

■ 政策研究 ■

국내 지능형교통체계(ITS) 사업평가체계 도입방향 (한국·미국·유럽 사례 비교분석을 중심으로)

The Comparative Analysis of Evaluation Guidelines for ITS Projects

이 용 택

(서울지방경찰청 교통개선기획실장)

남 두 희

(교통개발연구원 책임연구원)

박 동 주

(공주대학교 토목환경공학부 조교수)

목 차

- I. 서론
 - II. 국내외 ITS사업평가체계 고찰
 - 1. 국내사례
 - 2. 국외사례
 - III. 사례분석결과 및 시사점 도출
 - IV. 국내 ITS사업평가체계 도입방향
 - 1. 사업평가체계 정립
 - 2. 사업평가지침 정립
 - V. 정책제언
- 참고문헌

Key Words : ITS사업평가체계, 사업평가지침, 평가방법론, 운영성능평가, 경제성평가, 사전·사후비교분석, 시물레이션분석

요 약

본 연구는 한국·미국·유럽의 ITS사업평가방법론을 비교분석(Comparative Analysis)하여 과학적인 국내 ITS사업평가지침 도입방안을 제언하는 것이다. 이를 위해 우리나라의 ITS사업평가의 문제점 및 국외 선진평가방법론을 분석하고 시사점을 도출하여 국내 ITS평가지침을 제도화하기 위한 정책방향을 제언하였다. 국내·외 사례(미국·유럽·한국) 비교분석결과, 국내에서도 중·장기적인 ITS투자재원의 효율적 배분과 단기적인 시스템운영의 효율화를 위해서 과학적인 ITS평가지침(ITS Evaluation Guideline)의 도입이 제도화되어야 한다. 또한 세부추진방안으로 ITS사업을 지속적이고 반복적으로 모니터링할 수 있는 ITS사업평가체계의 도입, ITS서비스의 효과적도(MOE)를 과학적으로 분석할 수 있는 평가기법(운영성능평가, 경제성평가, 사전·사후비교분석, 시물레이션분석)정립, ITS특성을 고려한 새로운 평가기법 도입(위험도분석, 행태분석, 시물레이션분석) 및 기타 정책적 활용을 위한 지원(평가자료의 데이터베이스화, 한국형 ITS평가용 시물레이터개발, ITS사업효과 계량화 등)방안이 필요한 것으로 나타났다.

I. 서론

급증하는 교통수요로 인해 발생하는 교통문제를 정보·통신기술 도입을 통해 교통시설의 운영을 효율화 하겠다는 취지에서 정부는 '교통체계효율화법'과 '국가 기본계획 21'을 제정하여 ITS 도입을 위한 법·제도적 틀을 마련하는 한편 '97년도와 2002년도에는 각각 과천시 시범운영사업과 첨단교통모델도시사업을 추진하였으며, 이러한 경험을 바탕으로 향후 8조3천억을 투자하는 전국적이고 통합적인 시스템 구축을 계획하고 있다.(건설교통부,2000) 이를 위해서는 중·장기적으로 ITS사업의 효율적 투자재원 배분과, 단기적으로 기 구축된 시스템 운영전략의 효율화를 유도하기 위한 체계적이고 과학적인 ITS사업평가방법론을 표준화하여 이를 기반으로 사업의 효과를 분석, 관리하고 활용하는 것이 필요하다. 특히 ITS사업은 일반적인 건설·교통사업과 다른 사업특성¹⁾을 가지고 있어, 이를 반영한 ITS사업평가방법론을 정립하는 것이 필요하다.(교통개발연구원,2002;이,2003)

따라서 본 연구의 목적은 국내 ITS사업의 효과를 객관적으로 분석할 수 있는 평가지침을 정립하고 도입하기 위한 정책방안을 제시하는데 있다. 이를 위해 국내·외 ITS사업평가방법론에 대한 비교분석을 통하여 국내 ITS사업에 적합한 평가방법론을 효과적도(Measure Of Effectiveness ; MOE) 및 평가기법(현장조사, 설문조사, 모의실험분석, 경제성분석)측면에서 정립하고 사업평가지침의 제도적 정착을 위한 정책적 추진방안도 제안하고자 한다.

II. 국·내외 ITS사업평가체계 고찰

1. 국내사례

1) 국내 사업평가사례

(1) 첨단교통모델도시사업

가. 사업개요

건설교통부는 ITS사업 활성화를 위하여 2000년 첨단교통모델도시로 대전광역시, 전주시, 제주시를 선정하

〈표 1〉 3개 모델도시 구축시스템 비교표

목표 및 분야	시스템	사업내용		
		대전	전주	제주
도시부 간선도로	교통신호제어	○	○	○
	교통정보제공	○	○	○
	돌발상황관리	○	○	○
도시 고속도로	교통관리	○	×	○
	돌발상황관리	○	×	○
교통정보	기본정보제공	○	○	○
	출발전 교통정보안내	○	○	○
교통단속	속도위반단속	○	○	×
	신호위반단속	○	○	○
시내버스	시내버스정보	○	○	×
	버스운행관리	○	○	×
	버스전용차로관리	○	○	×
전자지불	자동차요금징수	○	×	×
	대중교통요금징수	○	○	×
주차안내	주차안내	×	○	×
주행안내	차량행법	○	×	○

여 ITS시범사업을 추진하였다. 이러한 첨단교통모델도시는 월드컵 개최를 지원하는 동시에 해당 도시의 교통, 지리적, 산업적 특성을 고려하여 적정 ITS서비스를 선정하고, 시스템을 구축하는 것이다. 총사업비는 907.7억원으로 대전시가 508.8억원, 전주시가 189.1억원, 제주시가 209.8억원의 사업비가 소요되었으며 이중 1/3의 재원은 국고지원으로, 일부 시스템의 경우 민간투자자로 이루어졌다. 모델도시에 구축된 시스템은 도시부 간선도로교통신호제어시스템, 교통정보제공시스템, 도시부고속도로관리시스템, 돌발상황관리시스템, 속도위반단속시스템, 시내버스정보시스템 등 7개 시스템이 지정되었고 신호위반시스템과 주차정보제공시스템, 기상정보제공시스템은 권장시스템으로 제시되었으며 이외에도 지역적 특성에 부합하는 시스템을 〈표 1〉과 같이 구축하였다.

나. 사업효과분석

첨단교통모델도시사업의 효과분석은 지자체별로 다른 사업평가방법과 절차에 의해 수행되어졌으며, 평가방법론은 사전·사후비교분석(Before and After Analysis)과 경제성분석으로 구분할 수 있다. 먼저 사전·사후비교분석은 현장조사와 설문조사를 통해 사업효과적도를 비교하는 방법으로 현장조사는 교통량, 통행속도, 지체

1) ITS사업은 일반 건설·교통사업과 달리 정보·통신기술을 기반으로 하여 기술주기가 짧으며, 신제품과 신공법이 빠르게 개발됨에 따라 비용과 공정에 대한 이력자료 구축이 어렵고 비용발생도 초기사업비가 높은 일반교통사업과 달리 운영비용(통신비, 관리비)이 높은 것으로 나타난다. 또한 시스템 구축 시 통합기술을 도입함에 따라 복잡다공정이 필요하며, 서비스제공 시 까지 오랜 시범운영이 필수적으로 필요하다(이용택,2003).

<표 2> 첨단교통모델도시 건설사업 효과분석

구분	대전광역시	전주시	제주시	
사업 개요	목적	지방 중소도시 교통난 완화 등 교통문제 해결을 위해 구축 및 월드컵 개최지원	관광도시와 국제자유도시구축 및 월드컵 개최지원, 관광안내로써 ITS 구축	
	사업비	총 509억원 (국비161억, 시비131억, 민자217억원)	총 189억원 (국비 63억, 시비 53억, 민자 73억원)	총 210억원 (국고70억원, 지방비50억원, 민간90억원)
	구축 규모	시 전역에 교통정보시스템 등 6개 분야 14개 시스템 구축	전주시 203km ² 전역, 첨단신호제어시스템의 9개 시스템	제주시내 간선도로를 포함한 총 101.9Km
사업 효과 분석	정량 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 교통현장조사분석(2001.11)과 검지기자료, 시뮬레이션분석결과 (2002.11) 비교 - 통행속도 : 21.1 % 증가 (23.2→28.1Km/h) - 지체도 : 18.4% 감소 (94.8초/대→85.9초/대) - 대기오염 : 35% 감소 	<ul style="list-style-type: none"> • 교통현장조사분석 : 주요 50개 교차로 사전(2002.4), 사후(2002. 11) 비교 분석 - 교통량 6.6% 증가 (327천대→348천대) - 지체도 : 12% 감소 (62.52초/대→54.88초/대) - 통행속도 12.6% 증가 (17.2Km/h→19.38Km/h) 	<ul style="list-style-type: none"> • 교통현장조사분석 : 2001.10과 2002. 5월 비교분석 • 검지기자료분석 - 지체도 : 12.2% 감소 - 통행속도 : 34% 개선 - 연료소모 : 9. % 절감 - 대기오염 : 21.8%
	정성적 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 설문조사(2001.11)사전조사 - 	<ul style="list-style-type: none"> • 설문조사 - 구축시스템만족도 : 34% 증가 - VMS만족도 (24.8→34.3% 증가) - 시스템이용도 (56.5→69.9% 증가) - 정보정확도 (23.9→29.5% 증가) 	<ul style="list-style-type: none"> • 설문조사(기준점 3.0) - 시민만족도:30.2% 증가 (2.41→2.14) - 관광객만족도:25.5% 증가 (2.54→3.19)
	경제성 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 비용편익분석(20년, r=13%) - B/C : 5.32 - NPV : 1,869억 	<ul style="list-style-type: none"> • 비용편익분석(20년, r=13%) - B/C : 3.25 - NPV : 432억 - IRR : 65.5% 	<ul style="list-style-type: none"> • 비용편익분석(10년 r=13%) - NPV : 224억원 - IRR : 132%

도, 검지기자료를, 설문조사를 통해서 는 시스템이용도와 서비스만족도를 조사하였다.

이외에 현장조사를 통해 얻기 어려운 효과측도는 교통시뮬레이터를 활용하여 분석하였으며, 각 시별로 조사 및 설문방법, 시뮬레이터 종류(대전 : Integration, IDAS, 전주 : T7F, 제주 : IDAS, NETSIM)가 상이하여 직접적인 비교분석이 불가능하다. 현장조사결과, 통행속도가 12.6(전주) - 34%(제주), 지체도가 12(전주) - 18.4%(대전) 등 교통소통상황이 개선되었으며, 설문조사결과 ITS 도입 전(Do Nothing)에 비하여, 교통시스템의 만족도가 25.5(제주) - 34%(전주)로 향상된 것으로 나타났다. 경제성분석은 3개시 모두 비용편익분석을 수행하였으나, 분석기간, 생애주기 등의 기준이 달라 객관적인 비교분석은 불가능하다. 분석결과, B/C가 3.25(전주) - 5.32(대전), NPV가 432억(전주)-1869억(대전)으로 첨단교통모델도시사업의 경제성이 매우 높은 것으로 보고되고 있다.

(2) 과천시 시범사업

가. 사업개요

과천시 ITS시범운영사업은 인덕원-과천-사당사거리

를 잇는 과천시 전역을 대상으로 건교부, 지자체, 민간사업자가 26억, 7억, 80억을 출자하여 통합운영시스템, 첨단신호교통제어시스템, 자동요금징수시스템, 자동단속시스템, 중앙차량관리시스템, 주행안내시스템, 주차안내시스템, 대중교통정보시스템, 교통관제센터를 구축하였다.

나. 사업효과분석

과천시 시범운영사업에 대한 사업평가는 시스템별 사업효과를 제량화할 수 있는 효과척도를 선정하고, 이를 추정하기위해 사전·사후비교분석과 운영성능평가를 <표 3>과 같이 수행하였다.

교통현황조사 및 검지기자료를 이용한 효과척도의 비교분석을 통해 정량적 분석을 수행하였으며, 분석결과 통행속도가 18.5-22.5% 증가하고, 지체도도 과천시 전역에서 56%가 감소하여 소통상황이 크게 개선되는 것으로 나타났다. 또한 설문조사 결과, 정보의 정확도(대중교통정보, 36.8% ; 주차안내 56.1%), 시스템이용율 (대중교통정보,33.8% ; 주차안내, 40.2%)을 통하여 시스템의 정성적 효과분석을 수행하였다. 이외에도 교통수집기기의 오인식율(루프검지기,9.1%;영상검지기,16.7%)과 계광기기의 정확도(대중교통정보

〈표 3〉 과천시 시범운영사업의 사업평가방법

구분	사전·사후비교분석		운영성능평가
	정성적 분석	정량적 분석	
첨단신호 제어시스템	지체시간, 속도, 통행시간, 교통량	편리성, 인력 절감, 사고감소	지체도, 포화도, 앞막힘예방, 운행속도
대중교통 정보시스템	대기시간, 승객수요, 교통수단전환율	편리성	정시성, 효율성
주행안내 시스템	정확도	편리성	정확도
주차안내 시스템	주차시간절감, 주차수요, 수단전환율	편리성	정확도
자동단속 시스템	사고건수, 속도, 공해	-	인식율, 오인식율
자동요금 징수시스템	통행시간, 인력감축, 토지면적	편리성	인식율, 정산정확도
중차량 관리시스템	단속시간, 인력·비용 절감, 유지비감소	-	정확도

〈표 4〉 과천시 ITS사업 효과분석 사례

구분	효과적도	조사방법	시스템 효과
첨단교통신호 시스템	교통량	현장조사	0.8% 증가
	지체도	현장조사	과천전역 56%감소
	통행속도	현장조사	22.5% 증가
	대기행렬길이	현장조사	30.9% 개선
	포화도표준편차	현장조사	2.4% 개선
대중교통정보 시스템	정보의 정확도	설문조사	36.8% 긍정적 응답
	시스템이용율	설문조사	33.8% 감소
	대중교통전환율 서비스개선	설문조사	12.7% 수요전환 52.3% 개선
주차안내	정보의 정확도	설문조사	56.1% 긍정적 응답
	시스템이용율	설문조사	33.8% 이용
	서비스개선	설문조사	54.8% 긍정적 응답
	배회시간단축	설문조사	21.5%가 10%이상 단축되었다 응답
자동요금징수	시스템인지도	설문조사	74.7% 선호
자동단속 시스템	사고건수	문헌조사	5.6% 감소

차 1분-10분, 주차안내정보 오차 7%, 중차량관독오차 7%)를 산정하는 시스템운영평가를 수행하였다.

2) 국내 ITS평가방법의 문제점

국내 ITS사업은 고속도로교통관리시스템(FTMS), 과천시 ITS시범운영사업, 첨단교통모델도시사업 등 시범사업 위주로 추진되어 왔으며, 또한 사업평가는 시범사업의 단발성 효과분석으로 끝나, 정책적으로 활용되지 못하는 등 다음과 같은 문제점을 가지고 있다. 첫째, 객관적인 ITS사업평가체계가 제도적으로 도입되지 못하여 단일사업의 단발성 사업효과분석에 그치고 있

다. 따라서 사업평가결과가 중·장기적인 ITS사업 확대구축과 단기적인 시스템운영개선방안 수립 등 정책적으로 활용되고 있지 못하다.

둘째 ITS사업의 효과분석을 시스템별로 세분화하여 평가할 수 있는 객관적이고, 과학적인 평가방법 및 조사·분석기법의 정립이 미흡하다. 지금까지 국내에서는 국지적인 지역에 시범사업을 대상으로 사전·사후비교 분석과 경제성분석위주로 평가방법이 제한적으로 적용되어왔다. 더욱이 사업기관이 단발성으로 조사분석 및 평가방법을 선정·평가하다보니 국가차원의 ITS구축을 위한 사업효과의 비교분석이 불가능하여 정책분석을 위한 자료로서 유용성이 떨어지는 문제점을 안고 있다.

셋째, 국내 ITS환경에 적합한 사업평가모형(행태모형, 교통류시물레이션, 경제성모형)의 개발이 미흡하여, 객관적인 사업평가가 불가능하다. 우선 일반건설교통사업평가에 사용되는 수요예측모형은 대규모 공급위주분석에 적합한 4단계 수요예측모형을 사용하고 있으나 ITS사업은 교통운영측면에서 동적(Dynamic)이고 미시적(Micro)분석이 요구되며, 운전자와 차량의 접촉(HMI : Human Machine Interface)을 고려할 수 있는 분석모형이 정립되어야 한다. 또한 교통류시물레이션분석을 위한 평가모형은 국외 ITS환경에 개발된 시물레이션모형을 국내에서도 직접 활용하고 있으나, 활용 시 국내 ITS환경과 운전자행태를 반영하여 복잡한 정산(Calibration)과정을 거쳐 적용해야 하는 한계를 가지고 있다. 따라서 국내 ITS환경에 적합한 평가계수를 정립하고, 아울러 한국형 교통류시물레이션 모형의 개발이 절실히 필요하다.

마지막으로, 사업의 타당성분석 목적으로 주로 사용되는 경제성모형은 다음과 같은 문제점을 가지고 있다. (첫째) ITS사업은 교통개발연구원(1999), 이(2003)의 연구보고와 같이 일반 건설·교통사업과 다른 사업의 특성으로 인하여 사업의 편익/비용비가 1.15 - 17.7로 변동이 매우 심하고, 사업의 위험도 역시 높게 나타난다(이,2003) 따라서 이를 고려한 평가방법론의 개발이 필요하다 판단된다. (둘째) 우리나라에서 사용되는 타당성분석방법론은 공급측면에서 교통시설물투자의 타당성을 평가하는 것으로 운영상 동적변화를 계량화하는 ITS사업의 경제성평가 목적에는 부적합하다. (교통개발연구원,2002) (셋째) ITS 비용, 편익항목의 정의와 계량화방법론이 객관적으로 정립되지 않아 일관성있는 경제성평가 도출이 어렵다.

2. 국외사례

1) 미국

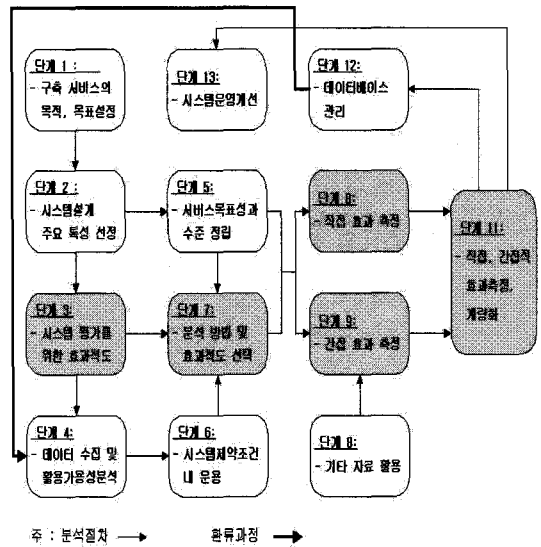
미국교통성은 정부차원의 사업평가지침을 마련하여 객관화된 평가방법론에 따라 ITS사업효과를 추정, 매년 ITS 비용, 편익 및 사업효과보고서를 작성하여 배포하고 있으며, 객관적인 사업평가 결과를 바탕으로 ITS도입을 위한 장·단기적 정책을 수립하고 있다.

(1) TEA-21 평가지침

미국의 경우 연방도로국(FHWA)의 JPO(Joint Program Office)에서 TEA-21(Transportation Equity Act for 21st Century)법에 근거한 ITS평가지침을 통해 정부예산이 투입된 ITS사업에 대해 철저한 모니터링이 이루어지고 있다. TEA-21평가지침은 ITS사업의 범위, 평가기관의 객관성과 독립성을 보장하고 평가절차와 방법에 대한 지침을 제공한다. TEA-21평가지침은 원칙적으로 6단계를 거쳐 ITS사업평가를 수행토록 정하였다. 첫째, 독립적인 평가자를 대상으로 평가팀 구성 둘째, 사업 목적 및 목표에 부합하는 평가전략 수립²⁾ 셋째, 정량적, 정성적 부문을 포괄하는 평가계획 수립 넷째, 사업평가에 필요한 조사·분석계획 수립 다섯째, 자료수집·분석체계를 주기적이고 지속적으로 모니터링이 가능토록 설계 여섯째, 평가전략, 평가계획, 조사·분석계획, 분석결과, 결론 및 제언과정을 문서화하는 단계로 구성된다.

(2) ITE사업평가지침

ITE(2000)는 Intelligent Transport Handbook에서 교통전문가를 위한 실용적인 평가지침을 13단계 절차로 나누어 제시하고 있다. 이를 살펴보면, (1단계) ITS 구축 목적·목표 정의, (2단계) 시스템설계과정으로, 구축할 시스템 사양을 결정한다. (3단계) 시스템 효과척도를 결정하고, (4단계) 효과척도 추정에 필요한 정보의 특성과 가용성 확인, (5단계) 서비스목표를 설정한다. 이때 유사사업의 사업효과를 축적한 데이터베이스(DB)를 참고하여 결정한다. (6단계) 시스템계약 조건을 검토하고, 제약조건 내에서 시스템이 최적으로 운용되어 목표한 서비스를 구현 할 수 있도록 한다. (7



〈그림 1〉 ITS사업평가절차 (ITE,2000)

단계) 효과척도추정을 위한 사업평가분석방법 선정과정으로 이때 분석방법은 가용한 정보의 질과 양, 시스템의 제약조건에 따라 달라진다. 현장에서 효과척도를 직접 추정할 수 있는 경우, 사전·사후비교분석을 수행하며, 도로·교통정보가 제한적으로 수집되는 경우, 교통시뮬레이션분석을 활용하여 효과척도의 변화를 추정한다. 또한 정성적 효과척도는 이용자와 전문가의 설문조사를 통해 다판단기준분석(Multi-Criteria Decision Analysis)을 수행한다. (8단계) 사업의 직접효과(Direct Effect)추정과정은 대기행렬길이, 지체시간, 연료소모, 통행속도, 지·정체시간 등 시스템구축 후 직접측정이 가능한 효과척도를 추정한다. (9·10단계) 사업의 간접효과(Indirect Effect)추정과정으로 유발수요증가, 교통서비스개선 등을 설문조사, 시뮬레이션 분석을 통해 분석한다. (11단계) 계량화분석으로 ITS 시스템 대안을 비용과 편익항목으로 구분, 화폐단위로 계량화한다. (12단계) 사업평가결과를 DB화하는 과정으로, 이를 통해 사업평가결과를 ITS관련 정책변수로 효과적으로 관리·활용한다. (13단계) 시스템운영개선 등 분석결과를 정책적으로 활용하는 과정으로, 사업효과 변화의 주기적으로 모니터링하고 DB화하여 이를 바탕으로 의사결정을 수립한다.

2) TEA-21평가지침에서는 사업목적은 안전성, 이동성, 효율성, 생산성, 에너지 및 환경으로 설정하여, 이에 부합하는 효과척도 및 조사방법에 대해 제시하고 있다. 예를 들어, 안전성은 전체사고율, 사망율, 부상율, 이동성은 지체, 통행시간변화, 사용자 만족도를, 효율성은 유효용량 또는 교통량의 증가, 생산성은 비용절감을 그리고 마지막으로 에너지 및 환경은 배출오염의 감소와 연료소모량의 감소를 효과척도로 조사·분석하도록 제시하고 있다.

2) 유럽연합

유럽국가들은 ITS사업평가지침의 필요성을 인식하고 국가별로 이를 작성해 왔으며, 2002년에는 유럽연합차원의 ITS연구개발사업(TEMPO Project)을 통하여 평가전문가를 구성하여 유럽국가의 ITS평가지침을 제안하였다. 특히 2003년 ITS세계대회부터 IBEC(International Benefit Evaluation & Cost)그룹을 편성하여 국제적인 평가지침 작성 및 국가간의 상호연계를 통해 사업평가의 질적 향상을 꾀하고 있다.

(1) 핀란드 ITS평가지침

핀란드 ITS평가지침은 1999년 R&D프로그램(Filland R&D Program on ITS Infrastructure & Services : FITS)과 유럽연합의 교통연구개발사업(TEMPO프로젝트)의 일환으로 만들어졌다. 본 지침은 다양한 교통투자사업의 대안으로써 ITS사업을 비교평가 할 수 있도록 국가교통투자평가지침과 연계하는 동시에, ITS사업의 특성을 반영하여 사업평가를 할 수 있도록 체크리스트를 제공한다.

ITS사업평가는 사업목적·목표를 구현하기 위한 ITS서비스가 교통수요, 여행시간, 수단선택, 노선선택, 통행행태, 교통시스템관리에 미치는 영향을 해석하는데 초점을 두고 있다. 즉, 구축시스템이 사업목적(교통서비스개선, 교통안전증진, 지역사회 발전, 환경개선, 정보화사회 대응)에 부합하는지를 평가하기 위해 효과적도(네트워크 비용, 차량관리비용, 접근성, 통행시간, 교통안전, 소음·배기가스·에너지소모, 가치(Valuation))를 제시하고 있다. 또한 효과적도를 추정하기 위한 체크리스트를 시장조사(Market Assessment), 인간-기계 인터페이스분석(HMI), 경제적 타당성, 제도·조직 및 기술적 검토측면에서 제시하고 있다. 이러한 사업평가방법론으로 ITS사업 특성(위험도수준, 생애주기, 예산배정 등)을 고려한 비용편익분석(할인율조정 등), 다판단기준분석과 자문·설문조사(Verbal Assessment)를 활용토록 권고하고 있다.

(2) ERTICO 사업평가지침

ERTICO는 ITS Planning Handbook을 통해 유럽교통전문가를 위한 실용적인 ITS사업평가지침을 다음과

같은 5단계로 나누어 제시하였다. (1단계) 사업 목적·목표설정과정으로, 도시 비전(Vision)과 이용자, 운영자의 요구를 고려하여 사업목적·목표를 설정한다. 복수의 목적·목표가 도출될 경우, 목적·목표간 사용자, 운영자·전문가·의사결정자의 의견을 반영하여 목적·목표의 가중치를 두어 결정한다. (2단계) 시스템대안 설정과정으로, 대안별 사업범위(공간적범위, 구축범위 및 시스템사양)를 결정한다. (3단계) 효과적도 및 추정방법을 결정하는 과정으로 여기서 효과적도는 목적·목표달성여부를 정량화해 주는 객관화된 지표(시스템(ATIS, APTS, CVO 등)별로 제공하고 있다³⁾). 추정방법은 시스템특성과 정보비용성에 따라 달라지며 운영성능평가, 영향효과분석(Impact Assessment), 사회·경제적효과, 사용자호응도, 재무평가로 구분할 수 있다. 효과추정을 위한 조사·분석기법으로 설문조사, 현장시험, 시뮬레이션, 전문가자문이 사용된다. i) 설문조사는 서비스 만족도, 시스템이용도를 조사함으로써, 다양한 시나리오에 따른 수요변화를 예측할 수 있으며, ii) 현장시험(Field Trial)은 제한된 지역에 시스템을 구축하여 현장시험을 통해 가지적인 사업효과를 추정함으로써, 확대구축을 위한 기술검증과 향후 잠재적 총편익을 추정하는데 활용한다. iii) 시뮬레이션은 현장수집이 어려운 자료들(운전자 통행패턴, 사후교통환경 등)을 컴퓨터를 활용한 모의실험을 통해 사업효과를 추정한다. iv) 또한 전문가자문은 ITS서비스의 잠재적인 사업효과(기술개발 등)를 추정하는 방법으로 활용된다. (4단계) 효과추정과정으로 참조사례(Reference Case)⁴⁾와 비교하여, ITS시스템 대안 도입으로 인해 발생하는 가치(Value)를 추정한다. i) 운영성능평가는 시스템의 기능수행을 위한 기술적 가용성(Capability)을 검토하는 과정으로 도입시스템의 성능(질, 신뢰도)을 판단하여 시스템사양, 운영전략을 수립하는데 사용된다. ii) 영향효과분석은 사업효과를 참조사례와 ITS대안을 비교분석하여 사업효과를 도출한다. iii) 사회·경제성분석(Social-Economic Analysis)은 시스템도입으로 인해 발생하는 사회·경제적 이득과 손실을 추정하는 과정으로 화폐가치로 추정이 가능한 경우는 비용편익분석을 활용하고, 화폐가치로 추정이 어려운 경우는 다판단기준분석을 사용한다. iv) 사용자호응도조사분석은 의견투표(Opinion Poll)나 조사

3) 예를 들어, 대중교통 이용욕성을 통한 환경개선을 사업목표로 첨단대중교통관리체계(APTS)를 도입한 경우, 효과적도로 대중교통승객수, 천식환자수, 질소산화물 발생량 등이 활용된다.

4) 참조사례는 구현할 ITS서비스의 Do Nothing대안 또는 Do Minimum대안을 의미한다.

(Survey)를 통해 사용자의 서비스에 대한 만족도를 분석하는 방법으로, 사용자(직접사용자, 간접사용자)에 따라 서비스유용성, 성능, 신뢰성, 접근성, 편리성, 만족도 등을 조사하게 된다. v) 재무성평가는 사업의 재무적 균형을 맞추기 위해 수행하는 분석방법으로, 시스템 구축에 소요되는 지출과 수입을 추정하여 재무모형(재원조달계획 및 현금흐름분석)을 통해 재무성을 판단하게 된다. (5단계) 대안(시스템 또는 운영시나리오)평가를 통해 최적안을 도출한다.

III. 사례분석결과 및 시사점 도출

국내·외 ITS사업평가체계 및 평가방법론을 비교, 분석한 결과 다음과 같은 시사점을 도출하였다. 첫째, 체계적이고 지속적이며, 반복적인 ITS사업평가체계를 구축하여, 일정 규모이상의 사업이나 정부예산이 투자된 국책사업의 경우 제도적으로 시행토록 하여야 한다. 미국과 유럽연합의 경우, 정부차원의 체계적인 사업평가체계를 도입하여 지속적이고 반복적으로 ITS사업평가를 모니터링을 함으로써, 중·장기적으로 효율적인 예산배분 및 단기적으로 시스템운영전략을 수립하는 합리적인 ITS정책 도입을 위한 수단으로 활용하고 있다.

둘째, 사업평가를 위한 과학적인 평가방법론 및 조사·분석방법론을 정립하여 지침화해야 한다. 이때 평가지침은 전통적인 교통투자사업과 연계하는 동시에 ITS의 사업특성을 반영하여 수립함으로써, 교통사업과 ITS사업이 객관적으로 비교·분석이 될 수 있도록 개발해야 한다. 또한 이렇게 도출된 평가방법론을 정부차원에서 ITS사업평가지침으로 제정하여 사업주체에게 최소한의 효과적도, 조사·분석방법에 대한 가이드라인을 제시할 필요가 있다. 즉 사업평가지침을 따름으로써, 개별적으로 추진된 사업이 같은 효과적도로 병렬적으로 비교·분석됨에 따라, 구축된 시스템간의 사업효과가 명확히 구분되어질 수 있다. 미국의 연방도로국과 유럽연합 및 유럽국가의 경우, 지속적인 연구개발(FITS, TEMPO 등)을 통해 자국의 ITS환경에 적합한 사업평가지침을 제정하여 사업주체에게 사업평가를 위한 가이드라인을 제공하고 있다.

셋째, 사업평가를 위한 조사·분석방법론 및 평가모형 개발(교통류시뮬레이션모형, 경제성분석모형 등)에 관한 연구를 지속적으로 갱신해 나가야한다. 미국과 유럽연합의 경우, 적은 재원으로 신규 시스템을 평가할 수

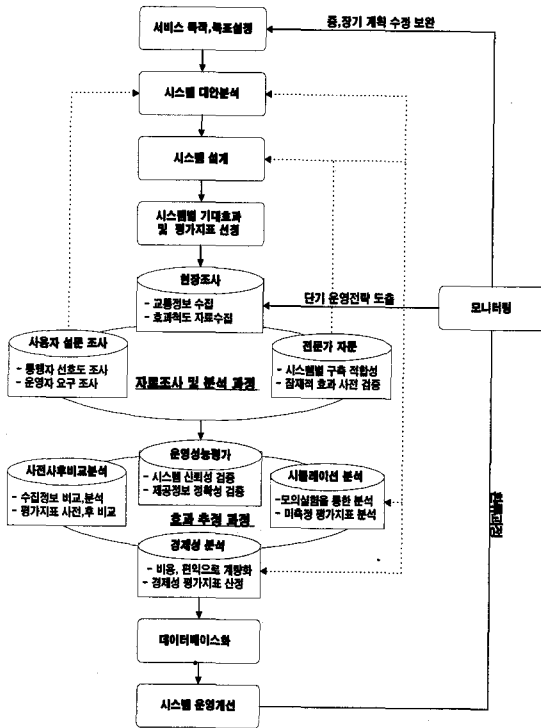
있는 시뮬레이션모형(유럽:DRACULA, FLEXYST, HUTSIM, PADSIM, SIMNET 등, 미국:CORSIM, MITSIM, IDAS 등)을 개발하여 활용하고 있다. 또한 경제성분석에 활용되는 정책변수(비용, 편익, 생애주기, 위험도 등)에 대한 연구도 지속적으로 갱신하여 데이터베이스화하고 있다. 즉 비용·편익항목 뿐만 아니라, 계량화에 필요한 시간가치(VOT), 차량운행비용(VOC) 등 사회·경제환경의 변화에 따라 지속적으로 갱신되어야 할 항목 및 안전, 환경 등 계량화가 미비한 항목에 대한 연구를 통해 객관적인 평가지표를 제시하고 있다. 또한 미국 연방도로국은 ITS사업이 전통적인 건설교통사업에 비해 위험도가 높으므로, 이를 고려할 수 있는 확률적 위험도기법을 평가모형에 내재화하여 개발·활용하고 있다(FHWA, 2001 ; 이,2002).

넷째, 사업평가 결과물(사업효과, 비용, 편익, 평가계수 등)을 체계적으로 관리·활용하여 과학적인 ITS정책을 수립·활용한다. 미국의 경우, 사업평가결과물을 데이터베이스화하고, ITS 비용·편익보고서, 사업효과보고서를 작성하여 온라인과 오프라인 상에 배포하고 있다. 특히 사업평가결과를 데이터베이스화하여 과학적이고 합리적인 운영전략 또는 중·장기 확대계획을 수립·추진하고 있다. 즉 장기적으로는 구축시스템의 데이터베이스운영결과를 분석하여 효율적인 시스템구축을 위한 투자우선순위 선정, 운영관리를 위한 중·장기 추진계획을 도출하고, 단기적으로는 현재 운영되는 시스템의 운영전략을 수정·보완하여 운영효율화 전략을 도출, 최적의 실시간 시스템운영을 유도해나가고 있다.

IV. 국내 ITS사업평가체계 도입방안

1. 사업평가체계 정립

국내 ITS사업평가를 위해 과학적인 사업평가체계를 정립하고, 일정 규모이상 또는 정부예산이 투입된 사업에 대해 사업평가를 수행토록 제도화해 나간다. 사업평가체계는 국내 ITS사업평가사례분석을 통해 도출된 문제점에 미국과 유럽의 사업평가지침의 시사점을 반영하여 개선할 수 있도록 제언되었다. 사업평가체계를 살펴보면, 서비스목적과 목표를 설정하고 이를 구현할 시스템 대안을 선정하되, 이때 개략적인 경제성평가와 사용자 설문조사 전문가자문방법들이 사용되어질 수 있다. 다음으로 시스템이 설계되어지면 시스템별 사업효과분



(그림 2) ITS사업평가체계

석을 위한 효과적도와 조사·분석방법(현장조사, 사용자 설문조사, 전문가자문)이 진행된다. 이렇게 수집된 자료를 바탕으로 운영성능평가, 사전·사후비교분석, 시뮬레이션분석, 경제성분석과 같은 효과추정방법이 적용되고, 그 결과 효과적도별로 사업효과가 산출되어 화폐단위로 계량화된다. 또한 평가결과물은 데이터베이스화되어 저장·분석되어, 단기적으로는 시스템 운영전략 개선에, 장기적으로 중장기 추진계획에 활용되어진다. 아울러 이러한 전 과정은 반복적인 모니터링 활동을 통해 지속적으로 갱신되도록 제언하였다.

2. 사업평가지침 정립

사업평가지침은 ITS사업개요(목적·목표, 시스템구성), 사업평가목적·범위(평가목적, 평가지표), 평가방

법론(조사·분석방법론, 운영성능평가, 사전·사후 비교분석, 경제성분석 등)을 포함하여야 하며, 본 절에서는 지침의 주요 내용인 효과적도, 평가 및 조사·분석 방법에 대해 정립한다.

1) 효과적도 정립

ITS사업의 효과는 크게 직접효과(통행시간절감, 운행비용감소 등 이용자나 운영자가 수혜를 받는 편익)와 간접효과(대기오염, 소음 감소 등 불특정 다수가 수혜를 받는 편익)로 구분된다. 이러한 사업효과와 계량화를 위해서는 <표 5>와 같이 시스템별 효과적도를 현장조사, 성능평가 또는 교통통의실험을 통해 도출이 가능한 정량적 분석과 사용자의 서비스만족도 등 설문조사를 통한 정성적 분석으로 나누어 분석할 수 있다.

2) 평가 및 조사·분석방법 정립

(1) 운영성능평가

운영성능평가의 목적은 구축시스템의 개별 장비와 알고리즘의 운영상태를 검증하는 과정으로, 이를 통해 운영상태가 미흡한 개별 기술대안에 대한 운영개선방안을 도출하게 된다. 즉 서브시스템별 개별 장비와 알고리즘의 운영상태를 파악하고 시스템 운영이 정상적으로 수행되는지를 판단하기 위해서 정보수집·가공·제공기기별로 현장조사, 운영자설문조사 및 운영DB자료를 분석한다. 정보수집기기는 검지기의 기계적 오작동률과 검지기를 통해 계측된 교통속성자료가 실측자료와 얼마나 정확히 일치하는지를 검토하기 위해 등가계수방법⁵⁾·RMSE (Root Mean Square Error)방법⁶⁾과 같은 통계적 분석방법을 활용한다. 또한 가공·분석 알고리즘은 분석시간 및 오류 발생여부를 통해 작동성(Workability)을 평가하고, 알고리즘을 통해 도출된 결과가 현장실측자료에 부합하는지를 평가한다. 제공기기는 제공되는 정보가 실제 도로·교통상황을 잘 묘사하는지, 정보제공기기의 작동오류는 없는지, 통행자에게 제공정보가 정확히 인지, 이용되고 있는지를 평가

5) 등가계수란 실측값에 대하여 검지기의 측정값이 얼마나 근접한지를 판별하기 위한 계수로 실측값과 검지기 측정값이 동일한 경우 1이 된다.

$$(\text{등가계수} = 1 - \frac{\sqrt{\sum(\text{실측값} - \text{검지기값})^2}}{\sqrt{\sum \text{실측값}^2 + \sum \text{검지기값}^2}})$$

6) RMSE는 검지기 측정값이 실측값에 평균적으로 얼마만큼 벗어났는지를 판단하는 방법으로 이 값 자체가 절대적인 오차를 반영하지 못하며, 검지기의 원시자료 값이 실측값에 비하여 과대 및 과소평가되고 있는지를 평가할 수 없는 단점이 있으나, 여러 검지기간 상대적인 신뢰성 평가에 유용하게 사용된다.

$$(\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum(\text{검지기 측정값} - \text{실측값})^2}{\text{자료수}}})$$

〈표 5〉 시스템별 효과척도 및 평가방법론 정립

구분	사업효과	효과척도(MOE)	정량적 평가			정성적평가
			현장조사	모의실험	성능평가	설문조사
첨단신호제어 시스템	<ul style="list-style-type: none"> •통행편의 증가(U) •차량운전자의 서비스향상(U) •운행의 경제성 향상(U) •대기오염, 소음감소(S) •시스템운영, 관리의 경제성(O) 	교통량	○	○		
		교차로지체시간, 통행속도·통행시간	○	○		
		지체도, 포화도	○		○	
		시스템 만족도(사고감소)				○
간선도로 교통정보정보 제공시스템	<ul style="list-style-type: none"> •통행편의증가(U) •차량운전자의 서비스향상(U) •차량운행의 경제성향상(U) •대기오염, 소음감소(S) 	통행속도·통행시간	○	○		○
		지체시간	○	○		
		시스템 만족도(VMS만족도,정보정확도)			○	○
돌발상황관리 시스템	<ul style="list-style-type: none"> •안전성 향상(U) •시스템운영, 관리의 경제성(O) 	돌발상황 처리시간		○	○	
		유관기관대응에대한 만족도				○
대중교통정보 시스템	<ul style="list-style-type: none"> •대중교통이용자 통행편의(U) •대중교통이용자 서비스향상(U) •시스템운영, 관리의 경제성 •생산성향상(O) 	대기시간	○			
		승객수요, 교통수단전환율	○	○		
		정시성	○		○	
		시스템 만족도 (편리성)				○
교통정보 시스템 (주행안내 시스템)	<ul style="list-style-type: none"> •통행편의 증가(U) •차량운전자의 서비스향상(U) •운행의 경제성 향상(U) •대기오염, 소음감소(S) •접근성향상(U), 생산성향상(O) 	통행속도·통행시간	○	○		
		교통정보의 정확도	○			
		시스템 만족도			○	
주차안내 시스템	<ul style="list-style-type: none"> •차량운전자의 서비스향상(U) •시스템운영, 관리의 경제성(O) 	주차수요	○			
		주차시간절감	○			
		교통수단전환율	○			
		정보의 정확도	○			
		시스템 만족도				○
자동단속 시스템	<ul style="list-style-type: none"> •차량운전자의 서비스향상(U) •운행의 경제성 향상(U) •대기오염, 소음감소(S) •시스템운영, 관리의 경제성(O) 	사고건수	○			
		통행속도·통행시간	○			
		공해 (소음, 배기가스)	○	○		
		인식률, 오인식률			○	
		시스템 만족도				○
자동요금징수 시스템	<ul style="list-style-type: none"> •새로운 고용창출(S) •시스템운영, 관리의 경제성(O) 	통행속도·통행시간	○			
		인력 감축	○			
		토지면적 감축	○			
		시스템 만족도				○

주) U : 사용자측면, O : 운영자측면, S : 시스템측면 편익

하게 된다. 또한 구축 후 시스템의 운영성능을 지속적으로 모니터링하기 위해서는 운영DB를 분석하여 운영기간 축적된 교통정보·시설물관리정보(시설물별 장애원인, 장애건수 등)를 점검하고 시스템의 운영성능 개선방안을 도출하도록 한다.

(2) 사전·사후 비교분석

사전·사후 비교분석은 정량적인 분석이 가능한 효과척도인 경우 사업 전·후에 현장조사 및 검지기자료

를 이용하여 효과척도를 측정하여 비교·분석하고, 효과척도가 정성적 지표인 경우, 운영자와 사용자에게 설문조사를 통해 평가할 수 있다. 이때 효과척도의 특성에 따라 조사방법도 〈표 7〉과 같이 교통량조사, 대중교통이용실태조사, 현장실태조사, 설문조사 등으로 다양하다. 이러한 사전·사후비교분석은 분석이 용이하고 시민과 의사결정자에게 사업효과를 손쉽게 이해시킬 수 있는 장점이 있다. 특히 정성적 사업효과의 계량화에 대한 관심이 높아지면서 설문조사를 활용한 사용자별

〈표 6〉 운영성능평가의 효과척도와 조사방법

항목	효과척도	검토 항목	조사 방법
수집 기기	수집자료신뢰성 장애발생빈도	수집정보의 정확도(검지 값과 실측치 오차분석) 기계적 오작동률	운영자 설문조사 현장실태조사 운영DB분석
가공 기기	분석시간 오류발생여부	소프트웨어의 정확성 전산 S/W · H/W 오작동률	운영자 설문조사 현장실태조사 운영DB분석
제공 기기	제공정보 적합성 장애발생빈도	교통정보제공 정확성 운전자의 이해도 기계적 오작동률	운영자 · 사용자설문조사 현장실태조사 운영DB분석

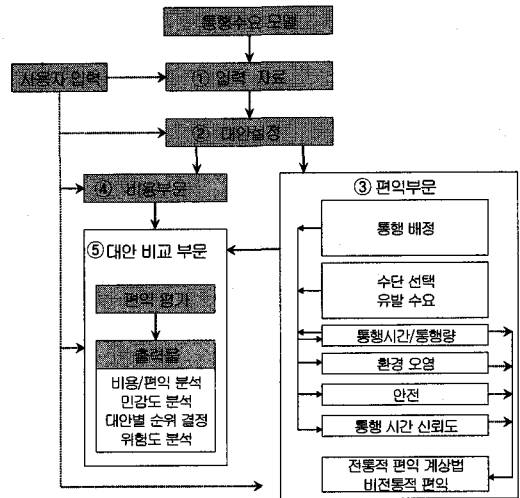
〈표 7〉 효과척도별 현장조사 방법

효과척도	조사항목
교차로 접근별 교통량	교통량조사, 검지기자료분석
교차로 지체도	정지차량수, 주기, 신호현시 조사, 검지기자료분석
링크별 통행시간 및 통행지체	시험차량운행법, 프로브차량자료 (기종점 출발시간, 도착시간, 링크길이, 차량 정지시간)
통행속도	시험차량운행법, 프로브차량자료
사고건수, 사망자수	경찰청 사고조사서 문헌조사
구간평균불법주차대수	현장실태조사
버스전용차로구간, 통행시간, 버스도착시간간격	대중교통이용실태조사
시스템의 만족도	설문조사

서비스만족도를 통계분석(순위화 등), 다판단기준분석을 활용하여 분석한다.

(3) 교통시물레이션분석

교통시물레이션분석은 외부적 요인(급격한 사회경제 지표 변화, 토지이용변화 등)에 따라 도로·교통조건이 급변할 경우, 사업평가를 위해서 꼭 필요한 효과척도이나 현장조사를 통해 자료수집이 불가능한 경우, 기타 보완적으로 다양한 대안을 분석할 필요가 있을 경우 활용된다. 이때 사용되는 시물레이터는 분석시스템의 유형과 추정할 효과척도에 따라 달라진다. 국외의 경우 공학모형과 계획모형, 미시적 모형과 거시적 모형 측면에서 다양한 시물레이터가 개발되어있으며, 이를 통해 다양한 시스템분석이 가능한 모듈(Module)이 개발되어져 있다. 따라서 교통시물레이션분석 시 시스템별로 해당 효과척도에 대해 모의실험을 제공하는 시물레이터를 선별하여 사용하되, 국내 현실에 맞도록 도로·교통 및 ITS환경, 운전자행태와 관련된 계수들을 정산한 후, 적용한다. 특히 사업초기 제한된 예산 내에서 효과적인 시스템을 구축하기위한 사업타당성분석이 필요한



〈그림 3〉 Sketch Planning기법(FHWA, 2001)

데, Sketch Planning기법을 활용하여 경제성분석과 교통류시물레이션을 통합분석하는 방안이 활발히 활용되고 있다. 아울러, 운전자행태 및 HMI(가시성, 감지성, 인지성, 운전자 작업부하효과 등)를 고려한 사업평가방법론이 대두됨에 따라 이러한 관계를 시물레이션 상에 내재화하는 방법론 개발이 활발히 도입되고 있다.

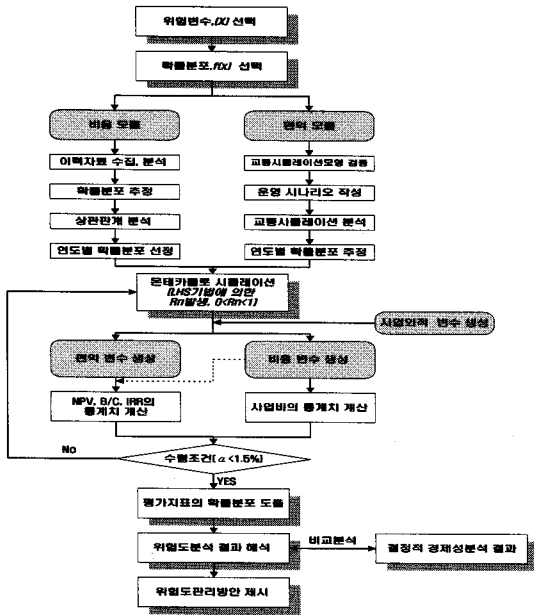
(4) 경제성분석

경제성분석은 사업의 비용과 편익항목을 계량화하여 경제성지표(편익/비용비, 순현재가치, 내부수익율)를 통해 사업의 타당성을 분석하는 방법으로 분석절차는 일반적인 경제성분석(Deterministic Economic Analysis: DEA)과정과 동일하다.(건설교통부, 2002; 한국개발연구원, 2002) 먼저 시스템 또는 운영대안 별로 비용·편

〈표 8〉 비용·편익항목과 화폐가치방안

구분	평가항목	화폐가치방안
비용	• 건설비 • 시스템구축비 • 시스템운영 • 용지비	• 공사비용 • 시설가격 및 설치비용 • 운영비, 인건비, 재료비 • 보상비
	편익	• 차량운행비 절감 • 통행시간 단축 • 교통사고의 감소 • 통행안락감 증대 • 교통관리 업무의 효율성 증대
비용자 편익		• 대기오염 감소 • 소음 감소 • 지역개발

주 : 교통개발연구원(1998) 연구 수정·보완



〈그림 4〉 PRA를 이용한 ITS사업의 경제성분석 틀 (이용택, 2003)

익항목을 구분하여 화폐단위로 추정하는데, 비용항목은 크게 사업비와 유지관리비로 나누어진다. 여기서 사업비는 공공과 민간을 모두 포함한 건설·구축비용을 적용하며, 유지관리비는 일반적으로 건설·구축비용의 10%수준에 해당한다. ITS시설물은 도로시설물에 비해 수명주기가 5~10년으로 짧은 내구연한을 가지고 있어, 분석기간 중에는 생애주기비용(Life Cycle Cost:LCC) 분석을 적용하는 것이 바람직하다. 또한 편익항목은 일반적으로 계량화가 가능한 통행시간 절감효과, 차량운행비 감소효과, 교통사고 저감효과, 환경오염 저감효과를 중심으로 추정하며 추정방법은 일반적으로 건설교통부(2002)와 한국개발연구원(2002)의 지침을 준용한다.

이러한 DEA모형을 기반한 분석방법은 장기간에 걸쳐 고정값을 예측하여 사용함으로써 ITS사업과 같이 위험도가 높은 사업에는 적합하지 못하다는 문제점이 야기되었다. 이를 개선하기위해 민감도분석, 할인을 조정 등의 방법과 함께, 최근에는 〈그림 4〉와 같은 확률적 위험도분석(PRA)모형의 도입이 연구되어 사업의 위험을 합리적으로 관리해 나갈 수 있다.(FHWA,2001:이, 2003)7)

V. 정책제언

국내에서도 ITS사업평가체계를 제도화하기 위해서는 다음과 같은 정책지원이 필요하다. 첫째, 일정규모 이상의 ITS사업이나, 정부 예산이 투입된 사업에 대해서는 사업평가체계에 따라 지속적인 모니터링을 수행토록 제도화해야 한다. 둘째, 객관화된 효과측도, 조사·분석 및 평가방법론(운영평가, 경제성평가, 현장조사, 교통시물레이션분석)을 정립하여 지침화하고 이를 사업자에게 사용토록 권고해야한다. 셋째, 건설·교통투자사업과 연계하여 ITS사업을 평가할 수 있는 사업평가모형(경제성평가모형, 시물레이션모형, 행태모형, HMI 고려방안)을 개발해야 한다. 특히 위험도분석, Sketch Planning기법, 행태모형, 시물레이션모형 등 우리나라 ITS환경에 적합한 평가모형개발뿐만 아니라 평가모형의 적용계수(편익·비용분석, 교통류모형 등)에 대한 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

넷째, 사업평가결과에 근거하여 효율적인 ITS정책 수립방안을 마련할 필요가 있다. 이를 위해 사업평가결과를 표준화된 데이터베이스형태로 구축하고, 연차별 사업평가보고서 작성 등을 통해 ITS사업효과를 교육·홍보해야한다. 또한 이에 근거하여 사용자선호도와 사업성이 높은 서비스를 대상으로 투자우선순위를 선정하여 중·장기적으로 ITS사업의 확대구축계획방안을 마련하고, 단기적으로 구축시스템운영의 효율화를 위한 운영전략을 수립해 나가야한다.

참고문헌

1. 건설교통부(2000), 국가 ITS 기본계획.
2. 교통개발연구원(1998), "과천시 지능형 교통시스템 시범운영사업평가".
3. 교통개발연구원(1998), "ITS사업의 평가체계 정립 및 도입효과 사례분석".
4. 대한교통학회(1999), "ITS 기본계획 수정보안 및 ITS사업 비용/효과분석 모형개발과 검증".
5. 한국개발연구원(2002), 도로부문사업의 예비타당성 조사 표준지침연구.
6. 이용택(2003) 확률적위험도분석을 이용한 ITS사업

7) 이용택(2003)은 ITS사업을 대상으로 DEA과 PRA모형의 적합성(Goodness of fit)을 비교·분석한 결과, PRA모형을 이용하여 ITS사업의 위험도를 확률분포로 분석할 경우 사업의 경제성변동을 계량화할 수 있으며, 이때 평가결과가 DEA모형과 달라질 수 있어 불확실성이 높은 ITS사업에서는 경제성분석 시 PRA모형을 적용하는 것이 바람직하다고 보고한바 있다.

- 의 경제성평가모형 개발, 서울대 박사학위논문.
7. ITS Korea(2002), 첨단교통모델도시사후평가용역.
 8. 이용택외(2003), Sketch Planning 기법을 이용한 지능형교통체계분석, 대한토목학회 학술발표회.
 9. 이용택외(2003), ITS사업의 평가방법론정립 및 활용, 대한토목학회 학술발표회.
 10. Alan Stevens(2001), UK Perspective on Cost-Benefit Assessment of Intelligent Transport Systems, ITS world Congress in Sydney.
 11. Evaluation of ITS Service(2000), Intelligent Transport Primer, ITE.
 12. FHWA(2001), IDAS User Manual
 13. ITS Planning Handbook(2001), ERTICO.
 14. Risto Kulmala(2003) How to evaluate ITS Projects?, ITS world Congress in Madrid.