통표폐색장치
	ATS장치	5	집 제어식, 속도조사식
	ATC장치	10	ATC지상장치(고속, 일반), ATC차상장치, 불연속정보전송장치
	CTC장치	10	사령설비(고속, 일반), 현장정보전송장치
	원격제어장치	10	ERC, ERC-1, 원격감시장치
	건널목보안장치	10	제어유니트, 경보기, 차단기, 고장감시장치, 지장물검지장치, 출구측차단간검지기, 정시간제어기, 정보분석장치, 원격감시장치, 영상감시장치, 조명등, 고장신고전화, 건널목전자식제어장치
	안전설비	10	지장물검지장치, 차축온도검지장치(HBD), 차축온도중앙감시장치(HBS), 기상설비(MD), 끌림검지장치(DD), 레일온도검지장치(RTCP), 레일온도검지장치(RTCP), 레일온도중앙장치, 보수자횡단장치(PSC), 원격감시장치(CCTV), 분기히팅장치(PHCB,GCP)터널경보장치(TACB), 안전설비집중감시시스템
기타설비	10	전선로, 열차번호인식기, 사구간예고지상장치, 접지설비, 정류기, UPS, 축전지 등	

원칙적으로 사회적 할인율은 모든 공공투자사업에 대하여 공통적으로 적용되어야 한다. 그러나 비용-

편익 분석의 결과가 존중되기 위해서는 모든 비용과 편익이 제대로 반영되어야 하는데, 사업분야에 따라 환경 및 문화보존 등과 같이 수량화하기 어려운 성질의 비용·편익이 발생할 수 있으므로 추정된 현재 가치의 크기가 모든 사업 간에 직접적으로 비교 가능하지 않을 수 있기 때문에 할인율의 차등 적용을 통해 이를 보완하는 방안이 제기된다. 할인율 가운데 공공사업에 적용하는 할인율을 사회적 할인율이라 한다. 이에 반해 민간 자본시장에서 형성된 시장이자율(market rate of interest)을 중심으로 결정되는 할인율을 민간할인율(private discount rate)이라 한다. 많은 경제학자들은 공공사업이 후세의 복지에 기여할 뿐 아니라 여러 가지 외부 효과를 창출하므로 공공사업에는 시장이자율보다 낮은 사회적 할인율을 적용해야 한다고 주장한다. 일반지침(제5판)에서도 이를 고려하여 편익 발생기간 30년까지는 5.5%를 적용하되, 30년 이후에는 4.5%로 차등 적용하는 방안을 제안하고 있다.

2.3. 신호 설비 비용 체계 구축 사례 연구

2.3.1 신호 설비 비용 산출

철도 공사 발주 및 기존의 태백선 자료로 충당하며 많은 종류와 다양한 설비 년도로 인해 2단계 하위 시스템까지의 평균값으로 계산한다. 표2는 신호 설비 장치들 중 신호기 장치에 대한 설비설치비용이다. 이는 하위 시스템의 다양함과 많은 부품들로 인해 비용 산출의 어려움으로 각 하위 부품들의 평균값들로서 계산되었다.

도표2. 신호기 장치의 종류와 설치비용 (태백선 영월 신호제어사업소)

비 목		금액
신호기장치	전기신호 신설	5,300,000
	입환신호기 및 입환표지 신설	2,180,000
	유도신호기 및 수신호 등 신설	2,700,000
	진로표지 신설	2,546,900
	자동폐색 식별표지 신설	250,000
	출발 반응등 신설	1,000,000
	열차정지 및 차량 정지표지 신설	200,000
	기계신호 신설	X
	철구 및 기기가대 조립 신설	X
	철관장치 신설	X
	철선장치 신설	X
	기타 기계신호 장치 신설	X
	보호스위치 신설	X

2.3.2 유지 보수 비용 산출

유지보수비용은 주로 인건비와 교체비로 볼 수 있다. 즉, 일 년 단위의 인건비와 교체비를 계산함으로 유지보수비용을 산출할 수 있다. 영월 신호 사업소 관련 담당 인원이 34명으로 조사 되었으며 담당 지역은 송학역 ~ 고한역까지 관리한다. 즉, 영월역을 기준으로 민동산역, 쌍용역, 그리고 예미역에까지 신호 유지보수인원이 분포하여 있다. 영월 신호제어사업소의 총길이는 70Km으로 25명인원이 태백선을 담당하고 있으며 민동산역에서의 유지보수 인원 9명이 정선선과 태백선을 담당한다. 태백선 담당 25명 인원은 평균연봉을 적용하며, 민동산역의 9명 인원은 정선선과 태백선의 열차빈도수에 비례하여 평균연봉의 분할 적용한다.

민동산역의 태백선 열차빈도와 정선선 열차빈도수는 다음과 같다.

- 태백선 18 (회/일)
- 정선선 4 (회/일)
- 태백선 관련 유지보수인원에 대한 인건비는 연 ₩60,404,000(전기)

$$60,404,000\text{원} \times 25\text{명} + (18/22) \times 60,404,000 \times 9\text{명 (정선선 제외)} =$$

$$\text{₩} 1,510,100,000 + \text{₩}444,793,000 = \text{₩} 1,954,893,000$$
- 총 영월신호제어사업소의 태백선 유지보수 인건비는 ₩ 1,954,893,000
- 영월신호제어사업소의 담당구역 70Km를 나누어서 Km당 유지보수 비용 산출

$$\text{₩} 1,954,893,000 / 70 = \text{₩}27,927,000$$
- 태백선 유지보수인원의 평균 인건비는 Km당 ₩27,927,000 임

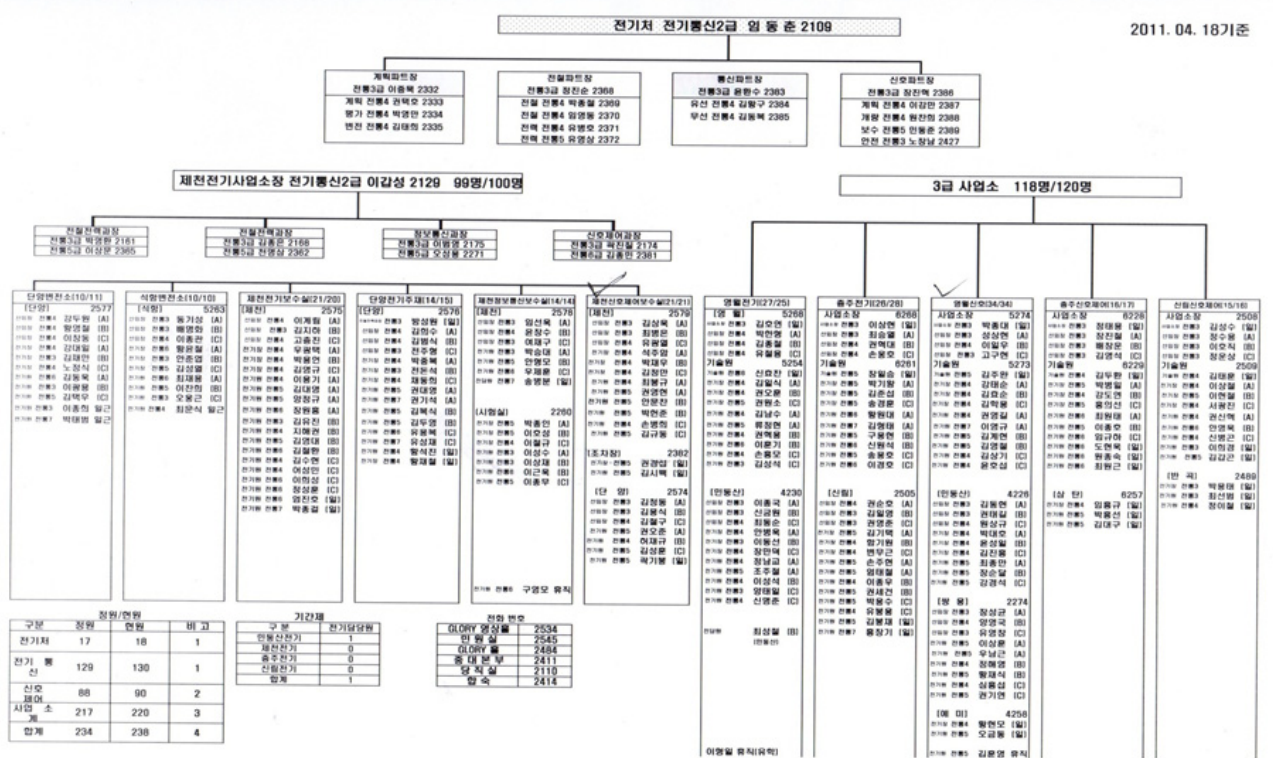


그림 3. 태백선에서 운영 및 유지보수 인원 수

태백선의 인건비를 제외한 예산 투입자료는 다음과 같다. 2009년부터 2011년 6월까지의 태백선 예산 투입자료를 활용하여 총비용에서 태백선 총길이인 103.8km를 나누어서 Km당 유지보수 및 수리비 각종 부대비용을 계산하면 태백선의 총 예산투입 금액은 ₩4,223,766,136 원 (30개월)이며 이를 1년 단위로 환산하면 1,689,506,454(원/년) 금액의 비용을 산출할 수 있다. 이를 Km 기준으로 환산하면 태백선은 연간 16,276,555 [원/Km]의 부대비용이 소요된다. 그러므로 Km당 인건비 ₩27,927,000 와 Km당 부대비용 16,276,555를 더하면 태백선은 연간 ₩ 4,203,555 (원/Km)의 유지보수비용이 들어가고 있다

2.3.3 해체 및 폐기 비용

현재까지의 자료는 거의 전무하므로 현재 단계에서는 적용하지 않는다. 이는 새로운 신호 설비의 경우도 해체 및 폐기 비용이 비슷할 것이라는 가정으로 비교 대안시 서로 상쇄되는 것으로 간주하여 무시한다.

후기

본 연구는 “ICT 기반 차상제어시스템 운영개선 비용 분석 체계 개발”사업의 지원으로 수행되었습니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

3. 결론

다양한 품목으로 구성되어 있는 철도신호제어설비를 비용을 기준으로 분류하였다. 안전과 관련된 철도신호제어설비 분류보다 복잡하지만 여러 가지 유용한 사용이 될 수 있을 것이다. 예로 새로운 설비 설치 및 차상 제어 시스템 도입 시 비용관련 분석에도 유용한 분류 자료로서 쓰일 수 있을 것이다. 비용분류 및 계산을 위해 본 논문은 저밀도 지역인 태백선을 기준으로 하였다. 이는 현재 태백선 구간의 경제적 손익을 파악할 때 새로운 철도 시스템 도입 시 설비설치비용과 유지보수비용을 산출함으로써 기존의 신호제어비용과 비교에 의해 새로운 시스템을 구축할 것인지에 대한 의사 결정을 지원할 수 있을 것이다. 이에 새로운 신호 설비 시스템 도입 시 카테고리별로 분류된 비용들을 분석함으로써 다양한 비교 접근법을 제시 할 수 있다. 본 연구는 설비비용을 철도공사 지침서를 바탕으로 이를 LCC 분석과 연계하여 설비비용 및 유지보수비용을 산출하는 비용체계를 구축하였다.

새로운 신호설비 비용 분류 체계는 다음과 같은 이점을 가질 수 있다.

- 새로운 신호 설비를 도입할 경우 타당성이 있는지의 유무를 검사할 수 있다.
- 효과적인 설비 유지 관리가 가능하다.
- 만약 새로운 신호설비를 도입하는 경우 보다 정확한 예산 예측이 가능하다.

참고문헌

1. H. Paul Barringer, “A Life Cycle Cost Summary,” International Conference of Maintenance Societies(ICOMS-2003), 2003
2. 박수명 (2009), “EMU 철도 차량의 LCC 분석” 한국 철도학회 춘계학술대회 논문집
3. 박미연, 조효남 (2005), “철도 교량의 생애주기비용분석에 관한 연구” 한국철도학회 춘계학술대회 논문집
4. 한국 개발 연구원, 도로 및 철도 부문 사업의 예비타당성조사 제5판, 공공투자관리센터, 2008
5. 한국 철도 공사 전기기술단, 전기업무자료 제 17호, 2010
6. 한국 철도 시설 공단 한국 교통 연구원, 철도투자평가편람, 2010