

■ 論 文 ■

通行配定技法 適用性 評價方法의 開發 및 適用  
 손해 배정결법 적용성 평가방법 개발 연구  
 Development and Application of Adaptability Assessment Methods  
 for Traffic Assignment Techniques

최 재 훈  
 (충북대학교 대학원 석사과정)

박 병 호  
 (충북대학교 도시공학과 교수)

목 차

- |                |                    |
|----------------|--------------------|
| I. 서론          | 2. 추리통계법           |
| 1. 연구의 배경 및 목적 | 3. 기준검증            |
| 2. 연구의 범위 및 방법 | 4. 종합평가법           |
| II. 기존이론의 고찰   | IV. 평가방법의 적용 및 분석  |
| 1. 국내연구        | 1. 분석방향 및 전제조건외 검토 |
| 2. 국외연구        | 2. 평가방법의 적용        |
| 3. 종합분석        | 3. 종합분석            |
| III. 평가방법의 개발  | V. 결론 및 제언         |
| 1. 기술통계법       | 참고문헌               |

요 약

이 연구는 두가지의 목적을 갖는다. 첫 번째는 통행배정결과를 평가하는데 혼동되어 이용되고 있는 방법들을 체계화하여 통합된 절차를 개발하는 것이고, 두 번째는 충북도내 3개 도시(청주, 충주 및 제천시)의 배정결과에 이를 적용시켜 해당 도시별로 신뢰도가 높은 통행배정법을 제안하는 것이다. 분석된 주요 연구결과는 다음과 같다. 첫째, 관련문헌들을 검토하여 평가방법들을 통계학적 관점에서 크게 기술통계법과 추리통계법으로 체계화시키고, 이러한 평가방법들의 결과를 순위자료화하여 종합적인 판단을 내릴 수 있는 방법을 정립함으로써 통합된 일련의 평가절차를 개발하였다. 둘째, 개발된 절차를 이용한 사례연구 결과, 청주시와 충주시에 대해서는 확률배정법, 제천시에 대해서는 분할배정법의 적용성이 우수한 것으로 나타났다. 본 연구를 통해 개발된 평가절차는 해당도시에 적합한 통행배정기법을 선정하는데 이용될 수 있을 뿐만 아니라, 향후 개발되는 통행배정 알고리즘들의 효과를 기존 배정기법들과 비교하여 설명할 수 있는 분석의 틀을 제공할 수 있다.

## I. 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

도시화의 진전과 생활수준의 향상으로 교통에 대한 수요는 크게 증가해 왔다. 이러한 수요 증가는 도시지역에 대기오염이나 교통사고율의 증가, 혼잡에 따른 교통체계의 비효율화와 같은 심각한 문제들을 초래하고 있다. 교통계획은 이러한 문제들을 완화시키기 위한 목적으로 시작되었으며, 통행배정과정은 교통계획을 수립하는데 있어 핵심이 되는 분석과정 중의 하나이다.

통행배정과정을 통해 추정된 결과는 교통계획의 주요 의사결정 사항인 교통망에 대한 계획 및 개선대안의 개발과 평가, 기존 교통체계의 결함 평가, 교통시설계획의 투자 우선순위 결정 등의 중요한 근거자료가 되고 있다. 그러므로 보다 현실적인 통행배정 결과를 산출하기 위해 발견적인 접근법(heuristic approach) 및 수리적 접근법(mathematical approach)을 비롯한 다양한 통행배정기법들이 연구되어 왔다.

그러나 이러한 배정기법들의 현실성을 평가하기 위한 방법은 체계화되어 있지 않아, 배정결과의 평가에 있어 혼란이 있어 왔다. 그러므로 이러한 평가방법들의 체계적인 정립이 요구된다.

따라서 본 연구는 통행배정결과의 평가에서 혼동되어 이용되고 있는 평가방법들을 체계적으로 정립하는데 주된 목적을 둔다. 이와 아울러 충북도내 3개 도시(청주, 충주 및 제천시)의 배정결과에 앞서 정립된 평가절차를 적용시켜 해당도시별로 신뢰도가 높은 통행배정법을 제안한다.

### 2. 연구의 내용 및 방법

본 연구에서는 국내의 기존이론에 대한 고찰을 통해 다양한 평가기법들을 살펴보고, 통행배정의 정확

도를 설명할 수 있는 기법들을 검토한다. 그리고 사례연구를 위한 분석의 틀을 정립하기 위하여 통계학과 교통계획의 개념을 이용하며, 하나의 평가절차(evaluation process)가 구축되도록 다양한 평가기법들을 체계화한다.

사례연구에서는 교통계획 프로그램인 TRANPLAN 내의 다섯 가지 통행배정기법을 충북도내 3개 도시(청주, 충주, 제천)의 실제 도로망 및 기준점자료에 적용한 결과를 산출하고, 이러한 자료를 실측자료와 비교하기 위하여 본 연구에서 설정한 평가방법에 이용하여 신뢰도가 높은 통행배정기법을 선정한다.

TRANPLAN내 이용가능한 통행배정기법은 전량배정법(AON:all-or-nothing assignment), 반복용량제약법(ITE:iterative capacity restraint assignment), 분할배정법(INC:incremental assignment), 확률배정법(STO:stochastic assignment) 및 균형배정법(EQU:equilibrium assignment) 다섯 가지이다. 본 연구에서는 반복회수, 전환률, 분할률 등을 제외한 매개변수(parameter)들을 모두 기본값(default)으로 설정하고,<sup>1)</sup> 각 존간의 최단경로 설정에 기반이 될 저항계수(impedance)는 TIME 1로 하며, 세 도시의 매개변수 값들을 일치시킨다. 아울러 본 연구에서 설정한 평가방법들은 FORTRAN 언어로 프로그래밍하여 각 도시들의 배정결과를 적용한다.

## II. 기존이론의 고찰

통행배정기법 간의 비교 연구는 간헐적으로 이루어지고 있지만, 대부분은 가로망과 기·중점자료를 이용하여 대상지역에 가장 적합한 통행배정기법을 제시하거나, 새로이 제안되는 통행배정기법의 효율성을 측정하는 연구들이다. 이 절에서는 평가방법들에 대한 국내의 연구내용들을 고찰하고, 이를 통해 연구의 방향을 정립한다.

1) TRANPLAN은 현재 국내의 교통학계에서 가장 많이 사용하고 있는 프로그램이지만, 통행배정기법 중 일부 기법에 문제가 있다는 이용자들의 지적이 있다. 따라서 본 연구에서는 평가절차를 사례연구에 적용하기 전에 TRANPLAN을 국내외에서 범용으로 가장 많이 사용하고 있는 교통계획 프로그램인 EMME II, TransCad 및 MinUTP와 비교 검토한다. 본문 제4장 제1절 분석방향의 "2) TRANPLAN 배정기법의 유효성 판단" 참조.

### 1. 국내연구

국내에서 이루어진 연구들의 내용을 살펴보면 다음과 같다. 우선 최동호(1986)는 용량계약 All-or-Nothing 배정모형과 Dial의 분할배정모형을 평가 분석한 후, 서울시 가로망에 맞도록 용량저항 함수식인 BPR식과 Dial모형의 전환매개상수( $\theta$ )를 정산하고, 이를 적용하였을 때의 성과를 비교 분석하였다. 최의 연구에서는 세 가지 통계적 기법을 이용하여 배정결과를 비교하였다. 첫 번째는 실측치에 대한 모형 추정치의 비율을 비교하였고, 두 번째는 백분율 평균제곱근오차(PRMSE)를 교통량 집단별과 링크의 종류별로, 세 번째는 상관분석에 의해 비교 분석하였다.

김익태(1989)는 서울시의 가로망을 대상으로 분할전량(Incremental all-or-nothing) 배정법과 Frank-Wolfe 알고리즘을 이용한 사용자평형(user equilibrium) 배정법을 적용하여, 각 모형의 사용자 균형상태로의 접근정도 및 추정교통량의 실제교통량에 대한 적합도를 비교하였다. 또한 각 모형의 적용효율을 제고시키는 방안으로 부분부하(quantal loading) 방식을 각 모형에 결합하여 분석하였다. 추정교통량의 실측통행량에 대한 적합도 측면에서는 배정교통량의 실측교통량에 대한 비율( $V_A/V_0$ ), 평균제곱근오차(RMSE) 및 교통량 크기에 따른 링크 집단별 비교방법이 이용되었는데, 세 방법 모두 균형배정법이 우수한 것으로 제시되었다.

고주연(1991)은 고속국도 전 노선 및 일반국도와 주요 지방도를 대상으로 TRANPLAN내의 네 가지 통행배정기법(전량배정법, 용량계약법, 확률배정법 및 등시간 원칙에 의한 통행배정법)을 적용하여, 실측교통량과 배정교통량을 비교하였다. 이 연구에서는  $K^2$ 값을 비교하는 방법, 도로를 법정도로로 구분하여 비교하는 방법, 실측교통량을 규모별로 구분하여 비교하는 방법을 이용하였다.

모무기(1992)는 서울시의 기·종점자료와 도로망자료를 이용하여 가로 교통량을 추정하고, 이를 실제 조사된 가로교통량과 비교하여 예측력이 우수한 모형을 결정하였다. 비교를 위해 사용된 모형은 반복과정법, 분할배정법, 확률배정법 및 균형배정법이다. 모의 연구에서는 평균제곱근오차를 통행배정모형의 예측

력을 비교하기 위하여 이용하였다.

### 2. 국외연구

미국 FHWA(Federal Highway Administration)의 「Traffic Assignment」(1973)에서는 통행배정결과들을 평가하는 다양한 방법들을 제시하고 있다. 이 책에서는 스크린라인(screenline)이나 컷라인(cutline)과 같은 일부집계를 통한 배정교통량과 실측교통량을 비교하는 방법, 실측교통량의 총통행거리(VMT: vehicle miles of travel)와 통행배정결과의 총통행거리(VMT) 비교하는 방법, 배정된 교통량과 실측된 교통량 사이의 총가중오차를 이용하는 방법, 실측교통량과 배정교통량을 비교하여 계산된 RMSE를 이용하는 방법, 그리고 실측된 링크교통량과 배정된 링크교통량 사이의 퍼센트 차이를 도식화하여 비교하는 방법 등을 제안하고 있다.

Florian M., Nguyen S.(1976)는 Winnipeg지역에 대해 Nguyen 균형배정법의 반복회수를 15~18회로 변화시키면서 연구를 수행하였으며, PRMSE를 평가지표로 이용하였다. 또한 加藤,宮城,平岡(1979)은 분할배정법과 Frank-Wolfe 알고리즘을 이용한 균형배정법에 대해 각각 세 가지 링크비용함수를 적용하여 신뢰도가 높은 방법을 결정하였다. 이 연구에서는 Theil의 불일치계수를 이용하였다.

Stover, Buechler and Benson(1985)의 연구에서는 통행행렬의 부정확도를 측정하는데 있어, PRMSE가 가장 정확한 방법이고, VMT가 가장 부정확한 방법이라는 것을 제시하였다. 또한 James(1987)는 배정정확성의 평가에 적용가능한 다양한 모수적, 비모수적 통계검증법들을 제안하였다. 이 연구에서는 그는 평균비율(mean ratio), 우도비(likelihood ratio), 정보이득(information gain)을 비롯한 다양한 통계적 검증법들의 장점, 단점 및 한계성을 비교 분석하였다. 또한 그는 이러한 검증의 조합이 각 배정기법의 성과를 평가하는 가장 적절한 수단이라고 주장하고 있다.

桑原雅夫(1988)는 지금까지 제안되어 온 교통량 배정기법 중 실무적으로 사용빈도가 높은 분할배정법, Frank-Wolfe 알고리즘에 근거하는 균형배정법, 그리고 로짓유형의 경로선택을 가정한 확률적 균형배정법

을 일본의 수도권네트워크에 적용하여, 각 배정원리의 타당성과 각 배정기법의 성질을 분석하였다. 1일 OD교통량을 배정했을 경우, 확률적 균형배정법의 링크교통량의 적합도는 Frank-Wolfe 알고리즘을 이용한 균형배정법이 분할배정정보보다도 좋은 결과를 얻었다. 확률적 균형배정법은 비교적 간단한 조작으로 계산하여 해를 얻는 것이 가능하지만, 해의 수렴이 다소 늦는 것을 후후의 과제로 제시하고 있다. 그의 연구에서는 백분률 평균제곱근오차(PRMSE)와 상관계수(CC) 그리고 Theil의 불일치계수를 적용하였다.

Chung, C. S.(1990)는 배정결과의 비교를 위한 평가기준을 거시분석과 미시분석 방법으로 나누어 적용하였다. 거시분석으로는 통행거리(VMT)측정, 스크린라인(SL)측정, 컷라인(CL)측정, 통행경로(TR)측정, 회전교통측정을 이용하였으며, 미시분석으로는 오차분포측정, 오차한계측정 그리고 몇몇 통계측정과 통계검증을 이용하였다.

溝上章 志,松井 寛(1990)의 연구에서는 배정교통량과 실측교통량 각각의 평균과 분산치, 상관계수(CC), 단순회귀분석의 편회귀계수와 F치, 잔차제곱합(SSE), RMSE, SSE/RMSE 및  $RMSE^2$ 를 이용하여 구할 수 있는  $AE^2$ ,  $DSD^2$ ,  $CV^2$ 의 구성비율을 활용하였다.

### 3. 종합분석

지금까지 살펴본 선행 연구들에서 이용한 평가방법들을 통계학의 개념을 이용하여 정리하면 <표 1>과 같다. 이같은 평가방법들은 보다 정확하고 바람직한 통행배정결과를 산출하는 효율적인 알고리즘의 효용성을 증명하기 위해 주로 이용되어 왔다. 그러나 표에서 나타나듯이 선행연구에서는 일부 평가기법만을 사용하고 있어, 평가방법에 따라 최적기법이 다르게 선정될 수 있는 가능성을 안고 있다.

미국의 FHWA나 James(1987), Chung(1990)의 연구에서는 이러한 평가방법들을 이론적으로 정립하여 결과를 해석하는 방법을 제시하고 있지만, 전반적으로 평가방법의 정립과정이 체계적이라 하기 어렵다. 또한 제시된 평가방법들의 결과를 종합적으로 해석하는 것이 그 어느 것보다 중요하지만, Chung의 연구를 제외한 어떤 연구에서도 그 해결방안을 제시하지 않고 있다. 더욱이 Chung의 연구도 단순합계를 이용한 평가방법이므로 체계적이고 합리적인 방법의 개발이 필요하다고 판단된다.

따라서 본 연구는 통행배정결과에 대한 평가방법들을 통계학의 개념을 활용하여 최대한 체계화하고,

<표 1> 선행연구의 평가기법 분석

연구자	평가기법				종합분석	비고
	거시분석	기술통계법 미시분석	모수적 검증	추리통계법 비모수적 검증		
최동호(1986)	.	$V_A/V_0$ , PRMSE, CC	.	.	.	
김익태(1989)	교통량 크기별 구분	$V_A/V_0$ , RMSE, PRMSE	.	.	.	
고주연(1991)	도로의 법정구분, 교통량 크기별 구분	.	$\chi^2$ 값	.	.	
모무기(1992)	.	RMSE	.	.	.	
FWHA(1973)	SL, CL, VMT	PSD, RMSE, 오차분포	.	.	.	
Florian M. 외 (1976)	.	PRMSE	.	.	.	
加藤·宮城·平岡 (1979)	.	TIC	.	.	.	
Stover 외(1985)	VMT	PRMSE	.	.	.	
James(1987)	.	MR, MAR, MD, MAD, CC, MAE, SD, RMSE, SADI, SAD, TIC	우도비, 정보이득	.	.	머치랜드 델타, 벤 빌렛 델타, 오차함, 시그마기법
糸原雅夫(1988)	.	PRMSE, CC, TIC	.	.	.	
Chung(1990)	VMT, SL, CL, TR	오차분포, 오차한계, MD, SD, PSD, RMS, PRMS	t 검증, F 검증	크루스칼 왈리스 검증, 윌콕슨 부호등위 검증	단순 합계	
溝上章 志· 松井 寛 (1990)	.	SD, CC, 회귀계수, SSE, RMSE, SSE/RMSE, $RMSE^2$	.	.	.	

이러한 평가방법들의 결과를 종합적으로 분석하여 오류의 가능성을 줄일 수 있는 방법을 제시하는 데에 그 의의가 있다. 아울러 이러한 종합적 평가방법을 충북도내 3개 도시에 적용하여 사례연구를 수행함으로써 평가절차의 적용상의 문제점을 파악한다.

### III. 평가방법의 개발

본 연구에서는 통계학의 개념을 원용하여, 평가방법들을 크게 두 가지 범주로 분류한다. 하나는 기술통계법이며, 다른 하나는 추리통계법이다. 기술통계법은 분석대상 도로망의 특정 지역이나 전체를 대상으로 링크 교통량의 합계나 평균값에 대해 분석하는 거시분석과 각 링크 교통량에 대해 링크 단위로 비교·분석하는 미시분석으로 구성된다.

추리통계법은 분포의 가정여부에 따라 모수적 검증(parametric test)과 비모수적 검증(nonparametric test)으로 구분하여 평가방법들을 정리한다. 또한 기준검증(criteria test)은 모형 알고리즘 수렴의 추정과

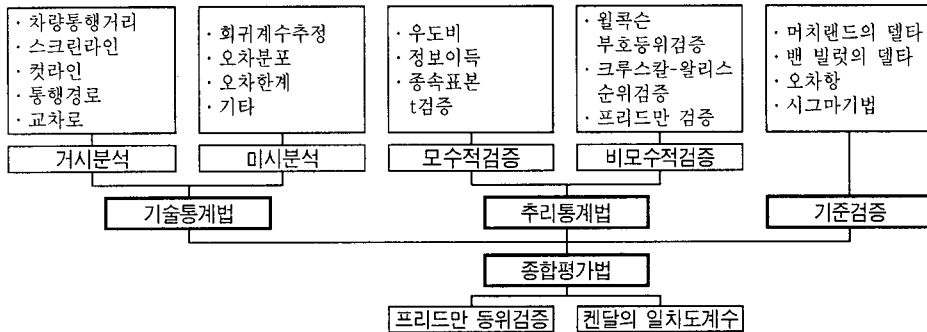
관련되는 것으로 경로정보를 필요로 한다.

종합분석을 통해 산출된 결과를 하나의 평가절차로 구성하면 <그림 1>과 같다. 먼저 기술통계법을 이용하여 관측자료의 속성을 파악한다. 기술통계법중 거시분석에서는 도로망을 대상으로, 미시분석에서는 링크단위의 개념으로 관측자료에 대한 속성을 파악한다.

추리통계법에서는 관측자료를 통해 전체 배정결과를 평가한다. 추리통계법중 모수적 검증은 표본수가 충분하고 배정교통량과 실측교통량의 분포를 가정할 수 있는 경우에 이용하며, 비모수적 검증은 표본수가 적거나 집단들의 표본수가 서로 다른 경우에 적용한다.

또한 기준검증은 배정결과들이 경로들을 열거하는 경우 이용가능한 방법들이다. 이 방법들은 실측교통량과 배정교통량을 비교하지 않으므로, 실측교통량이 갖는 오차를 피할 수 있는 장점이 있다.

이러한 측정방법들은 연구자에 따라 선택적으로 취해질 수 있으며, 그러한 다양한 평가방법들로부터 산출된 결과들은 종합평가방법을 이용하여 최종 결과를 도출하게 된다.



<그림 1> 평가방법의 정립

#### 1. 기술통계법

모집단의 속성을 기술하고 있는 것을 모수치라 하며, 이를 다루는 통계학을 기술통계학이라고 한다. 모수치들은 모집단 전체나 하위 모집단으로부터 얻을 수 있다. 기술통계학은 자료집합을 알아보기 쉽고 편리하며 활용하기 쉬운 형태의 것으로 체계화시킨다. 기술통계법중 거시분석으로는 차량통행거리(VKT),

스크린라인(SL), 컷라인(CL), 통행경로(TR) 및 교차로(CR) 측정이 있다.

스크린라인은 평가 대상지역 전체를 두 부분으로 나누는 가상선을 교차하는 링크에 대해, 컷라인은 네트워크 전체가 아닌 특정 지역에서 선정된 4~8개의 링크에 대해, 그리고 통행경로는 특정 경로상의 모든 링크들에 대해 배정교통량과 실측교통량을 비교하여 그 결과를 평가하는 방법이다.

또한 교차로측정은 컷라인의 개념을 보다 좁혀 적용시킨 것으로, 교차로에 연결된 링크들에 대해 배정된 교통량과 실측된 교통량을 비교하여 배정결과를 평가하는 방법이다. 여기에서 정확도는 실측된 교통량의 합에 대한 배정된 교통량의 합의 비율로 나타내며, 신뢰여부의 결정도 표준편차와 평균백분오차를 이용한다. 미시분석으로는 회귀계수추정, 오차분포, 오차한계, 기타 통계측정들이 포함된다.<sup>2)</sup>

기타 통계측정으로는 평균비율(MR), 평균절대오차(MAR), 평균차(MD), 평균절대차(MAD), 표준편차(SD), 샘플상관계수(CC), 평균절대오차(MAE), 평균제곱근오차(RMSE), 표준화 절대차 링크적합도지수(SADI), 표준화 절대차(SAD), Theil의 불평등 계수(TIC), 백분률 평균제곱근오차(PRMSE), 백분률 표준편차(PSD),  $RMSE^2(AE^2, DSD^2, CV^2$ 의 구성비율) 등과 같은 방법들이 있다.

이러한 방법중 평균차이(MD), 평균제곱근오차(RMSE), 표준편차(SD)에 대해서는 배정교통량과 실측교통량의 차이외에 링크의 용량을 감안하기 위해 이 차이를 실측교통량으로 나눈 비율을 적용해 각각 MDR, RMSER, SDR이라 하며, 적합도 여부는 MD, RMSE, SD와 같다.

2. 추리통계법

추리통계는 모집단을 대표하는 표본으로부터 얻어진 통계치 혹은 추정치로 모집단의 속성인 모수치를 추정하는 통계를 말한다. 추리통계법중 모수적 검증법에는 우도비(LR)와 정보이득(IG), 종속표본 t검증들이 있으며, 비모수적 검증법에는 윌콕슨(Wilcoxon) 부호동위검증과 크루스칼-왈리스(Kruskal-Wallis) 순위검증, 프리드만 검증(Friedman's test)들이 포함된다. 개별 평가방법들에 대한 내용은 <표 1>에서 제시한 연구들과 참고문헌에서 제시하는 통계학 서적들을 참조하길 바란다.

3. 기준검증

기준검증은 도로망상의 통행분포를 최적화하는 배정기법의 성능을 측정하는 것으로 모든 통행에 대한 저항계수에 근거하여 모형알고리즘의 수렴을 추정하는 것이다. 이것은 실측교통량과 배정교통량을 비교하지 않기 때문에 실측교통량을 측정하는데 기인하는 오차를 피할 수 있다는 장점이 가진다. 기준검증으로는 머치랜드의 델타(MD), 밴 빌렛의 델타(VD), 그리고 오차항(E2), 시그마기법(S)들이 있다. 이에 관련된 내용은 James(1987)의 연구를 참조하길 바란다.

4. 종합평가법

이 절에서는 앞서 설정한 평가방법들을 적용하여 얻게 되는 결과순위를 검증하여 종합분석을 수행하는 방법을 제시한다. 본 연구에서는 두가지 방법, 즉 프리드만 검증과 켄달(Kendall)의 일치도계수를 제안한다.

1) 프리드만 검증

여기서 이용되는 프리드만 검증의 기본적인 방법은 비모수적 검증과 같이 동일한 목적을 갖지만 상관에 있는 k개 집단의 평균차를 검증한다. 평가방법들의 결과순위를 다루기 위해 다음과 같은 가설을 설정한다.

- 귀무가설(H<sub>0</sub>) : 각 배정기법들의 결과순위는 평가방법별로 확률분포가 동일하다.
- 대립가설(H<sub>1</sub>) : 각 배정기법들의 결과순위는 평가방법별로 확률분포가 동일하지 않다.

종합분석을 위한 프리드만 검증의 자료형태는 다음 표와 같다.

<표 2> Friedman 순위검증의 자료형태

배정기법	평가 방법					수준별 순위합(R <sub>i</sub> )
1	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	...	X <sub>1b</sub>	R <sub>1</sub>
2	X <sub>21</sub>	X <sub>22</sub>	X <sub>23</sub>	...	X <sub>2b</sub>	R <sub>2</sub>
3	X <sub>31</sub>	X <sub>32</sub>	X <sub>33</sub>	...	X <sub>3b</sub>	R <sub>3</sub>
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
a	X <sub>a1</sub>	X <sub>a2</sub>	X <sub>a3</sub>	...	X <sub>ab</sub>	R <sub>a</sub>

2) 거시분석에 대한 보다 구체적인 것은 FHWA의 「Traffic Assignment」(1973)나 Chung(1990)의 연구를 참조하길 바라며, 미시분석에 대한 것은 <표 1>에서 제시한 연구들과 참고문헌에서 제시하는 통계학 서적들을 참조하길 바란다.

$R_i$ 는 순위를 매긴 후 각 배정기법별로 순위합을 구한 것이다. 프리드만 검정의 검정통계량  $F_r$ 은 다음과 같으며, 근사적으로  $\chi^2(a-1)$ 분포를 따른다.

$$F_r = \frac{12}{ba(a+1)} \sum_{i=1}^a R_i^2 - 3b(a+1)$$

여기서  $a$ 는 제1인자(처리) 수준의 수(배정기법의 수)이며,  $b$ 는 제2인자(블럭)수준의 수(링크의 수),  $R_i$ 는 제1인자의 수준  $i$ 에 대한 순위합을 나타낸다. 배정기법간의 확률분포가 동일하다면,  $R_i$ 들의 차이가 작아지므로  $F_r$ 도 작아진다. 따라서 유의수준  $\alpha$ 에서  $F_r$ 값이  $\chi^2_{\alpha, a-1}$ 보다 크다면 귀무가설을 기각하게 된다. 크루스칼-왈리스 순위검정에서 처럼 프리드만 검정에서도 제1인자와 제2인자의 수가 5개 이상이어야 하는 가정이 필요하다.

2) 켄달의 일치도계수

본 연구에서 이용한 켄달의 일치도계수는  $M$ 개의 평가방법에 있어 이들이  $N$ 개의 배정기법에 대하여 각기 독립적으로 동위를 매길 때,  $M$ 개의 평정 순위가 얼마만큼 일치하는지를 나타내는 계수이다. 켄달의 일치도계수는  $W$ 로 표기하며, 비모수적 상관관계수<sup>3)</sup>중의 하나이다. 평가방법  $M=2$ 이면, 등위상관계수를 이용하고, 일치도계수  $W$ 는  $M > 2$ 인 경우에 쓰인다(김영채, 1989).

<표 3> W계수 계산의 자료형태

평가기법	배정기법(N)				
1	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	...	$x_{1N}$
2	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	...	$x_{2N}$
3	$x_{31}$	$x_{32}$	$x_{33}$	...	$x_{3N}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$M$	$x_{M1}$	$x_{M2}$	$x_{M3}$	...	$x_{MN}$
$R_i$	$R_1$	$R_2$	$R_3$	...	$R_N$

$W$ 계수를 얻기 위해서는 먼저  $M \times N$ 의 유관표를 위와 같이 만들고,  $R_i$ 들을 계산하여 합계치를 계산하고, 다음으로  $N$ 으로 나누어  $R_i$ 들의 평균치를 구한다. 그리고 나서  $S$ 를 구하는데,  $S$ 는 각  $R_i$ 값들의 편차의

자승화를 나타낸다(편차가 크면 클수록 일치도 계수가 높아진다).  $W$ 계수의 계산식은 다음과 같다.

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} M^2 (N^3 - N)}$$

여기에서,  $S = \sum (R_i - \frac{\sum R_i}{12})^2$  그리고  $M$ 은 평가방법의 수이며,  $N$ 은 평정 대상 배정기법의 수이다.  $W$ 의 분모부분은 가능한 최대  $R_i$ 의 편차를 자승화한 값이다.

IV. 평가방법의 적용 및 분석

1. 분석방향 및 전제조건 검토

1) 분석방향

본 연구에서는 앞서 설정한 다양한 평가방법들을 충북도내 3개 도시의 배정결과에 적용하여, 그 결과를 분석한다. 각 도시들의 도로망 및 기·종점자료는 해당도시들의 교통정비기본계획에서 제시된 자료를 활용한다. 또한, 배정된 결과를 비교하기 위해 교통량이 이미 조사되어 있는 청주시의 27개 교차로, 106개 링크와 충주시의 6개 교차로, 28개 링크, 제천시 5개 교차로와 21개 링크를 선정하였으며, 교통량 자료는 첨두 1시간 승용차환산교통량(PCU/시)을 이용하여 분석을 수행하였다.

해당도시의 배정결과에 대해 기술통계법과 추리통계법으로 나누어 적용하되, 기준검증과 미시분석방법의 표준화 절대차 링크적합도 지수(SADI)의 경우는 경로정보를 필요로 하는 측정법이므로 본 연구에서는 생략되었다. 또한 모수적 검증과 비모수적 검증 중 어느 하나를 선택하여 이용될 수도 있지만, 본 연구에서는 적용결과를 설명하기 위해, 두 검증방법을 모두 채택하고 있다.

여기에서는 우선 TRANPLAN 배정기법의 유효성을 판단하고, 각종 평가방법을 이용한 결과들을 순위자료화하여 분석한 내용들이 기술된다. 종합분석에서

3) 비모수적 상관관계수로는 등위상관계수, 타우계수( $\tau$ ), 감마계수( $\gamma$ ), 유관계수( $\phi$ ) 및 켄달의 일치도계수( $W$ ) 등이 있다. 이중 켄달의 일치도계수만이  $M > 2$ 의 경우에 쓸 수 있다.

는 이러한 순위자료에 프리드만 순위검증과 켄달의 일치도계수를 적용하여 해당 도시별로 신뢰도가 높은 통행배정기법을 결정한다.

## 2) TRANPLAN 배정기법의 유효성 판단

교통계획 프로그램인 TRANPLAN은 현재 국내외 교통학계에서 범용되고 있는 프로그램이지만, 통행배정기법 중 일부 기법에 문제가 있다는 이용자들의 지적이 있다. 따라서 본 연구에서는 앞서 설정된 평가절차를 사례연구에 적용하기 전에 TRANPLAN의 유효성을 검증하고자 한다. 이것은 만일 TRANPLAN내의 특정 기법이 불완전한 경우, TRANPLAN의 배정기법간의 비교는 무의미할 수 있기 때문이다.<sup>4)</sup>

이를 위하여 TRANPLAN을 국내외에서 범용으로 많이 사용되고 있는 교통계획 프로그램인 TransCad, MinUTP 및 EMME II와 비교 검토한다. 프로그램간의 비교방법은 각 프로그램별로 동일한 자료를 이용하여 추정된 자료 간의 상관계수를 계산하여 분석한다. 여기에서 상관계수( $\rho_{xy}$ )는  $\sigma_{xy}/\sigma_x \cdot \sigma_y$ 로서 정의되는데,  $\sigma_{xy}$ 는 공분산(covariance)이고  $\sigma_x$ 와  $\sigma_y$ 는 각각의 표준편차이다.

교통계획 프로그램의 비교를 보다 정확하게 수행하기 위해서는 배정기법에서 사용되는 조건들을 최대한 일치시켜야 한다. 본 연구에서는 모든 프로그램의 Impedence를 통행시간으로 선정하고, BPR식의 계수와 지수는 조정하지 않는 기본식을 이용한다. 다만 프로그램이 갖는 고유의 특성 때문에 동일한 조건을 갖기 어려운 경우에는 최대한 그에 접근토록 조정하였다. 즉, 전량배정법(AON)의 경우에는 프로그램간 차이가 없으나, 여타 기법에서는 프로그램간 특성에 따른 차이가 발생된다.

따라서 균형배정기법(EQU)의 경우 평형계수는 EMME II를 제외하고 모두 0.035를 적용하였으며, 분할배정법(INC)의 경우 TransCad를 제외(3회분할)하고 50, 30, 20% 씩의 배정을 원칙으로 하였다. 또한 확률배정법(STO)의 경우엔 오차항을 모두 0.002로 적용하였으며, 반복용량제약법(ITE)의 경우는 10회 반복을

원칙으로 하였다. 그러나 EMME II에서는 INC, STO 및 ITE 기법은 사용되지 않았다. 따라서 본 연구에서 사용된 기법은 TRANPLAN, TransCAD와 MinUTP는 각각 다섯 가지 기법, EMME II는 2가지 기법(STO와 EQU)으로 총 17가지 통행배정 기법을 적용한다.

유효성을 판단하기 위한 절차는 다음 세 단계를 밟는다. 우선은 간단한 네트워크와 기·종점자료를 이용하여 판단하고, 두 번째 절차는 처음 보다 약간 규모가 큰 네트워크와 기·종점 자료를 이용하며, 마지막으로 청주시와 충주시의 실제자료를 활용하여 판단한다.

### (1) 판단 I (간단한 네트워크와 기·종점자료 활용)

여기에서는 5개의 존, 12개의 노드 및 19개의 링크(양방향)로 구성된 아주 단순한 네트워크를 이용하여 전술한 17개의 기법을 이용하여 교통량을 배정한 후, 그에 대한 결과를 상관계수( $\rho_{xy}$ )를 이용하여 TRANPLAN 배정기법의 유효성을 판단한다.

분석된 결과는 MinUTP의 STO 기법만 약간 다르게 배정되었을 뿐(상관계수  $\rho_{xy}=0.9939$ ), 모든 기법에서 동일한 결과를 산출하였다. 따라서 TRANPLAN내의 특정 기법이 불완전하다는 가설을 위의 절차에서는 설명할 수 없다.

### (2) 판단 II (중규모의 네트워크와 기·종점자료 사용)

여기에서는 판단 I 보다는 약간 규모가 큰 13개의 존, 63개의 노드 및 110개의 링크(양방향)로 구성된 가상 네트워크와 기·종점 자료를 이용하여 판단한다. 다음 표의 배정기법별 상관계수(I)에서 나타나듯이, 교통계획 프로그램인 TRANPLAN의 배정기법이 여타 프로그램에 비해 불완전하다는 가설을 설명할 수 없다. 이것은 TRANPLAN과 여타 기법들간의 상관계수가 TRANPLAN을 제외한 기법들간의 상관계수 보다 오히려 높기 때문이다.

### (3) 판단 III (청주시와 충주시의 실제자료 활용)

청주시의 경우 47개의 존, 418개의 노드 및 502개의 링크로 구성되며, 충주시의 경우엔 39개의 존, 80개의

4) 위의 내용은 2차에 걸친 논문심사과정에서 제기된 쟁점으로, 본 연구에서는 이의 필요성이 인지되어 교통계획 프로그램 간의 비교 연구를 추가로 수행하게 되었다.



〈표 4〉 배정기법별 상관계수(Ⅰ)

배정기법	교통계획프로그램	TRANPLAN	MinUTP	TransCAD	EMME Ⅰ
전량배정법(STO)	TRANPLAN	1			
	MinUTP	1	1		
	TransCAD	0.992	0.992	1	
	EMME Ⅰ	0.944	0.944	0.939	1
균형배정법(EQU)	TRANPLAN	1			
	MinUTP	0.849	1		
	TransCAD	0.886	0.685	1	
	EMME Ⅰ	0.974	0.792	0.887	1
분할배정법(INC)	TRANPLAN	1			
	MinUTP	0.785	1		
	TransCAD	0.834	0.667	1	-
반복용량제약법(ITE)	TRANPLAN	1			
	MinUTP	0.625	1		
	TransCAD	0.694	0.644	1	-
확률배정법(STO)	TRANPLAN	1			
	MinUTP	0.871	1		
	TransCAD	0.991	0.832	1	-

노드 및 152개의 링크로 구성된 실제 네트워크와 기·종점 자료를 활용하여 TRANPLAN 배정기법의 유효성을 판단한다. 다음 표의 배정기법별 상관계수(Ⅱ)을 이용하면, TRANPLAN의 배정기법과 여타 프로그램의 배정기법과 비교 분석할 수 있다.

배정기법들중 반복용량제약법(ITE)를 제외하면, TRANPLAN이 상대적으로 타 프로그램에 비해 불완전하다는 가설을 설명할 수 없다. 이것은 청주시와 충주시 모두 TRANPLAN과 여타 기법들 간의 상관계수가 TRANPLAN을 제외한 기법들 간의 상관계수 보다 오히려 높기 때문이다.

그러나 ITE 기법의 경우 타 기법에 비해 상관계수가 낮고, TRANPLAN을 제외한 기법들 간의 상관계

수가 오히려 높다. 따라서 이 기법을 사용할 경우에는 주의해야 할 것으로 판단된다. 그러나 이 경우에도 TRANPLAN의 ITE 기법이 여타 프로그램에 비해 특히 불완전하다는 결론내리기는 어렵다고 판단된다. 이것은 ITE 기법의 경우 프로그램의 고유 특성에 따라 배정조건을 일치시키는데 타 기법보다 상대적으로 어려운 점에 기인하고 있다.

요약하면, 위의 3단계 평가절차에서는 “교통계획 프로그램인 TRANPLAN 내의 특정 배정기법이 여타 프로그램에 비해 불완전하다”는 가설을 설명할 수 없다. 이것은 TRANPLAN과 여타 기법들 간의 상관계수가 TRANPLAN을 제외한 기법들 간의 상관계수 보다 오히려 높기 때문이다. 다만, ITE 기법의 경

〈표 5〉 배정기법별 상관계수(Ⅱ)

배정기법	계획 프로그램	청 주 시			충 주 시		
		TP	TC	MU	TP	TC	MU
전량배정법(STO)	TRANPLAN(TP)	1			1		
	TransCAD(TC)	0.905	1		0.999	1	
	MinUTP(MU)	0.992	0.895	1	0.999	0.999	1
균형배정법(EQU)	TRANPLAN(TP)	1			1		
	TransCAD(TC)	0.848	1		0.991	1	
	MinUTP(MU)	0.948	0.838	1	0.998	0.996	1
분할배정법(INC)	TRANPLAN(TP)	1			1		
	TransCAD(TC)	0.740	1		0.998	1	
	MinUTP(MU)	0.756	0.746	1	0.995	0.995	1
반복용량제약법(ITE)	TRANPLAN(TP)	1			1		
	TransCAD(TC)	0.491	1		0.490	1	
	MinUTP(MU)	0.553	0.673	1	0.431	0.962	1
확률배정법(STO)	TRANPLAN(TP)	1			1		
	TransCAD(TC)	0.827	1		0.884	1	
	MinUTP(MU)	0.983	0.839	1	0.999	0.895	1

우 타 기법에 비해 상관계수가 낮기 때문에 사용할 때 유의해야 할 것으로 판단된다.

2. 평가방법의 적용

1) 기술통계법의 거시분석결과

〈표 6〉은 청주시, 충주시, 제천시에 대한 기술통계

법중 거시분석법에 의한 평가결과이다. 청주시와 충주시의 경우는 대부분의 분석에서 STO기법이 신뢰도가 높은 배정결과를 산출하고 있다. 다만, CL분석에 의한 청주시의 도심분석에는 INC기법의 결과도 신뢰도를 갖는 것으로 평가된다. 제천시에서는 INC기법이 모든 분석에서 신뢰도가 높은 배정결과를 산출하고 있다.

〈표 6〉 거시분석결과

구 분		각 노선배정기법의 평가 순위														
		청주시					충주시					제천시				
		AON	EQU	INC	ITE	STO	AON	EQU	INC	ITE	STO	AON	EQU	INC	ITE	STO
차량통행거리 (VKT)	평균백분율 오차	2	3	4	5	1	5	2	3	4	1	3	5	1	2	4
	표준편차	4	2	3	5	1	5	2	3	4	1	3	5	1	2	4
스크린라인 (SL)	평균백분율 오차	4	3	2	5	1	4	3	1	5	2	4	5	1	3	2
	표준편차	4	3	2	5	1	5	3	2	4	1	5	4	1	2	3
컷라인 (CL)	평균백분율 오차	2	4	1	5	3	4	2	3	5	1	2	5	1	3	4
	표준편차	2	4	1	5	3	4	2	3	5	1	2	5	1	3	4
통행경로 (TR)	평균백분율 오차	4	2	3	5	1	5	3	2	4	1	4	3	1	5	2
	표준편차	4	3	5	2	1	5	4	2	5	1	4	3	1	5	2
교차로연결링크 (INT)	평균백분율 오차	1	4	3	5	2	5	2	1	4	3	3	4	1	5	2
	표준편차	2	4	3	5	1	4	2	3	5	1	4	3	1	5	2

〈표 7〉 미시분석결과

구 분		각 노선배정기법의 평가 순위														
		청주시					충주시					제천시				
		AON	EQU	INC	ITE	STO	AON	EQU	INC	ITE	STO	AON	EQU	INC	ITE	STO
회귀계수추정	a	2	4	3	5	1	1	3	4	5	2	1	5	3	2	4
	b	2	1	3	4	5	1	3	4	5	2	1	3	2	5	4
	SSE	4	2	3	5	1	5	4	2	1	3	3	5	2	1	4
오차분포	절대오차	5	3	1	4	2	5	3	1	4	2	3	4	1	5	2
	백분율오차	4	1	3	5	2	5	3	2	4	1	3	4	2	5	1
오차한계		5	4	3	2	1	2	35	35	5	1	5	4	1	2	3
MAD		4	2	3	5	1	4	3	2	5	1	2	4	1	5	3
MAE		4	2	3	5	1	4	3	2	5	1	2	4	1	5	3
RMSE		4	2	3	5	1	5	3	2	4	1	2	4	1	5	3
RMSER*		35	2	35	5	1	1	2	3	5	4	4	15	3	5	15
SAD		4	2	3	5	1	4	3	2	5	1	2	35	1	5	35
SD		4	2	3	5	1	5	3	2	4	1	2	4	1	5	3
SDR*		3	2	1	5	4	4	3	2	5	1	2	4	1	5	3
CC		3	1	2	5	4	4	3	2	5	1	4	3	2	5	1
TIC		4	2	3	5	1	4	3	2	5	1	3	4	1	5	2
PRMSE		4	2	3	5	1	5	3	2	4	1	2	4	1	5	3
PSD		4	2	3	5	1	5	3	2	4	1	2	4	1	5	3
MSE <sup>2</sup>		3	4	2	1	5	1	3	2	4	5	3	2	5	1	4

주 : \*는 링크의 용량을 감안한 비율을 이용한 경우임.

2) 기술통계법의 미시분석결과

〈표 7〉에 나타나듯이, 청주시와 충주시의 경우는 대부분 STO기법이 우수한 것으로 평가되고 있다. 청주시의 미시분석결과 중 CC와 SDR의 경우에 EQU기법과 INC기법이 신뢰도가 높은 것으로 평가된다. 충주시의 경우, 링크용량을 고려한 경우인 RMSER의

경우에는 EQU기법과 AON기법이 신뢰도가 높고, RMSE<sup>2</sup>에서는 두 도시 모두 STO기법이 가장 오차가 적은 것으로 분석된다.

제천시의 경우는 대부분 INC기법이 우수한 것으로 평가되고 있으나, CC와 링크의 실측교통량을 고려한 경우인 RMSER에서는 EQU기법과 STO기법이 신뢰

도가 높은 것으로 평가되고 있다. RMSE2에서는 INC 기법이 가장 오차가 적은 것으로 분석된다.

3) 추리통계법의 분석결과

세 도시의 배정결과에 대해 추리통계법을 적용한 평가결과는 <표 8>과 같다. 모수적 검증결과는 세 도시 모두 앞의 기술적 통계법과 동일한 결과를 나타내고 있다. 비모수적 검증결과에서, 청주시는 AON기법만이 배정교통량과 실측교통량의 확률분포가 거의 동일한 것으로 평가되며, 전체적으로는 본 연구에서 이용한 배정기법들 사이에 차이가 없으나, 링크별로는 이용한 배정기법간에 다소 차이가 있는 것으로 평가된다.

충주시는 INC기법만이 배정교통량과 실측교통량의 확률분포가 같지 않은 것으로 평가되며, 전체적으로는 이용한 배정기법들 사이에 차이가 있고, 링크별로도 이용한 배정기법간에 차이가 있는 것으로 분석된다.

제천시는 INC기법과 ITE기법이 배정교통량과 실측교통량의 확률분포가 같은 것으로 평가되고 있으며, 링크용량을 고려하지 않은 경우는 전체적으로 본 연구에서 이용한 배정기법들 사이에 차이가 없으나, 링크용량을 고려한 경우에는 전체적으로 배정기법들 사이에 차이가 있는 것으로 분석된다. 링크별로는 링크용량을 고려한 경우와 고려하지 않은 경우 모두 이용한 배정기법간에 차이가 있는 것으로 평가된다.

<표 8> 추리통계결과 (유의수준  $\alpha = 0.10$ )

구 분	각 노선배정기법의 평가 순위															
	청주시					충주시					제천시					
	AON	EQU	INC	ITE	STO	AON	EQU	INC	ITE	STO	AON	EQU	INC	ITE	STO	
우도비(LR)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
정보이득(IG)	4	2	3	5	1	4	3	2	5	1	3	3	4	1	5	
종속표본 t 검증	차 이	5	5	5	5	5	1	5	5	5	1	5	1	1	1	
	차이율	5	5	5	5	5	1	5	5	1	1	1	1	1	1	
Wilcoxon 부호동위검증	차 이	1	5	5	5	5	1	1	5	1	1	5	5	1	1	
	차이율	1	5	5	5	5	1	1	5	1	1	5	5	1	1	
KruskalWallis 검증	차 이	전체적으로 배정기법간에 차이가 없음.					전체적으로 배정기법간에 차이가 있음.					전체적으로 배정기법간에 차이가 없음.				
	차이율	"					"					전체적으로 배정기법간에 차이가 있음.				

주 : 검증에서 채택은 1로, 기각은 5로 표기함.

3. 종합분석

지금까지 청주시, 충주시 및 제천시에 대한 배정결과들을 34가지 기법으로 평가한 결과들을 살펴보았다. 종합평가를 위해서는 우선 평가방법에 따라 도출된 순위 간의 분포가 동일하지 검증할 필요가 있다. 따라서 종합평가에서는 34가지 평가방법의 적용결과에 순위를 매기고, 앞서 설정된 종합분석방법을 이 순위에 적용시켜 그 분포와의 상관관계를 검증하며, 이를 통해 해당 도시별로 신뢰도가 가장 높은 통행배정기법을 결정한다.

1) 청주시

다음 표는 청주시에 대한 각 배정기법들의 평가순위를 검증해 본 결과이다. 프리드만 순위검증 결과,

앞서 설정한 귀무가설이 채택된다. 즉 청주시에 대한 각 배정기법들의 결과순위는 평가방법별로 확률분포가 동일하다는 것을 알 수 있다. 이것은 각 평가방법에서 신뢰도가 높은 것으로 선정한 통행배정기법이 일치한다고 평가될 수 있다.

<표 9> 청주시의 종합평가 결과 (유의수준  $\alpha = 0.05$ )

구 분	각 통행배정기법의 평가 순위					
	AON	EQU	INC	ITE	STO	
프리드만 순위검증	등위의 합(R <sub>i</sub> )	91.0	95.0	98.0	91.5	89.5
	F <sub>i</sub> 값	0.61300				
	검증결과	채택				
켄달의 일치도계수	등위의 합(R <sub>i</sub> )	100	79	83	147	56
	S	4630.0				
	W	0.48				
	유의도 검증	유의				

켄달의 일치도계수를 산출한 결과 0.48은 확실히 상관성이 있다는 것으로 해석될 수 있다.<sup>5)</sup> 또한 유의도

검증결과도 산출된 상관계수가 유의한 것을 보여준다.  $R_i$ 값이 각 배정기법에 대하여 평가방법들이 독립적으로 매긴 등위의 합을 나타내므로,  $R_i$ 값을 이용해 청주시에 대해 신뢰도가 높은 통행배정기법을 선정하는 것이 가능하다.

표에서 보듯이 캔달의 일치도계수에서 STO기법의  $R_i$ 값이 가장 작게 나타나므로, 청주시에 있어서는 STO기법이 상대적으로 적합한 것으로 평가된다.

2) 충주시

다음 표는 충주시에 대한 각 배정기법들의 평가순위를 검증해 본 결과이다. 프리드만 순위검증 결과, 설정한 귀무가설이 채택되므로, 충주시에 대한 각 배정기법들의 결과순위는 평가방법별로 확률분포가 동일하다는 것을 알 수 있다. 이것은 각 평가방법에서 신뢰도가 높은 것으로 선정한 통행배정기법이 일치한다고 볼 수 있다.

캔달의 일치도계수를 산출한 결과 0.53은 확실히 상관이 있다는 것으로 해석될 수 있다. 또한 유의도 검증결과도 산출된 상관계수가 유의한 것으로 평가된다. 표에서 보듯이 STO기법의  $R_i$ 값이 가장 작게 나타나고 있으므로, 충주시에 있어서는 STO기법이 상대적으로 적합한 것으로 평가된다.

<표 10> 충주시의 종합평가 결과 (유의수준  $\alpha = 0.05$ )

구 분	각 통행배정기법의 평가 순위					
	AON	EQU	INC	ITE	STO	
프리드만 순위검증	등위의 합( $R_i$ )	92.0	92.5	89.0	96.5	95.0
	$F_i$ 값	0.43200				
	검증결과	채택				
캔달의 일치도계수	등위의 합( $R_j$ )	121	90	79	136	45
	S	51348				
	W	0.53				
	유의도 검증	유의				

3) 제천시

다음 표는 제천시에 대한 각 배정기법들의 평가순위를 검증해 본 결과이다. 프리드만 순위검증 결과, 설정한 귀무가설이 채택되므로, 제천시에 대한 각 배정기법들의 결과순위는 평가방법별로 확률분포가 동일하다는 것을 알 수 있다. 이것은 각 평가방법에서

신뢰도가 높은 것으로 선정한 통행배정기법이 일치한다고 볼 수 있다.

<표 11> 제천시의 종합평가 결과 (유의수준  $\alpha = 0.05$ )

구 분	각 통행배정기법의 평가 순위					
	AON	EQU	INC	ITE	STO	
프리드만 순위검증	등위의 합( $R_i$ )	94.0	91.5	94.0	90.0	95.5
	$F_i$ 값	0.25200				
	검증결과	채택				
캔달의 일치도계수	등위의 합( $R_j$ )	92	122	39	127	85
	S	4978.0				
	W	0.52				
	유의도 검증	유의				

캔달의 일치도계수를 산출한 결과 0.52는 확실히 상관이 있다는 것으로 해석될 수 있다.<sup>5)</sup> 또한 유의도 검증결과 산출된 상관계수가 유의한 것으로 분석된다. 표에서 보듯이 INC기법의  $R_i$ 값이 가장 작게 나타났으므로, 제천시에 있어서는 INC기법이 상대적으로 적합한 것으로 평가된다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 통행배정결과를 평가하는 일련의 절차를 개발하고, TRANPLAN을 이용한 충북도내 3개도시(청주, 충주 및 제천시)의 통행배정결과에 개발된 평가절차를 적용하여 해당 도시별로 적용성이 높은 통행배정기법을 제안하였다. 분석된 주요 연구결과는 다음과 같다.

첫째, 관련문헌들을 검토하여 평가방법들을 통계학적 관점에서 기술통계법과 추리통계법으로 체계화시키고, 이러한 평가방법들의 결과를 순위자료화하여 종합적인 판단을 내릴 수 있는 방법을 정립함으로써 통합된 일련의 평가절차를 개발하였다.

둘째, 개발된 절차를 이용한 사례연구 결과, 청주시와 충주시에 대해서는 확률배정법, 제천시에 대해서는 분할배정법의 적용성이 우수한 것으로 나타났다. 또한 세 도시 모두 각 평가방법에서 신뢰도가 높은 것으로 선정한 통행배정기법이 종합평가에서도 통계적으로 일치하는 것으로 분석되었다.

5) 상관계수의 언어적 해석(김영채, p115)은 다음과 같다. (i) 0.90~1.00 : 상관이 아주 높다. (ii) 0.70~0.90 : 상관이 높다. (iii) 0.40~0.70 : 확실한 상관이 있다. (iv) 0.20~0.40 : 상관이 있기는 있으나 약하다. (v) 0.00~0.20 : 상관이 거의 없다. 또한 (+)는 정적상관을, (-)는 부적상관을 의미한다.

본 연구를 통해 개발된 평가절차는 해당도시에 적합한 통행배정기법을 선정하는데 이용될 수 있을 뿐만 아니라, 향후 개발되는 통행배정 알고리즘들의 효과를 기존 배정기법들과 비교하여 설명할 수 있는 분석의 틀을 제공할 수 있다.

본 연구는 OD자료가 적합하다는 전제하에 통행배정단계 만들 대상으로 평가하였지만, 교통계획과정 전반에 대하여 각 단계별로 이루어지는 정산과정에도 확대 적용한다면, 해당도시에 보다 적용성이 높은 신뢰성있는 배정기법을 제안할 수 있을 것으로 판단된다. 아울러 교통분야에서 널리 이용되고 있는 교통계획 프로그램의 통행배정기법 간의 배정결과를 상호 비교하는 보다 체계적인 연구가 있어야 할 것으로 판단된다.

또한 도로를 유형별로 분류하여 배정기법간의 차이를 평가하는 연구와 도로망의 집성화 정도에 따른 통행배정기법 간의 차이에 관한 연구, 도시특성(예, 도로망패턴, 교통존의 수, 도시규모 등)에 따라 적합한 통행배정기법의 일반화 가능성에 관한 연구, 나아가 본 연구에서 설정한 개별 평가방법들의 효용성에 대한 연구도 향후 진전되어야 할 것이다.

**참고문헌**

1. 김영채(1989), 현대통계학, 박영사.
2. 김익태(1989), "통행배정모형의 비교에 관한 연구 : Frank-Wolfe 알고리즘의 적용을 중심으로", 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
3. 모무기(1992), "노선배정모형의 예측력 비교", 연세대학교 대학원 석사학위논문.
4. 박병호(1995), 교통공학, 보성문화사.
5. 성태제(1995), 현대 기초통계학의 이해와 적용, 양서원.
6. 윤상운·이태섭(1996), 실용통계학, 자유아카데미.
7. 임강원(1992), 도시교통계획-이론과 모형-, 서울대학교 출판부.
8. 장덕명(1993), "A Sensitivity Analysis of Traffic Assignment," 대한교통학회지 제11권 제3호.
9. 정천수(1994), "수요예측결과의 평가기준 및 평가

- 방법에 관한 연구", 대한교통학회지 제12권 제1호.
10. 제천시(1995), 제천시 교통정비기본계획.
11. 청주시(1994), 청주시 교통정비기본계획.
12. 충주시(1995), 충주시 교통정비기본계획.
13. Anthony A. Saka(1992), "Travel Demand Model Calibration for Areas with Heterogeneous Characteristics," ITE Journal, Washington, D.C., pp.40~43.
14. B.G. Hutchinson(1974), Principles of Urban Transport Systems Planning, Scripta Book Company.
15. Chung, C. S.(1990), "Improved Traffic Assignment Process for Project-level Analysis," Ph.D Dissertation, Texas A&M University, College Station, Texas.
16. COMSIS Corporation and FHWA(1973), Traffic Assignment : Methods, Applications, Products, U.S. Department of Transportation.
17. Juan de Dios Ortuzar and Luis G. Willumsen(1990), Modelling Transport, JOHN WILEY & SONS.
18. M. L. James(1987), "Accuracy Evaluation Tests for Assignment Models of Large Traffic Networks," ITE Journal, Washington, D.C., pp.36~40.
19. Meyer and Miller(1984), Urban Transportation Planning : A Decision-Oriented Approach, McGraw-Hill Book Company.
20. Michael Patriksson(1994), The Traffic Assignment Problem - Models and Methods, VSP.
21. Roy Thomas(1991), Traffic Assignment Techniques, Avebury Technical.
22. The Urban Analysis Group(1993), User Manuals for TRANPLAN and NIS, PPK Consultants Pty. Ltd.
23. Yosef Sheffi(1985), Urban Transportation Networks, Prentice-Hall.
24. 溝上章 志·松井 寛(1990), "均衡交通量配分手法の推定特性に関する實證的分析", 交通工學 Vol. 25, No. 6, 交通工學研究會, 技術書院, 東京, pp. 33~43.
25. 桑原雅夫(1988), "交通量配分手法の實證的檢討", 交通工學 Vol. 23, No. 2, 交通工學研究會, 技術書院, 東京, pp.17~25.