

ITS 시스템의 운영효율 평가를 위한 척도 및 방법론

Developing Measures and Methodology for the Operational Efficiency Evaluation of ITS Systems

이상협* · 문병섭**

Lee, Sang Hyup · Moon, Byeong Sup

Abstract

In this study the measures and methodology to evaluate the operational efficiency of ITS systems were developed. And they were applied for the ITS systems deployed in the ITS Model Cities in order to figure out their applicability for the operational efficiency evaluation of similar ITS systems which would be deployed in the future.

Keywords : operational effectiveness, operational efficiency, measure, evaluation, methodology

요 지

본 연구에서는 첨단교통모델도시건설사업 대상 도시에 구축된 ITS 시스템들을 대상으로 운영효율 평가 척도를 개발하고 또한 이들을 시스템 운영효율 평가에 적용하는 방법론을 개발하여 실제 운영효율 평가에 적용함으로써 이들의 향후 구축될 ITS 시스템 운영효율 평가에의 활용 가능성을 검토하였다.

핵심용어 : 운영효과, 운영효율, 척도, 평가, 방법론

1. 서 론

기존 교통시스템의 운영효과를 증대시킴으로써 날로 심각해지는 교통문제를 해결하기 위하여 정부는 '교통체계효율화법'과 '지능형교통체계 기본계획 21'을 제정하여 체계적인 ITS 도입을 위한 법·제도적 틀을 마련하였으며 2002년에는 '첨단교통모델도시건설사업'을 완료하여 대전, 전주, 제주의 3개 도시에 종합적인 ITS 시스템을 운영 중이다.

이러한 의욕적인 ITS 구축사업의 추진과 더불어 정부는 구축된 시스템의 운영효율 및 운영효과를 객관적으로 분석하고 수정·보완함으로써 시스템의 완성도를 높이기 위하여 구축사업 완료 후 시스템 운영상태 모니터링 및 설치된 시스템의 운영효과 측정을 실시하였다(건설교통부, 2004). 하지만, ITS 시스템의 운영효율 평가를 위한 척도 및 방법론이 아직 정립되어 있지 않으며, 첨단교통모델도시건설사업 완료 후 실시한 단기운영효과 평가 역시, 속도나 지체도 중심의 교통현장조사 및 사용자 만족도 조사가 대부분이었다.

구축된 모든 시스템이 안정적으로 작동하여 기대한 운영효과를 얻기 위해서는 장기적인 운영계획 하에서 시스템을 끊임없이 모니터링하고 시스템을 지속적으로 업그레이드하여 최종적으로 만족할만한 수준의 시스템을 완성해야 한다. 다

시 말해서 교통현장조사뿐만 아니라 설치된 시스템의 사후 관리와 정립된 방법론에 따른 운영효율 평가를 실시하여 구축된 시스템의 운영 효율화를 유도함이 필수적인데, 이를 위해서는 체계적이고 과학적인 ITS 시스템의 운영효율 평가가 절실하다(서울지방국토관리청, 2004). 따라서 본 연구에서는 첨단교통모델도시건설사업 대상 도시에 구축된 ITS 시스템을 대상으로 운영효율 평가 척도를 개발하고 또한 이들을 시스템 운영효율 평가에 적용하는 방법론을 개발하여 실제 운영효율 평가에 적용함으로써 이들의 향후 구축될 ITS 시스템 운영효율 평가에의 활용 가능성을 검토하였다.

2. 문헌 고찰

2.1 기존 평가방법

그림 1은 ITS 사업의 효과분석을 위한 과학적인 틀을 정립하여, 이를 체계적으로 데이터베이스화하는 과정을 나타낸 것으로 개별 시스템의 운영효과를 객관적으로 비교·분석하여 시스템의 유용성을 평가하기 위한 일련의 과정을 나타낸 것이다.

평가방법은 크게 설문조사, 현장조사, 경제성분석으로 나눌 수 있다. ITS 사업에서 구축된 시스템별로 운영효과 평가지

*정회원 · 교신저자 · 감사원 평가연구원 (E-mail : infohi2@hanmail.net)
**한국건설기술연구원 (E-mail : plus@kict.re.kr)

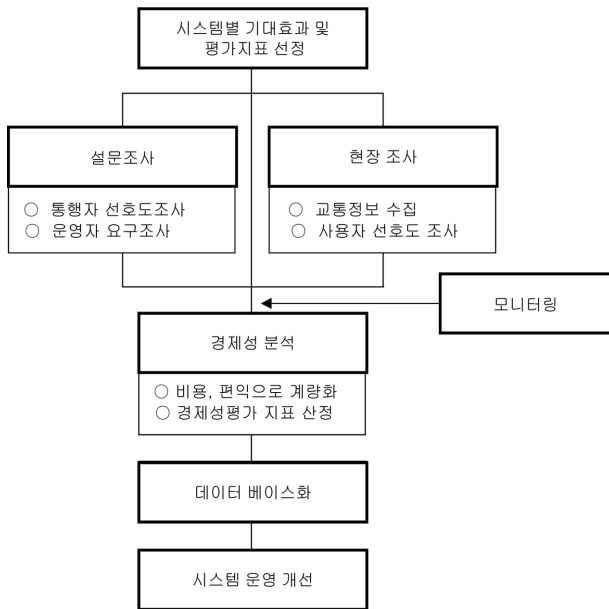


그림 1. ITS 사업의 효과분석 과정

표를 선정하여 이것들을 설문조사와 현장조사를 통하여 구체적으로 어떤 교통지표가 사업 전에 비하여 향상되었는지, 그리고 경제성분석을 시행하여 최종적으로 그 사업의 운영

효과를 화폐가치화 하여 비교하는 것이 현재 사용하는 일반적인 ITS 사업의 평가과정이다(김원규, 1998). 하지만, 기존 ITS 사업의 평가과정은 사용자 만족도 중심의 현장평가에 치우쳐있어 사업평가의 주요 목표의 하나인 시스템 운영개선 측면에서는 실효성이 그리 크지 않았다.

2.2 기존 평가척도

기존의 ITS 사업평가에서 사용되어진 평가척도는 교통량, 평균통행속도, 교차로지체도 등이다. 표 1은 ITS 사업을 수행한 A-시에서 설치한 시스템의 단기운영효과 평가를 시행할 때 사용한 평가척도이다. ITS 시스템을 도시부 간선도로 교통신호제어시스템, 도시부 간선도로 교통정보제공시스템, 도시부 간선도로 돌발상황관리시스템, 속도위반단속시스템, 교통정보시스템(주행안내시스템), 시내버스 정보/운영관리시스템, 버스전용차로 위반단속시스템, 주차안내시스템 등으로 분류하고 있다(문병섭 등, 2003).

각 시스템의 정량적인 운영효과 평가척도로는 교통량, 지체도, 지체시간, 사고건수, 사망자수, 버스이용자수, 주차장이용 회전률 등이 있으며, 정성적인 운영효과 평가척도로는 각 시스템에 대한 사용자 만족도가 있다. 또한 이들 운영효과를 평가하기 위하여 설문조사와 현장조사를 적절히 사용하였다. 하지만, 표출되는 정보가 신뢰성을 갖기 위해서는 운영효과

표 1. ITS 사업의 시스템별 운영효과 평가척도와 조사방법

시스템	평가척도		조사 방법 및 항목
도시부 간선도로 교통신호제어 시스템	정 량	- 교통량 - 교차로 지체도 - 링크별 평균통행속도 및 통행시간	현장조사 - 교차로 접근로별 교통량 - 교차로 지체도 - 링크별 통행시간 - 링크통행 지체도
	정 성	- 신호시스템에 대한 만족도	설문조사
도시부 간선도로 교통정보제공 시스템	정 량	- 링크별 평균통행속도 및 통행시간 - 링크통행 지체시간	현장조사 - 링크별 통행시간 - 링크통행 지체도
	정 성	- VMS에 대한 만족도	설문조사
도시부 간선도로 돌발상황관리 시스템	정 성	- 돌발상황시 유관기관의 대응에 대한 만족도	설문조사
속도위반단속 시스템	정 량	- 사고건수 - 사망자수(사고건수 대비)	문헌조사 - 사고건수 - 사망자수
교통정보시스템 (주행안내시스템)	정 량	- 링크별 평균통행속도 및 통행시간 - 링크통행 지체시간	현장조사 - 링크별 통행시간 - 링크통행 지체도
	정 성	- 만족도	설문조사
시내버스정보/ 운영관리 시스템	정 량	- 정시성 - 버스이용자수 - 버스교통량	현장조사 - 승하차인원조사 - 주요 정류장 버스통과교통량
	정 성	- 정보의 신뢰도 및 만족도 - 교통수단별 이용도	설문조사
버스전용차로 위반단속 시스템	정 량	- 구간평균불법주차대수 - 전용차로구간 평균통행시간	현장조사 - 구간평균불법주차대수 - 구간통행시간
	정 성	- 만족도	설문조사
주차안내시스템	정 량	- 주차장 이용효율 - 주차장이용 회전율	- 주차시설의 규모 - 주차이용대수, 이용시간
	정 성	- 만족도	설문조사

평가 이전에 구축된 시스템의 개별 장비와 알고리즘의 운영 상태를 검증하는 것이 필수조건임에도 불구하고, 현재 사용되는 ITS 평가에는 표출되는 정보의 원시데이터와 알고리즘의 평가에 대하여는 전혀 고려가 되어있지 않은 실정이다.

2.3 기존 평가방법 검토의 시사점

ITS 사업의 목표인 첨단 정보·통신·제어시스템의 교통에의 접목을 통한 효율적인 교통관리시스템 구축을 완성하기 위해서는 눈에 보이는 교통현장에서의 운영효과 평가척도뿐만 아니라 현장으로 전송되는 수집정보의 정확도, 수집정보를 처리하는 알고리즘의 정확도, 시스템의 기계적 오작동율 등의 ITS 시스템 운영효율 평가척도를 마련하여 분석할 필요가 있다.

이러한 분석을 통하여 현재 운영되는 시스템의 운영전략을 수정·보완하여 중장기적으로 운영효율을 개선할 수 있는 운영전략을 도출함으로써, 실시간으로 최적의 시스템을 운영할 수 있는 여건을 마련할 수 있다. 실제로 ITS 사업의 성공은 시스템의 효율적인 운영관리에 의해서 결정된다. 이를 구현하기 위해서는 운영관리를 위한 평가척도 항목을 선정하는 것이 시급하다.

3. 운영효율 평가방법론 및 평가척도 정립

운영효율 평가를 수행하는 목적은 구축된 ITS 시스템의 개별 장비와 알고리즘의 운영상태를 검증하여 운영상태가 기대치에 못 미치는 개별 기술 대안에 대한 운영개선 방안을 도출함으로써 시스템의 운영효율을 제고하는 것이다. 즉, 적절히 선정된 운영효율 평가항목에 대한 현장조사와 운영자 설문조사를 수행하여 하위시스템의 개별 장비와 알고리즘의 운영 상태를 파악함으로써 시스템 운영이 정상적으로 이루어지고 있는지를 판단하고, 만약 시스템 운영이 정상적으로 이루어지지 않고 있다는 판단이 설 경우에는 그 원인을 분석하여 수정·보완함으로써 시스템의 운영효율을 제고하기 위한 것이다.

표 2는 ITS 사업에서 구축된 시스템의 운영효율 평가척도와 조사방법을 나타낸 것이다. 운영효율 평가 항목을 수집기기, 가공기기, 제공기기로 분류하여 각 항목별로 평가척도를 선정하였다. 즉, 수집기기의 경우는 교통정보를 표출하기 위한 원시데이터 정보로서의 검지 수집률(수집정보의 신뢰성)과 검지기에서 정보를 수집하는 기계적 가동률(장애발생빈도)을 조사하여 평가척도로 선정하였다.

가공기기의 경우는 가공·분석 알고리즘을 중심으로 가공기기의 DB 테이블을 분석하여 작동성(workability)을 알아보며, 더불어 알고리즘을 통해 표출된 결과가 현실자료에 부합

(정보흐름도)하는지를 평가척도로 선정하였다. 마지막으로 제공기기의 경우는 제공되는 정보가 실제 도로교통상황을 잘 묘사하는지 즉, 제공하는 정보가 실측값과 얼마나 차이가 있는지(제공정보의 정확성)를 평가척도로 선정하였으며 또한, 정보제공기기의 작동에 오류가 없는지와 사용자(운전자)에게 제공되는 정보가 정확히 이해되고 있는지(제공정보의 적합성)를 평가척도로 선정하였다(이용택 등, 2003).

4. 첨단교통모델도시건설사업 구축 시스템의 운영효율 평가 결과

본 장에서는 앞에서 제시한 ITS 사업에서 구축된 시스템들의 운영효율 평가 항목별로 해당 시스템 운영주체의 도움을 받아 분석하였다. 본 연구의 목적이 시스템 운영효율 평가의 척도 및 방법론 정립, 그리고 이에 따른 활용결과를 분석하는데 있으므로 평가대상이 된 시스템의 운영주체가 누구인지는 본 연구가 추구하는 목적을 달성하는데 중요한 요소가 아니며 오히려 운영주체가 누구인지를 밝히지 않는 것이 평가에 있어서 해당 운영주체의 도움을 받는데 유리한 것으로 판단되어 평가대상이 된 운영주체가 누구인지 구체적으로 밝히지 않고 앞에서 제시한 운영효율 평가의 항목 중에서 평가목적에 가장 잘 부합하는 운영주체별로 운영효율을 분석하였다.

4.1 수집기기

주로 차량검지기(매설/비매설 검지기)의 운영효율 평가가 주 내용이다. 본 연구에서 이미 제시하였듯이 수집기기의 평가척도는 수집정보의 신뢰성과 장애발생빈도이다.

4.1.1 수집정보의 신뢰성

수집정보의 신뢰성 평가는 여러 가지 방법이 있겠지만, 본 연구에서는 검지기의 검지 수집률을 조사하여 분석하였다. 검지 수집률은 기준 검지량과 실제 검지량을 비교한 것으로 기준 5분 단위 수집자료의 일단위 검지량(1일 총검지량 = 12회/시간×24시간/일 = 288회/일)으로 보았을 경우, 검지기를 통해 얻어지는 실제 검지량의 총수를 비교한 값이다.

표 3은 A-시의 a와 b 두 개의 교차로에서 검지 수집률 조사를 실시한 결과를 나타낸 표이다(건설교통부, 2004). a-교차로의 경우, 모두 97.0% 이상의 수집률을 나타내어 가공할 수 있는 정보가 충분히 수집됨을 확인할 수 있다. 하지만 b-교차로의 경우는 수집률이 86.8%까지 떨어짐을 확인할 수 있다. 위의 경우는 5분 단위로 정보가 실시간으로 바뀌는 경우지만, 1분 단위로 실시간 정보가 갱신된다고 가정할 경우, 검지기에서는 새로운 정보를 제공하기 위한 정보가 전

표 2. ITS 시스템의 운영효율 평가척도와 조사방법

항목	평가척도	검토항목	조사방법
수집기기	수집정보의 신뢰성 장애발생빈도	검지기의 검지수집률 기계적 가동률	운영자 설문조사 현장조사
가공기기	정보흐름도	DB 테이블 및 수집건수 전산시스템 S/W와 H/W 오작동률	운영자 설문조사 현장조사
제공기기	제공정보의 정확성과 적합성	제공 교통정보의 정확성(검지 값과 실측치의 오차) 사용자(운전자)의 제공정보 이해도	운영자·사용자 설문조사 현장조사

표 3. 검지기의 검지 수집률 분석

교차로 명	검지기ID	기준 검지량	실제 검지량	수집률(%)
a-교차로	LA000870	288	280	97.2
	LA000880	288	282	97.9
	LA000890	288	283	98.3
	LA000900	288	283	98.3
	LA000910	288	281	97.6
	LA000920	288	281	97.6
	LA000930	288	284	98.6
	LA000940	288	284	98.6
b-교차로	LA001780	288	250	86.8
	LA001790	288	251	87.2
	LA001800	288	261	90.6
	LA001810	288	265	92.0

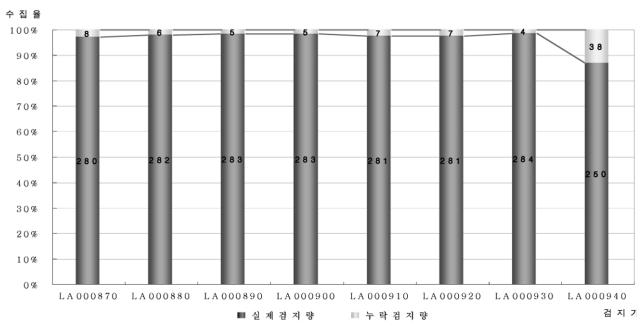


그림 2. a-교차로 검지기 수집률

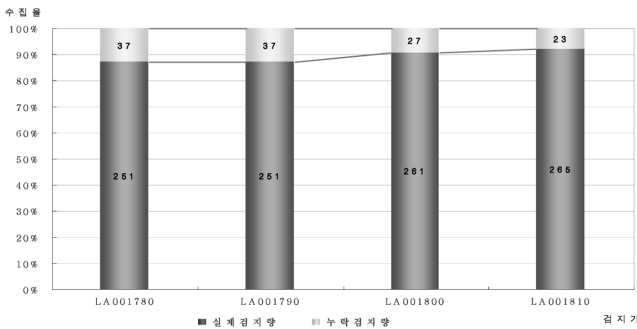


그림 3. b-교차로 검지기 수집률

히 제공되지 않는 경우도 발생할 수 있으며 이것은 가공기 기에서 가공할 정보가 없어서 사실과 다른 정보를 사용자가 갖게 되는 결과를 초래할 수 있다. 그림 2와 3은 표 3을 그림으로 나타낸 것이다.

4.1.2 장애발생빈도

수집 검지기의 장애발생빈도는 장애발생빈도수뿐만 아니라 1차적으로 시스템의 월별 가동률을 조사하여 연간 시스템이 얼마나 안정적으로 작동하는지를 조사하여야 할 것이다. 표 4는 B-시가 관리하는 조사구간의 차량검지기의 연간 가동률을 나타낸 표이다. 연간 항상 꾸준한 가동률을 보이지만 8월과 9월에는 다른 달에 비하여 가동률이 크게 떨어짐을 볼 수 있다. 조사된 가동률이 시스템이 얼마나 안정적으로 가동되는지를 보여주는 지표라면 표 5는 무엇이 시스템의 가동률을 가장 하락시키는 원인인지를 나타내는 표이다. 본 연구에서 조사된 시스템 설치구간의 경우 시스템 홀딩과 전용회선이 가장 큰 장애원인임을 확인할 수 있다. 수집기기는 수집률과 기계적 가동율에서 나타나는 장애발생빈도를 이용하여 그 수집기기가 어떻게 운영되고 있는지를 판단할 수 있

표 4. 검지기 가동률 분석

구분	시범구축 구간(%)	1차구축 구간(%)	2차구축 구간(%)	3차구축 구간(%)	월가동률 (%)
1월	98.3	97.2	93.5	91.5	95.1
2월	98.3	97.3	95.6	93.6	96.2
3월	97.5	97.7	94.1	94.6	96.0
4월	95.4	96.3	94.2	97.2	95.8
5월	93.8	95.9	95.0	96.4	95.3
6월	97.7	95.9	96.1	97.7	96.9
7월	94.9	94.9	93.7	96.7	95.1
8월	90.1	97.1	92.4	93.8	93.3
9월	92.1	95.3	93.4	94.2	93.8
10월	98.0	97.7	94.1	95.3	96.3
11월	98.0	95.8	92.3	93.6	94.9
12월	98.4	86.2	92.1	91.3	92.0
연 가동률	96.1	95.6	93.9	94.6	95.0

표 5. 검지기 검지 장애원인

구분	시범구축구간	1차구축구간	2차구축구간	3차구축구간	총구축구간	구분(%)
시스템 홀딩	110	99	151	108	468	36.0
전용회선	24	17	38	19	98	8.0
영상보드	32	13	32	4	81	7.0
프로그램 오류	5	28	21	21	75	6.0
전원차단기	7	28	25	26	86	7.0
센터와 통신오류	0	6	21	53	80	6.0
DSU	24	18	19	9	70	6.0
전원부	8	13	31	15	67	5.0
카메라	16	25	7	5	53	4.0
CPU 보드	11	6	4	6	27	2.0
기타	51	18	53	28	150	13.0
총합	288	271	402	294	1,255	100.0

표 6. 교통정보센터의 GIS 테이블

테이블 명	설계 DB	한글명	수집건수	설명
artr		도로정보	2,436	도로의 정보내용을 정의
ints	INTS	교차로 속성	282	교차로의 속성정보를 저장
largesection	LargeSection	대구간	7	대 구간 정보를 저장
link	LINK	linkshp 속성	1,239	링크 속성정보를 저장
node	NODE	노드속성	990	노드 속성정보를 저장
poi_code	POI_CODE	업종분류	79	업종 분류 데이터
tfms_section	TFMS_Section	정보제공구간	65	정보제공구간 관련 정의
cctv_adt		cctv 속성	35	cctv_adt
cctv_sot		CCTV_sot	35	CCTV의 Blob 정보를 저장
geosimage_map	GeosImage_map	지오스이미지 맵	240	지오스이미지 맵을 구성
vms_sot	vms_sot	vms_sot	19	vms Blob 정보를 저장
vms_adt	vms_adt	vms 속성	19	vms 속성정보를 저장

으며 운영주체는 본 연구에서 제시한 평가척도를 데이터베이스화하여 효율적인 수집기기의 운영방안을 마련할 수 있다.

4.2 가공기기

본 연구에서는 가공기기의 운영효율 평가척도로 정보흐름도를 제시하였으며, 이것을 검토하는 항목으로 가공기기의 주 시스템인 정보센터의 정보흐름도를 구성하는 DB 테이블의 수집건수를 선정하였다.

표 6은 C-시의 교통정보센터를 구성하는 여러 가지 서브 시스템 중에서 GIS 테이블을 예로 들었다(건설교통부, 2004). GIS 테이블은 C-시의 도로관련 정보를 정의하는 테이블로 교차로 282개소의 속성정보를 저장하고 있으며, 정의된 노드-링크체계에 대한 개별 노드와 링크의 속성정보를 저장하고 있다. 수집건수를 통하여 센터의 가공기기가 정보를 얼마나 가공하여 정보를 제공하는지를 확인할 수 있으며 또한 도로와 교차로 등의 교통시설물 확장에 얼마나 유연하게 교통정보센터가 적절히 대처하는지를 확인할 수 있다. 표에는 나타나있지 않지만, 추가적으로 테이블의 설계용량과 수집용량의 비교를 통해서도 향후 가공기기의 투자물량 및 중요도를 가늠할 수 있다.

4.3 제공기기

마지막으로 제공기기의 운영효율 평가척도는 제공정보의 정확성과 적합성이다. 본 연구에서는 A-시의 검지기에서 제공되는 교통량 값과 실측값, C-시에서 VMS를 통해 최종적으로 표출되는 속도 정보와 실측값을 서로 비교하여 제공 교통정보의 정확성을 평가하였다.

4.3.1 검지기의 교통량 값

그림 4와 5는 검지기에서 수집된 교통량과 같은 시간에 실제 현장에서 조사된 교통량을 비교한 그림들이다. 검지기 교통량 자료와 조사 자료의 percentage error는 최소 0.1%에서 최대 11.5%로 나타나 비교적 높은 정확도를 유지하고 있는 것으로 분석되었다. a-교차로의 경우 percentage error가 매우 미미한 것으로 나타났으나 오후 침두시 교통량 증가와 함께 오차 폭이 커지는 것으로 나타났다. b-교차로의

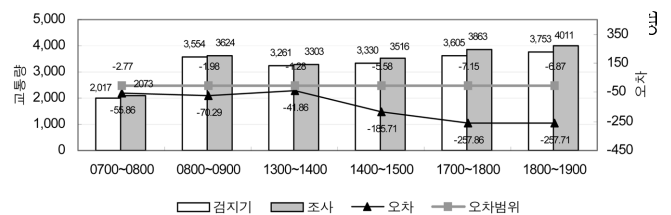


그림 4. a-교차로 검지 교통량과 실측 교통량 비교

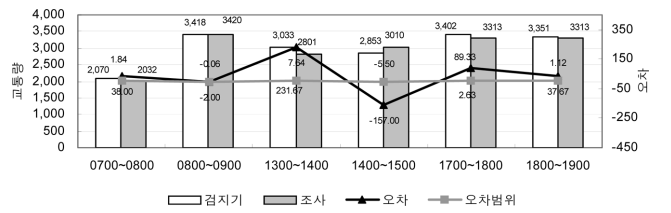


그림 5. b-교차로 검지 교통량과 실측 교통량 비교

우 일정한 오차를 나타내고 있으며, 오후 비침두시간대에 오차 폭이 증가하는 것으로 분석되었다.

4.3.2 VMS 표출 통행속도

제공 교통정보의 정확도를 측정하기 위하여 C-시에서 VMS를 통해 운전자에게 제공하는 통행속도 정보가 표출된 것과 같은 시간에 조사된 실측 통행속도 자료를 비교하였다.

표 7. VMS 표출 통행속도와 실측 운행속도의 비교

조사시간	VMS 표출속도	실측속도	오차(%)
오전침두	40.0	25.0	37.5
	26.0	22.1	15.0
오후비침두	38.0	38.3	0.8
	20.0	32.6	63.0
	21.0	20.3	3.3
	31.0	39.4	27.1
오후침두	17.0	15.0	11.8
	12.0	12.2	1.7
	29.0	20.5	29.3
	37.0	22.4	39.5

비교한 결과는 표 7과 같으며 VMS에서 표출된 통행속도와 실측된 통행속도 간에는 약 17%의 오차가 있는 것으로 조사되었다.

5. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 ITS 사업의 평가 시 기준에 사용되었던 평가방법에서 주로 사용되는 평가척도인 운영효과 외에 추가적으로 사업평가 시 고려해야 할 평가척도인 운영효율 평가척도를 고안하여 이 평가척도들을 ITS 사업 시 실제 구축된 시스템들에 적용하여 그 평가결과를 제시하였다. 본 연구에서 제시한 시스템 운영효율 평가 시 검토해야 할 항목은 첫째, 수집기기의 수집률과 가동율, 둘째, 가공기기의 DB 테이블 분석 및 수집건수, 셋째, 제공기기의 표출정보의 정확성 등 크게 3가지로 나누어진다.

현재 우리나라에서 ITS 사업의 평가는 교통현장조사 중심의 운영효과와 설문조사 중심의 사용자 만족도를 위주로 이루어지고 있다. 하지만, 실제적인 ITS 사업의 성공은 준공된 이후에 이루어지는 지속적인 시스템 운영관리와 모니터링에 의해서 결정된다는 것을 인식하여야 할 것이다. 물론, 교통은 시민이 직접 사용하고 피부로 느끼는 것이므로 현장 운영효과의 결과도 중요하지만, 정보제공을 위한 시스템이 어떻게 정보를 표출하고 어떻게 운영되고 있는지, 그리고 그 정보가 어떻게 생성되는지에 대한 모니터링과 함께 지속적인 시스템 유지·관리·개선을 통하여 시스템을 향상시키는

것 또한 중요한 것임을 인식해야 할 것이다.

마지막으로 향후에는 본 연구에서 제시한 평가척도의 기준값에 대한 연구도 같이 진행되어 시스템이 기준값 이상의 성능을 갖추도록 설계하고 운영될 수 있는 체계적인 방안이 마련되도록 해야 할 것이다. 아울러 시스템의 성능을 향상시킬 수 있도록 전문운영요원들의 교육·훈련이 체계적으로 이루어질 수 있는 방안에 대한 연구도 병행되어야 할 것이다.

본 논문은 “2004년도 대한토목학회 정기학술대회”에 발표되었던 논문을 “대한토목학회논문집”이 요구하는 기준에 맞도록 내용과 형식에 대하여 대폭적인 수정·보완을 하여 작성한 것입니다.

참고문헌

- 건설교통부(2004) 첨단교통모델도시건설사업 효과분석.
- 김원규(1998) ITS 사업의 평가체계 정립 및 도입효과 사후분석, 교통개발연구원.
- 문병섭, 김주환, 최대순, 강원의(2003) 제주도 첨단교통모델도시건설사업 단기효과 평가에 관한 연구, 2003 대한토목학회 정기학술대회 논문집.
- 서울지방국토관리청(2004) 2003년도 수도권 국토교통관리시스템 운영관리 업무대행 사업 최종보고서.
- 이용택, 남두희, 문병섭(2003) ITS 사업의 평가방법론 정립 및 활용: 미국, 유럽, 한국의 평가방법론 사례분석을 중심으로, 2003 대한토목학회 정기학술대회 논문집.

(접수일: 2006.1.9/심사일: 2006.1.24/심사완료일: 2006.1.24)