

철도무선신호제어시스템 실용화의 기회가치성을 고려한 경제성분석 체계 정립

-일반 및 고속철도용 무선 및 제어시스템 실용화 사례를 중심으로-

Establishing the Methodology of Economic Analysis to Take into Account Opportunistic Valuation for a Radio Communication & Train Control System

조신형* · 서영현 · 고승영 · 이성모

Shin-hyung Cho · Young-hyun Seo · Seung-young Kho · Sung-mo Rhee

Abstract Development of a train wireless signal control system using LTE-R technology is expected to have a great ripple effect to the existing signal control market. To make inroads into the international market, it is an urgent issue to practicalize the train wireless signal control system. Because it will require a huge budget to commercialize the wireless signal control system, it is necessary to analyze the feasibility beforehand, with a consideration of the domestic and foreign marketability and the impact on related industries. This study investigated the effect of the practicalization of train control system on future railway and national industrial sectors. We suggested the establishment of a framework for economic feasibility analysis, one that can provide criteria for opportunistic valuation. We also verified this framework through case analysis.

Keywords : KRTCS(Korea radio train control system), Input-output table, Economic feasibility, Economic ripple-effect

초 록 현재 우리가 선도하는 LTE-R 기술을 활용한 철도무선신호제어시스템 기술개발은 기존 신호시장에 미치는 파급효과가 상당할 것으로 예상되며 세계 철도신호시장의 선점을 위해 조속한 실용화사업이 절실한 시점이다. 철도무선신호제어시스템의 실용화사업에는 막대한 예산이 소요되기 때문에 그 가능성에 대해 막연한 기대를 갖고 접근하기 보다는 국내외 시장성, 연관 산업의 파급효과 등을 고려하여 타당성 여부를 사전에 검토하여 사업추진을 면밀하게 분석해야 할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 대상사업의 실용화가 장래 철도부문과 국가산업부문에 미치는 효과 등을 조사 및 분석하여 시장성 및 관련 산업에 미치는 영향을 기회가치성을 판단할 수 있는 경제적 타당성 분석체계의 틀을 정립하고 사례분석을 통해 검증하였다.

주요어 : 철도용 무선 및 제어시스템, 산업연관표, 경제적 타당성, 경제적 파급효과

1. 서 론

일반 및 고속철도용 무선 및 제어시스템의 개발은 높은 기술력 확보와 경제성을 고려한 새로운 부가가치를 창출할 수 있는 매력적인 교통기술로 자리매김할 것으로 기대되며, 국내외 시장의 선점을 위해 조속한 실용화 사업 추진이 필요할 것으로 예상된다. 아직 LTE-R 기반의 철도용 무선 및 제어시스템 시장은 제대로 형성되지 않았으나, 성장 잠재력에 대한 공감대가 형성되고 기존의 철도기술 선도국가는 물론 후발 국가들 또한 기술개발에 박차를 가하고 있기 때문에, 국부 창출 및 철도기술 경쟁력 측면에서 조속한 추진이 요구되고 있다[1-3].

새로운 철도기술의 도입이나 개발에는 막대한 재원이 소요되므로, 실용화 가능성에 대한 막연한 기대를 갖고 접근하기보다는 향후 국내외 시장성향을 고려한 경제적 타당성을 종합적으로 검토하여 사업의 당위성을 면밀히 검토할 필요가 있다. 기존 연구에서는 지상ATP 도입에 따른 경제적 타당성 분석, 철도 통합무선망 구축사업 등의 방법론이 있었으나, 실질적으로 국가차원의 포괄적인 관점에서 정리된 경제적 타당성 분석 방법론 정립은 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 정부에서 추진하고 있는 일반 및

*Corresponding author. Tel.: +82-2-880-7377, E-mail: lagisa@snu.ac.kr.

© 2016 The Korean Society for Railway. All rights reserved.

<http://dx.doi.org/10.7782/JKSR.2016.19.3.373>

고속철도용 무선 및 제어시스템 실용화 사업을 중심으로 국내외 시장성과 파급효과를 감안하여 대외경쟁력은 물론 국가경제에 미치는 영향을 기회가치적 차원에서 분석하여 종합적인 경제성분석 틀을 정립하는 것이다.

연구의 구성은 경제성 분석을 위한 시나리오를 구축하고 경제성 분석의 틀을 제시하며, 경제적 파급효과를 분석하기 위한 산업연관분석 방법론을 소개하고 경제적 타당성 지표를 제시한다. 또한, 제시된 방법론을 현재 연구개발 및 실용화가 진행 중인 일반 및 고속철도용 무선 및 제어시스템에 적용함으로써 기대되는 경제적 타당성을 제시하였다. 마지막으로 분석 방법론 설정 및 사례분석을 통해 본 연구의 결론을 제시하였다.

2. 본 론

2.1 분석 시나리오 작성 및 산업연관분석 방법론

2.1.1 분석 시나리오 작성

철도무선신호제어시스템 기술의 시장규모 증가추이 등 최근의 국내외 철도시장의 성장패턴을 근간으로, 철도무선신호제어시스템 기술 실용화 사업이 개발되고 있는 단계에서 경제성 분석은 국내 시장과 수출규모, 수입대체 효과를 분석하여 장래 국가경제에 미치는 불확실성을 감안하고 시나리오를 작성하여 분석하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 시나리오 작성은 철도신호 분야의 전문가를 대상으로 선별적이고 반복적인 델파이 방법을 통해 누차에 걸친 피드백을 거쳐 가격적 측면, 시장점유율, 신호시장 목표점유율의 수요창출 효과를 대상으로, 수렴성을 중심으로 가치적 척도 중심의 손익분기점을 도출하였다. 또한 시나리오별 한계성향은 누차에 걸친 전문가들의 의견을 통해 수렴성을 체크하여, 한계값을 중심으로 최우추정법(maximum likelihood method)의 수렴강도를 고려하여 시나리오를 구성하였다. 델파이 방법을 위해 선정된 패널은 교통분야 전문가 10명, 신호분야 전문가 4명으로 구성되어 있으며, 총 3회의 설문을 수행하여 지속적인 환류 및 수정과정을 통해 통계적으로 허용되는 값을 제시하기 위해서 수렴성 집적도의 오차범위는 ±3%로 설정하였다. 또한 수렴도가 95% 이하인 경우는 제외하고 그 이상인 경우를 대상으로 95% 신뢰구간을 설정하여 이를 가치적 비중을 기준으로 손익분기점을 도출하여 다음과 같은 시나리오를 작성하였다.

Table 1. Scenario to determine effect of creating effective demand on the degree of market share.

Demand analysis on the degree of market share		The goal of market share in railway signal system		
		Optimistic (50%)	Neutral (35%)	Pessimistic (20%)
The possibility of introduction in railway signal system	Optimistic	○	-	-
	Neutral	-	○	-
	Pessimistic	-	-	○

2.1.2 경제성분석 접근 틀

새로운 기술력이 교통부문 외에도 국가의 관련 산업간 연결구조에 상당한 파급영향을 미친다는 사실은 기존의 연구결과와 같은 맥락이다. 실용화 사업비(기술개발비+시범노선 사업비)를 비용으로 간주하였고, 일반 및 고속철도용 무선 및 제어시스템의 국내외 매출과 관련된 파급효과로서 순부가가치 창출규모를 편익으로 간주하여 분석하였다. 경제적 타당성의 평가지표로는 편익/비용 비율(Benefit-Cost Ratio, B/C비), 순현재가치(Net Present Value, NPV), 내부수익률(Internal Rate of Return, IRR) 등 대표적인 척도를 사용하여 종합적인 관점에서 경제성을 짚어보았다. 분석기간은 일반 철도산업의 분석기간이 40년인데 반해, 철도용 무선 및 제어시스템의 실용화 사업은 신기술이라는 관점에서 경제적 타당성의 임계(threshold)기간을 통상 20년(특히 등을 감안)으로 보고 있다. 본 연구에서는 개발 이후 10년까지를 임계기간으로 하여 사업의 위험성에 대비하여 보수적인 접근체계로 접근하였다.

2.1.3 산업연관분석

산업연관분석은 한 국가의 전체 산업을 대상으로 생산부문에 투입액에 의한 최종 수요의 창출, 수익, 총생산액과 부가가치 등의 파급효과를 기초로 국민경제의 움직임을 산업간의 생산기술적 연결구조로 파악하여 그 연관관계를 규명하는 실증적인 분석 방법이다. 레온티에프(W.W. Leontief) 교수가 만든 것으로 투입산출분석(input output analysis), 다부문 분석(multi-sectoral analysis)이라고도 한다[4]. 산업연관분석은 예를 들면 ①중간생산물거래에서 볼 수 있는 산업간의 연결관계, ②부가가치와 생산요소와의 관계, ③제반 산업과 최종수요와의 상호관계 등 산업연관모형을 작성하여 국민경제의 현황분석, 예측분석, 경제계획입

	Intermediate	Final demands	Imports	Total output
Intermediate		Distribution structure		
Value added	Input structure			
Industry output				

Fig. 1. Structure of input-output table.

		Intermediate	Final demands	Imports	Total output
		1 2 ... j ... n			
Intermediate	1	$x_{11} x_{12} \dots x_{1j} \dots x_{1n}$	Y_1	M_1	X_1
	2	$x_{21} x_{22} \dots x_{2j} \dots x_{2n}$	Y_2	M_2	X_2
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	i	$x_{i1} x_{i2} \dots x_{ij} \dots x_{in}$	Y_i	M_i	X_i
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	$x_{n1} x_{n2} \dots x_{nj} \dots x_{nn}$	Y_n	M_n	X_n	
Value added		$V_1 V_2 \dots V_j \dots V_n$			
Industry output		$X_1 X_2 \dots X_j \dots X_n$			

Fig. 2. Parameters of input-output table.

안 등에 광범위하게 응용되고 있다. 산업연관분석을 위한 투입계수, 부가가치계수, 생산유발계수의 산출방법을 소개하면 다음과 같다.

위 Fig. 2에서 제1열 즉, 산업 1의 중간투입내역 $x_{11}, x_{21}, \dots, x_{n1}$ 를 총투입액 X_1 로 나눈 값을 a_{11}, a_{21}, a_{n1} 이라 하면, 이것이 산업 1의 생산물 한 단위를 생산하기 위하여 필요한 각 산업부문 생산물의 크기를 나타내는 투입계수가 되고, 산업 1의 부가가치 V_1 을 X_1 로 나눈 것이 부가가치계수가 된다. 이를 일반 수식으로 표현하면 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{투입계수: } a_{ij} = x_{ij}/X_j \quad (1)$$

$$\text{부가가치계수: } v_j = V_j/X_j \quad (2)$$

한편 투입계수표에서 열(세로)방향으로 특정산업의 투입계수와 부가가치계수를 합하면 1이 된다. 이를 일반식으로 표현하면 다음의 식과 같다.

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} + v_j = 1 \quad (3)$$

$$\text{투입계수행렬 } A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nj} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\text{부가가치계수 } V = [V_1 V_2 \dots V_j \dots V_n] \quad (5)$$

철도무선신호제어시스템 기술의 실용화 사업이 각 산업분야에 미치는 영향을 나타내는 산업연관표를 이용하여, 생산유발효과, 부가가치 유발효과, 고용창출 등과 같은 기회가치를 감안하여 총체적으로 다중적 차원에서 경제성분석의 틀을 구축하고 사례분석을 통해 검증하였다.

2.1.4 경제성 분석 평가지표

경제적 타당성의 평가지표로는 편익/비용 비율, 순현재가치, 내부수익률이 대표적인 척도로 사용되고 있다. 우선 B/C비는 각 항목별로 산정된 편익 및 비용을 합하여 총 편익 및 총 비용의 할인된 금액의 비율이다. 즉 장래에 발생할 비용과 편익을 기준 연도의 현재가치로 환산한 뒤 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 것이다. 일반적으로 편익/비용 ≥ 1 이면 경제성이 있다고 판단한다. 두 번째로 순현재가치란 사업에 수반된 모든 비용과 편익을 기준연도의 현재가치로 할인하여 총 편익에서 총 비용을 뺀 값이며, 순현재가치 ≥ 0 이면 경제성이 있다고 판단한다. 세 번째로 내부수익률은 편익과 비용을 현재가치로 환산한 값이 같아지는 할인율 R 을 구하는 방법으로, 사업의 시행으로 인한 순현재가치를 0으로 만드는 할인율이다. 내부수익률이 사회적 할인율보다 크면 경제성이 있다고 판단한다.

2.2 철도무선신호제어시스템 기술실용화 사례분석

2.2.1 국내 시장 규모

일반 및 고속철도용 무선 및 제어시스템 개발기술이 실용화될 경우 국내 시장에서는 기존 신호시스템과 상호보완 및 경쟁적인 관계가 형성될 것으로 예상된다. 따라서 현재 국내 철도 건설계획을 사전 조사하여 일반 및 고속철도용 무선 및 제어시스템으로의 대체가 가능한 시스템을 중심으로 앞에서 작성된 3가지 시나리오를 구성하였다. 현재 일반철도와 고속철도 노선 중 2,500km에 일반 및 고속철도용 KRTCS를 설치하고, 국토해양부[5]에 의해서 추가로 건설되는 고속철도(332km), 일반철도(기시행중인 사업 1,828km, 신규사업 후반기 614km)에 일반 및 고속철도용 KRTCS를 설치한다는 전제를 수용하였다. 따라서 일반 및 고속철도용 KRTCS를 설치할 수 있는 노선은 총 5,274km 규모이며, 일반 및 고속철도용 KRTCS의 지상설비는 지상ATP 및 지상차로 구성되며 지상ATP는 200km마다 3개가 설치되는 것으로 하였다.

본 연구에서는 ETCS Level 2에 의한 장치별 가격을 비교하였으며, 지상RBC 수입대체 효과로 ETCS Level 2 기준, 약 70~80km 당 지상RBC 1set(1,586,000€/set)이며, 차상장비 수입대체로 차상ATP 1set = 약 15억 원(ETCS Level 1 기준/KTX 산천 기준)으로 수입대체효과를 기대해 볼 수 있다. 경제적 타당성 조사를 위해서 한국과학기술기획평가원[6]에 의거하여 연구 결과에 따른 직접 편익만을 분석에 반영하였다. 국내 철도시장에 국산시스템 구축되어 있는 시스템과의 비교를 통한 비용절감 편익과 무선신호제어시스템의 국외 철도시장 진출에 따른 부가가치편익을 반영했으며, 국내의 철도무선통신망에 대한 외국산가격 대비 국산가격절감비율은 약 12.4% 수준에 이르고 있다.

Table 2. Cost of train control systems.

Section	Foreign system	Domestic system
Type	TRS (800MHz)	LTE-R(2.6GHz)
Expected Cost(3,700km installation)	840.1 Billion Won	747.4 Billion Won

Data: Korea Railroad Research Institute(2014), A study of the national wireless network system for railway [7]

무선통신열차제어시스템의 경우 외국산 시스템에 비해 비용이 상대적으로 저렴할 것으로 예상되나, 현재 비교 가능한 가격자료가 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 앞에서 작성된 내용을 근간으로 외국산 시스템 대비 국산 시스템의 가격절감 구간에 따라 낙관적 시나리오는 30% 절감, 중립적 시나리오는 20% 절감, 비관적 시나리오는 10% 절감으로 설정하여 분석을 수행하였다.

Table 3. Scenario to determine ratio of cost of domestic wireless network train control system to cost of foreign system.

Scenario	Expected cost savings for domestic system	Note
Optimistic	30% cost savings compared to foreign system	
Neutral	20% cost savings compared to foreign system	
Pessimistic	10% cost savings compared to foreign system	

2.2.2 국외 시장 규모

세계 철도시장의 연평균 증가율은 6% 수준에 이르고 있으며, 철도신호 및 제어부문 시장규모는 2016년 이후 국외 철도신호통신시장의 증가추이를 연평균 약 0.5%로 추정하고 있다[8]. 국내 시장규모는 국외시장 규모 예측 시 중복반영의 소지가 있어 제외하였다. 편익추정방법으로 시장수요접근법을 사용하였으며, 이 방법은 시장수요의 추정을 통해 연구개발사업의 결과물이 시장을 점유함에 따라 산출되는 부가가치 중 본 개발사업이 차지하는 비율에 해당하는 편익을 산정하는 방법으로 이는 다음과 같다.

$$\text{국외시장부가가치편익} = (\text{국외시장 규모}) \times (\text{시장점유율}) \times (\text{사업화성공률}) \times (\text{부가가치율}) \times (\text{R\&D 기여도})$$

본 사업은 국내 철도망 신설 및 개량계획에 필요한 철도무선신호제어시스템의 기술개발 및 실용화 사업으로 일반적인 국가연구개발사업의 사업성공률과 그 궤를 달리하며, 본 사업과 같은 물리적 기자재의 개발과 같은 유형으로 자체의 성공률은 100%를 전제하였다. 부가가치율은 한국은행[4]에서 최근 발간한 자료를 기준으로 2006~2011년 5년간 유관산업의 부가가치율을 평균하여 32.3%를 선정하였다. 또한, R&D 기여도란 기술개발활동이 타 산업 분야에 미치는 부가가치의 창출에 어느 정도 기여하였는가를 의미하며, 이전의 유사사업에 대한 한국과학기술기획평가원[6]에서 가정하였던 방법과 KDI[9]를 검토하여,

28.1%를 선정하였다.

편의발생시점은 2018년 상용화 이후 국내 시스템 구축과 함께 국외 수출가능성이 커짐에 따라, 2018년을 국외시장 수출편의 시점으로 판단하였으며 GSM-R 등 유사 기술의 기술수명을 참고하여 상용화 후 10년으로 전제하였다. 경제성 분석의 시나리오는 앞에서 작성된 시나리오를 적용하였다.

Table 4. Scenario to determine ratio of international market share to domestic market share for wireless network train control system.

Scenario	Expected market share for domestic system	Note
Optimistic	3% international market share for wireless network train control system	
Neutral	2% international market share for wireless network train control system	
Pessimistic	1% international market share for wireless network train control system	

2.2.3 경제적 파급효과

본 연구에서는 성과물의 목표점유율에 따라 수요예측을 수행하였으며, 앞서 산정한 국내 철도 신호시장 규모를 바탕으로 목표점유율 시나리오에 따른 본 사업 성과물의 수요규모를 산정하였다. 앞에서 언급한 국내 철도신호시장 또한 사업시행정도에 대한 시나리오에 따라 산정된 바, 국내 철도신호시장 시나리오별로 목표점유율에 따라 실용화 시의 수요규모를 추정하였는데 그 결과는 다음과 같다.

Table 5. Scenario to determine effect of creating effective demand on the degree of market share.

Demand analysis on the degree of market share		The goal of market share in railway signal system (Unit: Billion Won)		
		Optimistic (50%)	Neutral (35%)	Pessimistic (20%)
The possibility of introduction in railway signal system	Optimistic	753.7	527.6	301.5
	Neutral	527.6	369.3	211.0
	Pessimistic	301.5	211.1	120.6

분석 결과, 비관적인 경우 약 1,206억 원 규모에서 낙관적인 경우 약 7,537억 원 규모로 약 6배 차이가 있는 것으로 추정된다. 하지만 국내시장의 불투명성을 감안하더라도 약 3,000억 원 수준에 이를 것으로 전망해도 별 문제가 없을 것으로 사료된다.

경제적 효과계수를 측정하기 위해서 위에서 언급한 산업연관표 상의 경쟁수입형 생산자가격표의 투입계수를 이용하여 도출하였으며, 고용유발계수는 KDI[10]에서 제시하고 있는 값을 이용하였다. 생산유발계수는 2.547965를 사용하였으며, 부가가치유발계수는 0.769538을 사용하였다. 또한, 고용유발단위는 1억 원당 2.870명의 고용창출효과가 발생하는 것으로 가정하고 분석하였다.

본 사업의 실용화의 신호시장 목표점유율과 국내철도시장의 사업시행에 따라 낙관적·중립적·비관적 시나리오를 적용하여 생산유발효과를 산정하였다. 이 때, 신호시장 목표점유율에 따른 시나리오별 분석 결과를 보면 모두 낙관적일 경우 약 19,205억 원 규모, 모두가 비관적일 경우 약 3,073억 원 규모로 추정된다.

Table 6. Effect on production inducement.

Effect on production inducement		The goal of market share in railway signal system (Unit: Billion Won)		
		Optimistic (50%)	Neutral (35%)	Pessimistic (20%)
The possibility of introduction in railway signal system	Optimistic	1,920.5	1,344.4	768.2
	Neutral	1,344.3	941.1	537.7
	Pessimistic	768.2	537.8	307.3

부가가치유발효과 또한 상기한 과정으로 수행하였는데 모두가 낙관적일 경우 약 5,800억 원 규모, 모두가 최악의 경우인 비관적일 경우 약 928억 원 규모로 추정되었다.

상기와 같은 방법으로 각각의 낙관적·중립적·비관적 시나리오를 적용하여 모두 9가지의 시나리오에 따른 고용유발효과를 추정하였는데 모두 낙관적일 경우 약 21,632명, 모두 비관적일 경우도 약 3,461명에 이르는 것으로 추정되었다.

Table 7. Value added inducement effect.

Add value inducement effect		The goal of market share in railway signal system (Unit: Billion Won)		
		Optimistic(50%)	Neutral(35%)	Pessimistic(20%)
The possibility of introduction in railway signal system	Optimistic	580.0	406.0	232.0
	Neutral	406.0	284.2	162.4
	Pessimistic	232.0	162.4	580.0

Table 8. Employment inducement effects.

Employment inducement effects		The goal of market share in railway signal system (Unit: Persons)		
		Optimistic (50%)	Neutral (35%)	Pessimistic (20%)
The possibility of introduction in railway signal system	Optimistic	21,632	15,143	8,653
	Neutral	15,143	10,600	6,057
	Pessimistic	8,653	6,057	3,461

2.2.4 경제적 타당성 분석 결과

철도무선신호제어시스템 기술의 실용화 사업에 대한 비용편익 기준의 경제성 분석 결과, 각 시나리오 별 결과가 Table 9와 같이 도출되었다. 비관적 시나리오 하에서 B/C는 2.17, NPV는 1,211억 원, 중립적 시나리오 하에서 B/C는 3.48, NPV는 2,566억 원, 낙관적 시나리오 하에서는 B/C가 4.78, NPV가 3,921억 원으로 도출되었다. 상기와 같은 결과로 볼 때, 열차제어시스템 연구개발의 실용화에 따른 경제적 타당성이 있는 것으로 분석되었다.

Table 9. Results of economic analysis for wireless network train control system.

Section	Optimistic scenario	Neutral scenario	Pessimistic scenario	Unit
B/C	2.17	3.48	4.78	
NPV	121.1	256.6	392.1	Billion Won
IRR	29.0	45.5	58.3	%

3. 결 론

본 연구는 열차제어 및 신호부문의 국내 학계 및 산업분야의 철도신호분야 전문가를 대상으로 선별적이고 반복적인 델파이 방법을 통하여 전문가들의 의견을 중심으로 본 사업의 장래여건에 따라 비관적인 경우, 중립적인 경우, 낙관적인 경우의 3가지 시나리오를 작성하였다. 이를 중심으로 국내외 시장성과 파급효과를 감안하여 대외경쟁력은 물론 국가경제에 미치는 영향을 기회가치성 차원에서 종합적인 경제성분석 틀을 정립하여 철도무선신호제어시스템 기술의 실용화 사업의 사례를 통해 검증하였다. 국가 전체적인 관점에서 영향을 미치는 기회가치성을 고려한 경제성 분석에 대한 내용으로 기존에 단일 사업의 비용과 사업시행에 따른 편익을 제시하기보다는 국가적인 차원의 수입대체효과와 경제적 파급효과를 정량화하여 결과를 제시했다는 것이 기존 방법과의 차별성으로 제시되었다.

본 연구에서 경제성분석 접근의 주요 틀인 시나리오 작성은 귀납적으로 규모적 한계성향을 감안하여 누차에 걸쳐 전문가의 의견을 조화, 수렴성을 체크하여 한계값 중심으로 최우추정법의 수렴강도를 고려하여 3가지 시나리오를 작성하였다. 전문가를 대상으로 누차에 걸친 반복 의견조회 결과 수렴성 집적도의 오차범위는 ±3%로, 수렴성이 95% 이하인 경우는 제척하고 그 이상인 경우를 대상으로 95% 신뢰구간에서 규모적 한계성을 기준으로 손익분기점을 도출하여 시나리오를 작성한 후 이를 적용하여 기회가치성을 고려해 경제성 분석을 수행하였다.

각 시나리오별로 분석된 경제성 분석 결과에 따르면 본 사업의 실용화는 국가산업부문 및 국민경제의 총체적인 관점에서 경제적 타당성은 물론 기회가치성 측면에서도 기대 이상으로 상당한 긍정적인 효과가 있는 것으로 도출되었다. 수요창출에 따른 효과만 약 1,200억 원을 상회하며, 기타 생산유발, 부가가치, 고용 등에서도 최악인 비관적 시나리오에서도 상당한 창출효과가 있는 것으로 분석되었다. 또 실용화시 비용-편익 측면에서도 최악의 상태인 비관적 시나리오인 경우 B/C는 2.17, NPV는 1,211억 원으로 분석되어 기타 중립적 시나리오, 낙관적 시나리오에서는 이 이상의 경제성이 확보되는 것으로 분석되었다. 이러한 정

황을 미루어 볼 때는 철도무선신호제어시스템 기술의 실용화를 고부가가치산업으로 전제한 철도선진국에서는 이 부문에 적극적인 재정지원 등으로 장려하고 있는 점을 감안할 때, 우리 정부에서도 그간의 시행착오에서 조속히 벗어나 이 분야의 기술력을 선점할 수 있는 정책적 배려가 시급할 것이다.

본 연구에서 제시된 방법론에 따른 경제적 타당성을 분석하였는데, 기존의 다른 방법론과의 비교를 통하여 방법론의 차별성 및 우수성을 검증할 수 있는 체계를 마련하고 분석하는 것은 향후 연구로서 필요하다. 또한, 본 방법론에 대한 실질적인 검증을 위해서 이와 유사한 사업 분야로의 적용이 요구된다.

후 기

본 연구는 2014년도 국토교통부에서 수행하는 ‘일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화 연구’용역의 위탁과제로 수행하여 분석한 내용입니다. 감사합니다.

References

- [1] S. Rhee, C. Park, S. Kho and K. Jang, *et al.* (2010) Detailed research planning for railway signaling system, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Construction & Transportation R&D Report.
- [2] Y. Kim, Y. Yoon, S. Oh and M. Kim, *et al.* (2014) A study of the national wireless network control system and performance evaluation for subway, Korea Railroad Research Institute, Infrastructure R&D Report.
- [3] S. Song, S. Kim, H. Lee and S. Choi, *et al.* (2012) National integrated wireless network system and effect analysis for railway, Korea Information Society Development Institute.
- [4] J. Kim (2011) 2009 Input-Output Tables, The Bank of Korea.
- [5] Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2011) The second national rail network deployment plans, Ministry of Land, Infrastructure and Transport.
- [6] Y. Lee, S. Ahn, I. Choi and H. Kim (2011) The study of standard guidelines for Research and development feasibility sector, Korea Institute of Science & Technology Evaluation and Planning, Preliminary feasibility study report 2011.
- [7] Y. Kim, Y. Song, K. Kim and S. Chang, *et al.* (2014) A study of the national wireless network system for railway, Korea Railroad Research Institute, Future urban railway technology development project.
- [8] M. Leenen and A. Wolf (2012) The Worldwide Market for Railway Technology 2012, SCI/Verkehr.
- [9] K. Kim, J. Woo, S. Lee and J. Kim, *et al.* (2008) The complementary studies of project guidelines for pre-feasibility study of the standard instructions of the road and rail sector projects (fifth edition), Korea Development Institute, Preliminary feasibility study report 2008.
- [10] J. Kim, S. Lee, J. Kim and J. Song, *et al.* (2001) The study of project guidelines for pre-feasibility study of the railway sector. (third edition), Korea Development Institute, Preliminary feasibility study report 2001.

(Received 7 April 2016; Revised 25 April 2016; Accepted 28 April 2016)

Shin-hyung Cho : lagisa@snu.ac.kr

Department of Civil and Environmental Engineering, Seoul National University, 1 Gwanak-ro, Seoul, Korea

Young-hyun Seo : yhseo@snu.ac.kr

Department of Civil and Environmental Engineering, Seoul National University, 1 Gwanak-ro, Seoul, Korea

Seung-young Kho : sykho@snu.ac.kr

Department of Civil and Environmental Engineering, Seoul National University, 1 Gwanak-ro, Seoul, Korea

Sung-mo Rhee : rheesm@snu.ac.kr

Institute of Construction and Environmental Engineering, Seoul National University, 1 Gwanak-ro, Seoul, Korea