

통계적 분석 기법을 활용한 자동차 검사 안전지수 및 환경지수 개발

홍지선¹ · 오세도¹ · 김영진^{1*} · 윤영한² · 백안선³

¹경희대학교 산업경영공학과/²한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부/³교통안전공단

Development of Safety and Environment Index for Vehicle Inspection Data Using Statistical Methods

Ji-sun Hong¹ · Se-do Oh¹ · Young-jin Kim¹ · Young-han Youn² · An-Sun Baek³

¹Industrial Management Engineering Department, Kyung Hee University

²School of Mechatronics Engineering, Korea University of Technology and Education

³Korea Transportation Safety Authority

It is important to guarantee the safety of vehicle to minimize the damage to the driver in case of the accidents. In order to inspect and later enhance the safety of vehicle, the owner of the vehicle usually have a vehicle safety inspection. The Korea Transportation Safety Authority (KOTSA) issues the Comprehensive Performance Inspection Certificate after vehicle inspection. The certificate only specify the legal inspection criteria for safety and measured values of the safety parameters, however, as ordinary driver in lack of expert knowledge about the vehicle is difficult to understand the contents of the Certificate. Thus, in this paper, the authors try to give the information about the inspection results in easier way to understand. This information not only guarantees the owner of the vehicle to better understand the inspection results, but it also gives the opportunity to the driver to deal with the specific problem listed in the results. The methods in this paper are to transform the vehicle inspection data into the non parametric distribution to easily represent the values to the index later on. Also, example indexes are presented to the actually inspected vehicle based on the reference distribution to show the better assessment of the developed method.

Keywords: Vehicle inspection, Vehicle safety index, Vehicle environmental index, Probability distribution, Index model

1. 서론

교통사고로 인한 피해를 최소화하기 위해 운행자동차의 안전성 확보는 매우 중요하다. 차량 소유자는 소유차량의 상태에 대해 지속적인 모니터링 및 자가 관리를 수행하고, 더불어 정기적인 자동차의 안전도 검사를 실시함으로써 운행자동차의 안전성을 개선할 수 있다. 실질적으로 차량의 상태 및 수명은 단순히 연식의 차이에서 비롯되는 것이 아니라 차량 소유자가 소유 차량에 대해 얼마나 관심을 갖고 관리를 하느냐에 따라 달라지기도 한다. 그러나 대부분의 운전자는 자동차에 대한

전문적인 지식이 부족하여 보유차량의 상태에 대한 관심도가 낮고 정비소를 통한 관리에 의존하는 경향이 있으며, 자기 소유의 자동차가 얼마나 안전한지 그리고 환경적으로 얼마나 유해한지에 대해 정확히 알지 못하는 경우가 많다. 교통안전공단에서는 자동차 검사 시 기능종합진단서를 제공하여 차량의 상태에 대한 정보를 제공해 주고 있다. 그러나 기능종합진단서의 활용여부에 대한 설문조사를 실시한 결과 실질적으로 차량 소유자들은 검사에 대한 법적 기준을 만족하는지에 대한 여부만을 확인하는 수준으로 나타났다.

이처럼 기능종합진단서가 피검사자에게 올바른 차량 정보

이 논문은 2012년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2012R1A1A2007218).

이 논문은 교통안전공단의 '자동차검사 안전·환경지수 개발연구용역'의 연구 결과를 토대로 작성되었음.

* 연락저자 : 김영진 교수, 130-701 경기도 용인시 기흥구 서천동 경희대학교 공학대학, Tel : 031-201-2901, Fax : 031-201-4004, E-mail : yjkim@khu.ac.kr
2014년 6월 12일 접수; 2014년 11월 19일 1차 수정본 접수; 2015년 3월 4일 2차 수정본 접수; 2015년 4월 23일 게재 확정.

제공의 역할을 충분히 수행하지 못하고 있는 가장 큰 원인은, 기능종합진단서의 규정이 단순히 나열형식으로 표현되어 피 검사자가 다소 이해하기 어렵게 정보를 제공하기 때문이라고 볼 수 있다. 현재의 기능종합진단서에는 법적 검사 기준과 기계적 수치 위주의 진단결과 측정값을 명시하기 때문에, 일반 운전자의 경우 법적 기준과 진단결과 수치를 통해 자신의 차량의 상태를 종합적으로 이해하기 힘들다.

해외 기관의 사례 중 스웨덴의 Bilprovningen(자동차 검사공사)의 경우 자동차 검사결과를 활용하여 모델별, 연식별, 주요 검사항목별 결합률 등을 구체적으로 분석한 후 소비자들이 보다 쉽게 이해할 수 있도록 색상별 표시 및 별점제를 이용하여 표현한다. Bilprovningen은 모델별로 평균 검사 결과치의 자동차를 선정하여 각 차량의 평균 결과치 대비 결합률을 적색(Worse than average car), 녹색(Better than average car), 미표시(average car) 색상별로 표기한다. 유로 NCAP(충돌안전성 검사기구)의 경우 신형자동차 충돌시험 자료를 토대로 각 차량 충돌안전성을 별점제(별 5개 만점)로 표기하여 정보를 제공한다. 그리고 이를 매년 정기간행물인 ‘Cars’를 통해 공표하고 있다

비록 자동차 검사 관련 분야는 아니지만, 국내에서도 검사결과표를 토대로 소비자들이 이해하기 쉽도록 지수모델을 개발하여 활용하는 사례가 있다. 대표적으로 생체나이 지수를 추정하는 생체나이추정 시스템을 예로 들 수 있다. 이 시스템은 대학/종합병원 검진센터 방문자의 건강검진 시 검진결과 데이터를 토대로 신체계측검사, 혈액(생화학)검사, 그 외 특수 호르몬 검사 데이터를 분석하여, 개인의 전체 생체나이(신체, 대사, 호르몬나이) 및 노화속도를 분석하고 측정한다(Bae *et al.*, 2006). 이 외에도 기존시설물(건축물)내진성능평가(국토해양부, 2011), 시단위 포장도로의 포장평가지수 등 많은 분야에서 지수모델을 개발하여 활용하고 있다(Moon *et al.*, 2008).

우리나라 자동차의 검사결과에도 Bilprovningen의 별점제도 또는 생체나이추정과 같은 지수 표현 방식을 도입한다면, 차량 소유자가 검사결과에 대해 보다 쉽게 이해할 수 있을 것이다. 이를 통해 자동차의 안전도 확보 및 연비향상 유도 등 차량 관리에 대한 관심을 고취시키고, 차량의 상태를 파악하는데 활용할 수 있다. 이를 위해 본 논문은 자동차 검사 결과 수치 데이터를 비모수적 통계분포 추정 방법에 의거하여, 검사의 결과를 지수형태로 표현하는 모델의 개발에 대해 서술한다. 또한 분석에 사용된 자동차 검사 결과 데이터, 통계 분포의 비모수적 추정 방법에 대해 기술하고, 지수모델의 변별력에 대한 예시를 위해 몇몇 차종에 대해 지수모델을 적용하여 종합지수를 계산한 결과를 제시할 것이다.

2. 기반기술 정리

2.1 자동차 검사 모니터링 데이터

교통안전공단에서는 운행자동차에 대해 일정기간마다 정

기적으로 정기검사 및 종합검사를 실시하고 있다. 이는 운행 자동차의 안전성 확보를 도모하고 배출가스로 인한 환경오염을 최소화하기 위함이다. 2013년 전국 검사소에서 검사를 진행한 차량의 대수는 약 980만대이다. 여러 검사소에서 검사한 자동차 검사결과 값은 교통안전공단 중앙 서버에 위치한 VIMS(Vehicle Inspection Management System)에 저장된다. VIMS의 전체적인 데이터베이스의 구조는 모두 공개할 수 없고, 본 연구에서 사용된 부분적인 데이터베이스의 구조는 <Figure 1>과 같다.

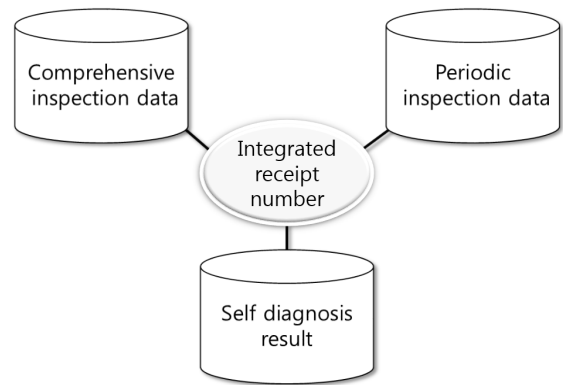


Figure 1. Data Structure of VIMS

2.2 비모수적 확률 분포 추정 방법

확률 분포 추정하는 방법으로는 모수적 방법과 비모수적 방법으로 구분할 수 있다. 모수적 방법은 밀도 함수의 분포형태를 미리 가정하고, 분포의 특징을 반영하는 모수인 평균과 표준편차 등을 추정하는 방법이다. 반면 비모수적 방법은 표본 집단에 의거하여 모수의 추정 없이 모집단에 대한 밀도 함수를 추정하는 방법을 의미한다.

저자들은 데이터의 분포 모양을 확인하기 위해 정규성 검정을 한 결과 데이터들이 정규분포함수의 형태를 따르지 않고, 각 데이터들의 분포 모양이 상이하어, 비모수적 추론 방법을 연구에 적용하였다.

비모수적 추론 방법에는 대표적으로 K-최근접이웃(K-nearest Neighbor; KNN)과 커널밀도추정방법(Kernel Density Estimation, KDE) 등이 있는데, 본 연구에서 저자들은 Parzen-window 함수를 이용한 KDE 방법을 활용하였다.

KDE는 d 를 차원이라고 할 때, 다음의 식 (1)의 Parzen-window 함수를 정의한다.

$$\varphi(u) = \begin{cases} 1 & |u_j| \leq 1/2; \quad j = 1, \dots, d \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (1)$$

만약 h 가 cube의 변의 길이라면 이 윈도우 함수를 이용하여 x 를 중심으로 하는 hyper cube 내의 샘플 개수 k 를 식 (2)와 같이 계산할 수 있다.

$$k = \sum_{i=1}^n \varphi \left(\frac{x - x_i}{h} \right) \tag{2}$$

h^d 가 hyper cube이고, N 이 데이터의 개수라면 k 를 이용해 식 (3)을 통해 x 에서의 확률 밀도를 추정할 수 있다.

$$p(x) = \frac{k}{h^d N} \tag{3}$$

본 연구에서는 데이터의 출현 범위에 대해 출현 빈도(밀도)를 계산하고, 계산된 분포에 대해 Parzen-window 밀도 추정 결과를 이용하여 정규화 하였다(Oh *et al.*, 2014).

저자들은 각 항목의 단일지수를 계산하기 위해 1차원 Parzen-window를 이용하였는데, 이를 도표로 표현하면 히스토그램의 개념과 동일하다. 즉 임의의 h 를 가진 1차원의 KDE(Parzen-window 함수 사용)로 추정된 분포는 h 간격으로 나눈 히스토그램의 결과와 동일하다. 저자들이 Parzen-window 밀도 추정 방법을 사용한 이유는 KNN 방법에 비해 간단한 계산법으로 적용이 용이하기 때문이다. KNN 방법의 경우 특정 데이터 좌표에 이웃한 데이터 샘플의 개수 K 를 모수로 설정하고, K 개에 해당하는 공간을 계산하여 확률 밀도를 추정하므로 동일한 확률 밀도 값을 가지는 구간이 가변적인 특성을 지닌다. 이는 주기적인 업데이트를 수행해야 하는 일반적인 상황에서 구간이 일정하지 못해 확률 추정을 다시 해야 하는 상황이 발생된다. 반면, Parzen-window 밀도 추정 방법은 동일한 간격의 구간을 모수로 하여 확률 밀도를 추정하므로, 이후 새로운 데이터가 발생하는 경우 그 구간에 합산하는 형태로 업데이트를 수행할 수 있다. 따라서 우리는 Parzen-window 밀도 추정 방법을 단일 지수를 계산에 활용하였다.

2.3 누적분포를 이용한 지수 산출 모델

본 연구에서 저자들은 제 2.2절에서 언급한 바와 같이 데이터를 Parzen-window 밀도추정의 결과를 이용하여 정규화 하였다. 본 연구에서 개발된 단일 검사 항목에 대한 지수표현을 위한 모델(이하 단일 지수모델)은 히스토그램의 누적 결과(이하 누적히스토그램)를 이용하여 차등적으로 지수를 산정 한다. 이 모델에 대한 자세한 설명은 제 4.1절에서 언급하였다.

3. 분석 데이터 및 데이터의 전처리

3.1 분석에 사용될 데이터 선정

저자들은 안전지수 및 환경지수 산정을 위해 VIMS의 자동차 검사 모니터링 데이터를 연구에 활용하였다.

먼저, 자동차 검사 모니터링 데이터의 여러 변수 중 안전 및 환경에 직접적인 영향을 주는 변수항목의 선정을 위해 데이터 항목의 중요도를 검토하기 위해 교통안전공단의 검사소 검사

관 및 검사기준 담당자와의 사고와 직접적인 연관성을 내포하고 있는 검사 항목에 대한 인터뷰를 실시하였다. 이를 기반으로 안전지수 및 환경지수 산정에 적합한 데이터 항목을 선정하였다.

선정된 데이터 항목은 <Table 1>, <Table 2>와 같다.

Table 1. Item and variables used in the analysis for safety index calculation

Item	Variables used	Pass criterion
Steering system	Alignment of front wheels (Inner direction)	5mm
	Alignment of front wheels (Outer direction)	5mm
Drive system	Alignment of rear wheels (Inner direction)	5mm
	Alignment of rear wheels (Outer direction)	5mm
Brake system	Sum of the braking power of shaft/ Total weight of the vehicle	50%
	Sum of the parking braking power/ Total weight of the vehicle	20%
Lighting system	Left headlight(Left direction)	15cm
	Left headlight(Upper direction)	10cm
	Right headlight(Right direction)	30cm
	Right headlight(Upper direction)	10cm
Instrument system	speedometer 40km/h	32km/h~ 44.4km/h

Table 2. Item and variables used in the analysis for environmental index calculation

Item	Variables used	Pass criterion
Exhaust gas	carbon monoxide(CO)	1.2%
	hydrocarbon(HC)	220ppm

본 연구에 사용된 데이터는 2012년 1월부터 2013년 6월까지 수집된 데이터이다. 저자들은 이 중 2012년 1년 동안 수집된 자동차 검사 모니터링 데이터를 지수모델 개발에 이용하였다. 차종의 구분별로 각 분석 대상 차량 항목의 편차가 상이하므로 모든 결과 값을 하나로 통일하는 것은 바람직하지 않은 것으로 판단되어 각각의 동일한 용도의 차종별, 연료타입으로 나누고, 우리나라 일반 승용차 분류기준(경차, 소형차, 중형차, 대형차) 중 데이터의 모집단이 가장 큰 휘발유 연료를 사용하는 중형차를 이용하였다.

3.2 데이터의 전처리

2012년 자동차 검사 모니터링 데이터를 살펴본 결과, 각 분

석 항목별 데이터 내 다수의 이상치가 포함되어 있음을 파악하였다. 정확한 지수모델을 개발하기 위해, 기계의 오작동, 검사자의 검사중지 등으로 인하여 나타난 이상치들이 모델에 영향을 주지 않도록 제거하여 각 항목의 정상 범위를 선정하였다. 분석에 활용될 데이터의 범위는 <Table 3>, <Table 4>와 같다.

Table 3. Range of data per item used in the analysis for safety index calculation

Item	Variables used	Range of the data analysis
Steering system	Alignment of front wheels (Inner direction)	0mm~10mm
	Alignment of front wheels (Outer direction)	0mm~10mm
Drive system	Alignment of rear wheels (Inner direction)	0mm~10mm
	Alignment of rear wheels (Outer direction)	0mm~10mm
Brake system	Sum of the braking power of shaft/Total weight of the vehicle	0%~100%
	Sum of the parking braking power/Total weight of the vehicle	0%~100%
Lighting system	Left headlight(Left direction)	0cm~60cm
	Left headlight(Upper direction)	0cm~60cm
	Right headlight(Right direction)	0cm~60cm
	Right headlight(Upper direction)	0cm~60cm
Instrument system	speedometer 40km/h	0km/h~99.9km/h

Table 4. Range of data per item used in the analysis for environmental index calculation

Item	Variables used	Range of the data analysis
Exhaust gas	carbon monoxide(CO)	0%~20%
	hydrocarbon(HC)	0ppm~1,000ppm

4. 지수모델 개발

4.1 비모수적 지수모델링

설정된 데이터 출현 범위(측정치의 범위)에 대해 데이터의 Parzen-window 함수를 활용한 KDE의 결과를 이용하여 범위별 출현 빈도(밀도)를 계산하고, 이를 누적한 후 점수 구간의 크기로 표준화하였다. 이 모델은 데이터의 특성에 의거해 데이터가 많이 생성되는 평균점과 가까운 범위에는 지수의 변동 폭이 크게 반영된다. 또한 평균과 동떨어진 값일수록 출현가능성이 적고, 이상치에 가까우므로 지수의 변동이 더디게 반영된다.

단일지수 산정 시 지수모델의 경우 <Figure 2>와 같이 세 가

지 형태의 모델로 구분된다. 측정값이 클수록 지수가 높게 계산되는 형태(a)(예 : 제동력), 측정값이 클수록 지수가 낮게 계산되는 형태(b)(예 : 배기가스), 지수가 어떠한 특정 기준 값을 기점으로 가까워지면 지수가 높게 계산되고 반대로 멀어지면 지수가 낮아지는 형태(c)(예 : 속도계)가 있다.

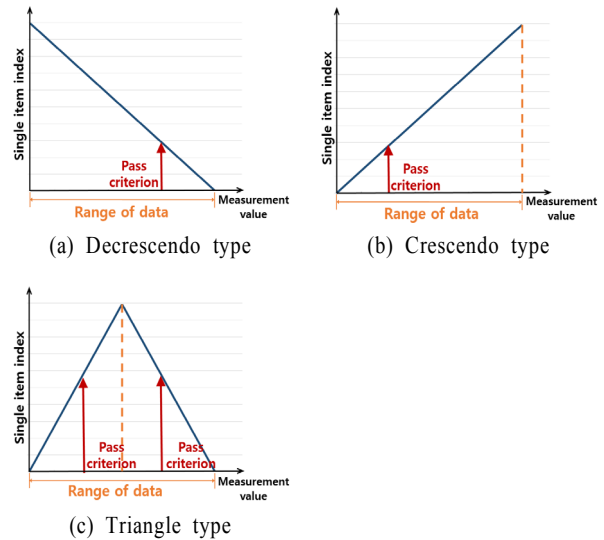


Figure 2. Three types of index model

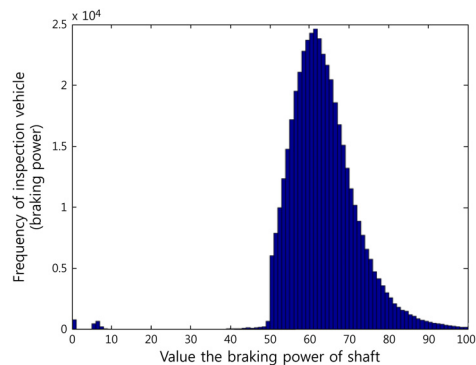


Figure 3. Histogram(braking power)

<Figure 2>와 같이 측정 변수에 따라 지수점수의 계산 기준이 달라지기 때문에 각 변수의 형태에 따라 점수 계산방법을 다르게 대응하는 방법으로 단일지수를 계산하였다. 데이터 항목들 중 ‘축중 제동력의 합/차량 총 중량(안전단일지수)’을 예로 들겠다. <Figure 3>은 해당 데이터 항목의 선정된 범위(축중 제동력 값이 범위 0%~100%)를 100 구간으로 나눈 히스토그램이다. 상기에 표현된 히스토그램의 결과를 점수가 높아야 할 방향으로 누적시킨 후 점수 구간(본 연구의 경우 0~100점)으로 정규화한 후, 지수화 한 것을 <Figure 4>에 나타내었다. 예를 들어 A차량이 70%의 제동력 검사 결과가 나왔다면 A차량의 제동력 단일안전지수는 약 80점 정도로 산출된다.

이와 같은 방법으로 선정된 각 항목별 데이터들(<Table 1>, <Table 2>)의 단일지수를 구할 수 있다.

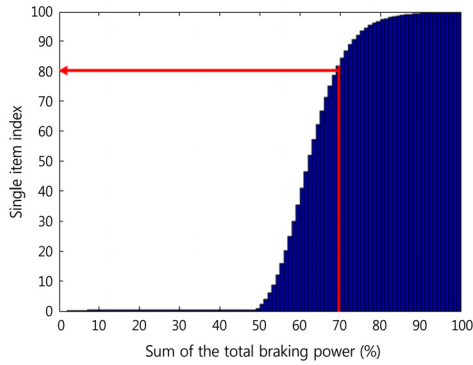


Figure 4. Scoring of the cumulative histogram (braking power)

4.2 종합지수계산을 위한 가중치 및 종합지수 산정의 예시

상기의 방법대로 각 변수들의 단일지수를 구한 후, 각 항목에 대해 적절한 가중치를 곱하여 최종적인 지수형태의 결과인 종합안전지수 및 종합환경지수를 계산할 수 있다. 본 절에서 저자들은 개발된 지수모델의 변별력에 대한 가시화를 위해 2013년도에 검사를 실시한 몇몇 차종에 대해 개발된 지수모델을 적용하고, 그 결과를 예시로 활용할 것이다.

(1) 종합지수개발을 위한 검사항목별 가중치

안전지수개발의 근본적인 목적은 차량의 안전도 상태를 정확하게 소비자에게 전달하여 자동차의 결함으로 인해 발생할 수 있는 교통사고를 사전에 예방하는 것이다. 즉 예방적 차원에서 보다 안전한 차량상태로 유지하도록 하는 것이 목적이므로 자동차 결함으로 발생하는 빈도가 높은 장치에 가중치를 높게 부여하는 방법을 적용하는 것이 바람직하다. 국내의 경우에는 교통사고의 통계작업이 전적으로 수사기관인 경찰을 통해 이루어진다. 따라서 자동차 결함으로 인한 교통사고임을 분석해 내기가 힘들어 관련된 통계가 부족하다. 그리고 결함으로 인한 사고 시에도 제작사의 분석에 의존하여 사고의 원인을 파악하는 경향 때문에 어떤 장치의 결함으로 인해 발생하는지에 대한 정확한 자료가 부족하다. 이에 반해 유럽의 경우에는 교통사고 발생 시 차량에 대한 정밀검사를 통해 사고 원인을 분석한다. 저자들은 비록 유럽의 통계 분석 결과이긴 하나 국내의 도로환경 및 자동차 품질을 유럽과 유사하다 가정하고, 자동차결함에 의한 사고 장치별 가중치 산정에 있어 유럽 DEKRA(자동차분야의 안전 및 품질 인증기관)의 자료를 활용하였다. DEKRA REPORT(2008)의 자동차 결함 별 사고원인을 분석한 결과는 <Figure 5>와 같다.

저자들은 <Figure 5>의 자료를 참고하여 종합안전지수 계산을 위한 가중치를 논의, 조정하였다. 가중치는 저자들과 더불어 다른 검사항목에 대해서는 검사관 2인, 검사기준 업무 담당자 4인 및 학계 검사 전문가 4인의 토론을 통해 선정되었으며, 사고율이 가장 높은 브레이크의 경우 가중치를 독일의 비율에 준하여 설정하였으며, 이외의 기준의 경우 독일의 분류기준과는 다른 검사항목에 대해서는 의견수렴을 통해 평균값을 적용

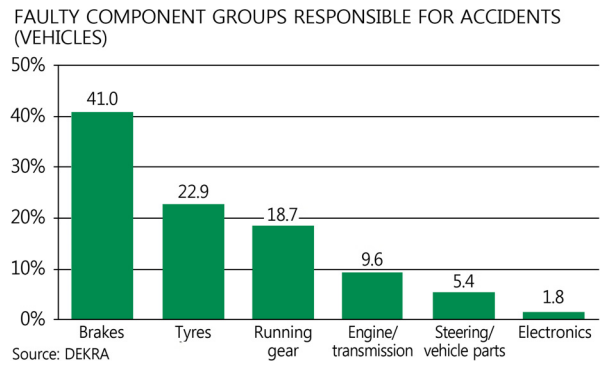


Figure 5. Percentage of accidents caused by vehicle defects of DEKRA

하였다. 단, 계산의 용이성을 위해 평균적 수치에 대해 1단위에서 반올림하여 선정하였으며, 배기가스 검사의 경우 오염 물질들이 직접적으로 환경에 미치는 정도를 파악하기 어려워 CO와 HC에 동등한 가중치를 부여하였다. 추후 이 부분은 추가적 연구를 통해 개선되어야 할 여지가 있다고 판단된다. 종합지수 계산을 위해 결정된 가중치는 <Table 5>, <Table 6>과 같다.

Table 5. The weighting factor of each item (Comprehensive safety index)

Item	Variables used	Weighting factor
Steering system	Alignment of front wheels (Inner direction)	10%
	Alignment of front wheels (Outer direction)	
Drive system	Alignment of rear wheels (Inner direction)	20%
	Alignment of rear wheels (Outer direction)	
Brake system	Sum of the braking power of shaft/Total weight of the vehicle	40%
	Sum of the parking braking power/Total weight of the vehicle	
Lighting system	Left headlight(Left direction)	10%
	Left headlight(Upper direction)	
	Right headlight(Right direction)	
	Right headlight(Upper direction)	
Instrument system	speedometer 40km/h	10%
Sensory inspection	Suspension, Engine, Car shape and body, etc.	10%

Table 6. The weighting factor of each item (Comprehensive environmental index)

Item	Variables used	Weighting factor
Exhaust gas	carbon monoxide(CO)	40%
	hydrocarbon(HC)	40%
	Sensory inspection	20%

(2) 종합지수산정의 예시

저자들은 2013년도 1월~6월에 자동차 검사가 실시된 차량의 검사결과 데이터 중 4개의 샘플 데이터를 추출하여 2012년 데이터 지수모델에 적용하였다. 먼저 2013년 샘플데이터의 각 검사변수에 대해 2012년 지수모델을 적용하여 단일 지수 점수를 계산한 후, 각 동일 항목별 단일 지수 점수의 평균을 계산한다. 예를 들어, 조향계통, 주행계통의 경우에는 각각 내측방향과 외측방향의 수치에 대해 단일 지수를 계산하고, 각각의 점수를 평균한다. 이와 마찬가지로, 제동계통의 경우 주차제동

력과 종합제동력, 등화장치의 경우 좌측좌향, 좌측우향, 우측좌향, 우측우향과 같이 각 항목별로 속해 있는 검사 변수들의 단일지수 점수의 평균을 구한다. 평균값을 구한 후 각 항목에 해당되는 가중치를 곱하여 항목 지수 점수를 계산한다(이때 가중치 항목 중 관능검사의 경우 점수화된 측정값이 없으므로 통과된 단일지수 결과를 100점이라 가정한다). 계산된 각 항목의 항목지수 점수를 모두 더하면 종합지수점수가 계산된다.

산출된 2013년 샘플데이터의 종합안전지수 및 종합환경지수는 <Table 7>, <Table 8>과 같다.

Table 7. Comprehensive safety index of sample vehicles(2013)

Model (Year)	Result		Steering system		Drive system		Brake system		Lighting system				Instrument system	Sensory inspection	safety index	Star point
			Inner direction	Outer direction	Inner direction	Outer direction	brake	parking brake	left headlight (Upper direction)	left headlight (Left direction)	Right headlight (Upper direction)	Right headlight (Right direction)				
SONATA (2005)	Pass	Measurement value	0	1	1.5	0	66.2	29.1	0	0	0	0	39.3	100		
		Single item index	100	51.9	72.3	100	67.8	88.8	100	100	100	100	88.7	100		
		Variable index	7.6		17.2		31		10				8.9	10	84.7	★★★★☆
SONATA (1996)	Fail	Measurement value	2.1	0	0	0	67.4	21.6	55	49	23	15	36.3	100		
		Single item index	33.9	100	100	100	72.8	25	6.6	15.1	50.4	64.6	43.5	100		
		Variable index	6.7		20		19.6		3.4				4.4	10	64.0	★★★★☆
SM5 (2007)	Pass	Measurement value	0	0	0	0	64.7	32.6	0	0	0	0	33.6	100		
		Single item index	100	100	100	100	62.2	96	100	100	100	100	9.7	100		
		Variable index	10		20		31.6		10				1.0	10	82.6	★★★★☆
SM5 (2003)	Fail	Measurement value	0.1	0	0	0	51.8	21.4	0	39	0	0	38.4	100		
		Single item index	100	100	100	100	3.3	25	100	28.2	100	100	77.4	100		
		Variable index	10		20		5.7		8.2				7.7	10	61.6	★★★★☆

Table 8. Comprehensive environmental index of sample vehicles(2013)

Model (Year)	result		carbon monoxide	hydrocarbon	Sensory inspection	environmental index	Star point
SONATA (2005)	Pass	Measurement value	0	8	100		
		Single item index	100	66.6	100		
		Variable index	40	26.64	20	86.6	★★★★☆
SONATA (1996)	Fail	Measurement value	0.81	434	100		
		Single item index	5.8	0	100		
		Variable index	2.32	0	20	22.3	★☆☆☆☆
SM5 (2007)	Pass	Measurement value	0	4	100		
		Single item index	100	78.4	100		
		Variable index	40	31.36	20	91.4	★★★★★
SM5 (2003)	Fail	Measurement value	8.1	563	100		
		Single item index	0	0	100		
		Variable index	0	0	20	20	★☆☆☆☆

5. 결 론

본 연구에서 저자들은 자동차 검사 결과에 대한 정보를 안전 및 환경측면에서 소비자가 좀 더 쉽게 이해할 수 있도록 검사 결과를 지수 및 별점제로 표현할 수 있는 지수모형을 개발하였다.

개발된 지수모형의 장점은 다음과 같다. 첫째, 데이터의 누적 확률에 의거하여 측정값의 분포에 의거한 출현 확률 값을 지수에 적용하는 형태이므로 통계적 정확도가 보장된 상대평가 지수라 할 수 있다. 둘째, 측정값이 상위 몇 퍼센트 안에 속하는지의 비율을 이용해 지수화 하므로, 각 항목별로 막대그래프, 별점 등으로 가시화 하여 나타내는 경우 단일 항목에 대한 소유차량의 상태를 쉽게 이해할 수 있다. 셋째, 차량의 종합 지수를 점수로 표현하여 동종 차량 간의 비교, 차량의 전체적 등급 산정 등이 용이하다. 넷째, 계산 및 알고리즘 설계가 복잡하지 않고, 추가적인 데이터 발생 시 단순 누적을 통해 모델을 보정하면 되므로 지수모형의 보정이 용이하다.

개발된 지수모형의 적용을 통해 소비자들은 자동차 검사결과 기능종합진단서에 대해 직관적으로 이해하기 어려웠던 검사결과를 좀 더 쉽게 이해할 수 있을 것이라 사료된다. 직관적 이해도가 향상된 검사결과 표시는 검사자로 하여금 자동차 관리에 보다 용이하게 활용될 수 있으며, 자동차 관리 지식이 부족한 소유자의 관심을 유도할 수 있을 것이다. 또한 검사 시행 기관의 입장에서 보았을 때, 보다 고객 친화적인 결과를 제공함에 따라 고객만족도를 높일 수 있으리라 기대된다.

향후 브랜드별 및 모델별, 주요 검사 항목별로 불합격을 등 구체적인 분석을 통하여 소비자에게 세부적이고 좀 더 많은 정보를 제공하거나, 자동차 제작사로 하여금 성능향상을 유도

하는 자료로도 활용될 수 있을 것이다. 또한 중고차를 구입하고자 하는 소비자에게 자동차 선택의 기준의 보조 자료로서도 활용될 수 있다. 보험회사는 차량의 검사의 점수화된 상태정보를 제공받음으로써 합리적인 보험료 산정의 참고자료로서 활용될 수 있다고 사료된다.

참고문헌

- Bae, C.-Y., Kang, Y.-G., and Kim, S.-H. (2006), The Prediction of the Biological Age Using Clinical Parameters, *Korean Journal of Clinical Geriatrics*, 7(2), 215-224.
- Chang, S.-K. (2001), Development of the Periodic Motor Vehicle inspection System Considering Transportation Safety, Master's thesis, Hanyang University.
- Jeon, C.-G. (2008), A Study on The Effect of KOTSA's Standard Service of Vehicle Inspection on Customer Satisfaction, Master's thesis, Chosun University.
- Kim, E.-J. (2012), Development and Application of Healthy City Indicators and Index : Case of Seoul Metropolitan Area, *The Korea Spatial Planning Review*, 72, 161-180.
- Ljungdahl, G.-B., Hogberg, G., Andersson, G., Sjaunja, E., and Stjerna, M. (2004), Cars : Strong and Weak Points, Bilprovningen, Sweden.
- Moon, H.-C. and Suh, Y.-C. (2008), Development of Pavement Condition Index for the Municipal Pavements, *International Journal of Highway Engineering*, 10(3), 221-230.
- Oh, S.-D., Kim, Y.-J., and Lee, T.-H. (2014), Fast pattern recognition inspection system (FPRIS) for machine vibration, *Journal of Mechanical Science and Technology*, 28(2), 437-444.
- Shin, H.-J., Chang, Y.-S., Cheo, Y.-G., and Kim, C.-S. (2012), Application and Development for the Domestic Railway Derailment Precursor Indicator, *The Korean Society For Railway*, 250-255.