

횡단면 분석을 통한 철도 R&D의 과학기술적 성과 실증 분석

An empirical Analysis of Scientific and Technological Performance for the Railroad R&D through the Cross-sectional Analysis

박만수¹ · 방윤석² · 이희성[†]

Man-Soo Park · Yoon-Sock Bang · Hi Sung Lee

Abstract An analysis of railroad industry has been insufficient whereas there are lots of analysis of accumulation of technology, economic performances and ripple effects for macroscopic view and other industry of R&D investments. This study decided intellectual rights, patent, and paper as common indicators of scientific and technological performances for setting up performance targets through surveying and analysis of preceding study and verified a appropriateness of scientific and technological performances for railroad R&D 11 projects which were successfully finished. Preceding study has been set up performance targets by research investments as input, but this study made a performance target by model through a cross-sectional and residual analysis of performances of railroad R&D 11 Projects in applying research investments, capital investments and inner labor cost per man and research time as inputs, and verified a validity and a empirical analysis through analysis of other project.

Keywords : Analysis of railroad R&D, Cross-sectional analysis

초 록 R&D 투자로 인한 기술의 축적, 경제적 성과 및 파급효과에 대한 분석이 거시적인 측면과 타 부문에서는 다양하게 이루어지고 있으나 철도산업에 대한 분석은 미흡한 실정이다. 본 연구에서 성과목표 설정에 대해서는 선행연구에 대한 조사분석을 통하여 과학기술적 성과에 대한 공통지표로 지식재산권, 특허, 논문을 설정하고 성공적으로 종료된 철도 R&D 11개 사업의 과학기술적 성과에 대한 적정성을 검증하였다. 선행연구에서 투입요소로 투자금액에 의한 성과목표를 설정하였으나 정확도를 향상시키기 위해 투입요소로, 투자금액(RI), 자본적 투자금액(RCI), 인당 내부인건비(LCPM)를 적용하였으며 철도 R&D 11개 사업에 대한 횡단면 분석과 잔차 분석을 통하여 성과목표 모형을 설정하고 타 과제 분석을 통하여 실증분석과 타당성을 검증하였다.

주요어 : 철도 R&D 분석, 횡단면 분석

1. 서 론

정부 R&D사업의 성과에 대해 효율성과 책임성에 대한 문제가 제기되어 정부에서는 성과관리 및 성과평가 체계 구축을 위해 성과관리에 관한 법률(2005.2)을 제정하여 제도적 근거를 마련하고 매년 성과평가를 시행하고 있다. 정부 R&D는 장기간의 연구이므로 매년 목표대비 실적을 평가하여 사업의 진행여부 및 지원 예산액을 결정하므로 R&D 기획 시 목표설정의 중요성이 대두되고 있다 R&D사업의 성과는 고유 성과와 공통성으로 구분되고 공통성과는 과학기술적 성과, 경제적 성과, 사회적 성과로 분류된다. 고유 성과는 R&D 과제 각각의 목적에 따라 설정되므로 쉽게 설정할 수 있다 그러나 과학기술적성과는 철도 R&D에 대한 기준이 없어 투자액 대비 목표만 설정하고 있다. 과학기술적성과는 과제의

특성, 투자액, 연구인력, 연구기간 등에 따라 다르게 나오지만 이러한 투입요소를 반영한 목표설정 방법이 없어 목표에 대한 적정성 검증을 못하고 성과의 정확도도 미흡한 실정이다.

따라서 철도 R&D 사업의 과학기술적 성과에 대한 횡단면 분석은 미시적으로 사업단위의 현상을 이해하는데 적절하므로 성공적으로 종료된 철도 R&D 11개 사업을 투자금액, 자본적 투자금액, 인당 내부 인건비 등 다양한 투입요소를 반영한 성과목표에 대한 실증적 분석을 통하여 적정성 검증과 정확도를 향상할 수 있는 모형을 제시하였다.

2. R&D 성과분석에 대한 이론적 고찰

R&D에 대한 과학기술적 성과 분석에 관한 연구는 이장재 외(2004)[1]가 정부연구개발 투자금액 1억원 당 성과를 2000~2003년의 특허, 논문, 기술료에 대해 분석하였으며 이는 분석방법이 간단하여 현재 기획 시 적용하고 있으나 투입요소로 투자금액에 대해서만 분석하여 연구인력, 연구기간 등 다양한 투입 지표를 반영한 종합적인 분석이 미흡하다. 조운애 외(2005)[2]는 1995~2001년의 OECD 15개 국가의

[†]교신저자: 서울과학기술대학교 철도전문대학원 철도차량시스템공학과 한국도시철도연구소

E-mail : hslee@seoultech.ac.kr

¹한국철도기술연구원

²국토해양부

자료를 이용하여 투입요소인 연구비 지출과 연구인력 및 효율성함수와 산출요소인 특허와의 관계를 분석하였다. 효율성함수는 정부의 연구개발투자 비중, 연구 인력의 집중도, 자본시장의 발달 정도, 산·학·연 기술협동 정도, 기술의 응용개발 정도, 특허권의 보장 정도 등의 영향을 받고 있음을 분석하였으며 이는 국가전체에 대한 국제특허에 대해서 분석하여 국내특허가 대부분인 철도 R&D에 적용하는 것은 한계가 있다.

홍사균외(2006)[3]는 정부연구개발사업의 추진구조와 성과와의 상관관계분석 (기초연구개발사업 중심으로, 2001~2004년 종료과제)에서 투입요소로 투자금액, 연구기간, 책임자 경험(년)과 성과요소로 논문, 특허, 인력양성, 네트워크지수 성과와의 상관관계를 분석한 결과 논문, 인력양성에 가장 큰 영향을 미치는 투입은 연구기간이며 특허에 가장 큰 영향을 미치는 것은 연구비이고 네트워크는 모든 투입요소에 영향을 받으며 연구경험이 많은 연구자가 연구비를 많이 획득하는 것으로 나타났다. 이는 각 투입요소에 대한 상관관계만 분석하여 투입 요소별 적정한 수준에 대한 분석이 없어 성과목표 설정에는 사용할 수 없으며, 책임자 경험은 연구성과에 영향을 미치고 있으나 기획 시점에서는 책임자 결정이 안 된 상태이므로 성과목표 산정에는 고려할 수 없다.

안승구 외(2009)[4]는 대형 국책연구개발사업의 성과 및 성공요인 분석에서 투자 실적과 성과를 분석하고 성공요인을 분석하였으며 이는 단순히 성공요인에 대한 사례이다.

한국과학기술기획평가원 외(2009)[5]는 국가 R&D 성과분석 및 시사점에서 지난 40여 년간 국가 R&D의 과학기술적 경제사회적 성과에 대해 종합분석을 하면서 과학기술적 성과에 대해서는 논문의 수 및 피인용 회수 증가 추이, 특허 등록 및 출원건수 증가 추이와 투자금액 당 논문 및 특허건수, 기술료 수입 등을 분석하였다.

전현곤 외(2008)[6,7]는 미래철도기술개발사업과 미래도시철도기술개발사업에 대해 직접 성과, 수혜자 성과, 경제적 파급효과를 분석하였는데 직접성과로 특허, 지식재산권, 논문에 대해 1억원 당 건수를 분석하였으며 논문 성과에 대해서 1억원 당 논문게재 건수, SCI 논문에 대한 Impact Factor 분석, 산업재산권 성과에 대해서는 1억원 당 특허 출원 및 등록 건수, 1억원 당 소프트웨어 등록 건수 분석과 기술료 성과에 대해서 2008년까지의 기술료 징수액을 분석하였으나 이는 단순히 투자금액 대비 성과분석이며 과제단위 또는 사업단 단위의 분석이 아니고 미래철도사업, 미래도시철도사업 전체에 대한 분석과 과제의 시작과 끝이 아닌 기간 단위로 분석하여 과제 기획에 필요한 성과목표 설정을 위한 성과분석에는 적용할 수 없다.

위와 같이 R&D 성과분석에 관한 선행 연구는 투입요소와 산출요소간의 상관관계 분석, 투자금액에 대한 논문 및 특허의 건수를 분석하고 있으며 이외에 박만수외(2010)[8]는 전체 철도R&D 투자에 대한 R&D Stock을 계산하고 기술수준과의 상관관계를 분석하였다.

해외에서는 R&D 성과를 분석하기 위해서 성과의 분류, 분석 방법, 평가방법 및 체계, 성과지표 등이 다양하게 개발

되어 있다. Brown and Svenson(1998)[9]은 R&D 활동에 따른 연구결과와 성과로 분류하고 연구결과는 특허, 신제품, 공정, 논문, 지식 등의 지적산출물로 정의하였으며 성과는 비용절감, 매출증대 등 구체적인 경제적 가치창출을 의미하는 것으로 정의하였다. 성과지표에 대해서는 OECD에서 과학기술통계·지표작성에 필요한 표준적인 지침을 작성하여 각국의 통계를 작성하고 있으며 1차 수준 Database와 2차 수준 Database로 구분하고 1차 수준 Database는 연구개발통계, 특허통계 등이며 2차수준 Database는 과학기술기초 통계, 주요 과학기술지표 등이다. 미국의 경우 상무부 산하 국립표준연구원의 첨단기술개발사업(Advanced Technology Program: ATP)의 성과분석에서는 투입요소로 예산, 구성원, 설비, 기타와 산출요소로 출판, 특허, 모형, 알고리즘 등과 성과요소로 생산성관련 이익, 기업성장, 지식확산 등과 영향요소로 GDP증가 등을 분석하고 있다. 연구개발 성과를 분석하기 위한 방법에 대해서 Piric and Reeve(1997)[10]는 정량적인 방법과 정성적인 방법으로 분류하고 정량적인 방법으로는 재무 분석법, 평점법, 계량 기술학적 방법, 정량적 지표법, 계량 경제학적 방법으로 분류하고 정성적인 방법은 설문조사, 인터뷰, 사례연구, 역사적 출처 추적, 주요 과학적 사건 분석으로 분류하였다. 본 연구에서 계량기술학적 방법을 적용하여 정량적인 분석을 한다.

3. 철도 R&D 11개 사업 과학기술적 성과의 적정성 분석

3.1 철도 R&D 투자 및 성과

건설교통연구개발성과총람[11,12] 자료를 이용하여 성공적으로 종료된 정부의 철도 R&D 중 11개 사업(도시철도 표준화사업 : RR1, 경량전철기술개발사업 : RR2, 철도기술연구개발사업 : RR3, 고속철도연구개발사업 : RR4, 차세대 객차용 청정시스템 개발 : RR5, 차세대 전철시스템 에너지 회생장치개발 : RR6, 전과정 평가 : RR7, 대형 고밀도 운행 철도역 자동운행제어시스템 개발 : RR8, 첨단 철도 기상재해 감시 및 운행 제어장치 개발 : RR9, 레간가변장치 개발 : RR10, 철도 화재 조기탐지 및 자동소화 장치 개발 : RR11)에 대한 투자 및 성과현황은 Table 1과 같으며 고유성과는 대표적으로 VVVF 전 동차, 경량전철, 톨팅 열차, 고속전철개발 등이다. 여기서, 투입요소는 연구기간(Research Term : RT), 개발비(Research Investment : RI), 내부인건비(Labor Cost : LC), 연구원(Man Power : MP)이며 과학기술적성과는 지식재산권(Intellectual Rights : IR), 특허(Patent : PT), 논문(Paper : PP)이다.

3.2 철도 R&D 11개 사업 과학기술적 성과의 적정성 분석

철도 R&D 과학기술적성과의 적정성을 분석하기 위해 투자 금액 대비 성과비율을 타부문과 비교하였다. Table 1과 건설교통기술평가원에서 관리하고 있는 교통 R&D와 건설

Table 1 Railroad R&D investments and performance

| 과제 | 기간(Y) | 개발비 (RI, 억원) | 인건비 (LC, 억원) | 연구원 (MP, 명) | IR(등록, 건) | | | PP(계제, 건) | | |
|------|-------|-----------------|-----------------|----------------|-----------|-----|-----|-----------|----|-----|
| | | | | | PT | 기타 | 계 | 국내 | 국외 | 계 |
| RR1 | 11 | 543.0 | 65.6 | 98 | 46 | 270 | 316 | 103 | 24 | 127 |
| RR2 | 7 | 370.0 | 40.5 | 80 | 36 | 33 | 69 | 165 | 17 | 182 |
| RR3 | 6 | 400.0 | 46.9 | 65 | 43 | 43 | 86 | 104 | 11 | 115 |
| RR4 | 5 | 353.0 | 42.0 | 64 | 44 | 54 | 98 | 65 | 16 | 81 |
| RR5 | 5 | 22.0 | 3.0 | 9 | 4 | 1 | 5 | 12 | - | 12 |
| RR6 | 5 | 24.0 | 4.7 | 9 | 4 | - | 4 | 27 | 8 | 35 |
| RR7 | 3 | 12.0 | 3.2 | 13 | 1 | - | 1 | 35 | 1 | 36 |
| RR8 | 5 | 30.0 | 3.9 | 8 | - | 1 | 1 | 20 | 2 | 22 |
| RR9 | 3 | 7.5 | 1.9 | 9 | - | 1 | 1 | 5 | - | 5 |
| RR10 | 5 | 17.0 | 4.3 | 6 | 6 | - | 6 | 19 | 5 | 24 |
| RR11 | 4 | 21.0 | 2.2 | 8 | - | 1 | 1 | 6 | 1 | 7 |
| 합계 | | 1799.5 | | | 184 | 404 | 588 | 561 | 85 | 646 |

Table 2 Analysis of scientific and technological performance for railroad and other fields

| 구분 | 개발비(억원) | IR | | PT | | PP | |
|------|---------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| | | 등록(건) | 성과 비율 | 등록(건) | 성과 비율 | 계제(건) | 성과 비율 |
| 철도 | 1,799.5 | 588 | 0.33 | 184 | 0.10 | 646 | 0.36 |
| 교통 | 2,655 | 661 | 0.25 | 121 | 0.05 | 702 | 0.26 |
| 건설 | 3,730 | 413 | 0.11 | 161 | 0.04 | 2,061 | 0.55 |
| 건설교통 | 6,385 | 1074 | 0.17 | 282 | 0.04 | 2,763 | 0.43 |
| 공공기술 | 17,141 | - | - | 1087 | 0.06 | 14170 | 0.83 |
| 정부 | 534,096 | - | - | 37,544 | 0.07 | - | - |
| 평균 | | | 0.215 | | 0.06 | | 0.486 |

성과비율

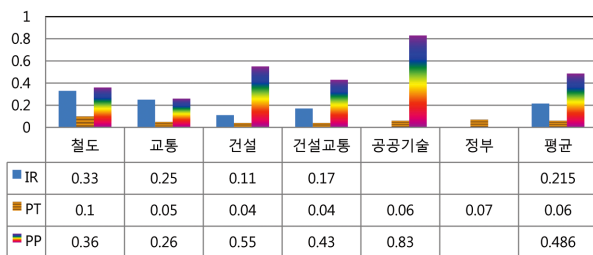


Fig. 1 Performance ratios of R&D

R&D는 건설교통연구개발성과 총합 자료를 활용하여 철도 R&D, 교통 R&D, 건설교통 R&D의 성과를 이용하였다. 정부 R&D 중 공공기술 R&D 현황은 이장재 외(2004)가 분석한 자료를 이용하였으며 정부 R&D 전체의 특허 성과에 대해서는 특허청 지식재산 백서(2009)[13]를 이용하였다.

Table 2, Fig. 1은 R&D 성과 비율에서 철도 R&D의 지식재산권 0.33, 특허 0.10은 타 부문에 비해 성과 비율이 가장 높다. 논문 0.36은 교통 R&D에 비해 높으며 기타 부문에 비해서는 약간 낮은 수준으로 철도 R&D가 주로 제품개발의 성격이므로 기초연구 등이 포함된 정부 R&D와 차이가 있으나 철도 R&D 과학기술적 성과는 적절한 수준으로 판단된다.

Table 3 Correlation analysis of RI, LC, MP

| | | RI | LC | MP |
|----|--------------|----------|----------|----------|
| RI | Pearson 상관계수 | 1 | .998(**) | .990(**) |
| | 유의확률 (양쪽) | | .000 | .000 |
| | N | 11 | 11 | 11 |
| LC | Pearson 상관계수 | .998(**) | 1 | .984(**) |
| | 유의확률 (양쪽) | .000 | | .000 |
| | N | 11 | 11 | 11 |
| MP | Pearson 상관계수 | .990(**) | .984(**) | 1 |
| | 유의확률 (양쪽) | .000 | .000 | |
| | N | 11 | 11 | 11 |

**p<0.01 (양쪽)

4. 철도 R&D 과학기술적 성과목표 설정 및 실증분석

4.1 다중회귀 모형 분석 및 성과목표 설정

철도 R&D 과학기술적 성과가 타 부문과 비교하여 적절한 수준이므로 이에 대한 다중회귀분석을 하여 목표치 산정 회귀모형식을 구하였다. 먼저 독립변수간의 분석하여 상관관계를 파악하고 상관성이 큰 변수에 대하여 공선성을 분석한 후 공선성을 제거하고 회귀분석을 하였다.

Table 4 Collinearity analysis of independent variables RI, LC, MP

| 종속변수 | 모형 | 비표준화 계수 | | 표준화 계수 | t | 유의확률 | B에 대한 95% 신뢰구간 | | 공선성 통계량 | |
|------|------|---------|--------|--------|--------|------|----------------|--------|---------|---------|
| | | B | 표준오차 | 베타 | | | 하한값 | 상한값 | 공차한계 | VIF |
| IR | (상수) | -55.079 | 25.502 | | -2.160 | .068 | -115.383 | 5.224 | | |
| | RI | -3.252 | 1.346 | -7.056 | -2.416 | .046 | -6.435 | -.069 | .002 | 546.158 |
| | LC | 27.654 | 9.461 | 6.926 | 2.923 | .022 | 5.283 | 50.025 | .003 | 359.526 |
| | MP | 2.743 | 2.606 | 1.022 | 1.053 | .327 | -3.418 | 8.904 | .017 | 60.308 |
| PT | (상수) | 8.712 | 4.440 | | 1.962 | .121 | -3.615 | 21.039 | | |
| | RI | .378 | .197 | 3.995 | 1.915 | .128 | -.170 | .926 | .002 | 584.986 |
| | LC | -1.694 | 1.372 | -2.050 | -1.235 | .284 | -5.504 | 2.115 | .003 | 370.492 |
| | MP | -.545 | .364 | -.985 | -1.497 | .209 | -1.557 | .466 | .017 | 58.190 |
| PP | (상수) | 8.374 | 14.076 | | .595 | .571 | -24.909 | 41.657 | | |
| | RI | .642 | .743 | 2.240 | .864 | .416 | -1.115 | 2.399 | .002 | 546.158 |
| | LC | -7.504 | 5.222 | -3.023 | -1.437 | .194 | -19.852 | 4.843 | .003 | 359.526 |
| | MP | 2.808 | 1.438 | 1.682 | 1.953 | .092 | -.593 | 6.209 | .017 | 60.308 |

Table 5 Reanalysis of railroad R&D 11 project's investments and performance

| 사업 | RI(Y) | RI(억원) | RCI(억원) | LC(억원) | MP(명) | LCPM(억원) | IR(등록, 건) | | | PP(계재, 건) | | |
|------|-------|--------|---------|--------|-------|----------|-----------|-----|-----|-----------|----|-----|
| | | | | | | | PT | 기타 | 계 | 국내 | 국외 | 계 |
| RR1 | 11 | 543.0 | 477.4 | 65.6 | 98 | 0.67 | 46 | 270 | 316 | 103 | 24 | 127 |
| RR2 | 7 | 370.0 | 329.5 | 40.5 | 80 | 0.51 | 36 | 33 | 69 | 165 | 17 | 182 |
| RR3 | 6 | 400.0 | 353.1 | 46.9 | 65 | 0.72 | 43 | 43 | 86 | 104 | 11 | 115 |
| RR4 | 5 | 353.0 | 311 | 42.0 | 64 | 0.66 | 44 | 54 | 98 | 65 | 16 | 81 |
| RR5 | 5 | 22.0 | 19 | 3.0 | 9 | 0.33 | 4 | 1 | 5 | 12 | | 12 |
| RR6 | 5 | 24.0 | 19.3 | 4.7 | 9 | 0.52 | 4 | | 4 | 27 | 8 | 35 |
| RR7 | 3 | 12.0 | 8.8 | 3.2 | 13 | 0.25 | 1 | | 1 | 35 | 1 | 36 |
| RR8 | 5 | 30.0 | 26.1 | 3.9 | 8 | 0.49 | | 1 | 1 | 20 | 2 | 22 |
| RR9 | 3 | 7.5 | 5.6 | 1.9 | 9 | 0.21 | | 1 | 1 | 5 | | 5 |
| RR10 | 5 | 17.0 | 12.7 | 4.3 | 6 | 0.72 | 6 | | 6 | 19 | 5 | 24 |
| RR11 | 4 | 21.0 | 18.8 | 2.2 | 8 | 0.28 | | 1 | 1 | 6 | 1 | 7 |
| 합계 | | 1799.5 | | | | | 184 | 404 | 588 | 561 | 85 | 646 |

4.1.1 상관분석 및 공선성 분석

4.1.1.1 개발비(RI), 내부인건비(LC), 연구원 (MP)에 대한 상관성 분석

상관성 분석결과 개발비(RI), 내부인건비(LC), 연구원 (MP) 사이에 상관계수가 0.984~0.998로 1에 가까워 상관성이 크다.

4.1.1.2 독립변수 개발비(RI), 내부인건비(LC), 연구원(MP)-종속변수 IR의 공선성 분석

상관성 분석결과 상관성이 큰 독립변수 개발비 (RI), 내부인건비(LC), 연구원(MP) - 종속변수 IR, PT, PP에 대한 공선성을 분석하였으며 분석 결과 VIF 값이 20 이상으로 공선성이 크다.

4.1.2 철도 R&D 11개 사업 투자 및 성과 현황 재분석

공선성분석결과 독립변수 개발비(RI), 내부인건비 (LC), 연구원(MP) 사이에 공선성이 커서 투자금액과 내부인건비(LC)

사이의 공선성을 제거하기 위하여 개발비(RI)에서 인건비를 제외한 자본적 투자금액 (RCI)을 산출하고 내부인건비와 연구원(MP) 사이의 공선성을 제거하기 위하여 인당내부인건비(LCPM)를 산출하였다. 내부인건비와 연구원과의 관계는 내부 인건비가 증가하면 연구원도 증가하므로2개의 특성을 동시에 반영한 인당내부인건비를 산출하였다.

4.1.3 철도 R&D 11개 사업에 대한 회귀분석

회귀분석은 독립변수로 개발비(RI), 자본적 투자금액(RCI) 각각에 대한 회귀분석과 공선성을 제거한 독립변수를 적용하여 단계적으로 회귀분석을 하였다.

- ① 독립변수 RI - 종속변수 IR, PT, PP 각각에 대한 회귀분석
- ② 독립변수 RCI - 종속변수 IR, PT, PP 각각에 대한 회귀분석
- ③ 독립변수 RCI, LCPM - 종속변수 IR, PT, PP 각각에 대한 회귀분석

Table 6 Regression analysis results of railroad R&D 11 projects

| X | Y | R 제공 | 수정된 R 제공 | F | 유의확률 | t | | 유의확률 |
|---------------------|----|-------|----------|---------|-------|-------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| | | | | | | 상수 | | |
| RI | IR | 0.756 | 0.729 | 27.918 | 0.001 | 상수 RI | 0.625 5.284 | 0.548 0.001 |
| " | PT | 0.952 | 0.944 | 118.228 | 0.000 | 상수 RI | 1.146 10.873 | 0.295 0.000 |
| " | PP | 0.787 | 0.763 | 33.187 | 0.000 | 상수 RI | 1.519 5.761 | 0.163 0.000 |
| RCI | IR | 0.752 | 0.724 | 27.234 | 0.001 | 상수 RCI | -0.588 5.219 | 0.571 0.001 |
| " | PT | 0.952 | 0.944 | 119.818 | 0.000 | 상수 RCI | 1.214 10.946 | 0.270 0.000 |
| " | PP | 0.790 | 0.767 | 33.954 | 0.000 | 상수 RCI | 1.554 5.827 | 0.155 0.000 |
| RCI, LCPM | IR | 0.753 | 0.691 | 12.178 | 0.004 | 상수 RCI LCPM | 0.065 3.934 -0.192 | 0.950 0.004 0.853 |
| " | PT | 0.962 | 0.947 | 63.369 | 0.000 | 상수 RCI LCPM | -0.524 8.649 1.132 | 0.622 0.000 0.309 |
| " | PP | 0.791 | 0.739 | 15.184 | 0.002 | 상수 RCI LCPM | 0.807 4.383 -0.198 | 0.443 0.002 0.848 |
| RCI, LCPM, RT | IR | 0.888 | 0.840 | 18.477 | 0.001 | 상수 RCI LCPM RT | -1.990 1.957 -0.894 2.904 | 0.087 0.091 0.401 0.023 |
| " | PT | 0.991 | 0.985 | 153.366 | 0.000 | 상수 RCI LCPM RT | 1.455 14.083 2.433 -3.690 | 0.219 0.000 0.092 0.021 |
| " | PP | 0.792 | 0.703 | 8.878 | 0.009 | 상수 RCI LCPM RT | 0.642 3.052 -0.156 -0.114 | 0.541 0.019 0.881 0.912 |
| RCI, LC | IR | 0.873 | 0.842 | 27.588 | 0.000 | 상수 RCI LC | -2.053 -2.310 2.773 | 0.074 0.050 0.024 |
| " | PT | 0.954 | 0.935 | 51.315 | 0.000 | 상수 RCI LC | 1.136 1.072 -0.364 | 0.308 0.333 0.731 |
| " | PP | 0.867 | 0.834 | 26.065 | 0.000 | 상수 RCI LC | 2.662 2.597 -2.144 | 0.029 0.032 0.064 |
| RCI, LC, RT | IR | 0.940 | 0.915 | 36.693 | 0.000 | 상수 RCI LC RT | -3.729 -2.477 2.761 2.797 | 0.007 0.042 0.028 0.027 |
| " | PP | 0.867 | 0.834 | 26.065 | 0.000 | 상수 RCI LC | 2.662 2.597 -2.144 | 0.029 0.032 0.064 |
| " | IR | 0.940 | 0.915 | 36.693 | 0.000 | 상수 RCI LC RT | -3.729 -2.477 2.761 2.797 | 0.007 0.042 0.028 0.027 |

주 : p<0.05

Table 7 Coefficients of IR, PT, PP

| 변수 | R 제곱 | 수정된 R제곱 | (유의확률) | 모형 | 비표준화 계수 | | 표준화 계수 | t | 유의확률 |
|--------------------------------|-------|---------|-------------------|------|---------|--------|--------|--------|-------|
| | | | | | B | 표준오차 | 베타 | | |
| 독립변수: RI 종속변수: IR | 0.756 | 0.729 | 27.918 (0.001) | 상수 | -12.118 | 19.398 | | -0.625 | 0.548 |
| | | | | RI | 0.401 | 0.076 | 0.870 | 5.284 | 0.001 |
| 독립변수: RCI, LCPM 종속변수: PT | 0.962 | 0.947 | 63.369 (0.000) | 상수 | -3.150 | 6.006 | | -0.524 | 0.622 |
| | | | | RCI | 0.097 | 0.011 | 0.909 | 8.649 | 0.000 |
| | | | | LCPM | 13.819 | 12.204 | 0.119 | 1.132 | 0.309 |
| 독립변수: RCI 종속변수: PP | 0.790 | 0.767 | 33.954 (0.000) | 상수 | 17.326 | 11.151 | | 1.554 | 0.155 |
| | | | | RCI | 0.288 | 0.049 | 0.889 | 5.827 | 0.000 |

④ 독립변수 RCI, LCPM, RT - 종속변수 IR, PT, PP 각각에 대한 회귀분석

⑤ 독립변수 RCI, LC - 종속변수 IR, PT, PP 각각에 대한 회귀분석

⑥ 독립변수 RCI, LC, RT - 종속변수 IR, PT, PP 각각에 대한 회귀분석

Table 6의 회귀분석 결과 전체 F에 대한 Sig가 0.000~0.009로 유의수준 0.05보다 작으므로 귀무가설을 기각하게 되며 각 회귀식이 유의하다. 지식재산권(IR)의 경우 단계별로 수정결정계수가 증가하나 t분포에서 독립변수에 대한 값이 개발비(RI), 자본적 투자금액(RCI)을 제외하고 (-)값이 있어 수정결정계수가 큰 개발비(RI)에 대한 모형식이 적합하다. 특허(PT)의 경우 단계별로 수정결정계수가 증가하나 t분포에서 독립변수에 대한 값이 개발비(RI), 자본적 투자금액(RCI) 및 인당내부인건비(LCPM)를 제외하고 (-)값이 있어 3개의 경우 중 수정결정계수가 큰 자본적 투자금액(RCI) 및 인당내부인건비(LCPM)에 대한 모형식이 적합하다. 논문(PP)의 경우 단계별로 수정결정계수가 증가하나 t분포에서 독립변수에 대한 값이 개발비(RI), 자본적 투자금액(RCI)을 제외하고 (-)값이 있어 2개의 경우 중 수정결정계수가 큰 자본적 투자금액(RCI)에 대한 모형식이 적합하다. 따라서 지식재산권(IR), 특허(PT), 논문(PP)에 대한 회귀계수는 Table 7과 같다.

1) 성과목표 설정 모형식

Table 7의 회귀계수에 대한 지식재산권 회귀모형 식(y_{ir}), 특허 회귀모형식(y_{pt}), 논문 회귀모형식 (y_{pp})은 다음과 같으며 성과목표 설정 모형식이 된다.

$$y_{ir} = -12.188 + 0.401RI \tag{1}$$

$$y_{pt} = -3.150 + 0.097RCI + 13.819LCPM \tag{2}$$

$$y_{pp} = 17.326 + 0.288RCI \tag{3}$$

회귀 표준화 잔차의 정규 P-P 도표
종속 변수W: PT

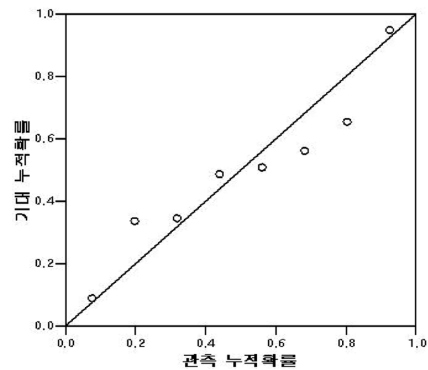


Fig. 3 Normal probability plot of a patent

회귀 표준화 잔차의 정규 P-P 도표
종속 변수W: 지식재산권

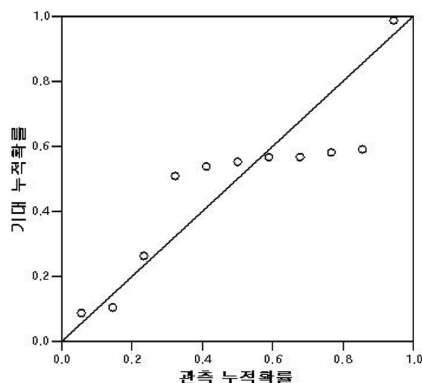


Fig. 2 Normal probability plot of a intellectual rights

회귀 표준화 잔차의 정규 P-P 도표
종속 변수W: PP

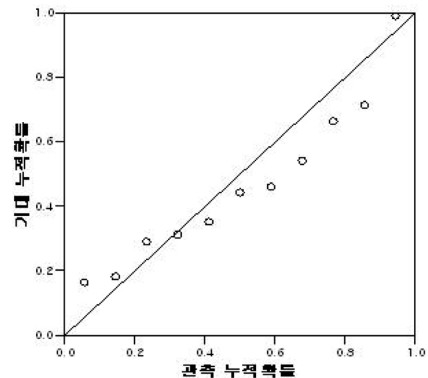


Fig. 4 Normal probability plot of a paper

2) 정규성 분석

지식재산권, 특히, 논문의 회귀분석 결과 정규확률도표에서 점들이 직선상에 가깝게 위치하고 있으므로 정규분포의 가정이 옳다고 할 수 있다.

3) 공선성 재분석

식 (2)의 특허에 대한 자본적 투자금액(RCI), 인당인건비(LCPM)에 대해 공선성을 분석한 결과 VIF값이 Table 8과 같이 20이하로 공선성이 없다.

Table 8 Collinearity analysis of independent variables RCI, LCPM

| 종속변수 | 모형 | 비표준화 계수 | | 표준화 계수 | t | 유의확률 | B에 대한 95% 신뢰구간 | | 공선성 통계량 | |
|------|------|---------|--------|--------|-------|------|----------------|--------|---------|-------|
| | | B | 표준오차 | 베타 | | | 하한값 | 상한값 | 공차한계 | VIF |
| PT | (상수) | -3.150 | 6.006 | | -.524 | .622 | -18.588 | 12.289 | | |
| | RCI | .097 | .011 | .909 | 8.649 | .000 | .068 | .126 | .687 | 1.456 |
| | LCPM | 13.819 | 12.204 | .119 | 1.132 | .309 | -17.551 | 45.190 | .687 | 1.456 |

Table 9 Performance and residuals of railroad R&D 11 projects

| 과제 | 성과항목 | 계산치 | 실적 | 잔차 | 잔차 절대값 | 잔차 절대값 합계 |
|------|------|-----|-----|-----|--------|-----------|
| RR1 | IR | 206 | 316 | 110 | 110 | 144 |
| | PT | 52 | 46 | -6 | 6 | |
| | PP | 155 | 127 | -28 | 28 | |
| RR2 | IR | 136 | 69 | -67 | 67 | 137 |
| | PT | 36 | 36 | 0 | 0 | |
| | PP | 112 | 182 | 70 | 70 | |
| RR3 | IR | 148 | 86 | -62 | 62 | 68 |
| | PT | 41 | 43 | 2 | 2 | |
| | PP | 119 | 115 | -4 | 4 | |
| RR4 | IR | 129 | 98 | -31 | 31 | 65 |
| | PT | 36 | 44 | 8 | 8 | |
| | PP | 107 | 81 | -26 | 26 | |
| RR5 | IR | -3 | 5 | 8 | 8 | 20 |
| | PT | 3 | 4 | 1 | 1 | |
| | PP | 23 | 12 | -11 | 11 | |
| RR6 | IR | -2 | 4 | 6 | 6 | 20 |
| | PT | 6 | 4 | -2 | 2 | |
| | PP | 23 | 35 | 12 | 12 | |
| RR7 | IR | -7 | 1 | 8 | 8 | 24 |
| | PT | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| | PP | 20 | 36 | 16 | 16 | |
| RR8 | IR | 0 | 1 | 1 | 1 | 10 |
| | PT | 6 | 0 | -6 | 6 | |
| | PP | 25 | 22 | -3 | 3 | |
| RR9 | IR | -9 | 1 | 10 | 10 | 24 |
| | PT | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | PP | 19 | 5 | -14 | 14 | |
| RR10 | IR | -5 | 6 | 11 | 11 | 16 |
| | PT | 8 | 6 | -2 | 2 | |
| | PP | 21 | 24 | 3 | 3 | |
| RR11 | IR | -4 | 1 | 5 | 5 | 21 |
| | PT | 3 | 3 | 0 | 0 | |
| | PP | 23 | 7 | -16 | 16 | |
| 잔차 합 | IR | | | -1 | | |
| | PT | | | -5 | | |
| | PP | | | -1 | | |

4.2.2 잔차와 인당 인건비와의 관계 분석

목표치와 실적치의 편차를 최소화 하기 위해서는 잔차가 최소가 되어야 하며 이를 위해 투자금액에 대한 적절한 연구원이 참여하여야 한다. 따라서 잔차 분석과 추세분석을 통하여 인당 인건비, 투자금액에 대한 인건비 비율과 인당 투자금액을 분석하였다. 잔차를 분석하기 위해서 차트 분석을 하였다. 사업 RR8의 잔차 절대값 합계가 최소치이며 전체적인 경향을 분석하기 위해서 Fig. 5는 인당 내부인건비(LCPM) 순서로 분석하였다. Fig. 5에서 잔차 합계를 보면 사업 RR8이 최소치가 되고 RR8를 중심으로 양쪽으로 다시 증가된다. LCPM은 0.49 억원이고 LCPI는 13%, 인당 투자금액(RIPM)은 3.8 억원에서 잔차 절대값 합계 10으로 가장

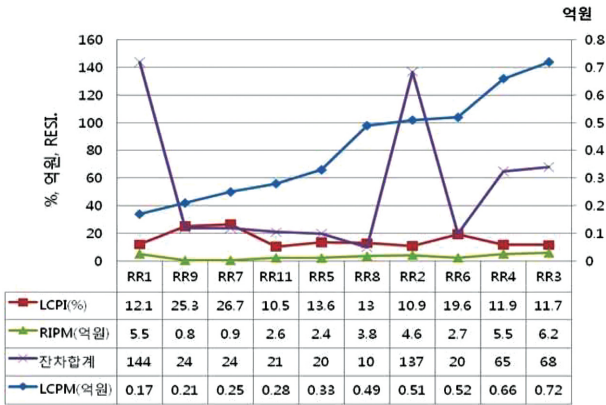


Fig. 5 Analysis of residuals-LCPM order

RESI.

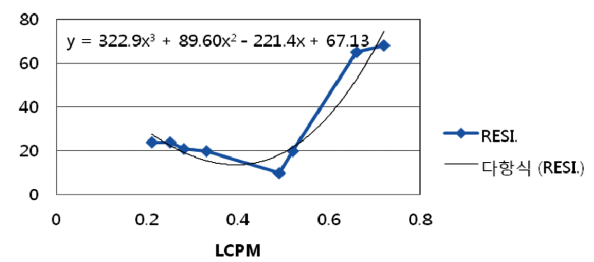


Fig. 6 An analysis of a residual trend line RR3~9, 11

작다. 사업 RR8을 중심으로 좌측으로 RR5, 우측으로 RR2를 보면 LCPM이 0.49억원에서 감소할 때 LCPI가 13%에서 증가하거나 RIPM이 증가하면 잔차 합계가 증가하고 LCPM이 0.49에서 증가할 때 LCPI가 13%에서 감소하거나 RIPM이 감소하면 잔차 합계가 다시 증가 된다. 이것은 LCPM 0.49억원에서 증가하면 LCPI가 13%, RIPM 3.8억원에서 같은 비율로 증가되어야 한다. 따라서 목표치와 실적치의 편차를 최소화 하기 위해서는 LCPM 0.49억원에서 적정수준을 유지하고 LCPI, RIPM도 연구원의 참여율을 조정하여 LCPM의 증감에 따라 조정하는 것이 필요하다. 그리고 연구기간에 대해서는 큰 영향은 없으나 분석 기간이 3년 이상을 분석한 결과이며 일반적으로 초기에는 성과가 적게 나오는 것을 감안 하면 5년 전후가 적당한 것으로 사료된다.

또한 LCPM의 최적값을 찾기 위해 특이점을 제외하고 RR3~9,11에 대해 Fig. 6과 같이 잔차 추세분석을 하였다. 그

Table 10 Investments and performance of TC, CR, DR, FI

| 과제 | RT (Y) | RI (억원) | RCI (억원) | 시험설비 (억원) | LC (억원) | LCPM | MP (명) | IR(건) | | | PP (건) | 비고 |
|----|--------|---------|----------|-----------|---------|------|--------|-------|----|----|--------|----------------|
| | | | | | | | | PT | 기타 | 계 | | |
| TC | 5 | 49.1 | 41.8 | - | 7.3 | 0.73 | 10 | 16 | 16 | 21 | 27 | 기술개발 |
| CR | 5 | 117.4 | 110.3 | 28.5 | 7.1 | 0.71 | 10 | 20 | 3 | 23 | 22 | 기술개발 및 시험설비 투자 |
| DR | 5 | 116.5 | 96.9 | 25.5 | 19.6 | 0.98 | 20 | 11 | 6 | 17 | 54 | 기술개발 및 시험설비 투자 |
| FI | 5 | 101 | 88.4 | 18 | 12.6 | 0.74 | 17 | 13 | 20 | 33 | 35 | 기술개발 및 시험설비 투자 |

Table 11 Analysis results of performance and residual for TC, CR, DR, FI

| 과제 | LCPM (억원) | LCPI (%) | RIPM (억원) | 성과 항목 | 계산치 | 실적 | 잔차 | 잔차 절대값 | 잔차 절대값 합계 |
|----|-----------|----------|-----------|-------|-----|----|-----|--------|-----------|
| TC | 0.73 | 14.9 | 4.9 | IR | 8 | 21 | 13 | 13 | 20 |
| | | | | PT | 11 | 16 | 5 | 5 | |
| | | | | PP | 29 | 27 | -2 | 2 | |
| CR | 0.71 | 6.0 | 11.7 | IR | 35 | 17 | -18 | 18 | 29 |
| | | | | PT | 17 | 11 | -6 | 6 | |
| | | | | PP | 49 | 54 | 5 | 5 | |
| DR | 0.98 | 16.8 | 5.8 | IR | 35 | 33 | -2 | 2 | 19 |
| | | | | PT | 20 | 13 | -7 | 7 | |
| | | | | PP | 45 | 35 | -10 | 10 | |
| FI | 0.74 | 12.5 | 5.9 | IR | 41 | 23 | -18 | 18 | 43 |
| | | | | PT | 16 | 20 | 4 | 4 | |
| | | | | PP | 43 | 22 | -21 | 21 | |

결과 추세선식은 식 (4)이다.

$$y = 322.9x^3 + 89.6x^2 - 221.4x + 67.13 \quad (4)$$

여기서 x 는 LCPM이다. 식 (4)를 미분하고 근의 공식을 이용하여 x 값을 구하면 0.39 또는 -0.58이 된다. 따라서 LCPM 0.39가 최적값으로 판단된다.

$$y' = 968.7x^2 - 221.4x - 221.4$$

$$x = 0.39 \text{ 또는 } -0.58 \quad (5)$$

4.2.3 타 과제 분석

모형 검증을 위해 타 과제를 분석하였다. 본 연구에서 분석한 11개 사업은 기술개발과제이므로 타 과제는 안전기술 개발사업 중 기술개발과제와 기술개발 및 시험설비투자과제인 열차제어시스템 안전성능 평가 및 사고방지 기술개발(TC), 철도차량 충돌 안전성능평가 및 사고방지 기술개발(CR), 철도차량 탈선 안전성능평가 및 사고방지 기술개발(DR), 철도 화재 안전성능 평가 및 사고방지 기술개발(FI)과제를 선정하여 분석하였다. 성과는 진행과제 이므로 사업단에서 매년 집계한 자료를 이용하였다. 전체 사업기간은 2005.9.~2011.6.이며 6차년도가 진행 중이므로 5차년도 까지 실적을 분석하였다. 과제의 성격으로 TC과제는 기술개발과제이며 나머지 과제는 기술개발 및 시험설비 투자 과제이다.

Table 11에서 잔차 절대값 합계는 19~43으로 RR1~RR11의 분석치 19~62(Fig. 5) 내에 있어 안정적으로 보이지만 기술개발과제인TC를 제외하고 시험설비투자가 포함된 과제는 실적이 미달하여 추가적인 분석이 필요하고 기술개발과제는 본 모형식 적용이 가능한 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서 성과목표 설정에 대해서는 선행연구에 대한 조사·분석을 통하여 과학기술적 성과에 대한 공통지표로 지식재산권, 특히, 논문을 설정하고 성공적으로 종료된 철도 R&D 11개 사업의 과학기술적 성과에 대한 적정성을 검증하였다. 선행연구에서 투입요소로 투자금액에 의한 성과목표를 설정하였으나 정확도를 향상시키기 위해 투입 요소로, 투자금액(RI), 자본적 투자금액(RCI), 인당 내부인건비(LCPM)를 적용하였으며 투입요소인 독립 변수간의 상관성을 분석하여 상관관계를 파악하고 상관성이 큰 변수에 대하여 공선성을 분석한 후 공선성을 제거하고 회귀분석을 하였으며 공선성을 제거한 설명변수에 대한 공선성을 재분석하였다. 회귀분석 결과 지식재산권은 투자금액 1억원 당 0.401건의 비율로 성과가 등록되며, 특히는 자본적 투자금액 1억원 당 0.097건과 인당투자금액 1억원 당 13.819건이 등록되므로 인당투자금액의 비중이 크고, 논문의 경우 자본적 투자금액 1억원 당 0.288건이 게재되어 지식재산권, 특히, 논문의 특성이 다른 것으로 사료되므로 연구기획시 이를 참고 할 수 있을 것이다. 기술개발과제인 철도 R&D 11개 사업에 대한 횡단면 분석과 잔차 분석을 통하여 성과목표 모형을 설정하고 모형 검증을 위해 타과제는 기술개발과제와 기술개발 및 시

험설비투자과제 분석을 통하여 실증분석과 타당성을 검증 하였다.

그리고, 잔차 분석 결과 전체 투자비에 대한 내부 인건비 비율(LCPM)이 0.49억원, 전체 투자비에 대한 내부 인건비 비율 13%, 인당투자비(RIPM) 3.8억원의 비율을 유지하면 보다 정확한 계획이 될 것으로 판단된다.

모형검증을 위해 안전기술개발사업 중 기술개발 과제와 기술개발 및 시험설비투자 과제를 분석한 결과 잔차 절대값 합계는 19~43으로 RR1~RR11의 분석치 19~62(Fig. 5) 내에 있어 기술개발과제는 잔차 20으로 기존 분석한 범위 내에 들어가고 논문 실적치가 -2미달하였으나 차이가 근소하고 지식 재산권, 특히 실적치는 계산치를 초과하여 본 모형식이 유용하다고 판단되며 시험설비투자가 포함된 과제는 잔차의 범위는 안정적이지만 실적이 전체적으로 미달하여 성과목표 달성이 어려우므로 추가적인 분석이 필요하다.

참고문헌

- [1] J.J. Lee, J.W. Park, I.C. Eom, J.Y. Kim, et al. (2004) A Study on the Improvement of Efficiency for Government R&D Investment, Korea Institute of S&T Evaluation and Planning, pp. 8-57.
- [2] Y.A. Jo, W.K. Kim, J.K. Nam, J.B. Oh (2005) A Improvement of Efficiency of R&D Investment for Strengthening Innovation Capability, Korea Institute for Industrial Economics & Trade, pp. 55-71, 96-129.
- [3] S.K. Hong, J.T. Hwang, U.S. Yu, H. Baek (2006) An analysis of the Relation Between Government Research Program Structure and Performance - Focusing on the Basic Research Programs, Science and Technology Policy Institute, pp. 87-140.
- [4] S.K. Ahn, S.H. Hong, S.S. Jo, M. H. Gu, et al. (2009) An Analysis of Performance and Success Factors of National R&D Project- Focused on the Next Generation Growth Engine Program, Korea Institute of S&T Evaluation and Planning, pp. 286-300.
- [5] Korea Institute of S&T Evaluation and Planning, National Science & Technology Council (2009) An Analysis of Performance of Government R&D and Implications, pp. 31-45, 87-96.
- [6] H.G. Jeon, S.B. Kim, U.H. Eom, Y.J. Gwon, et al (2009) An Analysis of Performance of 2008 Construction & Transportation R&D(Future Railroad R&D), A Top Consulting Company, pp. 51-81.
- [7] H.G. Jeon, S.B. Kim, U.H. Eom, Y.J. Gwon, et al (2009) An Analysis of Performance of 2008 Construction & Transportation R&D(Future Urban Railroad R&D), A Top Consulting Company, pp. 49-79.
- [8] M.S. Park, D.S. Moon, H.S. Lee (2010) An empirical analysis of the railroad R&D stock, *Journal of the Korean Society for Railway*, 13(5), pp. 528-534.
- [9] Mark G Brown, Raynold A Svenson (1988) Measuring R&D Productivity, Industrial Research Institute, Incorporated Nov/Dec 1988, pp. 30-33.
- [10] Amir Piric and Neville Reeve (1997) Evaluation of Public

Investment in R&D - Towards a Contingency Analysis, in Policy Evaluation in Innovation and Technology: Towards Best Practices, OECD Conference June 1997, Chapter 5. pp. 49-58.

- [11] Korea Institute of Construction & Transportation Evaluation and Planning (2006) 2005 A Performance Statistics of Construction & Transportation R&D, pp. 7-8.
- [12] Korea Institute of Construction & Transportation Evaluation

and Planning (2007) 2006 A Performance Statistics of Construction & Transportation R&D, pp. 12-14.

- [13] The Korean Intellectual Property Office (2009) A white Paper of Intellectual Property, pp. 237-241.

접수일(2011년 4월 18일), 수정일(2011년 5월 9일),
게재확정일(2011년 5월 20일)