

KTX 운전직무에 대한 복잡도 평가 - 타당성 연구

A Study on the Feasibility of Evaluating the Complexity of KTX Driving Tasks

박진균[†] · 정원대* · 장승철* · 고종현**

Jinkyun Park · Wondea Jung · Seung Cheol Jang · Jonghyun Ko

Abstract According to the result of related studies, the degradation of human performance has been revealed as one of the most significant causes resulting in the safety of any human-involved system. This means that preventing the occurrence of accidents/incidents through avoiding the degradation of human performance is prerequisite for their successive operation. To this end, it is necessary to develop a plausible tool to evaluate the complexity of a task, which has been known as one of the decisive factors affecting the human performance. For this reason, in this paper, the complexity of tasks to be conducted by KTX drivers was quantified by TACOM measure that is enable to quantify the complexity of proceduralized tasks being used in nuclear power plants. After that, TACOM scores about the tasks of KTX drivers were compared with NASA-TLX scores that are responsible for the level of a subjective workload to be felt by KTX drivers.

Keywords : Human reliability analysis, Railway human reliability analysis, Probabilistic Risk Assessment

요 지 기존 연구결과에 따르면, 시스템의 안전성에 가장 큰 영향을 주는 요인 중 하나는 인적수행도의 저하인 것으로 밝혀졌다. 따라서 인적수행도 저하 방지를 통한 사건/사고의 방지는 원자력이나 철도와 같이 안전을 우선적으로 고려해야 하는 산업체의 경우 반드시 고려되어야 하는 조건이다. 이를 위해서는 인적수행도 저감의 원인의 체계적 파악 및 이에 근거한 효과적인 관리가 선행되어야 하기 때문에, 대표적인 인적수행도 저하 원인으로 알려져 있는 직무복잡도를 객관적으로 평가할 수 있는 방법의 개발이 필요하다. 이러한 필요성에 따라, 본 논문에서는 원자력발전소의 절차화된 직무에 대한 복잡도를 평가할 수 있는 TACOM 척도를 사용하여 KTX 기장이 수행해야 하는 운전직무의 복잡도를 정량적으로 평가한 후 그 결과를 주관적 직무부하 평가 방법인 NASA-TLX 결과와 비교하여 적합성을 검증하였다.

주 요 어 : 인적수행도, 직무 복잡도, KTX 운전직무, TACOM, NASA-TLX

1. 서 론

기존 연구결과에 따르면, 시스템의 안전성에 가장 큰 영향을 미치는 요인들 중 하나는 인적요인으로 밝혀졌다. 예를 들어, 화학공장에서 발생한 사건들의 약 27%가 인적수행도 저하로 인해 발생되었고[1], 해상에서 발생한 사고의 약 65% 정도가 인적수행도 저하로 인해 발생되었다고 알려져 있다[2]. 철도사고의 경우도 예외는 아니어서, 일반철

도 열차사고 중 61%가 인적수행도 저하로 인한 문제와 관련이 있을 뿐 아니라[3], 철도사고의 38%~69% 정도가 인적수행도 저하로 인해 발생하는 것으로 보고되고 있다[4]. 따라서 철도사고를 적극적으로 예방하기 위해서는 우선 인적수행도 저하 (또는 인적오류) 원인을 체계적으로 파악한 후, 이에 근거한 효과적인 관리가 이루어져야 한다.

인적오류를 유발시키는 여러 가지 원인들 중 가장 대표적인 것으로서 직무복잡도 (또는 직무난이도 및 직무부하)를 들 수 있다[5]. 즉, 직무복잡도가 증가할수록 작업자는 더 많은 인지적 자원 (cognitive resources; 주의나 집중 등)을 투입하여 직무수행에 어려움을 느끼게 되며, 어떤 직무수행에 요구되는 인지적 자원이 작업자가 가진 임계값

[†] 책임저자: (정회원) 한국원자력연구원 종합안전평가부, 선임연구원
E-mail: kshpjik@kaeri.re.kr

TEL: (042)868-2186 FAX: (042)868-8256

* 한국원자력연구원 종합안전평가부, 책임연구원

** 한국수력원자력 원자력발전기술원 방사선기술실, 전문원

(threshold value)을 초과하게 되면 인적오류가 발생할 가능성이 급격히 증가할 수 있다. 따라서 작업자가 수행해야 하는 직무들을 대상으로 직무복잡도 분석을 수행하여 상대적으로 직무난이도 및 직무부하가 높은 직무들을 파악할 수 있다면, 해당 직무내용을 개선하거나 교육 및 훈련을 통해 대응능력을 향상시켜 직무수행 과정의 인적오류 가능성을 줄일 수 있을 것으로 기대할 수 있다. 본 논문에서는 원자력발전소의 주 제어실 운전원이 수행하는 절차화된 직무들의 복잡도를 정량적으로 평가할 수 있는 TACOM(task complexity) 평가 척도를 도입하여 KTX 기장이 수행하는 운전직무에 대한 직무복잡도 평가를 수행하였다. 또한 이들 KTX 운전직무 복잡도 평가 결과와 주관적 직무부하 평가방법인 NASA-TLX 기법을 적용한 결과와의 상관성을 분석을 통해 직무복잡도 평가 결과의 적합성을 검토하였다.

2. 직무 복잡도 (TACOM) 평가 방법

2.1 KTX 기장의 직무유형 분석

KTX는 초고속 열차로서 최대 935명의 승객을 태우고 300km/h로 달릴 수 있도록 설계되었을 뿐 아니라, 하루 평균 약 십만명의 승객이 사용하고 있기 때문에, 운전 중 안전 확보가 무엇보다 중요하다. 특히, KTX는 기존선과 고속선을 모두 운행하는 특성을 갖고 있을 뿐 아니라 기존 일반 열차(새마을호, 무궁화호 등)와는 다르게 1인이 운전업무를 담당하고 있기 때문에 상대적으로 기장의 직무부하가 커질 수 있는 가능성이 있다.

기존의 연구에 의하면, KTX 운전 직무는 Table 1과 같은 총 14개의 단위직무유형으로 분류될 수 있다[6].

Table 1. Generalized task types to be conducted by KTX drivers

No.	단위직무유형	No.	단위직무유형
1	출무	8	고속선 절연구간 통과
2	동력차로 이동	9	기존선 → 고속선 진입
3	출발 전 차량 점검	10	고속선 → 기존선 진입
4	출발	11	도중 역 정차
5	가속	12	종착 역 정차
6	감속	13	차량 인계 및 도착 보고
7	기존선 절연구간 통과	14	부수 입환

또한 각각의 단위직무유형에 대한 상세한 세부절차와 특성도 파악되었다. 예를 들어 Fig. 1은 “기존선 절연구간 통과” 단위직무유형에 대한 세부절차를 정리하여 보여준다 [6].

①	절연구간 예고 시스템(GPS)에서 "절연구간 예고, 절연구간 예고 VCB를 개방 하십시오" 음성 청취
②	선로변 절연구간 예고 표지 확인
③	주제어간(MC-IC-01)을 "0" 위치에 놓고 견인 주제어기 "0"위치 표시등(LS-CO-TT-01)의 점등을 확인
④	주회로차단기 스위치(SW-VCB-01) 내림(OFF) 및 주회로차단기 개방 표시등(LS-VCB-01) 확인
⑤	선로변 역행 표지 확인
⑥	선로변 역행 표지 확인 및 역행표지 통과후 전차선 전압계(VM-HV-01)로 전압 확인
⑦	주회로차단기 스위치(SW-VCB-01) 올림(ON) 및 주회로차단기 투입허용 표시등(LS-VCB-CS-01) 확인
⑧	주회로차단기 투입허용단추(PB-CS-VCB-01) 올림

Fig. 1. Detailed actions to complete the 7th task type in Table 1

2.2 KTX 운전직무의 복잡도 정량화

TACOM은 절차화된 직무의 복잡도를 정량적으로 평가하기 위해 개발된 방법으로[7], Fig. 2와 같이 3개의 축으로 구성된 복잡도 공간(complexity space)에 존재하는 임의의 한 점에 대한 복잡도는 원점으로부터 해당 점까지의 거리(Euclidean norm)으로 정의된다.

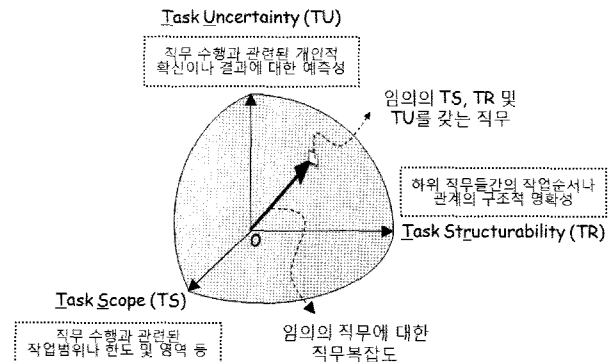


Fig. 2. Three complexity dimensions for TACOM measure

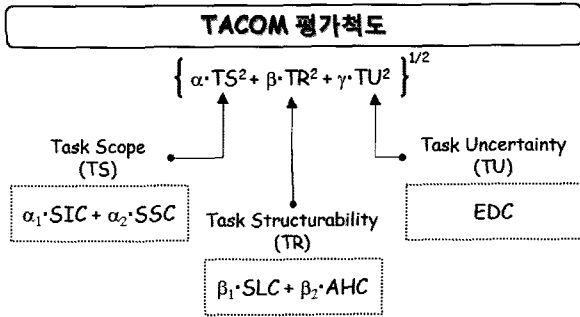
또한 Fig. 2에 정의된 각각의 축은 세부 평가척도(sub-measure)들의 선형조합(linear combination)으로 정의되어 있고, 이들을 통해 TACOM 값을 구할 수 있다. Fig. 3은 각각의 축에 포함된 세부 평가척도 및 TACOM의 정의를 보여준다.

Fig. 3에서 볼 수 있는 바와 같이, TACOM은 다음과 같은 의미를 가지는 5개의 세부평가척도를 포함하고 있다.

- SIC (step information complexity): 작업자에 의해 처리되어야 하는 정보의 양으로 인한 복잡도
- SLC (step logic complexity): 작업자가 수행해야 하는 상세조치의 수행순서로 인한 복잡도
- SSC (step size complexity): 작업자가 수행해야 하는 상세조치의 개수로 인한 복잡도
- AHC (abstraction hierarchy complexity): 작업자가 상세

조치를 수행하기 위해 필요한 시스템 지식의 양으로 인한 복잡도

- EDC (engineering decision complexity): 작업자가 상세조치를 수행하기 위해 설정해야 하는 판단기준(decision criterion)으로 인한 복잡도



* $\alpha, \beta, \alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$ 및 γ 는 각 세부 평가척도에 대한 상대적인 가중치를 의미한다.

Fig. 3. The definition of TACOM measure

절차화된 직무에 대한 TACOM 값을 계산하기 위해서는 우선 평가 대상 직무에 대한 상세 분석을 통해 5개 세부 평가척도에 대한 값을 결정해야 하는데, 이를 위해 소프트웨어 공학에서 자주 사용되는 그래프 엔트로피(graph entropy) 개념을 사용한다. 예를 들어 Fig. 4는 원자력발전소에서 사용 중인 임의의 절차화된 직무에 대한 SLC 값을 계산하는 일련의 과정을 보여주고, Fig. 5는 Fig. 1에 대한 SLC 및 SSC 계산과정을 보여준다. 이렇게 세부 평가척도에 대한 모든 계산이 끝나면 각 세부 평가척도에 대한 상대적 가중치 값을 넣어 TACOM 값을 계산하는데, 원자력발전소의 경우 Table 2와 같은 값들이 사용된다[7].

기존 연구 결과에 따르면, (process control task) 또는 감시제어직무(supervisory control task)는 decision, prediction, identification, interpretation 및 execution과 관련된 하나 이상의 상세조치들로 구성된 직무로 정의할 수 있다[8]. 예를 들어, “가압기 압력이 124.5kg/cm² 이하인지 확인한다”와 “선로변 절연구간 예고표시를 확인한다”는 identification과 관련된 상세조치로 볼 수 있고, “SIAS를 수동으로 동작시킨다”와 “주제어간(MC-IC-01)을 ‘O’ 위치에 놓는다”는 execution과 관련된 상세조치로 볼 수 있다. 이는, 각 구간을 운행하기 위한 KTX 기장의 직무는 원자력발전소 주 제어실 운전원이 수행하는 직무와 본질적으로 유사한 특성을 가진다는 것을 의미한다. 따라서 KTX 기장이 수행해야 하는 직무의 복잡도 평가에 원자력발전소 직무의 복잡도 평가에 사용된 가중치를 동일하게 적용해도 의미 있는 결과를 얻을 수 있다고 기대할 수 있다. TACOM 계산에 대한 보다 상세한 설명은 참고문헌[9]에 기술되어 있다.

Table 2. Relative weight values in TACOM measure

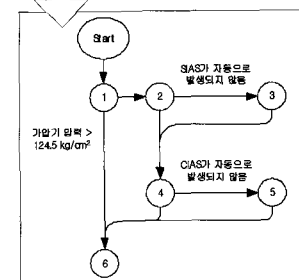
Relative weight	Value
α	0.621
β	0.239
γ	0.140
α_1	0.716
α_2	0.284
β_1	0.891
β_2	0.109

임의의 절차단계	
예상 반동 및 조치사항	불만족시 조치사항
4. 만약 가압기 압력이 124.5 kg/cm ² A 이하이면, 다음의 신호가 모두 발생되었는지 확인한다: 4.1 SIAS. 4.2 CIAS.	4. 수동으로 다음을 모두 작동시킨다: a. SIAS(EF-HS-102A/B/C/D): "ACTUATE" b. CIAS(EF-HS-104A/B/C/D): "ACTUATE"

직무분석 수행

절차단계 수행을 위해 요구되는 정보	Process 정보
	1. 가압기 압력: Float 2. SIAS 상태 정보: Array of Boolean (on/off) 3. CIAS 상태 정보: Array of Boolean (on/off)
절차단계 수행을 위해 요구되는 조치사항들	Control 정보
	1. SIAS 작동 스위치: Array of Boolean (on/off) 2. CIAS 작동 스위치: Array of Boolean (on/off)

Graph 구성



SLC 및 SSC 값을 일치 및 이차 그래프 엔트로피 (the first- and second-entropy of a graph) 개념을 구간으로 계산

SLC = 2.236;
SSC = 2.807

Fig. 4. Process of determining the SLC value

절차 단계	절차 설명	Process Info	Control Info
2. 선로변 절연구간 예고표시를 확인한다.	Boolean	Boolean	
3. 주제어간(MC-IC-01)을 'O' 위치에 놓는다.	Boolean	Boolean	
4. 주회로 차단기 투입여부 표시를(SW-VCB-01)을 확인한다.	Boolean	Boolean	
5. 선로변 절연구간 표시를 확인한다.	Boolean	Boolean	
6. 선로변 차단기 투입여부 표시를 확인한다.	Boolean	Boolean	
7. 선로변 절연구간 표시를 확인한다.	Boolean	Boolean	
8. 선로변 투입여부 표시를 확인한다.	Boolean	Boolean	
9. 전차선전압(VM-HV-01)로 검사를 확인한다.	Array of Boolean	Array of Boolean	
10. 주회로 차단기 스위치(SW-VCB-01)를 확인한다.	Boolean	Boolean	
11. 주회로 차단기 투입여부 표시를(SW-VCB-01)을 확인한다.	Boolean	Boolean	
12. 주회로 차단기 투입여부 단추(PB-CS-VCB-01)를 확인한다.	Boolean	Boolean	
13. 다음 직무로 이동한다.			

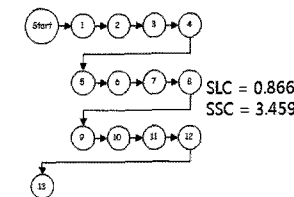


Fig. 5. SLC value about the 7th generalized task of KTX drivers

3. KTX 직무 복잡도 평가

KTX 직무를 TACOM 평가척도로 정량화하기 위한 예시 대상으로, 부산에서 대구 복연결선까지의 상행선 운영을 위해 필요한 직무를 고려하였다. 우선 참고문헌[10]을 근거로, 부산에서 대구 복연결선 구간에 포함된 역들을 구분한 후, 이들 사이를 운행하기 위해 KTX 기장이 수행해야 하는 단위직무유형을 Table 3과 같이 분석하였다.

Table 3. Generalized tasks to be conducted by KTX drivers

No.	구간명	단위직무유형						총계
		4	5	6	7	9	11	
1	부산 → 부산진	1	1					2
2	부산진 → 사상		3	3				6
3	사상 → 구포		3	2				5
4	구포 → 화명		2	2				4
5	화명 → 물금		4	3	1			8
6	물금 → 원동		2	3				5
7	원동 → 삼랑진		2	4				6
8	삼랑진 → 밀양		4	4	1			9
9	밀양 → 상동		3	2			1	6
10	상동 → 신거	1	1	1				3
11	신거 → 청도		2	2	1			5
12	청도 → 남성현		3	3				6
13	남성현 → 삼성		2	1				3
14	삼성 → 경산		3	2				5
15	경산 → 고모		3	3	1			7
16	고모 → 동대구		1	2			1	4
17	동대구 → 대구	1	1					2
18	대구 → 지천		3	3				6
19	지천 → 대구복연결선		1	2			1	4

예를 들어, KTX 기장은 Table 3의 첫 번째 구간인 “부산 → 부산진”을 운행하기 위해서 4번째 단위직무유형인 “출발”과 5번째 단위직무유형인 “가속”을 각각 1회씩 수행해야 한다. 반면, 2번째 구간인 “부산진 → 사상”을 운행하기 위해서는 5번째 단위직무유형인 “가속”과 6번째 단위직무유형인 “감속”을 각각 3회씩 수행해야 함을 알 수 있다. 또한 9번째 구간인 “밀양 → 상동”에서는 3회의 “가속” 및 2회의 “감속” 외에 11번째 단위직무유형인 “도중 역 정차”를 1회 수행해야 한다. 따라서 이러한 분석결과 및 Table 2의 가중치를 바탕으로, 각 구간별 TACOM 값을 Table 4와 같이 계산하였다. 즉, 각 구간에 포함된 단위직무들에 대한 각각의 세부 평가척도에 대한 계산 결과를 Fig. 5와 같은 방법으로 구한 후, Fig. 3의 정의 및 Table 2에 정리된

상대적 가중치 값들을 사용하여 TS, TR 및 TU 값을 계산하였다.

Table 4. TACOM scores on KTX driver's tasks

No.	구간명	TS	TR	TU	TACOM
1	부산 → 부산진	4.545	1.425	4.522	4.022
2	부산진 → 사상	4.472	2.242	5.389	4.206
3	사상 → 구포	4.351	2.197	5.301	4.104
4	구포 → 화명	4.315	2.224	5.235	4.072
5	화명 → 물금	5.028	2.066	5.718	4.615
6	물금 → 원동	4.415	2.252	5.301	4.154
7	원동 → 삼랑진	4.480	2.261	5.336	4.204
8	삼랑진 → 밀양	5.071	2.116	5.769	4.658
9	밀양 → 상동	4.351	2.197	5.301	4.104
10	상동 → 신거	5.016	1.896	5.260	4.512
11	신거 → 청도	4.930	1.970	5.521	4.504
12	청도 → 남성현	4.472	2.242	5.389	4.206
13	남성현 → 삼성	4.101	2.138	5.069	3.890
14	삼성 → 경산	4.351	2.197	5.301	4.104
15	경산 → 고모	5.016	2.068	5.674	4.600
16	고모 → 동대구	4.921	2.148	5.451	4.506
17	동대구 → 대구	4.545	1.425	4.522	4.022
18	대구 → 지천	4.472	2.242	5.389	4.206
19	지천 → 대구복연결선	5.103	1.848	5.481	4.603

4. KTX 운전직무 복잡도 평가의 적합성 검토

4.1 구간별 주관적 직무부하 평가(NASA-TLX)

각 구간별로 계산된 TACOM 값의 적절성을 평가하기 위해, KTX 기장이 느끼는 평균 NASA-TLX(Task Load Index) 값을 계산하였다. 이를 위해 NASA-TLX 방법을 적용하여 각각의 단위직무유형별로 KTX 기장이 주관적으로 느끼는 직무부하를 예측한 기존 연구 결과를 활용하였다 [6].

NASA-TLX는 1980년대 초반에 미 항공우주국(National Aeronautics and Space Administration; NASA)에서 개발한 주관적 직무부하 평가방법으로[11], 해당직무를 경험한 작업자에게 직접 질문을 하여 작업자가 느끼는 직무부하를 평가하는 방법이다. 현재 NASA-TLX 외에 많은 관련 방법들이 개발되어 있으나[12,13], 가장 안정된 평가방법으로서 인식되고 있는 것이 NASA-TLX 방법이다[14,15].

NASA-TLX는 Table 5와 같은 6개의 설문항목에 대해 0에서 100점 사이의 점수를 평가자가 임의로 할당한 후 이들의 평균을 통해 전체적인 직무부하를 정량화 할 수 있도록 구성되어 있다. NASA-TLX 방법을 통한 평가를

수행할 경우 기대되는 장점들 중 하나는 진단적인 정보를 제공한다는 점이다. 즉, 직무부하가 높게 나왔을 경우, 어떤 원인으로 인해 직무 부하가 크게 영향을 받았는지를 구분할 수 있기 때문에 보다 효율적인 직무부하 관리가 가능하다.

Table 5. Evaluation items about NASA-TLX

평가 항목	설명
Mental Demand (정신적 요구량)	주어진 직무를 수행하기 위해 기억(remembering), 사고(thinking), 의사결정(deciding), 검색(searching), 계산(calculating) 등과 같은 정신적 또는 인지적인 활동이 얼마나 많이 요구된다고 생각하십니까?
Physical Demand (육체적 요구량)	주어진 직무를 수행하기 위해 밀기(pushing)나 잡아당기기(pulling) 또는 돌리기(turning)와 같은 육체적인 활동이 얼마나 많이 요구된다고 생각하십니까?
Temporal Demand (시간적 요구량)	주어진 직무를 수행하기 위해서 요구되는 시간적 압박(time pressure)은 어느 정도입니까? 예를 들어 숨들릴 틈도 없이 조치를 수행해야 한다면 높은 시간적 압박을 느끼는 경우에 해당합니다.
Effort (노력)	주어진 직무 수행을 위해 얼마나 많은 노력이 필요하다고 생각하십니까? 고도의 집중력이 요구될 경우, 많은 노력이 필요한 직무로 간주됩니다.
Performance (직무성취도)	주어진 직무를 수행할 경우, 얼마나 성공적으로 또는 정확하게 직무를 완료할 수 있다고 생각하십니까?
Frustration (당혹감)	이 직무를 수행할 경우 느낄 수 있는 당혹감은 어느 정도라고 생각하십니까? 예를 들어 직무를 어떻게 하라는 것인지를 파악할 수 없는 경우나 현실적이지 못하다고 판단되는 경우 등은 높은 당혹감을 느끼는 상황에 해당됩니다.

Table 6은 총 130명의 KTX 기장들을 대상으로 조사한 단위직무유형별 NASA-TLX 평가 결과를 정리하여 보여 준다[6]. 설문 시 개인 신상정보는 따로 조사하지 않았으며, 단지 통계분석을 위하여 KTX 운전경력을 포함한 총 근무연수만을 조사하였다. 설문에 참여한 기장들의 평균 근무연수는 16.9년이다(최대 29년, 최소 8년, 표준편차 4.6년).

Table 6의 결과를 바탕으로, Table 3에 정리된 각 구간별 단위직무유형 및 개수를 고려한 평균 NASA-TLX는 Table 7과 같이 정리될 수 있다.

예를 들어, 첫 번째 구간인 “부산 → 부산진”의 경우 1회의 “출발”과 “가속” 단위직무를 수행해야 하고, 각각에 대한 NASA-TLX 값은 59.1과 57.8이므로, 이 구간 운행을 위한 평균 NASA-TLX 값은 $(59.1+57.8)/2 = 58.5$ 가 된다. 이와 유사하게, “부산진 → 사상” 구간의 평균 NASA-TLX 값은 $3 \times (57.8+61.7)/6 = 59.8$ 이 된다.

Table 6. NASA-TLX scores with the associated generalized tasks

No.	단위직무유형	평균	표준편차
1	출무	51.4	13.0
2	동력차로 이동	50.2	13.6
3	출발 전 차량 점검	59.6	11.6
4	출발	59.1	12.7
5	가속	57.8	14.6
6	감속	61.7	12.9
7	기존선 절연구간 통과	65.5	11.7
8	고속선 절연구간 통과	54.3	15.9
9	기존선→고속선 진입	68.2	11.1
10	고속선→기존선 진입	68.3	10.7
11	도중 역 정차	66.7	11.0
12	종착역 정차	60.0	14.7
13	차량 인계 및 도착 보고	47.4	15.9
14	부수입환	60.2	12.8

Table 7. Averaged NASA-TLX scores on KTX driver's tasks

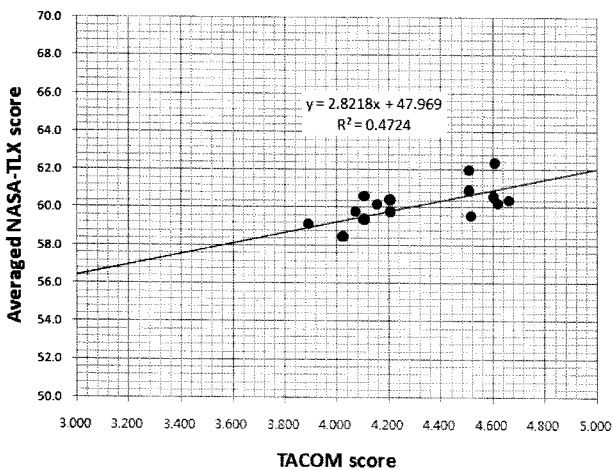
No.	구간명	평균 NASA-TLX 값
1	부산 → 부산진	58.5
2	부산진 → 사상	59.8
3	사상 → 구포	59.4
4	구포 → 화명	59.8
5	화명 → 물금	60.2
6	물금 → 원동	60.1
7	원동 → 삼량진	60.4
8	삼량진 → 밀양	60.4
9	밀양 → 상동	60.6
10	상동 → 신거	59.5
11	신거 → 청도	60.9
12	청도 → 남성현	59.8
13	남성현 → 삼성	59.1
14	삼성 → 경산	59.4
15	경산 → 고모	60.6
16	고모 → 동대구	62.0
17	동대구 → 대구	58.5
18	대구 → 지천	59.8
19	지천 → 대구북연결선	62.4

4.2 TACOM과 NASA-TLX 평가 결과의 상관성 분석

앞서 설명한 바와 같이, 인적수행도 저하의 상당 부분이 직무 자체의 복잡성으로 인해 발생된다는 사실을 고려할 때, NASA-TLX 평가 결과와 TACOM 값의 비교를 통해 TACOM 평가결과의 적절성을 확인할 수 있을 것으로 기대할 수 있다. 즉, NASA-TLX 값과 TACOM 값의 비례관

계가 성립한다면, TACOM은 KTX 기장이 수행해야 하는 직무의 복잡도를 적절히 평가할 수 있는 방법으로 볼 수 있기 때문이다. Fig. 6은 Table 4 및 Table 6에 정리된 각각의 구간에 대한 TACOM 값 및 평균 NASA-TLX 값을 비교한 결과를 보여준다.

Fig. 6에서 볼 수 있는 바와 같이, 선형 회귀분석결과 TACOM 값과 NASA-TLX 값들 사이에 뚜렷한 선형성이 있는 것으로 관찰되었을 뿐 아니라, 분산분석결과도 통계적인 의미가 있는 것으로 평가되었다. 따라서 TACOM 값은 KTX 기장이 수행해야 하는 직무의 복잡도를 적절히 대표하는 것으로 파악된다.



TACOM score
 ANOVA (Analysis of Variance) table

	DF	SS	MS
Model	1	8.352	8.352
Error	17	9.672	0.569
Total	18	18.024	

$p = 0.001$

Fig. 6. Comparing TACOM scores with the associated NASA-TLX scores

5. 토의 및 결론

본 논문에서는 원자력발전소 주제어실 운전원들이 수행해야 하는 절차화된 직무들의 복잡도를 정량적으로 평가할 수 있는 TACOM 평가 척도를 사용하여, 기존선 구간인 지천-부산진 운행을 위해 KTX 기장이 수행해야 하는 직무에 대한 정량적인 복잡도 평가를 수행하였다. 이를 위해 원자력발전소 직무의 복잡도 평가를 위해 사용된 Table 2의 가중치 값을 동일하게 사용하여 철도 직무의 복잡도 평가를 수행하였다. 또한 직무복잡도 평가 결과를 주관적 직무부하 평가방법인 NASA-TLX 방법을 통해 얻어진 결과와 비교하여, 직무복잡도 평가결과에 대한 적합성을 검토하였다.

그 결과 TACOM 값이 평균 NASA-TLX 값과 뚜렷한 선형성이 관찰되었기 때문에 TACOM 평가척도는 KTX 기장이 수행해야 하는 직무의 복잡도를 적절히 평가할 수 있는 방법으로 판단된다. 특히, 원자력발전소 주제어실 운전원들이 수행하는 직무와 KTX 기장이 수행하는 직무의 특성이 공정제어직무 또는 감시제어직무로 대표될 수 있다는 점은 이런 결과를 뒷받침 하고 있다.

철도 사고의 효과적인 예방을 위해 우선적으로 인적오류를 줄여야 한다는 점에서, 작업 종사자의 필수 직무를 체계적으로 분석하고, 상대적으로 어렵거나 힘든 직무를 파악하여 직무를 개선하거나 교육/훈련을 통해 작업자의 대응능력을 향상시킬 필요가 있다. 따라서 TACOM 평가척도의 적용 타당성 검토를 위해 본 논문에서 고려한 기존선 구간 뿐 아니라 고속선 구간 운행을 고려한 추가 연구를 수행할 경우 유용한 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

특히, TACOM 평가척도는 철도나 원자력 이외의 타 산업체에서 수행되는 공정제어/감시제어 직무의 복잡도 평가에도 사용할 수 있을 것으로 기대되기 때문에, 이를 적극적으로 활용한다면 보다 효과적인 인적오류 관리체계 구축 및 운용이 가능할 것으로 기대된다.

감사의 글

이 연구는 교육과학기술부의 연구비 지원 하에 한국연구재단의 원자력 연구개발 사업에 따라 수행되었습니다. (Grant code: M20702030004-08M0203-00410)

참고 문헌

1. Environmental Health Center(1999), "New ways to prevent chemical incidents," EPA 550-B-99-012, Washington D.C..
2. W. H. Moore(1994), "The grounding of Exxon Valdez: An examination of the human and organizational factors," Marine Technology, Vol. 31, No. 1, pp. 41~51.
3. 건설교통부(2006), "철도안전종합계획 제1차(2006~2010)."
4. S. Hall(1997), "Railway Accidents," Ian Allan Publishing.
5. J. Park and W. Jung(2006), "A study on the validity of a task complexity measure for emergency operating procedures of nuclear power plants - comparing with a subjective workload," IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. 53, pp. 1~9.
6. 정원대, 고종현, 박진균, 박상록, 임승수(2006), "NASA-TLX 방법에 의한 KTX 운전 직무부하 분석," 한국철도학회 2006 추계 학술대회.
7. J. Park and W. Jung(2007), "A Study on the revision of the TACOM measure," IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. 54, pp. 2666~2676.
8. R. Leitch and M. Gallanti(1992), "Task classification for

- knowledge-based systems in industrial automation,” IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 22, p. 142~152.
9. J. Park(2009), “The complexity of Proceduralized Tasks,” Springer-Verlag, UK, to be published in 2009.
 10. 부산 고속철도기관사 승무사무소(2005), “KTX 고장조치 편람 및 기준운전선도.”
 11. S. G. Hart, and L. E. Staveland(1988), “Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research,” In: Human Mental Workload, P. A. Hancock and N. Meshkati, Ed. North-Holland: Elsevier Science Publisher B. V., pp. 139~183.
 12. Y. Liu, and C. D. Wickens(1994), “Mental workload and cognitive task automaticity: an evaluation of subjective and time estimation metrics,” Ergonomics, Vol. 37, pp. 1843~1854.
 13. S. Miyake(2001), “Multivariate workload evaluation combining physiological and subjective measures,” International Journal of Psychophysiology, Vol. 40, pp. 233~238.
 14. T. E. Nygren(1991), “Psychometric properties of subjective workload measurement techniques: implications for their use in the assessment of perceived mental workload,” Human Factors, Vol. 33, No. 1, pp. 17~33.
 15. S. G. Hill, H. P. Iavecchia, J. C. Byers, A. C. Bittner, Jr., A. L. Zaklad, and R. E. Christ(1992), “Comparison of four subjective workload rating scale,” Human Factors, Vol. 24, No. 4, pp. 429~439..
- 접수일(2009년 7월 23일), 수정일(2009년 8월 31일),
게재확정일(2009년 9월 9일)