

열차공급계획의 수익성 분석에 관한 연구

A study on profitability of train schedule planning

우희문¹⁾
Woo, Hee-Moon

장성용²⁾
Jang, Seong-Yong

김동희³⁾
Kim, Dong-hee

ABSTRACT

In the train schedule plan corresponds to a master plan for transport services. This service plan must be constructed to minimize operational cost or maximize revenue considering transportation demands and resource capacities in the operation company, and it includes several sub-planning activities such as train operation frequency plan, train schedule plan, train capacity assignment plan, and rolling stock requirement plan.

In this paper, we present profitability evaluation system for the current train schedule plan. The proposed system can be used for evaluating profitability by estimating train service revenue considering customer demands.

1. 서론

철도에서 열차공급계획은 수송서비스 상품을 생산하기 위한 총괄계획(Master Plan)에 해당된다. 즉, 철도수송수요와 철도운영회사의 서비스제공 능력을 감안하여 운영비용을 최소화하고, 수입을 극대화하며, 고객 욕구를 충족시키기 위하여 서비스계획을 수립하는 것이다.

열차공급계획 수립에 있어 열차는 수송서비스 제공을 위한 상품에 해당된다. 따라서 이러한 열차의 운행빈도, 시각표의 결정, 용량할당 과정은 반드시 고객수요 및 운영수익 측면이 반영되어야만 한다. 이를 위해서는 열차공급계획안에 대한 수익을 추정하여 의사결정자의 보조할 수 있는 체계는 필수적이다.

본 연구에서는 열차공급계획안에 대하여 고객수요와 보유자원 및 운영비용을 고려한 수익을 추정함으로써 의사결정자로 하여금 현재의 수송계획안의 수익성을 평가해볼 수 있는 체계를 제시하고자 한다.

2. 열차공급계획

열차공급계획이 무엇인가를 살펴보면, 열차를 어느 시기에 어떻게, 어떤 형태로 운행시킬 것인가를 결정하는 것으로 열차를 상품으로 하는 철도교통에서는 매우 중요한 부분이라고 하겠으며, 이를 다른 말로 수송계획이라고도 하는데 이는 일본에서 열차공급계획을 “예상되는 수송수요를, 효율적으로 이용자의 희망에 따라 수송하는 구체적인 계획을 말하는 것으로, 수송력을 어느 정도로 설정할 것인가? 즉, 열차의 단위편성, 본수, 구간을 어떻게 할 것인가? 또, 차량의 내용, 열차

1) 서울산업대학교 철도전문대학원 석사과정 학생회원

2) 서울산업대학교 철도전문대학원 경영서비스학과 주임교수 정회원

3) 한국철도기술연구원 정책운영연구본부 선임연구원 정회원

종별, 열차속도, 열차배열을 어떻게 할 것인가? 등을 결정하는데 있어 운영 수익성을 같이 고려하여 수립하는 종합적인 정책결정"4)을 수송계획이라고 표현하고 있는 데에서 기인한 것이다.

열차공급계획의 대상인 열차는 철도의 상품으로 서비스상품의 특성인 생산과 동시에 소비가 이루어지며 보관이 불가능한 소멸성을 가지고 있어 비어 가는 자리를 보관하였다가 공급량이 부족할 때 공급을 할 수가 없으며, 열차를 운행하는 데에는 막대한 고정비용이 투입되어야 함으로 너무 많이 열차를 운행할 경우에는 막대한 손실을 가져올 수 있으며, 너무 부족하게 운행할 경우에는 사람과 재화의 수송이라는 고객요구를 충족시키지 못함에 따라 많은 이탈 수요를 발생시켜 시장점유율 하락과 수입 감소를 가져오게 된다. 따라서, 수송수요의 변화에 적극적이고 능동적으로 대응할 수 있는 공급계획의 수립은 인력·장비의 운용효율과 고객요구 충족의 기반이 되고 수송시장 점유율을 높여 궁극적으로 경영수지의 개선에 큰 기여를 하게 된다.

열차공급계획은 실행가능성과 수익성을 동시에 추구하여야 한다. 다시 말해 열차의 적기·적량 공급을 통하여 철도 이용자의 요구를 충족시키고 동시에 철도운영효율을 증가시켜 최소 투자비용으로 최대의 효과를 거두어야 한다는 것이다.

열차공급계획은 ① 수송수요 예측, ② 공급열차회수산정, ③ 대안의 작성, ④ 대안별 열차 설정, ⑤ 초기 실행가능성 평가, ⑥ 수익성 평가, ⑦ 용량할당, ⑧ 열차반복 작성, ⑨ 실행가능성 평가, ⑩ 최적대안 선정 및 적용의 10단계를 거쳐 수립되게 된다5).

3. 열차공급계획의 수익성평가

열차공급계획의 수익성 평가는 철도산업에 있어서 열차운영의 효율성을 확보 할 수 있는 매우 중요한 절차로 열차운행을 위하여 추정된 수요를 목표수요로 하여, 요구되어 지는 열차를 "어떻게 운행시켜야 최고의 수익을 얻을 수 있는가?"를 판단 할 수 있도록 해준다.

수익성 평가는 열차에 OD6)별로 예측된 수요를 요일시간지수와 선호도 계수를 이용하여 할당하고, 주어진 용량에 맞추어 이탈전이 수요를 계산 예상수송량을 산출한다.

이렇게 산출된 수송량을 기준으로 하여 OD별 평균수입을 통하여 예상수입을 계산하고, 열차운행에 따른 비용을 산정하여 수익여부를 판단하는 절차이다.

3.1. 열차별 OD수요 할당

특정계절과 요일별로 예측된 OD간의 수요를 승객 도착과 출발 시간 선호도와 OD간 일별, 시간대별 수요할당 지수 및 열차별 정차역, 운임수준, 소요시간, 환승 등을 기초로 하여 열차에 수요를 할당하는데 열차별로 할당된 OD간의 수요를 OD열차수요라고 한다.

OD열차수요는 모든 OD의 열차, 차실등급, 요일, 동기에 대해 계산하고, OD열차수요는 전체요일 OD수요에 다음과 같이 적용된다.

$$OD열차수요 = \text{요일}OD수요 * MS_j$$

여기서 MS_j 는 OD열차 수요 할당율을 나타낸다.

OD열차 수요 할당율은 OD에 서비스하는 열차들 마다 감당하는 수송 배분 비율을 말하는 것으로 승객선택이론에 근거한다. 승객선택은 어떤 알려진 측정 가능한 요인들, 즉 속성이라고 말하여

4) "철도용어사전", 그라쑤브리出版社, 久保田 博, 279페이지

5) "수송계획시스템 업무흐름도" 「철도경」 수송계획시스템 운영자 설명서

6) OD(Origin and Destination) : 출발지와 도착지로 정의되는 수송시장의 단위

지는 것들에 의해 설명될 수 있다. 대체시간(displacement time)⁷⁾, 여행시간, 운임은 경쟁하는 열차들 사이에서 수요할당을 결정하는 속성들이다.

OD열차 수요 할당율은 OD구간의 시간지수를 활용하기도 하는데 시간지수는 과거의 수송실적에 의하여 계산된다.

3.2. 이탈수요 추정

용량의 부족으로 인해 한 열차에 수용하지 못하는 수요의 양을 추정하는 것으로 수송용량 결정 뿐만 아니라 수입에도 영향을 준다. 즉, 많은 OD들을 가지고 있는 열차들은 수요이탈 구간에 대해 대체 효과(displacement effect)를 갖고 있어 열차구간용량할당을 통해 OD들에 용량을 직결히 할당함으로써 전체 이탈 수입을 최소화 할 수 있다.

이탈수요는 어떤 평균과 표준 이탈을 갖는 수요분포가 주어지고 용량이 주어졌을 때 이탈되는 승객의 예상 수는 다음과 같이 계산된다.

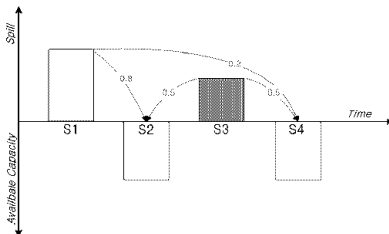
$$E(D - C \mid D > C) * P(D > C)$$

C = 용량, D = 수요(random variable), E(.) = 조건 기대 연산자, P(.) = 사건발생의 가능성

3.3. OD열차 전이수요 추정

용량이 남은 인접열차로 전이될 수 있는 이탈수요 양을 추정하는 것으로 수요전이는 수요이탈과 같이 OD열차 수송량에 영향을 준다. 즉, 신호 요인에 근거하여 이탈된 승객들을 다시 끌어당기거나 남은 용량으로 이탈된 승객들을 다시 태울 수 있는 양을 추정하는 것이다.

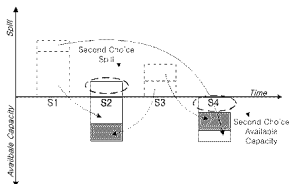
[그림3]은 다시 승객을 끌어당기는 과정을 설명한다. 이탈수요(S1, S3)를 가지고 있는 서비스는 용량이 남은(S2, S4) 서비스로 잠재적으로 다시 유인될 수도 있다. 채유인 비율(Rk)은 이탈을 갖는 서비스(k)와 용량이 남은 서비스(j)에서 추정되는데 신호 출발 시간에 비례하여 수요 공유 추정(demand share estimation)을 위해 기술된 것과 같은 접근 방법을 사용한다.



[그림 3] 수요채유인 추정

7) 대체시간(displacement time)은 신호하는 출발시간과 실제 열차 출발시간과의 차이를 말한다. 예를 들면, 10시 20분에 출발하는 열차의 대체시간 짧은 신호하는 열차 출발시간이 10시 정각일 경우 20분이 된다. 대체시간은 + (신호하는 시간보다 늦게 열차가 출발할 때)일 수도 있고 - (신호하는 시간보다 이전에 열차가 출발할 때)일 수도 있다.

8) 김동희, 홍순홍 (2004) "철도수송계획의 수익성평가체계", 대한산업공학회/한국경영과학회 춘계공동학술대회 논문집



[그림 4] 수요전이 및 제이탈 발생

[그림 4]⁹⁾는 제수용 과정을 설명한 것으로 제유인 비율은 제유인 되는 승객의 실제 수를 얻기 위한 이탈 값에 의해 증가한다. j열차에게 있어서(S2, S4) 전이는 제유인된 승객의 전체 수이고 이 수는 j열차의 남은 용량에 의해 절단된 값이다.

3.4. 열차별 수송량 계산

열차의 수송량은 각 OD열차별로 할당된 수요에서 이탈수요를 감하고, 전이수요를 더한 수요로 판단한다. 수요의 이탈과 전이는 2회를 반복해서 계산(첫 번째와 두 번째 이용기회를 놓친 후 세 번째 열차에 제수용된 승객)하여 최종 수송량을 산출한다.

1차 수요전이 계산은 용량이 남은 모든 OD열차에 이탈된 승객 100%를 제 유인한다고 가정한다. 이 단계의 추가적인 결과물은 2차 선택 열차로부터 발생하는 이탈이다.

이탈된 승객들에게 있어서 같은 열차 선택 과정은 1차 선택, 2차 선택, 3차 선택 등의 열차를 결정하는데 사용된다고 생각된다. 그래서, 이탈된 승객들이 하루동안 다른 열차로 제 유인되는 것은 OD열차 수요 공유 추정(ODtrain demand share estimation)에 사용된 것과 같은 여행 속성 계수(same travel attribute coefficients)에 근거한다.

이탈을 갖는 각각의 OD열차들에게 있어서, 제유인 비율은 남은 용량을 갖는 다른 OD열차로 전이된다.

- k = 이탈이 발생된 OD열차
- t = 이탈이 발생한 열차의 출발 시간
- j 와 ϕ = 용량이 남은 OD열차.....라고 하자

OD열차 수요 공유 추정에 기술된 것과 같은 요소들을 사용하여, OD열차 k 의 OD열차 j 로의 제 유인비율은 남은 용량을 갖는 모든 OD열차의 효율함수로 계산되는데 다음과 같다.

$$R_{kj} = g(U_{kj}) / \sum_{OD-Trains\phi} g(U_{\phi j})$$

여기서

$$\sum_j R_{kj} = 1$$

이탈을 갖고 있는 각각의 OD열차로부터 남은 용량을 갖는 각각의 OD열차로 제유인 된 이탈 승객의 전체 수는 다음과 같이 계산된다.

9) 김동희, 홍순홍 (2004) "일대수송체계의 수익성평가체계", 대한산업공학회/한국경영과학회 춘계공동학술대회 논문집

$$FR_j = \sum_{ODTrains\ k} FCS_k \times R_{kj}$$

FR_j = OD열차 j에 대한 첫 번째 자유인

FCS_k = OD열차 k에 대한 첫 번째 선택 이탈

3.5. 열차운영비용 산정¹⁰⁾

이윤을 추구하기 위하여 생산을 담당하는 경제주체의 경제활동에서 발생하는 비용들은 여러 범주로 구분될 수 있다. 예를 들면, 총비용(total cost), 고정비용(fixed cost), 가변비용(variable cost), 평균비용(average cost), 한계비용(marginal cost) 등으로 분석의 필요에 따라 구분된다.

일반적으로 경제주체들에서 발생하는 비용은 생산량에 관계없이 일정하게 지출되는 고정비용과 생산량에 따라서 증가하는 가변비용으로 분리될 수 있다. 생산량이 증가함에 따라 평균고정비용은 감소하는 성격을 가지며, 평균가변비용은 일정 혹은 U형태를 가지는 것이 일반적인 현상이다.

열차 서비스를 상품으로 하는 철도의 경우도 예외는 아닐 것이다. 열차별로 발생하는 모든 비용이 가변적 성격을 가지는 것과 가변비용이 생산량에 대해 일정하다는 가정을 한다면 생산량에 대해 일정한 기울기를 가지는 총비용의 행태가 나타난다. 이 기울기는 한계비용을 의미하게 되는데, 일반적인 U자 형태와는 상이할 뿐 아니라, 생산량 즉 열차 투입에 대해 총비용이 너무 민감하게 변동하게 되므로 현실과 괴리가 발생하게 된다.

물론 고정비용과 가변비용을 분리하게 될 경우에 있어서도 가변비용의 성격을 생산량에 비례하는 부분과 비례하지 않는 부분으로 구분하지 않을 경우 현실과의 괴리가 발생할 수 있으나, 총비용의 생산량에 대한 민감도를 감소시킬 수 있으므로 보다 안정적이고 현실에 근접한 비용을 산출할 수 있으리라 판단된다.

열차공급계획에서의 비용은 미래에 대한 것으로 과거에 나타난 비용을 그대로 사용하는 것은 무리가 있다. 또한, 열차운행 빈도나 패턴이 변화함에 따라 열차별 운행비용은 변하게 되며, 발생 되는 비용이 하나의 열차에만 직접적으로 영향을 미치는 것이 아니라 성격이 다른 모든 열차에 영향을 미치게 된다. 그래서 철도청에서는 기능별 원가를 활용하고 있다.

기능원가의 산정은 과거 회계연도에 발생한 비용을 각 기능별로 분류하고, 이를 기능별로 배분하고, 물가 상승률 등을 고려하여 기능원가를 추정 활용하고 있다.

3.5.1. 역별비용

역별비용은 역에서 발생하는 비용을 말하며, 열차의 승차인원, 입환량수, 정차역수에 의해서 열차별 비용이 결정된다.

1) 영업비용 : 역에서 영업상 발생하는 비용으로 영업분야 지원의 인건비, 승차권비용, 서비스 물품비용 등을 말하며, 승객 또는 화물 수송량과 비례하여 발생한다.

- 영업 총 고정비용 = 역별 고정비용 합계 × (대안 적용일수/회계연도 일수)
- 영업 고정비용 = 영업 총 고정비용 × (열차 수송량/열차 전체 수송량 합계)
- 영업 가변비용 = (역별 가변비용 합계/역별 승차인원 합계) × 열차 수송량

2) 구내수송비용 : 열차를 운행하기 위하여 조성, 입환 등에 종사하는 직원의 인건비, 제경비 등으로 열차 입환 량수와 비례하여 발생 한다.

- 구내수송비용 = (역별 구내수송비용 합계/역별 구내입환량 합계) × 열차 입환량수

3) 열차통제비용 : 열차 안전운행을 위하여 열차운전취급, 신호의 취급, CTC 설비 운영 등에 종사하는 직원의 인건비 및 경비로 열차취급수에 비례한다.

- 열차통제비용 = (역별 열차통제비용 합계 / 역별 취급열차 수 합계) × 열차 정차역 수

10) “비용적용방안” 「철도청」 수송계획시스템의 수익성평가를 위한 비용 적용에 대한 철도청 내부검토자료

3.5.2. 차량유지 비용

차량의 보유 및 유지에 필요한 비용으로 차종별로 계산된다.

- 차종별 총 고정비용 = 해당 차종의 차량유지고정비용 합계 × (대안적용일수/회계연도일수)
- 열차 고정비용 = 차종별 총 고정비용 × (열차차종 운행거리/대안 해당 차종운행거리 합계)
- 열차 가변비용 = 차종별 가변비용 × 열차 차종 운행거리

3.5.3. 구간별 비용

구간별 비용은 열차가 운행하는 구간의 선로, 전차선, 신호·제어 등의 감가상각, 유지보수비용 등에 소요되는 비용을 말하는 것으로 고속철도의 경우 선로사용료에 해당 한다.

1) 선로유지비용

- 구간별 선로유지 단위비용 = 구간별 선로유지비용 / 구간별 통과톤수 / 구간길이
- 선로유지 단위비용 = 구간별 선로유지 단위비용의 평균
= 구간별 선로유지 단위비용의 합 / 구간 수
- 열차 선로유지비용 = 선로유지단위비용 × 열차 종량(톤) × 열차 운행거리

2) 전차선유지비용

전차선 유지비용은 전기를 동력으로 하는 열차에만 계산된다.

- 구간별 전차선유지단위비용 = 구간별 전차선유지비용 / 구간별 전기열차 통과수 / 구간길이
- 전차선유지 단위비용 = 구간별 전차선유지 단위비용의 평균
= 구간별 전차선유지 단위비용의 합 / 구간 수
- 열차 전차선유지비용 = 선로유지단위비용 × 열차 운행거리

3) 신호제어비용

- 구간별 신호제어 단위비용 = 구간별 신호제어 비용 / 구간별 열차 통과횟수 / 구간길이
- 신호제어 단위비용 = 구간별 신호제어 단위비용의 평균
= 구간별 신호제어 단위비용의 합 / 구간 수
- 열차 신호제어비용 = 선로유지단위비용 × 열차 운행거리

3.5.4. 기타비용

기타비용항목은 전체가 가변비의 성격을 가지고 있으며, 열차의 운행에 따라 직접적으로 발생하는 비용을 말한다.

1) 기관사 비용 : 열차를 운전하는 기관사들을 운영하기 위하여 투입되는 인건비 및 경비

- 기관사 단위비용 = 기관사비용 / 기관사 총 사업시간
- 열차 기관사비용 = 기관사 단위비용 × 열차 기관사 승무시간

2) 열차승무원 비용 : 열차의 객실에 승무하여 승객에게 서비스하는 열차승무원의 인건비 및 경비

- 열차승무원 단위비용 = 승무원 비용 / 열차승무원 총 사업시간
- 열차승무원 비용 = 승무원 단위비용 × 열차승무원 승무시간

3) 유류, 전기 동력비 : 열차가 운행함에 따라 소요되는 동력비

- 연간 유류동력비와 전기동력비 획득
- 유류기관차, 유류동차의 운행키로 추출
- 전기기관차, 전기동차의 운행키로 추출
- 유류동력 단위비용 = 유류동력비 / 유류 운행키로
- 전기동력 단위비용 = 전기동력비 / 전기 운행키로

- 열차 유류동력비용 = 유류동력 단위비용 × 열차 운행거리
 - 열차 전기동력비용 = 전기동력 단위비용 × 열차 운행거리
- 4) 무선제어 : 열차에 설비된 무선 통신설비의 유지 보수비
- 무선제어 단위비용 = 무선제어비용 / 무선제어 열차키로
 - 열차 무선제어비용 = 무선제어단위비용 × 열차 운행거리

3.6. 열차수익의 계산

열차의 수익(profit)은 열차의 수입(revenue)에서 열차의 비용(cost)을 차감함으로써 계산될 수 있으며, 열차의 수입과 비용은 위에서 설명한 일련의 과정을 통하여 계산 할 수 있다.

즉, 열차의 수입은 서비스하는 OD들의 OD열차당 수송량에 OD평균 운임을 곱한 금액의 합이고, 각 열차들의 수입을 합하여 대안의 수입을 산출하며, 대안별 비용은 각 열차별로 계산된 비용을 합하여 계산한다. 이렇게 계산된 수입과 비용을 토대로 열차공급계획 대안별 수익을 추정하고 상호 비교 평가하여 최고의 수익을 내는 대안을 선택하는 것이다.

이러한 방법을 열차공급계획 수립에 활용할 경우에는 최적의 대안을 확정할 수 있으며, 열차운행 실적을 평가하는 곳에 사용할 경우에는 철도경영평가의 자료로 활용 할 수 있으며, 열차별 구간별로 세분화하여 평가할 수 있으므로 다양한 방법으로 데이터를 분석 할 수 있는 장점이 있다.

위에서 설명한 방법에 의하여 고속열차 개통 3개월간 영업실적 자료를 활용하여 고속열차의 수익을 계산 해 보면 다음과 같다. 여기서 수입은 3개월간의 실제 실적자료를 그대로 인용하였으며, 비용은 3개월간 지출되거나, 지출이 요구되는 금액을 열차별로 배분한 후 다시 주운행선 단위로 결과를 정리 한 것이다.

1) 고속철도 개통 3개월 수송실적¹¹⁾

구분	열차수(회)			수송인원(천명)			수입(백만원)			비고
	경부	호남	계	경부	호남	계	경부	호남	계	
합계	8,554	3,094	11,648	5,412	997	6,409	165,061	27,511	192,572	
일평균	94	34	128	59	11	70	1,814	302	2,116	

2) 고속철도 개통 3개월간 비용 분석¹²⁾

단위 : 백만원

구분	총 발생비용			순수 운영비용 (감가상각, 이자, 선로 사용료 제외)		
	경부	호남	계	경부	호남	계
고속영업	50,104	9,230	59,334	50,104	9,230	59,334
구내구송	982	355	1,337	982	355	1,337
열차통계	3,817	1,381	5,198	3,817	1,381	5,198
차량유지	31,172	11,275	42,447	31,172	11,275	42,447
선로유지	51,570	18,653	70,223	16,462	5,955	22,417
전차선 및 신호제어	10,361	3,748	14,109	10,361	3,748	14,109
기관사	13,470	4,872	18,342	13,470	4,872	18,342
열차승무원	8,835	3,196	12,031	8,835	3,196	12,031
동력비	8,260	2,987	11,247	8,260	2,987	11,247
이자 및 감가상각	128,835	46,600	175,435	-	-	-
합계	307,406	102,297	409,703	143,463	42,999	186,462

11) 고속철도영업실적분석(3개월), 철도청 내부자료

12) 개통 3개월 고속철도 경영성적, 철도청 내부자료

3) 고속철도 개통 3개월간 수익성

단위 : 백만원

구 분	총 발생비용 대비			순수 운영비용 대비 (감가상각, 이자, 선로 사용료 제외)		
	경부	호남	계	경부	호남	계
영 업 수 입	165,061	27,511	192,572	165,061	27,511	192,572
운 영 비 용	307,406	102,297	409,703	143,463	42,999	186,462
손 익	△142,345	△74,786	△217,131	21,598	△15,488	6,110

4. 결론

열차의 수익성 평가는 철도에서 상품을 공급함에 있어 어떻게 운영해야 되는가를 결정 할 수 있는 매우 중요한 기능이라고 할 수 있다. 과거 많은 데이터의 처리, 수요예측 및 분석의 정확성, 비용에 대한 평가 방법 등이 발달 되지 않아 열차공급계획 수립시에 수익성평가는 고려 되지 않았으나 기업으로서 철도 경영을 하기 위해서는 반드시 필요하리라고 본다.

우선 나뉠대로 수익성평가에 대한 의견을 제시하였으나 향후 수요예측 및 비용에 대한 정밀한 분석과 과학적인 최적의 분석기법을 활용한 수익성 평가 기법 적용을 통하여 보다 현실적인 방법이 연구되었으면 한다.

또한, 추가적으로 연구되어야 할 부분은 열차공급계획에서 작성한 열차운영의 효율성을 증대시키기 위하여, 항공 및 해외철도에서 단기수요에 맞추어 좌석을 최적운영 관리하는 기능인 YMS를 철도에 도입하는 방안에 대한연구와 단기수송수요에 따라 열차 공급 용량을 조정하는 수송능력조정 등에 대한 연구를 통해 여객철도분야의 수익성을 향상시킬 수 있는 거점이 마련되었으면 한다.

<참고 문헌>

1. "선로 위의 비행기", 「철도신문」, 1999년 9월 27일, 12면.
2. "적극적인 열차운영방안", 「철도청」, 1998년 4월, 경영토론회자료
3. 久保田 博, "鐵道用語辭典", グラフアブリ出版社, 279페이지
4. Anthony, R.N., 1965. Planning and Control Systems: a Framework for Analysis. Harvard University, Boston
5. 전경수 외 (2002) "열차운영체제변화에 따른 영향조사", 대한교통학회
6. Chang, Y.-H., Yeh, C.-H. & Shen, C.-C., 2000, A Multiobjective Model for Passenger Train Services Planning: Application to Taiwan's High-Speed Rail Line, Transportation Research 34B, pp. 91-106.
7. "새로운 열차다이어 개편방향", 「철도청」, 1999. 4. 9, 경영토론회자료
8. 1999년 열차다이어 전면 개편 관련공문, 「철도청」
9. "열차설정기준규정", 철도청 훈령 제4576호, 제3조(열차설정의 조건) 및 제4조(열차설정의 원칙)
10. "착수보고서", 「철도청」, 2001. 1. 18, 고속철도통합정보시스템 구축 착수보고서
11. "프랑스 고속철도 정보시스템 현황", 「철도청」, 2002년 벤치마킹 귀국보고서
12. Antoine ANDRE (2001) "RailPlus System" 「SNCF」, 고속철도통합정보시스템 컨설팅 자료
13. "귀국보고서", 「철도청」, 2003년 3월, 프랑스 정보시스템 벤치마킹 귀국보고서
14. 野村 晶秀. (2000) "列車ダイヤグラムの分析と変更"
15. "귀국보고서" 「철도청」, 2000. 4, 고속철도통합정보시스템구축 정보전략계획(ISP) 동일본철도 벤치마킹보고서
16. "경부고속철도 연계교통망 수송수요 연구용역 보고서" 「철도기술연구원」
17. "고속철도통합정보시스템", 「철도청」, 2001년 1월 16일, 고속철도통합정보시스템 착수보고서
18. "고속철도 영업실적(3개월)", 「철도청」, 2004년 내부자료
19. "개통 3개월 고속철도(KTX) 경영성적", 「철도청」, 2004년 내부자료
20. 김동희, 홍순흠 (2004) "열도수송계획의 수익성평가체계", 대한산업공학회/한국경영과학회 춘계공동학술대회 논문집
21. 김동희, 김성호, 홍순흠 (2004) "고객수요를 고려한 열차용량패턴에 관한 연구", 한국철도학회 춘계학술대회 논문집
22. "수송계획시스템 사용자 설명서" 「철도청」
23. "수송계획시스템 운영자 설명서" 「철도청」