

철도 안전업무 종사자의 휴먼에러 요인에 대한 조사연구

- A Study on the Types of Human Errors for Railway Safety Personnel -

안 병 준 *

Ahn Byeng Jun

Abstract

There is no universally agreed classification of human error, nor is there one in prospect. Thus, a taxonomy is usually made for a specific purpose. To seek the types of human errors in the environment of man-machine interface under the railway industry, we develop a cognitive information processing model incorporating the human's mental states.

Using the model, this study investigates the types of human errors about the railway workers. Thus, a survey is conducted for railway safety personnel-locomotive engineers, station employees, and train commanders- in Korean railway company. Through the survey that is designed to investigate four types of human errors from the questionnaires composed of thirty questions, we analyze the types of human errors related to railway safety according to affiliated offices, operation shifts, age, and working years.

Finally, from the insights of the results some guidelines for the railway safety management are presented.

Keywords : Man-Machine Interface, Cognitive Process, Types of Human Error, Railway Safety

* 동국대학교 안전환경에너지시스템공학과 교수

2007년 3월 접수; 2007년 4월 수정본 접수; 2007년 4월 게재확정

1. 서론

철도와 같은 대형수송시스템의 안전은 아무리 강조해도 지나치지 않다. 우리나라의 철도가 점점 고속화됨에 따라 사고의 위험도는 더 낮은 확률을 갖도록 설계되고 운영되어야 한다.

철도운행은 철도라는 기계와 이를 운행, 관리하는 인간으로 구성된 하나의 인간-기계 시스템이다. 2003년도 철도공사(구 철도청)의 자료에 따르면, 취급부주의 사고요인 분석에서 휴먼에러와 관련되어 사고예방이 가능한 취급 부주의가 전체의 80% 차지하고 레일 위의 장애물 방치, 선로 전환기 및 주요 부품 고장 등의 외부 요인이 20%를 차지하고 있어 철도안전 확보를 위해서는 열차충돌, 열차탈선, 사고위험도 평가, 인터페이스 위험도관리, 안전 확보, 건널목 신호제어, 철도방제, 열차제어 및 운용, 인위적 혹은 자연적 재해예방, 계측 감시 등 많은 부문에서 여전히 개선이 필요하나 그 중에서도 휴먼에러에 대한 위험도 관리가 절대적으로 중요한 것으로 나타났다[1, 2].

인간-기계 인터페이스 시스템에서 인간의 의식수준은 사고의 발생에 큰 영향을 미친다. 인간의 내적조건으로써 의식수준을 페이지로 나누어 인간-기계 시스템의 안전관리 대책을 달리해야 한다고 주장하였다.

의식수준을 나타내는 페이지는 모두 5단계로 되어 있는데, 페이지 0는 무의식, 실신 상태로 주의 작용이 전무한 상태이고 페이지 I은 피로가 누적되어 단조로움을 느끼고 극도로 졸리는 상태로 큰 사고가 일어날 가능성이 높은 상태이며, 페이지 II는 이완상태로 주의가 적극적이지 않으며 멍한 상태로 에러가 발생할 가능성이 있으며, 페이지 III은 명확한 의식으로 효율 좋게 작업을 행할 수 있어서 에러가 잘 발생하지 않으며 페이지 IV는 극도의 긴장상태로 정보처리가 잘 작동하지 않는 상태로 심하면 패닉상태에 빠져 큰 사고가 날 가능성이 내재된 단계를 의미한다[4].

한편, 인간의 의식수준은 대뇌에서 인지하는 과정과 밀접한 관련이 있다. 휴먼에러에 대한 인지과학적 접근에서는 인간의 인지과정을 이해하기 위해 많은 모형들이 개발되어 있는데, 이 중에는 Reason의 연구가 대표적이다. Reason은 인간의 인지과정을 의식영역에서 작동하는 단기기억부분과 무의식영역에서 작동하는 장기적 기억인 지식 베이스의 두 과정으로 설명하였다. 신호에 대한 입력은 의식영역의 기억으로 들어오면 장기기억의 지식과 연합하여 행위출력을 일으킨다고 보았다[6].

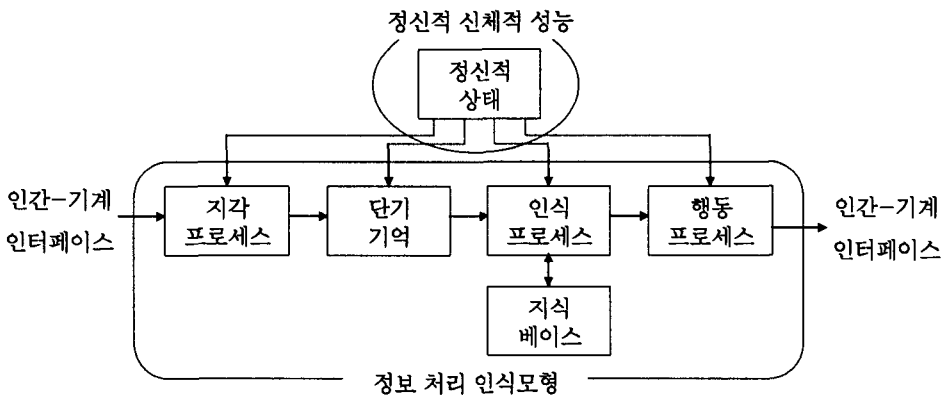
한편, Jin et al.은 의식과정도 정신적 신체적 성능이 영향을 미쳐 정신적 상태를 결정한다고 보았고 이는 인지를 받아들이는 단계부터 인지의 처리 결과를 수행하는 과정까지 전 과정에 영향을 미치는 독립된 인지영역으로 보았다[5]. 이 두 모형을 결합하여 본 논문에서는 <그림 1>과 같은 인간의 인지과정을 나타내는 모형을 제안한다.

위의 인지과정에 대한 모형은 인간의 정신상태 즉, 의식수준이 정보처리 인지과정의 각 단계에서 휴먼에러를 일으키는 요인으로 영향을 미칠 수 있음을 나타내고 있다. 각각 프로세스에서는 정보 수집을 잘못한다거나 예측이나 선입관을 때문에 정보를 틀리게 인식하거나 조작할 가능성이 존재한다. 예를 들면, 오독이나 오청, 지레짐작, 착각 등이 해당한다. 이 과정은 의식적인 상태에서도 무의식 상태에서도 사고는 발생할 수

있다. 단기 기억과 장기적인 지식베이스 과정에서는 판단의 소홀함과 같은 경우로 일의 진행이 거기까지 영향을 미칠 것이라고 생각하고 있지 않았다거나 상대는 알고 있을 것이라 생각한다거나 이 정도라면 좋다고 생각하는 등의 경우나 다른 일에 열중하여 시간의 경과를 알아차리지 못해 때를 놓치거나 목전의 것에 주의를 집중하면서 중요한 다른 정보를 알아차리지 못하는 경우 등이 해당된다.

행동 프로세스에서는 습관적 조작을 통해 에러가 발생하는 경우나 반사적으로 혹은 안일하게 손을 대거나 가볍게 조작하는 경우 등으로 사고의 원인이 될 수 있다. 그리고 이 모든 과정에서 신체적 정신적 상태는 영향을 줄 수 있으며 의식수준이 영향을 줌으로써 에러의 한 원인이 될 수도 있다. 이 과정을 보면, 의식수준과 에러 간에는 상호 밀접한 관계가 있음을 파악할 수 있는데 본 연구에서는 철도종사원의 경우에 이를 적용하기 위하여 다음의 네 가지로 요약하여 의식수준과 에러 발생유형을 연결지어 정리하였다.

- ① 의식수준은 높지만 한가지의 것에 주의를 집중하여 주의전환이 잘 되어 있지 않기 때문에 생긴 사고
- ② 주의수준이 약간 하락하는 경향일 때, 옳다고 생각이 들거나 습관적으로 조작하여 발생하는 사고
- ③ 의식수준이 저하한 상태로, 불확실한 조작을 하였기 때문에 발생한 사고
- ④ 작업에 하기 전의 휴식 때의 가면(暇眠)등으로 인한 업무지연의 사고



<그림 1> 정보처리 인지과정 모형

본 연구에서는 첫 번째의 경우를 '정보수용확인 에러', 두 번째의 경우를 '습관행동 에러', 세 번째의 경우를 '망각 에러', 마지막의 경우를 '의식중단 에러'로 나타내었고 이를 철도종사원에 대해 설문을 구성하여 조사하였다. 본 연구를 통하여 철도안전업무 종사자들에서 의식수준에 따른 에러 발생요인이 얼마나 존재하는지 파악하고 설문의 결과를 선박건조, 전력, 철강생산에 종사하는 업종을 대상으로 에러 발생요인의 차이를 비교분석해 보고자 한다.

2. 연구방법

전체 30개의 질문 항목으로 된 설문을 통하여 네 가지 에러발생 유형의 가능성을 조사하였다. <표 1>은 분석에 사용된 응답자의 수를 나타내고 있다. 각 설문에 대해 예() 아니오()로 체크하면 대상 집단에 대하여 에러발생 유형의 결과를 분석한다. 각 항목에 대한 값은 에러유형별 예라고 응답한 종사원의 비율을 의미한다. 이 값의 크기를 통해 상대적으로 사고 유발가능성이 어떤 에러발생 유형이 영향을 많이 주는지를 파악할 수 있다.

본 연구를 수행하는데 있어, 철도종사원, 특히 기관사의 업무 특성상 교번근무제, 격일근무제 등으로 인해 한 번에 많은 인원을 진단하기 위해서 소집교육이 열리는 날에 방문하여 진단을 실시하였다.

전체 응답에 대한 신뢰도 검사는 내적일관성의 척도인 Cronbach Alpha를 사용하였으며 각 통계량 값은 <표 2>와 같다. '정보수용확인 에러'에서 약간 낮은 값을 갖는 것으로 나타났으나, 전체적으로 0.91을 넘는 매우 높은 일관성을 갖는 것으로 나타났다. 따라서 전체적으로 신뢰도는 매우 높음을 알 수 있다.

<표 1> 공간적 범위

	구분	인원수(명)
기관사	A 승무사무소	217
	B 승무사무소	164
	C 승무사무소	375
	D 승무사무소	451
	E 승무사무소	239
	F 승무사무소	61
수송담당역무원	G 역	60
	H 조차장	102
운전사령요원	I 지역본부 운전사령실	60
	J 지역본부 운전사령실	28
합계		1757

<표 2> 에러 발생요인의 신뢰도 검사

구분		Cronbach Coefficient Alpha
전체		0.912056
에러 발생요인	정보수용 확인 에러	0.595770
	습관행동 에러	0.634374
	의식중단 에러	0.780818
	망각 에러	0.735116

3. 연구결과 분석

전체 응답자의 4 가지 에러에 대한 결과는 <표 3>과 같으며 항목간의 비교를 가능하도록 설문지 결과를 모두 1점 만점으로 표준화하였다. 결과를 보면, '의식중단 에러'가 0.39로 가장 높고, '망각 에러'가 0.28로 가장 낮게 나타났다. '의식중단 에러'가 높다는 것은 철도종사자가 직무수행 중에 직무 외적인 다른 상황에 의식을 빼앗겨 주어진 임무를 원활히 수행하지 못해 위급상황시 비상조치를 적절히 취하지 못할 가능성이 높음을 의미한다.

<표 3> 전체 응답자의 에러발생 요인

구분		인원수	평균	표준편차	최소값	최대값
에러 발생요인	정보수용 확인 에러	1735	0.34	0.26	0.00	1.00
	습관행동 에러	1735	0.33	0.26	0.00	1.00
	의식 중단 에러	1735	0.39	0.34	0.00	1.00
	망각 에러	1732	0.28	0.28	0.00	1.00

3.1 근무소속별 에러 발생요인

근무 소속별 발생요인에 대한 분석은 <표 4>와 같다. 모든 에러발생 요인에서 높은 F-Value를 가지고 있어 '평균과 같다'라는 귀무가설을 모두 유의수준 $\alpha = 0.001$ 에서 기각되어 근무소속에 따른 평균은 차이가 난다라고 결론에 도달했다.

철도안전 관리자는 F-Value가 높은 항목부터 우선순위를 두어 개선의 조치를 취하도록 해야 할 것이다.

A, B, C 승무사무소와 G역은 다행히 모든 경우에서 평균보다 비교적 낮은 값을 가지고 있어 타 사무소에 비하여 상대적으로 사고유발 잠재력이 낮다고 볼 수 있다. 반

면 E 승무사무소는 모든 에러유형에서 타 승무사무소보다 높은 값을 나타내어 우선적인 관리대상이 되어야 할 것이다. H 조차장의 경우는 ‘습관행동 에러’를 제외한 나머지 유형에서 평균보다 높은 값을 가지는 것으로 나타나 E 승무사무소 다음의 우선순위로 개선해야 할 근무지로 꼽혔다. 나머지 승무사무소는 에러유형에 따라 한 두 요인에서 평균보다 높은 값을 가지는 것으로 나타났는데 J 지역본부 운전사령실은 ‘습관행동 에러’와 ‘의식중단 에러’가 평균보다 높아 두 요인에 대해 해당 지역본부 차원에서 개선의 여지가 있음을 알 수 있다.

<표 4> 근무 소속별 에러 발생요인의 평균

구분	전체 평균	A 승무 사무소	B 승무 사무소	C 승무 사무소	D 승무 사무소	E 승무 사무소	F 승무 사무소	G 역	H 조차장	I 지역본부 운전사령실	J 지역본부 운전사령실	F-Value
정보수용확인 에러	0.34	0.30	0.34	0.31	0.34	0.43	0.32	0.32	0.36	0.28	0.32	5.08***
습관행동 에러	0.33	0.28	0.31	0.29	0.33	0.43	0.30	0.28	0.31	0.34	0.39	6.57***
의식중단 에러	0.39	0.35	0.37	0.35	0.38	0.51	0.41	0.34	0.43	0.38	0.42	4.67***
망각 에러	0.28	0.25	0.26	0.22	0.29	0.40	0.29	0.22	0.30	0.22	0.25	7.72***

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$

3.2 연령별 에러 발생요인

연령별 에러 발생요인에 대한 분석은 <표 5>와 같다. ‘정보수용확인 에러’와 ‘습관행동 에러’는 연령에 따른 평균의 차이가 있는 것으로 나타났는데, ‘정보수용확인 에러’의 경우는 39세 미만은 높은 값을 가진 반면에 40세 이상은 낮은 값을 가지고 있어 정보를 인지하는 과정에 대한 주의력은 연령이 높을수록 더 큰 것으로 나타났으며, ‘습관행동 에러’의 경우 20세 미만과 30-39세에서 높게 나타났으며, 50-59세에서 아주 낮게 나타났는데 연령이 높을수록 습관적인 행동을 보일 것이라는 기대와는 다른 결과를 보였다.

<표 5> 연령별 에러 발생요인의 평균

구분	전체 평균	20세 미만	20 - 29세	30 - 39세	40 - 49세	50세 이상	F-Value
정보수용확인 에러	0.34	0.36	0.40	0.36	0.31	0.31	4.47***
습관행동 에러	0.33	0.35	0.34	0.36	0.30	0.26	5.75***
의식중단 에러	0.39	0.41	0.42	0.40	0.37	0.39	0.84
망각 에러	0.28	0.31	0.28	0.27	0.27	0.29	0.83

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$

3.3 근무 기간별 에러 발생요인

근무 기간별 에러 발생요인에 대한 분석은 <표 6>과 같다. ‘정보수용확인 에러’와 습관행동 에러’에서 근무기간에 따라 평균의 차이가 있는 것으로 나타났으며, 대체로 근무기간이 길수록 낮아지는 것으로 나타났다. 경력이 10년 미만에서 비교적 높고 이 기간이 넘으면 안정적인 것으로 나타났다. 그리고 ‘의식중단 에러’는 유의한 수준은 아니지만, 근무 경력이 짧은 경우와 근무 경력이 매우 많은 경우의 양 극단에서 평균값보다 높은 것으로 나타났는데, 이러한 결과는 근무 기간에 따라 안전관리 교육과 훈련의 내용을 달리해야함을 의미한다.

<표 6> 근무기간별 에러 발생요인의 평균

구분	전체 평균	5년 미만	5 - 10년 미만	10 - 15년 미만	15 - 20년 미만	20 - 25년 미만	25 - 30년 미만	30년 이상	F-Value
정보수용확인 에러	0.34	0.39	0.36	0.31	0.32	0.32	0.30	0.36	4.84***
습관행동 에러	0.33	0.38	0.34	0.31	0.31	0.32	0.27	0.29	5.15***
의식중단 에러	0.39	0.43	0.40	0.35	0.38	0.37	0.39	0.41	1.63
망각 에러	0.28	0.30	0.26	0.24	0.27	0.30	0.29	0.28	1.68

* : p < 0.05, ** : p < 0.01, *** : p < 0.001

3.4 근무 형태별 에러 발생요인

근무 형태별 에러 발생요인에 대한 분석은 <표 7>과 같다. 에러 발생요인에서는 ‘망각 에러’에서만 유의수준 $\alpha = 0.05$ 로 근무 형태에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다. 교대 근무가 비교적 낮은 값을 가진 반면에 교번 근무는 다른 근무 형태에 비하여 평균이 조금 더 높은 것으로 나타났는데 교번 근무가 주로 기관사들이 많고 업무가 불규칙적이면서도 지속적으로 정신적인 집중을 요하는 특성을 가지고 있으며 주로 30, 40대임에도 높은 것으로 보아 업무의 스트레스가 높은 것으로 생각된다. 따라서 안전관리자는 교번 근무자들의 업무에서 ‘망각 에러’를 발생시키는 스트레스 여건이 무엇인지 면밀히 살펴보고 이를 개선하여야 할 것이다.

<표 7> 근무형태별 에러 발생요인의 평균

구분	전체 평균	무응답	매일출근	교대제 근무	교번근무	적일근무	F-Value
정보수용확인 에러	0.34	0.32	0.35	0.29	0.34	0.34	1.52
습관행동 에러	0.33	0.20	0.33	0.32	0.33	0.30	0.67
의식중단 에러	0.39	0.28	0.42	0.36	0.39	0.39	0.49
망각 에러	0.28	0.18	0.25	0.21	0.29	0.26	2.95*

* : p < 0.05, ** : p < 0.01, *** : p < 0.001

4. 타사와의 에러 발생요인 비교분석

철도안전업무 종사자들이 타 업종 종사자들과 에러 발생요인에서 어떤 차이가 있는지 동일한 설문으로 선박건조, 전력생산, 철강생산 종사자들에 대해 실시하고 그 결과를 <표 8>에 나타내었다. 철도종사자들은 대체로 타 업종보다는 낮은 에러 발생요인을 갖고 있는 것으로 나타났다. 철강생산 종사자들은 '정보수용확인 에러', '습관행동 에러', '망각 에러'의 세 항목요인에서 철도보다 높았고, 선박건조 종사자들은 '의식중단 에러'에서 철도종사자보다 높은 값을 나타내었다. '정보수용확인 에러'에서는 철도종사자가 전력생산 종사자보다 높았고 '습관행동 에러'에서는 선박건조와 전력생산 종사자보다 높았으며 '의식중단 에러'에서는 전력생산 종사자보다 '망각 에러'는 다른 업종보다 낮은 결과를 보였다.

<표 8> 타사와의 에러 발생요인 비교 분석

항목	철도종사자	선박건조 종사자	전력생산 종사자	철강생산 종사자
정보수용확인 에러	0.34	0.41	0.33	0.38
습관행동 에러	0.33	0.32	0.28	0.37
의식중단 에러	0.39	0.44	0.35	0.39
망각 에러	0.28	0.34	0.29	0.38

5. 결 론

본 연구에서는 철도안전업무 종사자들에 대한 에러 발생요인을 설문을 통해 조사하고 그 결과를 근무 소속별, 연령별, 근무 기간별, 근무 형태별로 분석하여 보았다. 철도에서 근무자들의 업무상 에러를 발생시킬 수 있는 요인을 의식수준의 정도 및 인지과정과 관련하여 4가지 유형으로 추출하고 이를 파악할 수 있도록 설문을 구성하였고 그 결과를 이용하여 안전 관리자가 휴먼에러를 감소시키는 의사결정을 하는데 우선순위를 정한다거나 교육 및 훈련 내용을 설계할 때 일반적인 안전교육 내용보다는 특정 에러요인을 구체적으로 저감할 수 있도록 하여야 할 것이다.

예를 들어 철도의 전사적인 차원에서 한정된 자원으로 안전개선활동을 하는 경우 근무지에서 E 승무사무소를 먼저 개선의 대상으로 삼도록 한다거나, 교육이나 훈련프로그램을 개발하는 경우 근무 기간이 짧고 연령이 낮을 때는 '습관행동 에러'를 특히 저감할 수 있도록 구성하여야 할 것이다.

장기적으로 철도안전에서 휴먼에러를 줄일 수 있는 대책은 임시방편적인 방법보다는 보다 근원적인 해결책이 필요하다. 먼저, 철도안전시스템을 전반적으로 재설계하고 개선하여야 하며 휴먼에러와 관련해서는 평상시에는 효과적인 훈련을 통해 철도안전

종사자의 불안전행동이 유발되지 않도록 관리하고 위기상황에서 요구되는 지식의 구조와 내용을 개발하고 이를 종사자들 간에 안전행동으로 습관화할 수 있는 시뮬레이션 훈련프로그램이 필요하며 비상시에는 휴먼에러를 최소화하고 이를 신속하게 회복하는 조직적인 시스템이 준비되어 있어야 할 것이다.

지금까지 철도안전에서 인적요소가 차지하는 비중에 비해 인간의 에러 발생에 대한 체계적인 연구가 부족하였던 것이 사실이다. 그리고 항공산업 사례연구와 같이 인적요소에 대한 개선은 개별적으로 수행해서는 전체적인 효율의 향상을 기하기 어렵다[3].

철도산업의 경우도 보다 전사적인 차원에서 종사자들의 인적요소에 대한 체계적인 저감노력을 경주해야 전체시스템의 향상을 도모할 수 있을 것이다. 본 연구를 통해 철도안전에서 인적요소, 특히 휴먼에러에 대한 보다 체계적이고 과학적인 연구가 활성화되어 보다 안전하고 높은 신뢰성을 갖는 철도시스템이 갖추어 지기를 기대한다.

6. 참 고 문 헌

- [1] 손명선, “철도안전법에 근거한 철도안전관리체계 개선방안”, 한국철도학회지, 8 (2005) :12-18
- [2] 철도청, 「철도통계연보」, 2003.
- [3] Harris D., “The Influence of Human Factors on Operational Efficiency”, Aircraft Engineering and Aerospace Technology: An International Journal, 78 (2006) :20-25
- [4] Hashimoto, 「Why Errors Happen?」, Central Labor Disaster Prevention Association, 1984
- [5] Jin Y., Yamashita Y., Nishitani H., “Human Modeling and Simulation for Plant Operations.”, Computers and Chemical Engineering, 28 (2004) :1967-1980
- [6] Reason, J., 「Human Error」, Cambridge University Press, 1990

저 자 소 개

안 병 준 : 동국대학교 공업경영학과에서 학사, 동국대학교 경영대학원에서 경영학 석사 및 경기대학교 산업대학원에서 산업공학으로 공학석사를 광운대학교 대학원에서 경영학 박사를 취득하였다. 현재 동국대학교 경주캠퍼스에서 안전환경에너지시스템공학과 교수로 재직 중이다. 안전경영을 전공으로 인간공학 및 휴먼에러 분야에 관심을 가지고 있다.

저 자 주 소

안 병 준 : 경기도 용인시 기흥구 마북동 현대필그린 아파트 109동 1503호