

# 경량전철시스템의 평가항목 설정에 관한 연구

## A Study on the Evaluation Criteria of Light Rail Transit Systems

김현웅\*                      정병현\*                      문대섭\*\*  
Kim, Hyun-Woong    Chung, Byung-Hyun    Moon, Dae-Seop

### ABSTRACT

It is hard for central and local government, constructor to decide an appropriate system any city, because there are many factors that must considered. So, we considered various factor such as capability, accessibility, usability, durability, serviceability, availability, reliability, dependability, maintainability, etc that used previous research and feasibility study. As more important factors, they should take into consideration prices, a possibility on whether or not technology is applicable for repairing or keeping the system, the localization rate, and all kinds of contracts, when deciding a system. We put in order factors and grouping for interested party. This article present almost factors that be used to decide light railway system, maybe these factor consideration will be helpful for system decider.

### 1. 서론

1990년대부터 우리나라는 도시교통문제 해소 및 다양한 대중교통 서비스 제공, 그리고 대중교통 투자비용 효율성 제고의 일환으로 경량전철 도입을 검토하기 시작했다. 이미 프랑스, 일본, 미국, 캐나다 등 주요 선진국에서는 경량전철 운영을 통해 새로운 도시교통 시스템으로서의 경량전철의 장점을 입증시켜 주었고, 가장 최근에는 싱가포르(1999년 9월), 말레이시아(1999년 7월), 태국(1999년 12월) 등 주요 아시아의 개발도상국들도 선진화된 대중교통시스템으로서 경량전철을 도입, 운영하기 시작하였다. 또한 현재 지하철을 운영 중인 서울, 부산에서의 만성적 운영적자와, 지하철 건설에 소요되는 과도한 재원확보의 어려움이 지하철건설을 준비중이거나 추진중인 각 지자체에 게 부담으로 작용하면서 우리나라에서도 경량전철에 대한 관심이 더욱더 고조되고 있다.

이러한 세계적 추세와 시대적 요구에 의해 도시철도 건설 또는 확충을 추진 중이던 각 지자체는 경량전철 도입을 적극 재검토하게 되었고, 이중 일부 노선의 경량전철사업은 올해 7월 우선협상대상자가 선정되었으며, 중앙정부는 1990년대 중반부터 대도시 교통체계를 궤도교통시스템 중심 체계로 전환하고 궤도교통의 수송 부담을 높일 수 있는 방안으로서 경량전철시스템 도입을 적극 장려해 오고 있으며, 경량전철 기술개발사업을 시행 중에 있다.

본 논문은 경량전철 도입을 위한 구체적 시스템 결정시 중앙정부나 각 지자체, 또는 기업체가 다양한 경량전철시스템을 선정하는데 있어 이를 평가할 수 있는 항목들을 제시하는데 목적을 두었다. 먼저 선행연구와 국내외 평가사례 검토를 통해 평가항목을 살펴보고, 평가항목설정의 기본 모형을 정립한 후 각 단계별로 시스템 평가항목을 제시하도록 하겠다.

\* 한국철도기술연구원, 정책연구팀 주임연구원  
\*\* 한국철도기술연구원, 정책연구팀 선임연구원

## 2. 선행연구 및 평가사례

경량전철 시스템을 그 특성에 따라 분류하게 되면 노면전차(SLRT: Street Light Rail Transit), 모노레일(Monorail), 고무 또는 철제차륜 AGT(Automated Guideway Transit)시스템, 선형유도모터(LIM: Linear Induction Motor) AGT시스템, 도시형 자기부상열차(HSST: High Speed Surface Transport), 궤도택시(PRT: Personal Rapid Transit) 등이 있다. 경량전철은 운행공간에 따라 고가, 지상, 지하로 분류될 수 있고, 타 교통기관과의 분리정도에 따라 전용타입, 부분공용타입, 공용타입으로 분류되기도 하며, 궤도방식에 따라 유궤도방식, 무궤도방식, 특수궤도방식으로 분류되기도 한다.

### 2.1 선행연구 검토

#### (1) 이종호 (1996년)

민간이 경량전철사업을 주도하는 민자유치사업의 경우에 있어 고려되어야 할 평가항목을 설정하고, 참여희망업체가 제출한 사업제안서를 평가하는 절차를 제안하고 있다. 평가항목을 설정하기 전에 먼저 평가분야를 선정하고, 이에 따라 평가항목을 설정하고 있다.

평가분야는 도표 1에서 보는 바와 같이 가격, 구조물, 기술, 영업성, 기술이전 및 국산화, 재무성, 경제성, 부대사업의 8개 분야로 구분하고, 가격분야는 구조물, 차량, 제어장치, 추진 및 제동장치의 4개 항목, 구조물은 선로, 역사, 차량기지의 3개 항목, 기술분야는 차량, 제어장치, 추진 및 제동장치, 품질보증 및 관리의 4개 항목, 영업성분야는 계약조건, 공급일정, 가격조건 3개 항목, 기술이전 및 국산화분야는 기술이전, 국산화의 2개 항목, 재무성분야는 자금조달계획, 재무성의 2개 항목, 경제성분야는 공공성의 1개 항목, 부대사업분야는 사업관련성, 자금조달계획, 재무성, 부대사업포함시 사업재무성의 4개 항목으로 각각 제시하였다.

편리성, 안락성, 안전성과 같은 이용자가 느낄 수 있는 사항에 대해서는 구조물과 기술분야의 각 항목을 통해 평가하고, 대기오염과 소음은 기술분야, 도시미관과 주변지가 및 수입의 변동, 토지수용의 용이성은 구조물분야의 각 항목을 통해 평가할 수 있다고 보고 있다.

도표 1. 이종호의 시스템 평가항목

구분	내용	구분	내용
가격	구조물, 차량, 제어장치, 추진 및 제동장치	기술이전 및 국산화	기술이전, 국산화
구조물	선로, 역사, 차량기지	재무성	자금조달계획, 재무성
기술	차량, 제어장치, 추진 및 제동장치, 품질보증 및 관리	경제성	공공성
영업성	계약조건, 공급일정, 가격조건	부대사업	사업관련성, 자금조달계획, 재무성, 부대사업포함시 사업재무성

#### (2) 노학래·권용장 (1997년)

이 연구는 경량전철의 특성을 구체적으로 조사하고 국내에 도입 가능한 시스템을 정량적으로 선정할 수 있도록 평가기준을 제시하고 있다. 교통수단 이용자는 빠르고 쾌적하고 안전하며, 정시에 목적지까지 도착할 수 있는 교통수단을 가장 바람직하다고 평가하는 반면, 노선주변 지역주민

들의 경우 소음, 대기오염 등의 환경적인 피해가 가장 적은 교통수단을 바람직하다고 평가할 것이므로 도표 2와 같이 평가주체별로 차량시스템에 대한 평가항목을 제시하여 해당 도시에 적합한 차량시스템을 선정하여야 한다고 주장하고 있다. 평가주체는 이용자, 운영자, 지역사회, 정부의 4가지로 보았으며, 평가항목은 이용자측면에서는 신속성, 대기시간 등 11개, 운영자측면에서는 최대수송수요, 등판구배 등 9개, 지역사회측면에서는 대기오염, 차외소음 등 6개, 정부측면에서는 에너지소비의 효율성, 토지자원의 유효이용 등 4개 항목을 제시하였다.

도표 2. 노학래·권용장의 시스템 평가항목

평가 주체	평 가 항 목
이용자 측면	신속성, 대기시간, 차내소음, 차내진동, 정시성, 승하차의 편리성, 접근성, 환승의 편리성, 안전성, 전망도, 혼잡도
운영자 측면	최대수송수요, 등판구배, 최소곡선반경, 차량단면, 건설비, 운영·유지비, 채산성, 초기 투자재원조달가능성
지역사회 측면	대기오염, 차외소음, 프라이버시 침해정도, 도시미관, 지역사회 분리도, 주변지가 및 수입의 변동
정부 측면	에너지소비의 효율성, 토지자원의 유효이용, 사회적 투자효과, 기술이전 및 국산화

## 2.2 주요 평가사례

### (1) A시 건설·운영기본계획 사례(1994년)

경량전철 도입을 검토하는 단계에서 작성된 이 보고서에서는 다음 도표 3과 같이 교통수요측면, 교통계획측면 등 8개 측면에 대해 시스템 설정 평가항목을 제시하고 있다.

도표 3. A시의 시스템 평가항목

구 분	내 용	구 분	내 용
교통수요 측면	·수송량 ·시스템특성(속도/운전시격/운전방식/에너지소비)고려	기술적 측면	·운행의 안전성, 유지보수의 용이성 고려 ·기술이전고려
교통계획 측면	·원활한 연계계획 ·공사에 따른 영향 최소화	환경적 측면	·대기오염/진동/소음 저감 ·도시미관 고려
경제적 측면	·건설비/사업비/운영비등을 최소화(타당성 확보)	재원조달 측면	·시스템별 초기투자비 조달가능성 검토
이용자 측면	·양질의 대중교통서비스 ·환승이 용이한 시스템	기타	·도입 위험부담 최소화

### (2) B시 차량분야 기본설계 사례(1999년)

경량전철 시스템특성에 따라 나타날 수 있는 다양한 요소를 검토한 후 평가항목을 제시하였다. 고려될 수 있는 요소를 이용자측면, 교통수단측면, 균형적인 교통시스템 측면, 환경적 측면, 안전성 측면, 승차감 측면, 경제적 측면, 유지보수 측면등 8개 측면으로 구분하여 각 세부평가항목을 설정하였다.

도표 4. E시의 시스템 평가항목

구 분	평 가 항 목
이용자 측면	이용성, 서비스범위, 신속성, 신뢰성, 편의성, 접근성
교통수단 측면	시스템 보조(재원조달), 시스템 용량
균형적인 교통시스템 측면	용지소요, 주민이주, 사업자이주, 지역패적성, 향후 개발의 저해, 지역교통의 저해, 건설활동의 저해, 에너지절감, 기술적 위험도
환경적 측면	대기오염 감소, 소음, 시각적 침해, 경관 및 역사유적지 보호
안전성 측면	안전성, 보안
승차감 측면	안락성, 쾌적성
경제적 측면	건설비, 운영비
유지보수 측면	유지·보수주기, 부품수명, 신뢰도 등

(5) 일본 나고야시의 사례

나고야시 동부구룡선 노선대 주변의 지역특성, 동부구룡선의 선로특성 등을 고려하여 평가항목을 아래 도표 5와 같이 설정하였으며, 평가대상 시스템은 고무차륜AGT시스템, 현수식 모노레일, 가좌식 모노레일, 소형지하철, 가이드웨이버스시스템, LIM시스템, HSST-100 형<sup>1)</sup>, M-Bahn<sup>2)</sup>, SLRT<sup>3)</sup>이었다.

도표 5. 나고야시 동부구룡선의 시스템 평가항목

구 분	평 가 항 목	구 분	평 가 항 목
지역·지형특성	표정속도, 역간거리, 최급구배	이용자의 안전성 등	서비스 레벨, 구조물의 신뢰성, 구조물의 안전성, 구조물의 내구성, 구조물의 내구성
지역활성화	환경, 선진성, 에너지 효율		
도입공간	복선설치를 위한 단면 폭, 최소화전반경, 지하화에 대한 대응	경제성 등	채산성, 사회적 투자효과, 건설비, 구조물의 경제성

3. 평가항목의 기본모형 정립

3.1 선행연구 및 평가사례의 시사점

이종호(1996)의 연구는 경량전철 건설·운영을 민간이 주도하게 될 경우 고려해야 할 평가항목으로 가격, 구조물특성, 기술력 등을 제시하고 있다. 평가항목 설정을 위한 방법론에 있어서, 평가항목 설정시 일반적으로 고려해야 할 사항 즉 평가분야를 먼저 열거하여 시스템 도입의 목표와 제안된 시스템의 부합여부를 평가할 수 있도록 여러 항목을 제시하였는데, 평가방법론적 관점에서 타 사례가 사용한 방법과 동일하게 비용효과분석(Cost-Effectiveness Analysis)을 이용하였다.

노학래·권용장(1997)은 평가주체를 먼저 선정한 후 평가주체가 고려할 수 있는 항목들을 제시한 점이 타 연구나 사례와는 다른 특징이다. 사용한 방법은 종합평가행렬법<sup>4)</sup>(Matrix Method)으로서

1) 일본에서 시험중인 상전도 자기부상열차의 일종  
 2) Berlin의 지하철역에서 콘서트홀 등의 문화지역으로 연결되는 도시형 자기부상열차로 현재 철거되었음.  
 3) 기존의 노면전차와 달리 도로와 분리되어 있는 전용궤도를 갖고 있고 차량경원 및 편성수, 표정속도가 향상된 신행 노면전차의 일종  
 4) M. L. Manheim에 의해 개발된 이 기법은 기존의 평가기법보다 체계적인 기법으로, 대안별 영

이해집단별로 평가목표가 다르다는 점에 착안하여 이용자와 운영자, 지역사회, 정부의 4개 평가주체를 두고 각 주체별 평가항목을 보다 실제적이고 구체적으로 제시하고 있다. 평가항목을 단순화하고, 평가주체에 따라 고려될 수 있는 모든 항목들을 열거하여 전체적으로 누락을 방지하는 차원에서 접근하였다는 점에서 타 연구나 사례와는 차이가 없으나, 평가항목에 대해 가치선호 가중치를 두고자 이해집단에 의해 항목을 구분되었다는 점에서 차이가 있다.

E시와 나고야시 동부구릉선의 시스템 평가항목은 국내 평가사례에 비해 다양한 것이 특징이다. 특히 나고야시 동부구릉선의 경우 일조나 전파방해와 같이 현재 도시환경문제로 제기되고 있는 항목들도 포함하고 있어 평가항목에는 지역적·시대적인 요구도 반영되어야 함을 보여주고 있다.

### 3.2 기본모형 정립

#### (1) 고려사항

경량전철 운행시 여러 방향으로 사람들에게 영향을 미친다. 경량전철 도입을 추진하고 시스템을 결정해야하는 중앙정부나 지방자치단체, 서비스를 제공할 운영기구, 이를 이용하게될 사람들, 그리고 이들에 속해있지 않지만 직간접적인 영향을 받게되는 지역사회 등 크게 4개의 이해집단이 영향을 받는다고 할 수 있다. 그러므로 각 이해집단별로 추구하는 목표가 무엇인지를 살피고, 이를 항목설정에 반영할 필요가 있다. 이러한 접근은 평가항목 설정의 편의성을 도모하기 위함이다.

이때 간과해서 안될 것은 시스템 선정시 4개 이해집단별 항목을 동시에 설정하여 일시에 평가할 필요가 없다는 점이다. 즉 시스템 선정시 순차적 단계를 거치게 된다면 불필요한 시간낭비를 없애면서 각 이해집단의 요구충족을 위한 평가가 이루어질 수 있을 것이므로 평가항목을 단계적으로 설정할 필요가 있다. 예를 들면 재무성이 확보될 수 없는 시스템에 대해 이용자 측면, 운영자측면에서 고려될 수 있는 많은 항목에 대해서도 평가를 시행하는 것은 의미가 없다는 것이다. 그러므로 본 논문에서는 이러한 점을 감안하여 평가항목 설정을 위한 기본모형 정립시 단계별 평가를 통해 도입시스템을 추려가는 것을 전제로 하였다.

평가항목 설정시 또 한가지 중요한 것은 어느 항목은 특정 이해집단에만 해당하지 않고 다른 이해집단과도 관련되어 있기 때문에 이해집단별 구분에 의한 평가항목분류가 용이하지 않다는 점이다. 예를 들면 경관은 이용자에게 (+)의 요인으로 작용하지만 상대적으로 노선 주변 거주자에게는 (-)의 요인으로 작용할 가능성이 있고, 사업재무성은 정부나, 운영자에게 뿐만 아니라 이용자, 지역사회 모두에게 중요한 평가항목이다. 따라서 본 논문에서는 이해집단별로 항목이 중복되더라도 평가주체별 목표에 따라 항목이 설정됨을 고려하여 제외시키지 않았다.

#### (2) 기본모형 정립

우리나라의 경량전철사업은 중앙정부, 또는 지방자치단체에서 필요에 의해 추진되고 있다. 물론 전액 민자로 추진되는 경우가 발생할 수 있으나 이때도 시스템 도입에 대한 타당성 조사를 통해 도입여부가 결정되더라도 정부가 국가전체, 또는 지역사회 전체적 측면에서 최종적으로 경량전철 도입에 대한 결정을 해야 한다. 따라서 1단계에서는 정부측면의 목표를 중심으로 평가항목이 설정

---

항행렬표(Impact Tableau)와 이해집단별 항목별번호도 행렬표(Value Information File)를 작성한 다음, 이들 행렬의 곱을 통하여 평가하기 때문에 계획과 관련된 이해집단의 의사를 고려하는 것이 특징이다.

되는 것으로 보았다.

2단계는 운영자측면의 평가항목 설정단계이다. 운영자는 총 투자비의 일부를 부담하여 사업에 참여하게 되므로 결코 간과할 수 없는 이해집단이다. 기업은 궁극적 목표가 이익의 창출에 있기 때문에 서비스의 질이 아무리 우수하다 하더라도 재무성이 없는 시스템에 대해서는 투자를 꺼릴 가능성이 크다. 따라서 운영자측면의 목표를 중심으로 평가항목을 설정하는 단계를 정부측면의 평가항목 설정단계 이후에 필요하고, 이 단계에서 전 시스템이 재무성이 없는 것으로 평가되면 feed-back 과정을 거쳐 정부가 시스템 요건을 다시 결정해주는 것으로 판단하였다.

3단계는 지역사회측면의 평가항목 설정단계이다. 지역사회는 이용자를 포함하기도 하지만 이용자 측면에서는 서비스의 질을 목표로 하는 대신, 지역사회 측면은 생활의 질 향상을 목표로 한다는 점이 다르다.

마지막 단계는 이용자측면의 평가항목 설정단계이다. 정부의 목표와 운영자의 목표, 그리고 지역사회의 목표가 실현될 수 있는 시스템들이 간추려진 후, 서비스를 제공받게되는 이용자들이 시스템을 최종적으로 평가, 선정할 수 있도록 항목들을 제시하는 단계이다.

물론 정부나 운영자의 시스템 평가시 지역사회의 고려항목이 반영될 수도 있고, 마찬가지로 이용자의 요구도 포함될 수 있다. 그래서 각 단계의 평가항목은 독립적이기보다는 상호 관련성을 지니고 있으며, 각 목표가 뚜렷하게 분리되지 않고 상호 내재해 있을 수 있다. 또한 단계별 평가시 평가목표를 만족시키는 시스템이 없는 경우 상위 단계로의 feed-back 과정을 거치는 것으로 고려하였다. 이러한 평가항목 설정의 기본모형을 도표화하면 그림 1과 같다.

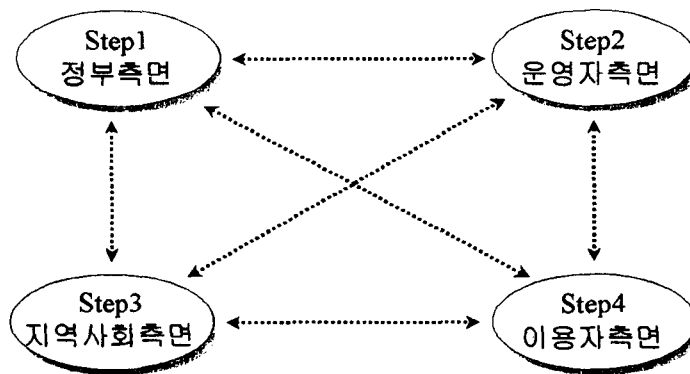


그림 1. 평가항목설정의 기본모형

#### 4. 시스템 평가항목의 설정

##### 4.1 제1단계 : 정부측면의 평가항목

###### (1) 평가의 목표

중앙정부나 지방자치단체가 고려할 수 있는 경량전철 시스템 평가의 목표로는, 교통문제의 해결, 투자에 따른 재정부담 최소화, 다양한 대중교통 서비스제공, 서비스의 신뢰성확보, 민원 최소화 등이 있다. 물론 지역경제 활성화나 대규모 주거 또는 상업지역에서의 교통인프라 구축 등과같이 특수한 목표도 가능할 것이다.

## (2) 목표별 평가항목의 설정

### 가) 교통문제의 해결

소통문제 해결, 운영효율성 향상, 환경오염 최소화, 교통사고 최소화 등과 같은 교통문제 해소정도를 평가할 수 있는 항목으로는 수송수요, 소요부지 폭원, 경제성, 환승편리성, 교통시스템간 조화 및 통합성, 에너지소모성, 대기오염, 안전성, 입체화 대응력 등이 있다.

### 나) 재정부담 최소화

건설비가 포함되어 있는 경제성이 가장 중요항목으로 판단된다.

### 다) 서비스의 신뢰성 확보

주요 장치별 기술신뢰성, 운행실적, 유지보수 용이성, 수송능력, 시스템 조달능력 등이 있다.

### 라) 민원최소화

시공시 점유공간, 시공기간, 시공시 안전문제, 기존시설 파괴정도 등이 있다.

### 마) 다양한 대중서비스제공

시스템도입 자체가 이 목표와 부합되므로 평가항목을 설정할 필요는 없다.

## 4.2 제2단계 : 운영자측면의 평가항목

### (1) 평가의 목표

경량전철 운영에 참여하게 되는 민간사업자나 운영조직의 직원이 고려할 수 있는 경량전철 시스템 평가의 목표로는 수익성확보와 사업시행 용이성, 운영용이성 등이 있다.

## (2) 목표별 평가항목의 설정

### 가) 수익성확보

부대사업을 포함한 사업전반의 재무성이 가장 대표적 항목이다.

### 나) 사업시행 용이성

시공 기술성, 기존시설 파괴정도, 입체화 대응력, 시공 안전성, 시공시 점유공간 등이 있다.

### 다) 운영 용이성

유지보수 용이성, 안전성, 수송수요 대응력, 내구성, 기후 적응성, 기존 시스템 호환성, 구조물 복구 용이성 등이 있다.

## 4.3 제3단계 : 지역사회측면의 평가항목

### (1) 평가의 목표

경량전철 노선이 통과하는 지역사회가 고려할 수 있는 경량전철 시스템 평가의 목표로는 지역사회의 발전기여와 환경적 악영향 최소화 등이 있다.

## (2) 목표별 평가항목의 설정

### 가) 지역사회 발전기여

지역사회 활동의 증대정도, 지가나 수입의 증대정도 등이 있다.

### 나) 환경적 악영향 최소화

대기오염, 차외소음, 프라이버시 침해도, 도시미관 조화성, 특수 지역이나 시설 보전여부, 일조권

침해도, 전파장애, 보행자나 도로교통과의 상충성 등이 있다.

#### 4.4 제4단계 : 이용자측면의 평가항목

##### (1) 평가의 목표

경량전철 시스템의 이용자 측면에서 가장 중요한 시스템평가 목표는 우수한 서비스의 질을 제공하는 것이다.

##### (2) 목표별 평가항목의 설정

신속성, 대기시간 최소화, 승차감(소음, 진동), 정시성, 승하차 편리성, 접근성, 환승편리성, 안전성, 전망도, 혼잡도, 서비스 지속성 등이 있다.

#### 5. 결론

경량전철시스템을 선정하는 과정에서 평가항목을 설정해야 하는 궁극적 목적은, 경량전철계획을 결정하는데 있어 실제적인 고려사항을 제시해주고, 시스템선정을 위한 의사결정 단계에 사용하기 위함이다. 현재까지는 평가항목이 설정되면 모든 항목을 가지고 동시에 시스템을 평가하였는데, 본 논문은 이러한 방식을 탈피하여, 정부측면과 운영자측면에서 먼저 평가가 이루어지고, 그 다음으로 지역사회와 이용자측면에서 평가가 이루어지는 순차적 평가방법을 고려하여 단계별로 평가항목을 제시하였다.

향후 경량전철 도입과정에서 효과적인 평가를 도모하기 위해서는 사업의 목표와 특수성이 반영된 평가항목과 이를 측정할 수 있는 기준의 개발이 필요하다. 아울러 평가과정에서 이해집단간의 원활한 협의가 중요한 요소로 작용할 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 원제무(1997), "도시교통론", 박영사
2. 이종호(1996), "민자유치 경전철시스템 평가기준에 관한 고찰", 대한교통학회지 제14권 제1호, pp.165-177
3. 노학래·권용장(1997), "경량전철 시스템 선정을 위한 평가모형 및 프로그램 개발", 한국철도기술연구원
4. Black, Alan(1995), "Urban Mass Transportation Planning", McGraw-Hill, Inc.
5. Lave, C. A.(1995), "Urban Transit", Pacific Institute for Public Policy Research
6. Lyons, W. M.(1994), "An Overview of Light Rail Transit Systems in the United States", ECMT
7. Manheim, M. L.(1979), "Fundamentals of Transportation System Analysis", The MIT Press
8. Pavone, Giuseppe (1997), "Evaluation Factors for Rail-Transport Service Quality". Rail International, International Railway Congress Association, pp.47-59.
9. Suzuki, S.(1998), "Research trend on riding comfort evaluation on Japan", Rail and Rapid Transit, Vol.212. No.Fi, pp.61-71.
10. White, Peter(1995), "Public Transport" UCL Press