

■ 論 文 ■

이용자 균형 통행배정 결과를 이용한 편익추정의 안정성 제고방안 연구

A Study on Improving Reliability of Benefit Estimation Based
on User Equilibrium Traffic Assignment Results

김 재 영

(한국개발연구원 공공투자관리센터 전문위원)

손 의 영

(서울시립대학교 교통공학과 교수)

목 차

- | | |
|--|---|
| <p>I. 서론</p> <p>II. 선행연구 고찰</p> <p>III. 분석 방법론 및 변동성 분석</p> <p style="padding-left: 20px;">1. 분석 방법론</p> <p style="padding-left: 20px;">2. 통행배정 결과의 변동성 분석</p> <p>IV. 안정성 제고방안 분석</p> <p style="padding-left: 20px;">1. 편익산출대상링크의 축소방안</p> <p style="padding-left: 20px;">2. 영향권내 Sub-Area O/D 및 Network</p> | <p style="padding-left: 40px;">이용방안</p> <p>3. 연속된 통행배정 결과의 평균값 이용방안</p> <p>V. 종료기준(RG)과 편익 변동량과의 관계 분석 및 정책제언</p> <p>VI. 결론 및 향후 연구과제</p> <p>참고문헌</p> |
|--|---|

Key Words : 타당성평가, 편익추정, 이용자 균형 통행배정 결과, 종료조건, 변동성, 안정성 제고
Feasibility Study, Benefit Estimation, User Equilibrium Traffic Assignment Result, Stopping Criteria, Variability, Reliability Improvement

요 약

교통시설 투자사업의 편익을 추정하는데 있어서 여러 요인에 의해 오차가 존재할 수 있는데, 본 연구에서는 이용자 균형 통행배정모형과 종료기준을 대상으로 하여 분석을 수행하였다. 선행 연구결과 이용자 균형 통행배정 모형 이용시 통행배정모형의 종료기준 중 하나인 Relative Gap(RG)에 따라 통행시간 절감편익이 크게 달라질 수 있는 것으로 나타났다. 모형의 종료조건을 보다 엄격하게 적용할 수록 결과값을 도출하는데 소요되는 시간이 기하급수적으로 증가하게 되므로 마냥 종료조건을 강화하는 것이 최선의 해결책은 아닌 것으로 판단된다. 따라서 이러한 변동률을 줄이고 편익추정 결과의 안정성을 향상시키기 위한 방안의 강구가 필요하다. 이에 본 연구에서는 통행배정 결과를 이용한 편익추정의 안정성 제고를 위해 편익산출 대상링크를 축소시키는 방안, 영향권에 대해 추출한 Sub-Area O/D 및 Network을 이용하는 방안, 통행배정 결과의 평균값을 이용하는 방안의 세가지 방안을 살펴보았다. 분석 결과 연속된 통행배정 결과의 5회 평균값을 이용하되, 편익의 규모에 따라 종료기준을 달리하는 방안이 가장 적절할 것으로 판단되었다. Sub-Area O/D 및 Network을 이용하는 방안의 경우 모형의 크기가 작아질수록 수렴속도는 향상되나 편익추정 결과가 과대 혹은 과소할 수 있는 것으로 나타났다. 본 연구에서 분석한 결과는 전국 단위의 O/D 및 Network을 이용하여 침투시를 대상으로 하였으며, 사용하는 기초자료가 달라지거나 혼잡도가 다를 경우 적정 기준은 달라질 수 있다. 향후 5대 광역권 자료나 수도권 자료에 관한 분석 또한 필요할 것으로 예상된다.

When estimating the benefits from an investment project in the transportation sector, errors caused by many factors may exist. This study focuses on user equilibrium traffic assignment methods and stopping criteria. According to previous studies, when using a user equilibrium assignment model, the benefits of travel time savings can be effected by the relative gap value. As the stopping criteria decreases, the time needed for traffic assignment increases, so that lowering the criteria cannot be the best solution. Therefore, an effort is necessary to reduce this change rate and thus improve reliability. This paper considers three methods: reducing the links subject to benefit calculation, extracting sub-area O/D tables and networks, and applying the mean value of successive traffic assignment results. The results of the analysis show that the method using the mean value of five results is more proper than the other methods. Using the sub-area analysis method, if the study area is small the benefits of a project might be over- or under-estimated. This paper used a nationwide O/D table and network at peak time as a case study. The resulting patterns can differ according to basic data to be used in analysis. So further analysis using the data from metropolitan areas are needed.

I. 서론

교통시설 투자사업의 수요 및 편익을 추정하는데 있어서 여러 요인에 의해 오차와 불확실성이 존재할 수 있다. 이로 인해 분석자들에 따라 그 결과가 서로 상이하게 나타날 수 있는데, 예비타당성조사에서는 평가의 객관성과 사업간 일관성을 유지하고자 일반지침과 각 부문별 표준지침(도로, 철도, 공항, 항만, 수자원, 문화·관광·체육·과학 부문)에 의해서 조사를 수행하도록 하고 있다. 예비타당성조사의 표준지침은 조사과정에서 제기된 방법론상의 쟁점들에 대한 기초연구를 통해서 지속적으로 보완되어 왔으며 일반지침과 도로 및 철도부문 표준지침의 경우 현재 제4판까지 개정된 상태이다.

도로부문 사업의 타당성평가에 있어서 현재와 같이 표준화된 분석지침과 기초자료를 이용하여 교통수요분석을 수행할 경우 통행발생-통행분포-수단분담-통행배정의 4단계 교통수요분석 모형 중 마지막 단계인 통행배정 단계가 실질적인 중요성을 갖는다. 통행배정 단계는 주어진 기종점간 통행량을 실제 교통망 상에 배정함으로써 각 도로의 구간별 통행량과 통행시간을 예측하고, 사업 미시행시와 사업시행시의 교통망 변화로 인한 파급효과를 파악한다. 결국 도로부문 사업의 경우 분석결과에 실질적인 영향을 미치는 것은 통행배정의 방법과 종료기준인데, 이에 따라 교통량과 통행시간 비용에 차이가 존재할 수 있다.

김제영(2006)의 연구에서 전국단위의 국가교통DB를 이용한 사례분석 결과 통행배정모형의 종료기준에 따라 통행시간비용절감편익이나 차량운행비용 절감편익 모두 큰 차이가 존재하는 것으로 나타났다. 통행배정모형의 종료기준 중 하나인 Relative Gap(RG)의 변화에 따라 편익추정 결과 값의 변동률이 50% 이상 되는 경우도 존재하고 있다. 또한 편익의 크기가 작은 소규모 사업에 대해서는 선행 연구¹⁾에서 적절한 수렴기준으로 제시한 Relative Gap=0.01에서도 기준 값 대비 변동률이 10% 이상 되는 것으로 나타났다.

이용자 균형 통행배정모형의 경우 종료조건을 보다 엄격하게 적용 할수록 결과 값을 도출하는데 소요되는 시간이 기하급수적으로 증가하게 되므로 마냥 종료조건을 강화하는 것이 최선의 해결책은 아닌 것으로 판단된다. 따라서 이러한 변동률을 줄이고 편익추정 결과의 안

정성을 향상시키기 위한 방안의 강구가 필요하다.

이에 본 연구에서는 이용자 균형 통행배정모형을 이용하여 교통시설 투자사업의 편익추정시 안정성 제고를 위해 편익산출 대상링크를 축소시키는 방안, 영향권에 대해 추출한 Sub-Area O/D 및 Network을 이용하는 방안, 통행배정 결과의 평균값을 이용하는 방안의 세가지 방안을 살펴보고자 한다.

II. 선행연구 고찰

통행배정 결과를 이용한 편익추정의 안정성 향상에 관한 선행연구는 크게 두가지로 나누어 살펴볼 수 있다. 첫 번째는 적절한 종료기준의 설정에 관한 연구이고, 두 번째는 통행배정 결과의 안정성 향상 대안에 대한 검토이다.

Van Vuren 외(1995)의 연구결과에서는 통행배정 방법에 따른 수렴성 검토기준을 제시하고 있으며, 이용자균형모형, 다차종 모형, 확률적 모형, 동적 모형 등 통행배정 모형의 종류에 따라 근접성(Proximity)과 안정성(Stability)의 두가지 기준에 의해 모형의 수렴 여부를 살펴볼 필요가 있는 것으로 설명하고 있다.

이중 이용자균형원리를 이용한 통행배정 모형의 적정 종료기준과 관련해 이루어진 기준의 연구결과들을 살펴보면 Boyce 외(2004), Bloy(2004), Blaschuk 외(2004) 등이 있다. 실제 자료를 이용해 사례분석을 수행하였으며, 통행배정 모형의 종료기준으로 Relative Gap을 적용할 경우 그 값이 적어도 0.01 이하의 값을 가질 필요가 있다는 결과를 도출하고 있다.

Boyce 외(2004)는 미국 New Jersey 지역에 두개의 램프 건설에 따른 효과를 파악하기 위해 EMME/2를 이용해 분석한 결과 안정된 링크교통량을 얻기 위해서는 Relative Gap=0.01% 정도는 되어야 한다는 것과 Frank-Wolfe 알고리즘에 비해 Bar-Gera의 OBA 알고리즘을 적용했을 때 수렴속도가 훨씬 빠르다는 점을 보여주고 있다.

Boyce의 논문 이후 실제사례를 적용한 2편의 논문이 발표되었다. Bloy(2004)는 남아프리카 공화국 Gauteng 지역을 대상으로 하여 32개의 서로 다른 사업에 대해 Relative Gap의 변화에 따른 B/C의 변화를 살펴본 결과 교통량 추정시보다 편익추정시에 더 많은 통행배정 횟

1) Boyce 외(2004), Bloy(2004), Blaschuk 외(2004)

수가 필요하며, 경제성 평가를 위해서는 Relative Gap 이 0.01 정도는 되어야 한다는 분석결과를 도출하였다. Blaschuk 외(2004)는 캐나다 Calgary 지역에 위치한 2개의 도로확장사업을 대상으로 사업시행시와 사업미시행시의 총주행시간(VHT) 변화를 살펴본 결과, Bloy (2004)와 비슷한 결과를 도출하였는데, 교통량 변화를 파악하거나 총주행시간의 변화를 파악하고자 할 때 모두 Relative Gap이 0.01 이하로 되어야 한다고 말하고 있다.

통행배정 결과의 안정성 향상을 위해 적정 종료기준을 제시한 연구 외에 또다른 대안을 찾고자 하는 시도가 있어왔다.

Van Vuren 외(1995)는 도로사업의 타당성 평가 시 실무적인 측면에서 통행배정 모형의 수렴성을 모니터링 할 수 있는 방법을 제시하고 있다. 이를 위해 우선 적어도 두 번 이상의 연속적인 통행배정 결과가 제시된 기준을 만족시키도록 규정하고 있다. 그리고 사업 미시행시와 사업 시행 시에 대해서 각각 제시된 종료기준이 충족되었다면, 최소한 4번 이상의 연속적인 통행배정을 수행한 다음 각각의 경우에 대해서 총 통행시간의 평균값과 표준편차를 계산하여 사업의 시행에 따른 편익의 근사값을 계산하도록 하고 있다.

Wilson 외(2006)은 호주 Sydney 지역의 사례를 대상으로 하여 통행배정 횟수에 따른 도로이용자 비용의 변화를 살펴보았다. 통행배정 횟수에 따라 도로이용자비용의 변화를 1회~50회, 41회~50회로 구분하여 살펴본 결과 연속된 통행배정 결과 값에 차이가 심한 것으로 나타났다. 이와 같은 현상으로 인해 통행배정 횟수에 따라 편익을 산출해보면, 편익이 심하게 변하는 것으로 나타나고 있다. 이러한 문제를 줄이고자 통행배정횟수의 증가, 연속적인 통행배정 결과의 평균값 적용, 모형 내 일부링크의 결과 값 이용의 세가지 방안을 살펴본 바 있다.

III. 분석방법론 및 변동성 분석

1. 분석방법론

1) 기초자료 및 분석의 주요 가정

본 연구에서는 교통수요분석을 위해 KTDB의 2003년 기준 전국 O/D 및 Network 자료를 이용하였다. 이다. 통행배정 및 결과산출 기준은 한국개발연구원(2004)의 “도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수

정·보완 연구(제4판)”의 기본가정을 적용하였으며, 침두시를 기준으로 한 분석을 수행하였다. 통행배정시 버스 와 화물트럭을 고려하는 방법에 따라 다수단 배정방법, 버스와 화물차에 대한 우선배정방법, 단일 PCU로 통합하여 배정하는 방법의 세가지가 있는데, 본 연구에서는 승용차, 버스, 화물트럭의 3개 수단을 통합하여 단일 PCU로 배정하는 방식을 적용하였다.

통행배정은 상용프로그램인 EMME/2를 이용하여 수행하였으며, 통행시간절감편익 산출을 위한 시간가치는 차종별 시간가치를 차종별 비율에 따라 승용차환산교통량으로 가중평균한 시간가치를 적용하였다. 차량운행비용절감편익 또한 차종별 차량운행비용을 차종별 비율에 따라 승용차환산교통량으로 가중평균하였으며, 모형적용을 위해 속도를 변수로 하는 다음의 3차 다항식을 구성하였다.

【차종별 가중평균 시간가치】

$$VOT = 15,066\text{원/PCU}$$

【차종별 가중평균 차량운행비용】

$$VOC_a = 317.058 - 6.392 \times V_a + 0.074 \times V_a^2 - 0.00028 \times V_a^3$$

여기서, VOC_a : 링크 a의 차량운행비용(원/km)

V_a : 링크 a의 통행속도(km/h)

2) 기준값의 추정 및 변동을 산정

교통존이 여러개이며 각 기종점간에 대한 경로가 다수 존재할 경우 이용자균형 원리를 만족시키는 통행배정 결과의 참값을 직접 계산하는 것은 불가능하므로 FWA와 같은 최적화 알고리즘을 사용하여 결과를 도출한다. Boyce(2004)의 연구에서는 OBA(Origin-Based Assignment) 알고리즘을 이용하여 Relative Gap이 10^{-11} 에 도달했을 때의 결과값을 참값으로 가정한 바 있으나, 현재 국내에서 널리 사용되고 있는 통행배정 프로그램인 EMME/2와 TransCAD에서는 이와 같은 알고리즘을 지원하지 않고 있다. 또한 EMME/2에서는 이러한 수준의 결과달성이 거의 불가능할 것으로 예상하고 있다(Boyce, 2004).

이에 본 연구에서는 현실적으로 사용 가능한 최대한의 종료기준을 적용하였을 때 얻어진 결과값을 기준이 되는 값으로 설정하여 변동량과 변동률을 산정하였다. 산정식은 다음과 같다.

【변동량】

$$D_k^{RG_n} = Z_k^{RG_n} - Z_k^{RG_0}$$

여기서, $D_k^{RG_n}$: Relative Gap이 n일때 지표 k의 변동량

$Z_k^{RG_n}$: Relative Gap이 n일때 도출된 지표 k의 결과값

$Z_k^{RG_0}$: Relative Gap이 0일때 도출된 지표 k의 결과값(기준값)

【변동률】

$$S_k^{RG_n} = \frac{D_k^{RG_n}}{Z_k^{RG_0}} \times 100$$

여기서, $S_k^{RG_n}$: Relative Gap이 n일때 지표 k의 변동율

3) 사례분석 대상사업 선정

사업의 위치와 규모에 따라 2개의 대상사업을 선정하였으며, 각 대상사업 및 유형은 <표 1>과 같다.

<표 1> 사례분석 대상사업 및 유형

사업명	연장 (km)	차로수		관측 교통량		배정 결과
		시행 전	시행 후	1일 (대)	침투 1시간 (PCU)	침투 1시간 (PCU)
1. 국도 7호선 양양~원남	24.5	2	3	19,625	1,664	1,328
2. 국도 2호선 천안~성환	5.6	2	3	32,280	2,833	3,774

주: 1) 연장은 위 구간 중 분석 대상이 되는 구간의 연장임.
 2) 관측교통량 중 침투 1시간 교통량은 1일 교통량의 7%를 승용차로 환산한 값임.

4) 안정성 제고방안

본 연구에서는 안정성 제고를 위한 방안으로서 크게 다음의 세가지 방안을 살펴보고자 한다.

(1) 편익산출대상링크의 축소

전국 단위의 O/D 및 Network을 이용하여 통행배정을 수행한 다음 일부 링크의 결과값을 이용하여 편익을

산출하는 방안이다. 본 연구에서는 가상의 영향권 반경 (50km, 100km, 150km)별로 결과를 살펴보았으며, 이를 위해 EMME/2를 제작한 INRO사에서 제공하고 있는 매크로(Region.mac)를 이용하였다.

(2) 영향권내 Sub-Area O/D 및 Network 이용

분석 영향권에 대해서 별도의 O/D 및 Network을 추출한 다음, 이를 이용하여 통행배정을 수행하고 편익을 산출하는 방안이다. (1)번 방안과 마찬가지로 가상의 영향권 반경(50km, 100km, 150km)별로 결과를 살펴보았다. 영향권내 Sub-Area 자료는 (1)번에서 사용한 매크로(Region.mac)와 EMME/2의 traversal matrix 추출 모듈을 이용하였다.

(3) 연속적인 통행배정결과의 평균값 이용

통행배정 결과의 안정성을 제고하기 위한 또 다른 방안으로서 통행배정 결과의 연속된 구간평균값을 이용하는 방안을 살펴보고자 한다. 앞서 살펴본 바와 같이 통행 시간비용이나 차량운행비용은 통행배정 횟수가 증가함에 따라 지속적으로 감소하지 않고 시계열적인 변동현상이 존재함을 알 수 있다.

이러한 변동특성을 고려하여 편익산출시 점추정 방법이 아닌 연속적인 구간의 결과값을 평균한 구간추정값을 이용하는 방안을 이용하고자 한다. 이를 위해 1회씩 통행배정횟수를 증가시키면서 각 지표별 결과값을 계산한 다음 5회와 10회 구간의 평균값을 산출한다.

이러한 계산에 의해 사업미시행시와 사업시행시의 통행시간비용 차이의 평균값과 표준편차를 계산할 수 있고, 차이의 평균값을 사업의 시행에 따른 편익으로 간주할 수 있다. 평균값을 이용한 지표 X의 사업미시행시와 사업시행시의 예상 편익은 다음과 같다.

$$\bar{X}^n = \bar{X}_{DM}^n - \bar{X}_{DS}^n$$

여기서, \bar{X}^n : n번의 순차적인 통행배정을 통한 지표 X의 평균 차이값

\bar{X}_{DM}^n : n번의 순차적인 통행배정을 통한 지표 X의 사업미시행시 평균값

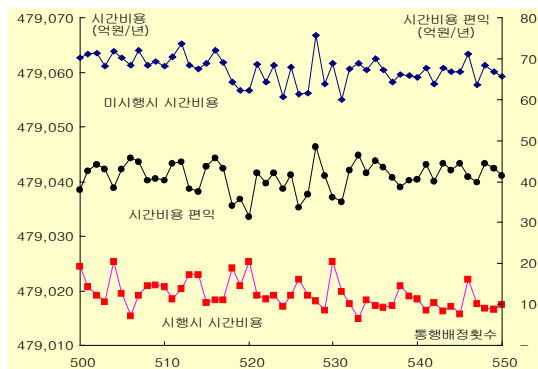
\bar{X}_{DS}^n : n번의 순차적인 통행배정을 통한 지표 X의 사업시행시 평균값

2. 통행배정 결과의 변동성 분석

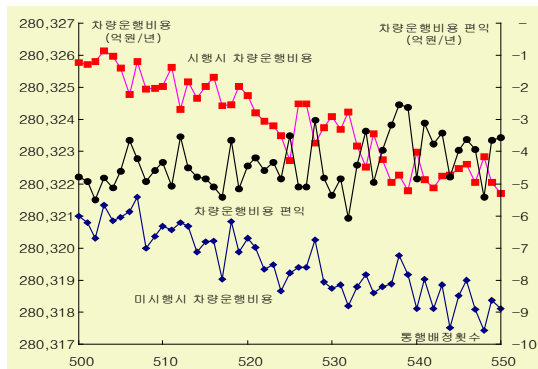
전국 단위의 침두시 O/D 및 Network을 이용한 통행배정 결과의 변동성 분석에 관한 부분은 김재영(2006)의 연구에서 상세히 다룬 바 있다. 본 연구에서는 통행배정 횟수와 종료기준에 따른 결과의 변동성에 대해 간략히 살펴보고자 한다.

1) 통행배정 횟수에 따른 변동성 분석

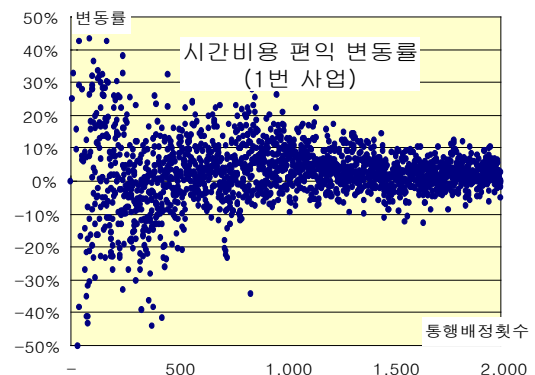
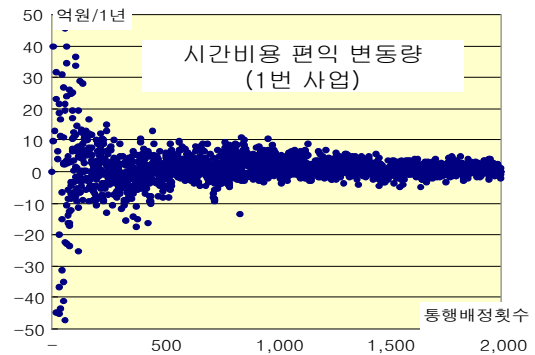
1번 사업에 대해서 통행배정 횟수가 500~550회인 구간의 사업미시행시와 사업시행시의 총 통행시간 비용 및 총 차량운행비용을 산출하여 각각 그림으로 나타내보면 <그림 1>~<그림 2>와 같다. 이때의 Relative Gap은 0.02 정도로서 EMME/2 프로그램에서 입력 가능한 Relative Gap의 최소값이 0.01임에 비추어 보았을 때 상당한 수준의 수렴정도에 도달한 값이라고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 연속된 통행배정 간에 통행시간비용은 1~10억원 정도, 차량운행비용은 약 1~4억원 정도 차이하고 있다.



<그림 1> 통행배정횟수에 따른 통행시간비용의 변화(1번 사업)



<그림 2> 통행배정횟수에 따른 차량운행비용의 변화(1번 사업)



<그림 3> 통행배정횟수에 따른 통행시간편익의 변동량 및 변동률(1번 사업, 1회~2000회)

다음으로는 통행배정 횟수에 따라 사업미시행시와 사업시행시의 차이값이 설정한 기준값과 얼마나 차이나는지(변동량), 그 변동량이 기준값 대비 얼마나 되는지(변동률)를 살펴볼 수 있다. 통행배정 횟수가 1회~2,000회인 구간에 대해서 각 사업별로 살펴본 결과 전반적으로 통행배정횟수의 증가에 따라 변동량과 변동률이 감소하는 현상을 보이고 있다.

변동량의 경우 각 사업에 따라 그 크기에 큰 차이가 없는 것으로 나타났으나, 이를 기준값으로 나눈 변동률을 살펴보면, 사업에 따라 상당히 차이가 나고 있다. 통행시간과 차량운행비용의 변동률은 1,000회 이상의 통행배정구간에서도 사업에 따라서 그 분포가 10%를 훨씬 초과하는 경우가 많이 발생하고 있다.

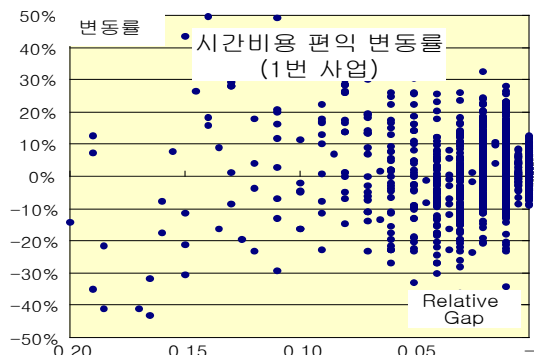
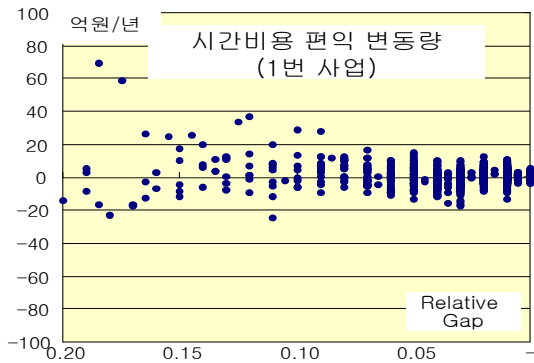
<그림 3>은 1번 사업을 대상으로 하여 1회~2000회까지 통행배정 횟수에 따른 시간비용 편익의 변동량과 변동률을 나타낸 예이다.

2) 종료기준(RG)에 따른 변동성 분석

다음으로는 각 사업별로 통행배정모형의 종료기준에

따라 편익추정 결과가 기준값 대비 얼마나 차이 나는지(변동량)와 기준값 대비 이 차이의 비율(변동률)이 얼마나 되는지를 살펴보았다. Relative Gap=0.20~0.01 구간에 대해서 각 사업별로 변동량을 살펴본 결과 통행시간편익과 차량운행비용편익의 변동량은 사업에 관계없이 그 현상이 비슷하게 나타나고 있다. 전체적으로 기준값과의 차이가 0일때를 중심으로 하여 위 아래로 분포하고 있으며, Relative Gap이 0에 가까워질 수록 그 분포의 폭이 줄어들고 있다. 또한 시간비용 편익의 변동량이 차량운행비용 편익의 변동량에 비해 보다 큰 것으로 나타나고 있다.

그러나 이러한 변동량을 기준값으로 나눈 변동률을 살펴보면, 분석지표별·사업별로 크게 차이를 알 수 있다. 이러한 현상이 나타나는 이유는 각 사업별로 변동량은 비슷하지만 기준값의 크기가 서로 다르기 때문이다. 따라서 변동량이 비슷할지라도 이를 나누는 모수인 기준값의 크기가 다르기 때문에 각 사업별로 변동률이 서로 다르게 나타나고 있다. <그림 4>는 1번 사업을 대상으로 하여 RG=0.01~0.20까지 종료기준에 따른 통행시간 편익의 변동량과 변동률을 나타낸 예이다.



<그림 4> 종료기준(RG)에 따른 통행시간편익의 변동량 및 변동률(1번 사업, RG=0.01~0.20)

IV. 안정성 제고 방안 분석

앞서 살펴본 바와 같이 편익의 크기가 작은 소규모 사업인 경우 Relative Gap=0.01이라는 엄격한 종료조건을 적용하여도 변동률이 10% 이상 나타나는 경우가 존재한다. 통행배정 모형의 종료조건을 낮출수록 소요되는 시간이 기하급수적으로 증가하므로, 마냥 종료조건을 낮추는 것이 최선의 해결책은 아닌 것으로 판단된다.

따라서 이러한 변동률을 줄이고 결과의 안정성을 향상시키기 위한 방안의 강구가 필요한데, 본 연구에서는 선행연구들과 실무적으로 사용되는 방안들을 참고하여 ① 편익산출 대상 링크를 축소시키는 방안, ② 영향권내 Sub-Area O/D 및 Network을 이용하는 방안, ③ 통행배정 결과의 평균값을 적용하는 방안의 세 가지를 살펴보았다.

1. 편익산출 대상 링크의 축소방안

편익산출 대상 링크의 축소는 전국단위의 기초자료를 사용하는데 있어서 주변 지역의 변동현상을 없애고자 과거에 통상적으로 많이 사용하였던 방법이다. 이는 영향권 설정후 내부의 O/D 및 Network을 별도로 추출해서 분석하는 방법이 아니라, 전국 단위의 자료를 그대로 이용하여 통행배정을 수행하되 영향권 반경내에 위치한 링크의 결과값만을 합산하여 편익을 산출하는 개념이다. 적용의 편리성으로 인해 과거 많이 사용되어 왔으나, 사업 시행에 따라 편익산출 구간내의 교통량이 변화한다는 단점이 있다.

편익산출 반경을 50km, 100km, 150km로 나누어서 편익을 산출한 다음, 각각에 대해 기준값 대비 변동률이 어떠한지를 살펴보았다. 결과는 부록의 <표 4>, <표 5>와 같다. 1번 사업의 경우 반경 50km 내의 결과값을 적용할 경우 Relative Gap이 낮아짐에 따라 변동률에 큰 변화가 없는 것으로 나타났으나, 시간비용편익은 과소하고 차량운행비용 편익은 과다하게 추정되었다. 반면 반경 100km 이상부터는 시간비용 편익은 기준값 보다 과다하게, 차량운행비용 편익은 과소하게 추정되는 것으로 나타났다. 2번 사업 또한 반경 50km, 100km 이내의 결과값을 적용할 경우 시간비용 편익과 차량운행비용 편익 모두 기준값에 비해 상당히 과소추정 되는 것으로 나타났다.

영향권 반경이 작아질수록 Relative Gap의 변화에 따른 편익추정 결과의 변화는 크지 않으나, 편익이 기준값에 비해 상당히 과소추정될 수 있다. 편익이 과소추정되는 현상이 나타나는 원인은 편익산출 반경내의 통행량이 사업 미시행시에 비해 사업 시행시에 보다 증가하기 때문인 것으로 알려져 있다. 사업 시행으로 인해 교통여건이 개선됨으로서 반경내에 유입되는 차량이 증가하기 때문에, 단순히 사업 미시행시와 사업시행시의 결과값을 합산하여 비교할 경우 증가된 차량으로 인한 왜곡이 발생하기 마련이다.

2. 영향권내 Sub-Area O/D 및 Network 이용방안

두번째는 설정된 영향권내의 Sub-Area O/D 및 Network을 추출하고 추출한 자료를 이용한 통행배정 결과값을 이용하여 편익을 추정하는 방안이다. 분석을 위해 가상으로 영향권 반경을 50km, 100km, 150km로 설정한 다음 각 반경별로 Sub-Area O/D 및 Network을 추출하였다²⁾. 다음으로 추출된 자료를 이용하여 통행배정한 다음 편익을 추정한 결과와 기준값과의 비교를 통해 변동률을 산정하였다. 결과는 부록의 <표 6>, <표 7>과 같다.

1번 사업과 2번 사업 모두 추출한 영향권 반경의 크기가 작을 수록 통행배정에 걸리는 시간이 상당히 단축되고, 또한 Relative Gap에 따른 결과값의 편차가 그리 크지 않은 것으로 나타나 모형의 수렴특성은 상당히 개선되는 효과를 볼 수 있다.

그러나 편익추정 결과를 살펴보면 1번 사업의 경우 반경 50km와 100km, 150km 이하의 추출된 자료를 이용할 경우 모두 시간비용 편익과 차량운행비용 편익이 과소하게 추정되는 것으로 나타났다. 그러나 2번 사업의 경우에는 반경 50km 이하의 추출된 자료를 이용할 경우 편익이 오히려 상당히 과다하게 추정되는 것으로 나타나고 있어 영향권 반경에 따라 편익의 과대 혹은 과소 추정 현상이 마찬가지로 존재하고 있음을 알 수 있다.

살펴본 바에 의하면 영향권의 크기에 따라 편익추정 결과가 과대 혹은 과소할 수 있는 것으로 나타났다. 과연 영향권의 크기를 어떻게 결정하느냐에 관한 명확한 기준은 찾아보기 어렵다. 이에 관해서는 대부분의 문헌에서

어느 정도 분석가의 전문가적인 판단과 재량을 인정하고 있으며, 다만, 분석가가 판단을 내리는데 있어서 고려해야 할 기준과 절차를 제시하고 있는 정도이다. 국내의 경우 현재 사용하고 있는 영향권 설정 기준은 O/D 통행량 비율과 링크교통량 변화율, 링크교통량 변화량 등이다.

이는 결국 현재 제시하고 있는 기준들은 영향권 설정 원칙으로 표준화되기가 어렵다는 점을 시사하고 있다. 영향권 반경에 따라 추출한 Sub-Area O/D 및 Network을 이용하는 방안은 수렴속도나 결과의 안정성을 상당히 향상시키는 장점이 있는 반면, 영향권의 크기에 따라 편익이 과소 혹은 과다하게 추정될 수 있다는 단점이 있다. 아직까진 영향권 설정에 관해 명확한 기준이 제시되고 있지 않기 때문에, 영향권을 추출한 자료를 이용하는 방안은 그 사용에 있어서 상당한 신중을 기해야 할 것이다. 아울러 향후 영향권 설정에 관해 보다 명확한 규정이 설정되어야 할 필요가 있을 것이고 이에 관한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

3. 연속한 통행배정 결과의 평균값 이용방안

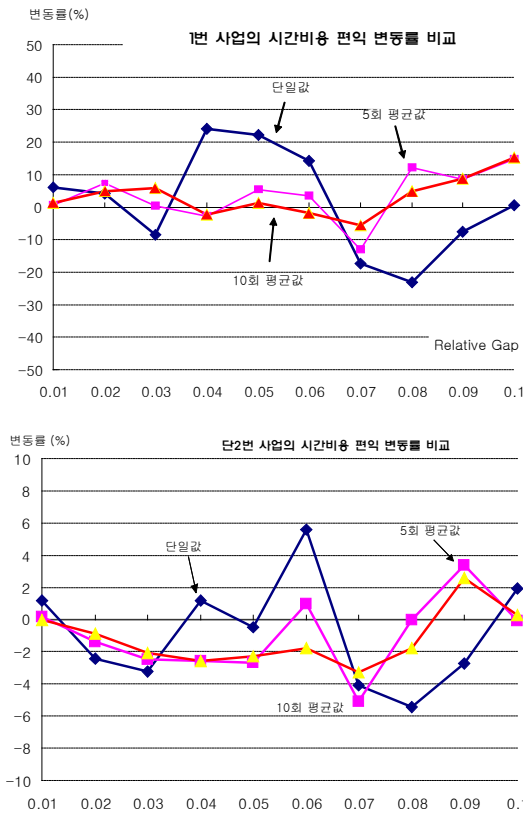
세 번째는 통행배정 결과의 구간 평균값을 이용하는 방안이다. 평균값은 Relative Gap이 정해진 기준에 도달하였을 때의 단일값과 이로부터 각각 5회와 10회의 연속된 통행배정을 거쳐 도출한 결과를 평균하여 계산한다. 결과는 부록의 <표 8>, <표 9>와 같다.

연속한 구간의 평균값을 이용하였을 때 Relative Gap에 따른 편익의 변동률을 살펴보면 1번 사업과 2번 사업 모두 단일값을 이용하였을 때에 비해 평균값을 이용하였을 때가 전반적으로 개선되는 것으로 나타났다. <그림 5>는 1번과 2번 사업에 대해서 종료기준에 따른 시간비용 편익의 변동률을 나타내고 있다. 단일값에 비해 5회 평균값과 10회 평균값을 이용하였을 때의 변동률이 보다 안정적임을 파악할 수 있다.

V. 종료기준(RG)과 편익 변동량의 관계 분석 및 정책제언

변동성에 대한 분석결과 종료기준 중 한가지인 Relative Gap에 따라 편익의 변동률은 사업별로 꽤 차이가 크지만,

2) 영향권내 Sub-Area O/D 및 Network 추출시 사업 미시행시를 기준으로 하느냐, 사업 시행시를 기준으로 하느냐에 관한 쟁점이 있을 수 있다. 본 연구에서는 사업 시행시를 기준으로 하여 분석을 수행하였기 때문에, 사업미시행시를 기준으로 한 분석결과보다 편익이 다소 높을 수 있다.



〈그림 5〉 평균값 이용방안의 시간비용 편익 변동률 비교(1번, 2번 사업)

변동률은 비슷한 점을 발견할 수 있었다. 이러한 점에 착안하여 종료기준과 편익변동률과의 관계를 회귀분석을 통해 도출해보면 종료기준에 따라 편익의 예상 변동률이 평균적으로 얼마나 될지를 개략적으로 살펴볼 수 있다. 〈그림 6〉은 종료기준에 따라 단일값, 5회 평균값, 10회 평균값을 사용하였을 때의 시간편익 변동률의 분포를 나타내고 있다.

종료기준(RG)과 편익 변동률과의 관계 분석은 회귀분석을 이용하여 수행하였다.

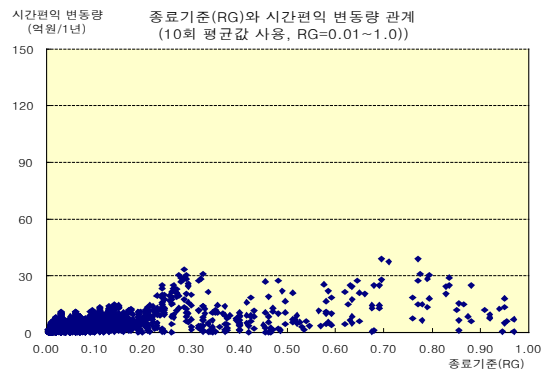
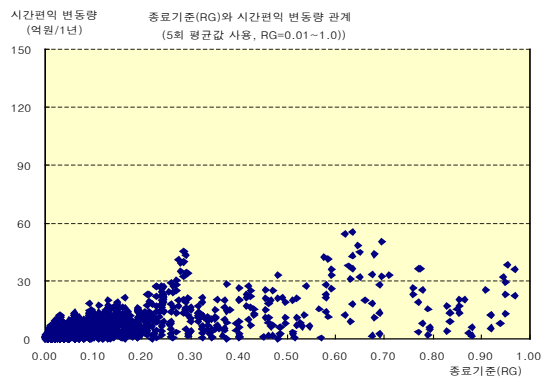
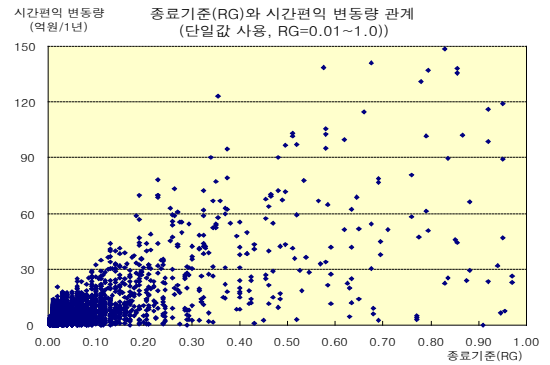
Relative Gap이 0일 경우 변동률 또한 0이 될 것이라는 가정하에 상수항을 포함하지 않은 단순회귀식을 구성하였다. Relative Gap=0.01~1.00 사이의 자료를 이용하여 Relative Gap과 시간비용편익의 변동률 관계를 다음과 같은 회귀식을 구성하여 분석하였다.

【Relative Gap과 편익변동률 관계분석을 위한 회귀식】

$$Y_i = bX_i$$

여기서, Y_i : 통행시간 편익의 변동률(억원/년)

X_i : Relative Gap(%)



〈그림 6〉 종료기준(RG)과 시간편익의 변동률 분포

분석결과는 〈표 2〉와 같으며, 추정된 Relative Gap의 계수값과 검정을 위한 t값, F값, 모형의 적합도를 나타내는 R^2 을 살펴보았다. F값을 이용한 검정결과 모든 경우에서 추정된 모델이 신뢰수준 99%에서 유의한 것으로 나타났으며, t값을 이용한 검정결과 또한 추정된 계수값이 신뢰수준 99%에서 유의한 것으로 나타났다. 잔차의 자기상관을 나타내는 Durbin-Watson 값을 살펴보면 단일값 사용시에는 2에 가까운 값을 가져 독립적이라고 볼 수 있으나 평균값을 사용하는 경우 2보다는 1에 가

〈표 2〉 회귀분석 결과값

통행시간편익 변동량(억원/년)	RG 계수값	t값	F값	Durbin- Watson	조정된 R^2
단일값	88.88	126.6	16,025	1.79	0.62
5회 평균값	35.82	111.8	12,507	0.50	0.55
10회 평균값	27.14	100.1	10,028	0.27	0.50

주: Relative Gap=0.01~1.00 사이의 자료를 이용한 분석결과로서, 사용하는 기초자료에 따라 달라질 수 있음.

〈표 3〉 종료기준(RG)에 따른 편익의 예상 변동량
(단위: 억원/년)

종료기준 (RG, %)	시간비용 편익의 예상 변동량(억원/년)
0.01	0.36
0.02	0.72
0.03	1.07
0.04	1.43
0.05	1.79
0.06	2.15
0.07	2.51
0.08	2.87
0.09	3.22
0.10	3.58
0.20	7.16
0.30	10.75
0.40	14.33
0.50	17.91
0.60	21.49
0.70	25.07
0.80	28.66
0.90	32.24
1.00	35.82

주: 전국 철두시 자료를 이용한 결과로서 사용하는 기초자료에 따라 달라질 수 있음.

까워 다소 자기상관성이 존재하는 것으로 나타났다. 모형의 적합도를 나타내는 R^2 값은 0.50~0.62로 나타났다.

종료기준(RG)의 계수값을 살펴보면 단일값 사용시 88.88, 5회 평균값 사용시 35.82, 10회 평균값 사용시 27.14로 나타났다. 이는 단일값 사용시 Relative Gap=1.0의 기준을 적용하여 얻은 통행시간 편익은 평균적으로 연간 약 89억원 정도 차이가 있을 수 있음을 의미한다. 5회 평균값과 10회 평균값의 계수가 낮아지는 것은 같은 종료기준(RG)을 적용하였을 때 얻은 편익추정 결과의 예상 차이값이 낮아짐을 의미한다.

단일값을 적용하였을 때보다 평균값을 적용하였을 때 변동량이 훨씬 줄어들었으나, 5회 평균값에 비해 10회 평균값의 개선효과는 그리 크지 않은 것으로 판단된다. 5회 평균값에 대한 회귀식을 이용하여 Relative Gap에

따른 시간비용 편익과 차량운행비용 편익의 예상 변동량을 살펴보면 〈표 3〉과 같은 결과를 얻을 수 있다.

추정된 결과의 허용 오차율을 약 10%라고 가정할 경우, 연간 시간비용 편익이 100억원인 사업의 허용오차는 약 ±10억원이 된다. 위의 표에서 예상변동량이 10억원 이내인 경우는 Relative Gap=0.20 이하일 때이다. 그러나 표 안에 제시된 수치는 변동량의 평균적인 수준을 나타내는 개념으로서 실제 변동량은 이보다 클 수도 있고 작을 수도 있다.

이러한 현상을 감안하여 종료기준을 일률적으로 적용하기 보다는 사업의 규모에 따라 종료기준을 달리할 필요가 있다. 즉, 편익의 규모가 큰 사업에 대해서는 보다 완화된 종료기준을, 편익의 규모가 작은 사업에 대해서는 보다 엄격한 종료기준을 적용할 필요가 있을 것이다.

Ⅵ. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 이용자 균형 통행배정모형의 결과를 이용한 교통투자사업의 편익추정시 결과의 안정성을 향상시킬 수 있는 방안에 관해 살펴보았다. 기존의 연구들에서는 사업의 규모에 따라 적정한 종료기준을 달리 적용할 필요가 있음을 언급하고 있으나, 이에 대한 실증적 분석결과는 제시하지 못하고 있다.

이에 본 연구에서는 국내에서 일반적으로 사용하고 있는 기초자료와 기준에 따라 가상의 대상사업을 선정하여 사례분석을 수행하였다. 안정성 향상을 위해 실무적으로 많이 사용되고 있는 세가지 방안에 대해 분석을 수행하였으며, 이 중 연속된 통행배정 결과의 5회 평균값을 이용하되 편익의 규모에 따라 종료기준을 달리하는 방안이 가장 적절할 것으로 판단되었다. Sub-Area O/D 및 Network을 이용하는 방안의 경우 모형의 크기가 작아질수록 수렴속도는 향상되나 편익추정 결과가 과대 혹은 과소할 수 있는 것으로 나타나, 현재 영향권 설정에 관한 기준이 모호한 상태에서는 이와 같은 방안을 적용함에 있어 매우 주의할 필요가 있음을 알 수 있다.

마지막으로 본 연구에서 제안한 기준은 전국 단위의 O/D 및 Network을 이용하여 철두시를 대상으로 한 분석을 수행할 경우 적용가능하며, 사용하는 기초자료가 달라지거나 혼잡도가 다를 경우 적정 기준은 달라질 수 있다. 5대 광역권 자료나 수도권 자료를 이용할 경우 이에 적합한 기준은 달라져야 할 것이며 이에 관한 분석 또한 앞으로 필요할 것이다.

참고문헌

1. 김재영(2006), “통행배정모형의 종료조건에 따른 결과의 변동성 검토”, 대한교통학회 제54회 학술발표대회, 대한교통학회.
2. 김재영(2007), “통행배정 결과분석을 토대로한 교통시설사업 편익추정의 안정성제고에 관한 연구”, 서울시립대학교 박사학위 논문.
3. 박현·김재영(2006), “예비타당성조사 쟁점연구(I)”, 한국개발연구원.
4. 임강원·임용택(2003), “교통망분석론”, 서울대학교 출판부.
5. 한국개발연구원(2004), “도로·철도부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제4판)”.
6. 한국개발연구원(2005), “제2차 국도건설 5개년(2006~2010) 계획(안) 검증사업”.
7. Blaschuk, C. and Hunt, J.D., (2004), “Traffic Assignment Convergence and its Effects on Selecting Network Improvements”, 18th International EMME/2 User’s Conference, Mexico.
8. Bloy, K. (2004), “The Equilibrium Assignment - What is A “Correct” Solution?”, 18th International EMME/2 User’s Conference, Mexico.
9. Boyce, D., Ralevic-Dekic, B. and Bar-Gera, H. (2004), “Convergence of traffic assignments: How much is enough?”, Journal of Transportation Engineering, Vol. 130, pp.49~55.
10. Rose, G., Daskin, M. S. and Koppelman, F. S. (1988), “An examination of convergence error in equilibrium traffic assignment models”, Transportation Research Part B, vol. 22, pp.261~274.
11. Van Vuren, T., Harris, R. and Emmerson, P. (1995), “Convergence monitoring for congested assignment in road scheme appraisal”, Procedure PTRC European Transport Forum, Seminar E.
12. Wilson, M., Guo, X. and Daizli, M. (2006), “Convergence of the Sydney strategic traffic model - Implications for economic analysis of urban road projects”, 20th International Emme Users’ Conference, Canada.

✉ 주 작 성 자 : 김재영

✉ 교 신 저 자 : 김재영

✉ 논문투고일 : 2007. 2. 24

✉ 논문심사일 : 2007. 5. 8 (1차)

2007. 8. 7 (2차)

✉ 심사판정일 : 2007. 8. 7

✉ 반론접수기한 : 2008. 4. 30

[부록 A] 각 방안별 편익 및 변동률 결과

〈표 4〉 편익산출 대상링크 축소시(1번 사업)

종료 기준 (RG)	시간비용편익(억원/1년)			차량운행비용편익(억원/1년)		
	50km	100km	150km	50km	100km	150km
1.00	33.0	36.4	-99.0	-7.5	-6.9	-62.6
0.90	38.0	48.5	102.7	-7.3	-7.0	1.8
0.80	26.6	35.8	43.1	-11.2	-9.0	-14.0
0.70	25.6	37.4	-77.3	-13.1	-8.2	-41.1
0.60	30.3	40.3	49.1	-10.9	-7.7	-7.4
0.50	33.2	41.9	17.8	-8.7	-5.7	-23.2
0.40	28.7	38.5	-8.6	-9.6	-5.3	-19.6
0.30	29.6	38.4	79.7	-9.2	-5.3	5.1
0.20	31.6	41.1	45.1	-9.2	-5.3	0.2
0.10	31.6	41.8	46.9	-9.0	-4.4	-0.2
0.09	32.7	41.6	49.0	-8.5	-4.5	-2.2
0.08	33.5	42.7	53.1	-8.5	-4.3	-1.0
0.07	32.5	42.5	44.7	-8.7	-4.1	-3.4
0.06	33.5	43.4	42.9	-8.5	-4.0	-3.8
0.05	32.3	42.3	46.5	-8.7	-3.9	-1.2
0.04	32.4	42.8	44.6	-8.6	-3.7	-3.9
0.03	32.3	43.0	43.6	-8.7	-3.5	-2.9
0.02	32.6	43.3	44.6	-8.7	-3.4	-2.9
0.01	32.7	43.3	44.0	-8.6	-3.4	-3.0
기준값	39.6			-4.3		

〈표 5〉 편익산출 대상링크 축소시(2번 사업)

종료 기준 (RG)	시간비용편익(억원/1년)			차량운행비용편익(억원/1년)		
	50km	100km	150km	50km	100km	150km
1.00	207.2	109.3	74.6	35.8	31.8	23.8
0.90	194.8	318.5	277.8	58.6	101.8	115.9
0.80	244.2	258.2	284.0	42.1	46.1	56.7
0.70	155.0	66.7	106.3	17.7	2.7	32.6
0.60	131.1	153.9	153.4	49.4	73.0	83.8
0.50	119.7	188.7	233.8	50.3	75.5	99.0
0.40	107.5	144.0	163.9	39.9	47.8	57.6
0.30	151.7	186.3	203.2	53.4	67.4	78.3
0.20	141.8	199.2	195.3	51.6	79.2	79.5
0.10	147.6	193.5	205.1	53.3	75.3	80.7
0.09	145.1	179.0	192.8	51.3	73.5	77.8
0.08	147.6	193.0	203.1	49.4	70.9	77.1
0.07	152.0	182.8	189.1	53.6	72.4	79.1
0.06	160.9	198.6	211.1	54.2	73.0	79.0
0.05	153.6	189.2	198.9	52.1	72.9	81.0
0.04	152.2	189.8	203.3	53.5	73.4	82.4
0.03	151.8	189.7	200.2	53.4	74.0	81.5
0.02	152.8	190.4	202.1	53.6	73.8	81.4
0.01	152.7	190.0	205.1	53.2	73.7	82.1
기준값	205.2			81.2		

종료 기준 (RG)	시간비용편익변동률(%)			차량운행비용편익변동률(%)		
	50km	100km	150km	50km	100km	150km
1.00	-16.6	-8.0	-350.1	74.3	60.3	1.351
0.90	-3.9	22.6	159.5	68.9	62.3	-142.7
0.80	-32.9	-9.7	8.8	160.8	108.7	223.8
0.70	-35.3	-5.5	-295.2	203.0	89.2	853.4
0.60	-23.6	1.7	23.9	152.4	77.9	72.6
0.50	-16.2	5.9	-55.2	102.9	32.2	437.5
0.40	-27.5	-2.8	-121.7	121.6	23.4	353.7
0.30	-25.2	-3.0	101.4	113.5	23.9	-218.2
0.20	-20.2	3.9	14.0	113.6	22.3	-105.6
0.10	-20.2	5.6	18.4	109.1	0.9	-96.4
0.09	-17.4	5.1	23.7	97.5	3.9	-48.8
0.08	-15.3	7.8	34.2	96.3	-0.7	-76.0
0.07	-17.8	7.3	12.9	101.3	-5.3	-20.7
0.06	-15.4	9.5	8.4	96.2	-6.1	-12.7
0.05	-18.5	6.7	17.5	101.1	-10.4	-72.8
0.04	-18.1	8.1	12.5	100.3	-13.4	-10.6
0.03	-18.3	8.5	10.1	102.8	-19.2	-32.3
0.02	-17.7	9.4	12.5	102.0	-20.8	-32.3
0.01	-17.4	9.4	11.2	99.8	-21.1	-31.3

종료 기준 (RG)	시간비용편익변동률(%)			차량운행비용편익변동률(%)		
	50km	100km	150km	50km	100km	150km
1.00	1.0	-46.7	-63.6	-55.8	-60.8	-70.7
0.90	-5.1	55.2	35.4	-27.8	25.5	42.9
0.80	19.0	25.8	38.4	-48.1	-43.1	-30.1
0.70	-24.4	-67.5	-48.2	-78.2	-96.6	-59.9
0.60	-36.1	-25.0	-25.2	-39.2	-10.1	3.3
0.50	-41.6	-8.1	14.0	-38.0	-7.0	22.0
0.40	-47.6	-29.8	-20.1	-50.9	-41.1	-29.0
0.30	-26.1	-9.2	-1.0	-34.1	-17.0	-3.5
0.20	-30.9	-2.9	-4.8	-36.4	-2.5	-2.1
0.10	-28.1	-5.7	0.0	-34.4	-7.2	-0.6
0.09	-29.3	-12.8	-6.0	-36.7	-9.5	-4.1
0.08	-28.1	-5.9	-1.0	-39.2	-12.7	-5.0
0.07	-25.9	-10.9	-7.8	-34.0	-10.8	-2.5
0.06	-21.6	-3.2	2.9	-33.2	-10.1	-2.7
0.05	-25.1	-7.8	-3.1	-35.8	-10.2	-0.2
0.04	-25.8	-7.5	-0.9	-34.1	-9.6	1.5
0.03	-26.0	-7.5	-2.4	-34.2	-8.9	0.4
0.02	-25.5	-7.2	-1.5	-33.9	-9.1	0.3
0.01	-25.6	-7.4	0.0	-34.5	-9.2	1.2

〈표 6〉 Sub-Area 자료 이용시(1번 사업)

종료 기준 (RG)	시간비용편익(억원/1년)			차량운행비용편익(억원/1년)		
	50km	100km	150km	50km	100km	150km
1.00	37.1	39.4	34.9	-1.8	-2.1	4.5
0.90	37.1	39.4	79.0	-1.8	-2.1	1.8
0.80	37.1	39.4	79.0	-1.8	-2.1	1.8
0.70	37.1	39.1	79.0	-1.8	-1.9	1.8
0.60	37.1	38.5	13.8	-1.8	-1.9	-8.9
0.50	37.1	38.5	32.3	-1.8	-1.9	7.2
0.40	37.1	38.3	73.5	-1.8	-1.9	2.7
0.30	37.1	38.0	33.4	-1.8	-1.9	-2.4
0.20	37.1	37.7	28.6	-1.8	-1.9	-4.1
0.10	37.1	37.4	38.4	-1.8	-1.8	-4.0
0.09	37.1	37.3	39.2	-1.8	-1.8	-3.1
0.08	37.1	43.0	39.6	-1.8	2.2	-1.6
0.07	37.1	37.3	42.8	-1.8	-1.8	-3.5
0.06	37.1	37.3	39.2	-1.8	-1.8	-2.3
0.05	37.1	37.2	34.6	-1.8	-1.8	-4.0
0.04	37.1	37.2	29.7	-1.8	-1.8	-3.8
0.03	37.1	37.2	38.4	-1.8	-1.8	-2.9
0.02	37.1	37.2	34.8	-1.8	-1.8	-3.9
0.01	37.1	37.2	37.9	-1.8	-1.8	-3.5
기준값	39.6			-4.3		

〈표 7〉 Sub-Area 자료 이용시(2번 사업)

종료 기준 (RG)	시간비용편익(억원/1년)			차량운행비용편익(억원/1년)		
	50km	100km	150km	50km	100km	150km
1.00	487.6	477.4	100.8	111.0	144.4	59.5
0.90	188.9	254.9	115.2	110.6	88.8	41.2
0.80	271.3	220.8	168.7	87.9	123.6	78.8
0.70	214.2	153.2	212.0	94.3	47.9	58.5
0.60	187.3	154.5	108.1	74.9	70.2	94.3
0.50	322.3	212.9	215.7	73.3	68.3	79.3
0.40	305.3	304.8	253.9	94.3	89.7	83.8
0.30	259.9	140.1	236.6	78.3	77.3	93.3
0.20	238.2	208.3	224.4	78.5	75.0	77.7
0.10	282.9	220.1	192.7	79.7	78.6	68.7
0.09	282.9	230.1	197.4	79.7	75.3	74.5
0.08	259.3	217.6	208.5	79.1	79.3	76.9
0.07	294.1	206.8	195.2	78.6	74.9	77.8
0.06	277.7	203.0	223.2	78.1	82.4	77.4
0.05	269.7	209.8	201.4	78.1	76.0	78.8
0.04	285.9	210.4	213.2	78.1	78.9	80.3
0.03	276.4	200.2	213.3	78.5	77.6	77.7
0.02	276.2	207.9	208.3	78.5	77.9	77.8
0.01	272.3	205.3	209.1	78.4	78.1	78.8
기준값	205.2			81.2		

종료 기준 (RG)	시간비용편익변동률(%)			차량운행비용편익변동률(%)		
	50km	100km	150km	50km	100km	150km
1.00	-6.4	-0.5	-12.0	-57.7	-51.3	-205.3
0.90	-6.4	-0.5	99.5	-57.7	-51.3	-141.1
0.80	-6.4	-0.5	99.5	-57.7	-51.3	-141.1
0.70	-6.4	-1.3	99.5	-57.7	-54.8	-141.1
0.60	-6.4	-2.6	-65.2	-57.7	-55.0	105.3
0.50	-6.4	-2.6	-18.5	-57.7	-55.0	-266.1
0.40	-6.4	-3.3	85.5	-57.7	-55.5	-162.5
0.30	-6.4	-3.9	-15.7	-57.7	-56.4	-43.5
0.20	-6.4	-4.8	-27.7	-57.7	-56.4	-4.3
0.10	-6.4	-5.6	-2.9	-57.7	-57.2	-6.7
0.09	-6.4	-5.7	-0.9	-57.7	-57.3	-28.2
0.08	-6.4	8.7	-0.1	-57.7	-151.6	-61.9
0.07	-6.4	-5.8	8.0	-57.7	-57.2	-19.9
0.06	-6.4	-5.9	-1.1	-57.7	-57.3	-47.3
0.05	-6.4	-5.9	-12.6	-57.7	-57.3	-7.6
0.04	-6.4	-6.0	-25.1	-57.7	-57.4	-12.1
0.03	-6.4	-6.0	-3.0	-57.7	-57.4	-33.2
0.02	-6.4	-6.0	-12.2	-57.7	-57.4	-10.4
0.01	-6.4	-5.9	-4.2	-57.7	-57.2	-17.8

종료 기준 (RG)	시간비용편익변동률(%)			차량운행비용편익변동률(%)		
	50km	100km	150km	50km	100km	150km
1.00	137.6	132.7	-50.9	36.8	77.9	-26.7
0.90	-7.9	24.2	-43.9	36.2	9.4	-49.2
0.80	32.2	7.6	-17.8	8.2	52.3	-2.8
0.70	4.4	-25.3	3.3	16.2	-41.0	-27.9
0.60	-8.7	-24.7	-47.3	-7.7	-13.5	16.1
0.50	57.1	3.8	5.1	-9.7	-15.9	-2.3
0.40	48.8	48.5	23.7	16.2	10.5	3.3
0.30	26.7	-31.7	15.3	-3.6	-4.7	15.0
0.20	16.1	1.5	9.4	-3.3	-7.6	-4.3
0.10	37.9	7.2	-6.1	-1.8	-3.2	-15.3
0.09	37.9	12.2	-3.8	-1.8	-7.2	-8.1
0.08	26.4	6.0	1.6	-2.5	-2.2	-5.2
0.07	43.3	0.8	-4.9	-3.2	-7.7	-4.1
0.06	35.4	-1.1	8.8	-3.8	1.5	-4.6
0.05	31.4	2.2	-1.8	-3.7	-6.4	-2.9
0.04	39.4	2.5	3.9	-3.8	-2.8	-1.1
0.03	34.7	-2.4	3.9	-3.3	-4.4	-4.2
0.02	34.6	1.3	1.5	-3.3	-4.0	-4.2
0.01	32.7	0.1	1.9	-3.4	-3.8	-2.9

〈표 8〉 평균값 이용시(1번 사업)

종료 기준 (RG)	시간비용편익(억원/1년)			차량운행비용편익(억원/1년)		
	5회평균	10회평균	단일값	5회평균	10회평균	단일값
1.00	199.7	140.3	211.4	45.5	42.1	44.0
0.90	185.5	122.1	196.4	49.3	39.9	49.1
0.80	109.2	75.5	243.4	36.1	27.4	16.5
0.70	136.6	120.5	78.5	67.6	54.9	71.9
0.60	-1.7	17.8	61.1	-11.4	-10.6	-8.6
0.50	71.5	78.5	97.3	12.8	11.2	25.5
0.40	24.5	30.6	94.3	-6.5	-7.3	-6.2
0.30	44.4	45.7	42.6	-3.6	-4.1	-4.1
0.20	55.6	45.3	31.1	-3.9	-3.9	0.1
0.10	45.4	45.7	39.8	-3.4	-4.1	-5.6
0.09	42.9	43.1	36.6	-4.1	-4.5	-3.9
0.08	44.4	41.5	30.4	-4.0	-4.2	-6.4
0.07	34.4	37.4	32.7	-3.8	-4.0	-3.8
0.06	41.0	38.9	45.3	-4.8	-4.7	-4.8
0.05	41.8	40.1	48.3	-3.9	-3.7	-2.6
0.04	38.5	38.7	49.1	-3.4	-3.5	-3.9
0.03	39.8	41.9	36.3	-4.8	-4.7	-4.8
0.02	42.4	41.6	41.2	-3.5	-3.6	-3.3
0.01	39.8	40.1	42.0	-4.6	-4.6	-4.2
기준값	39.6			-4.3		

〈표 9〉 평균값 이용시(2번 사업)

종료 기준 (RG)	시간비용편익(억원/1년)			차량운행비용편익(억원/1년)		
	5회평균	10회평균	단일값	5회평균	10회평균	단일값
1.00	192.3	187.4	86.3	49.9	58.1	25.4
0.90	329.4	296.5	326.0	123.6	116.8	144.2
0.80	213.2	190.3	336.3	66.5	68.3	62.9
0.70	191.8	190.7	126.3	68.3	71.5	54.8
0.60	191.3	195.3	171.3	74.1	76.7	83.9
0.50	233.4	246.0	203.5	101.9	98.2	106.9
0.40	164.5	173.7	168.0	47.5	51.0	49.4
0.30	221.1	213.6	210.7	78.5	78.3	74.3
0.20	215.7	208.2	216.0	82.5	83.1	89.9
0.10	205.1	205.8	209.2	82.8	82.1	82.7
0.09	212.1	210.5	199.6	82.6	83.0	81.1
0.08	205.2	201.4	194.0	80.2	79.6	78.4
0.07	194.8	198.4	196.8	80.1	80.0	81.3
0.06	207.2	201.5	216.7	78.3	78.6	77.9
0.05	199.6	200.5	204.2	79.8	80.3	80.2
0.04	199.9	199.8	207.7	81.3	81.0	81.4
0.03	200.0	200.8	198.6	81.6	81.2	81.3
0.02	202.3	203.3	200.2	81.5	81.6	81.5
0.01	205.7	205.2	207.6	81.1	81.0	80.9
기준값	205.2			81.2		

종료 기준 (RG)	시간비용편익변동률(%)			차량운행비용편익변동률(%)		
	5회평균	10회평균	단일값	5회평균	10회평균	단일값
1.00	404.2	254.4	433.9	-1155.2	-1075.7	-1119.6
0.90	368.4	208.4	396.0	-1242.5	-1024.3	-1238.4
0.80	175.8	90.8	514.7	-936.2	-734.3	-481.9
0.70	244.9	204.2	98.3	-1668.0	-1372.7	-1768.1
0.60	-104.3	-55.0	54.2	163.8	146.2	100.0
0.50	80.6	98.4	145.8	-396.2	-359.5	-690.6
0.40	-38.2	-22.7	138.1	51.7	69.0	42.8
0.30	12.0	15.4	7.7	-16.8	-4.6	-5.8
0.20	40.5	14.5	-21.5	-10.0	-9.9	-102.2
0.10	14.7	15.3	0.6	-20.6	-4.5	29.7
0.09	8.4	8.8	-7.7	-4.2	4.7	-8.7
0.08	12.2	4.8	-23.1	-7.7	-2.0	49.3
0.07	-13.0	-5.6	-17.4	-12.6	-8.2	-11.6
0.06	3.5	-1.7	14.3	11.2	8.9	12.3
0.05	5.5	1.2	22.1	-10.3	-13.1	-39.9
0.04	-2.7	-2.2	24.0	-22.2	-17.8	-10.1
0.03	0.4	5.9	-8.4	10.4	9.8	10.1
0.02	7.2	4.9	4.1	-17.7	-17.3	-24.6
0.01	0.5	1.4	6.1	6.8	6.1	-2.2

종료 기준 (RG)	시간비용편익변동률(%)			차량운행비용편익변동률(%)		
	5회평균	10회평균	단일값	5회평균	10회평균	단일값
1.00	-6.3	-8.7	-58.0	-38.5	-28.4	-68.7
0.90	60.6	44.5	58.9	52.3	44.0	77.7
0.80	3.9	-7.2	63.9	-18.0	-15.9	-22.5
0.70	-6.5	-7.1	-38.4	-15.8	-11.9	-32.5
0.60	-6.8	-4.8	-16.5	-8.6	-5.5	3.4
0.50	13.7	19.9	-0.8	25.6	21.0	31.7
0.40	-19.8	-15.3	-18.1	-41.4	-37.1	-39.1
0.30	7.8	4.1	2.7	-3.3	-3.6	-8.4
0.20	5.1	1.5	5.3	1.6	2.4	10.8
0.10	-0.1	0.3	1.9	2.1	1.2	1.9
0.09	3.4	2.6	-2.7	1.8	2.2	-0.1
0.08	0.0	-1.8	-5.5	-1.2	-2.0	-3.4
0.07	-5.1	-3.3	-4.1	-1.3	-1.4	0.1
0.06	1.0	-1.8	5.6	-3.5	-3.1	-4.0
0.05	-2.7	-2.3	-0.5	-1.7	-1.0	-1.2
0.04	-2.6	-2.6	1.2	0.2	-0.2	0.3
0.03	-2.5	-2.1	-3.2	0.5	0.1	0.1
0.02	-1.4	-0.9	-2.4	0.4	0.6	0.5
0.01	0.2	0.0	1.2	-0.1	-0.2	-0.3