기술혁신학회지 제1권제2호
1998년 7월 pp.275~284

델파이 방법을 이용한 기술예측의 신뢰도 분석

An Analysis of the Reliability of Technology Forecasting Outcomes

윤윤중*, 이종일*

〈目 次〉

Ⅰ. 서 론
Ⅱ. 델파이 방법에 있어서의 신뢰도의 문제
Ⅲ. 분석대상자료의 특징
Ⅳ. 기술예측의 신뢰도 분석
Ⅴ. 결 론

〈Abstract〉

This paper investigates the responding patterns between panelists of high and low expertise, overall consistency in responses and the reliability of a technology forecasting outcomes of the study 「The Industrial Technology Forecasting for 2010 and New Strategies」. The conclusions, based on various tests, are as follows : panelists' responses are tested to be significantly consistent : the panelist group of high expertise are more confident on their responses than the one of low expertise and the convergence ratio is higher in the latter group than in the first.

Key Words : 델파이 방법, 기술예측, 신뢰도, 전문가 집단, 실현시기, 확신도, 수렴도

Ⅰ. 서 론

정보통신기술 등 기술 및 상품주기의 단축으로 시장의 변화가 급속도로 진전되고, 경쟁의 양상도 기술선점을 통한 렌트추구형으로 변화하게 되면서 전략적 기술관리의 한 수단으로 기술예측의 중요성이 커지고 있다. 또 기술개발비전을 제시해야 하는 국가도 미래의 기술발전추세를 확인하고 기술의 사회적 경제적 영향을 파악해야 할 필요성이 높아지면서 기술예측에 대한 요구가 점차 증대되고 있다.

기술예측(technology forecasting)은 대규모의 사회적, 경제적 이익을 창출해 낼 수 있는 새로운 기반기술을 확인하기 위하여 과학 기술 경제 사

* 산업기술정책연구소 정책연구부
(E-mail : 윤윤중(yjy@mail.itep.re.kr), 이종일(jilee@mail.itep.re.kr))

회의 장기적인 미래를 전망하는 체계적인 노력[1] 혹은 기술특성의 변화정도, 기술진보의 방향이나 영향 등에 대한 정량화된 전망 등으로 정의된다[2]. 이는 신뢰성있는 자료와 일련의 논리체계, 그리고 합리적인 가정 등에 의해 이루어진다는 점에서 추측이나 예언과는 다른 개념이며, 일련의 데이터를 이용하여 동일한 논리체계에 따라 예측을 실시한다면 예측주체에 관계없이 동일한 예측결과를 보이게 된다는 특징(replicability)을 지니고 있다[3].

이러한 기술예측은 국가나 기업의 장기적 생존을 보장할 수 있는 기술대안을 탐색하거나 기술의 발전속도 또는 한계점 등을 전망함으로써, 의사결정자가 필요로 하는 정보를 제공하는 데 그 기본적인 목적이 있다. 그러므로 기술예측의 유용성은 예측결과의 정확성(accuracy)보다는 의사결정의 질적 향상에 도움을 줄 수 있는 지의 여부 즉, 예측결과의 신뢰도(reliability)에 놓여져 있다고 할 수 있다. 이렇게 기술예측에 있어서 예측의 정확성이 부차적인 것으로 평가되는 것은, 첫째 예측된 시기가 도래해야만 예측의 정확성 여부를 판단할 수 있으며, 두번째로 기술예측 그 자체가 예측된 결과대로 실현되도록 의사결정자를 강제하는 효과를 지닌다는 점 등에 기인한다[4]. 예를 들어 특정기술이 실현 불가능하다고 예측되었을 때 의사결정자들은 그 기술의 개발에 적극적으로 노력할 유인이 거의 없게 되며, 결과적으로 해당 기술이 개발되지 않는 상황이 초래될 수도 있다[5][6].

이러한 이유 등으로 기술예측에 있어서 예측의 주안점은 예측결과의 신뢰도 확보에 놓여지게 된다. 특히 전문가들의 주관적 평가에 의존하여 예측을 수행하는 델파이 방법(delphi method)에서는 신뢰도의 확보야말로 기술예측의 성패를 좌우하는 가장 중요한 요소라고 할 수 있다. 이러한 점에 착안하여 본 연구에서는 델파이 방법을 이용한 기술예측의 신뢰도 여부에 대하여 분석하고자 한다. 이를 위하여 먼저 기술예측에 있어서의 신뢰도의 개념을 정리하였으며, 델파이 방법으로 최근에 수행된 기술예측결과를 대상으로 실증분석을 시도하였다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 다음 장에서는 델파이 방법과 예측의 신뢰도에 대한 기존의 연구를 고찰하고, Ⅲ장에서는 본 연구의 실증분석 대상인 2010년 산업기술예측과 장기발전전략(1998)(이하 산업기술예측(1998))을 간단히 설명한다. Ⅳ장에서는 예측결과의 신뢰도 분석을 두가지 측면으로 나누어 실시하며, 마지막 장에서는 얻어진 결론과 기술예측과정 설계에 대한 시사점을 제시한다.

Ⅱ. 델파이 방법에 있어서의 신뢰도의 문제

델파이 방법은 전문가들의 식견을 최대한 활용하되 전문가 위원회가 지니는 단점을 제거할 수 있도록 고안된 직관적 예측기법중의 하나이다. 전문가 위원회의 단점이 위원회 운영방식 즉, 대면(face to face)을 통한 의사교환방식에 기인한

1) Martin (1995), pp.139-68.
2) Bright (1978), pp.19-29.
3) Vanston (1984), pp.1-3.
4) Martin (1989), p.41.
5) 이렇게 기술예측이 의사결정자의 행동에 영향을 미쳐 예측결과를 강제하는 효과를 예측의 자기실현효과(self-fulfilling effect) 또는 행위변경효과(self-altering effect)라 한다.
6) 예측결과의 정확성 여부가 기술예측의 유용성을 좌우하는 요소가 아니라는 것이 예측이 비과학적으로 이루어져도 된다는 것을 의미하는 것은 아니다. 예측과정이 논리적 완결성을 지니고 있을 때에만 과학적인 예측결과를 산출해낼 수 있으며 이러한 정보만이 의사 결정에 도움을 줄 수 있기 때문이다.

다는 점에 비교하여[7], 델파이 방법에서는 대면 방식 대신 몇 가지 형태의 의사교환장치가 부가된 설문조사방식을 취하고 있다. 이 방법은 1950년대 미국 Rand 연구소에서 처음 개발되었으며, 상당수의 기술예측이 이 방식을 사용하여 수행되고 있다[8].

델파이 방법은 특정 기술과제의 기술적·사회적 중요성, 기술의 실현시기 등을 예측하기 위해 전문가를 대상으로 설문조사를 하는 예측 방법이다. 전문가들의 식견을 활용한다는 점에서 전문가 위원회와 같으나, 익명이 보장된 상태에서 설문지를 통해서만 의견을 교환한다는 점에서 전문가 위원회의 단점을 보완하고 있다. 또 설문조사가 반복적으로 실시되므로 각 전문가들은 자신의 예측치를 자유로이 수정할 수 있으며, 특히 2차 이후의 설문조사부터는 각각의 예측항목에 대한 전체 전문가 견해의 대표치(중위수나 사사분위수 등)가 제시되므로 각 전문가들은 자신의 예측치가 전체 집단의 예측치와 어느 정도의 괴리를 보이는 지를 파악할 수 있어 자신의 의견을 정리하기가 용이하다는 장점도 지니고 있다[9].

델파이 방법에서 예측의 유일한 원천은 해당 기술분야에 대한 전문가들의 전문적 지식이다. 이러한 점은 델파이 방법의 장점이기도 하지만 동시에 단점으로도 작용한다. 특히 이 방법의 근저에는 비전문가들에 비해 전문가들이 더 나은 예측을 할 것이라는 암묵적 가정이 놓여져 있기 때문에 전문가 집단 전체가 특정 기술분야에 대하여 편견을 지니고 있거나, 서로 모순된 예측결과를 제시하더라도 이를 무비판적으로 수용할 가능성이 매우 높게 된다[10].

그러므로 델파이 방법을 이용하여 기술예측을 수행할 경우 예측의 신뢰도(reliability)에 대한 분석이 필수적이다. 예측의 신뢰도는 응답자들의 예측결과에 조직적인 편향(systematic bias)이 존재하지 않고, 예측결과에 대하여 응답자들 사이에 합의(consensus)가 이루어져 있어 예측결과를 의사결정의 기본자료로 사용 가능한 상태로 정의할 수 있다. 이러한 신뢰도는 예측결과의 수용가능성 여부를 평가하는 사전적 개념이라는 점에서 사후에 예측의 실현 여부를 평가하는 예측의 정확도(accuracy)와는 차이가 있다. 일반적으로 예측에 참여하고 있는 전문가의 수가 많을수록, 전문가들의 예측치에 서로 모순된 내용이 적을수록, 전문가들 사이에 예측결과에 대한 견해의 차이가 크지 않을수록 신뢰도가 높다고 할 수 있다.

이러한 델파이 방법을 이용한 기술예측의 신뢰도에 대한 기존의 연구결과들을 살펴보면, 전문가들의 예측결과를 무비판적으로 수용하는 것에 대하여 주의를 환기시키고 있다. 전문가들과 비전문가들의 예측결과를 비교 분석하였던 Sackman(1975)의 경우 전문가들의 예측결과가 우월하다고 할 수 없다는 결과를 제시하고 있으며[11], Bowden(1989)은 전문가 집단 전체의 예측이 한 개인의 예측보다 우월하지 않을 수도 있다는 연구결과를 제시하고 있다. 이러한 현상이 나타나는 원인에 대해 명확한 논리적 근거가 성립되어 있지는 않으나, 전문가들과 비전문가들을 구분해 낼 수 있는 명확한 기준이 존재하지 않아[12] 예측목적에 적합한 적절한 전문가들을 확보하기 어렵

7) 전문가 위원회의 단점으로 흔히 위원회 내부에서 특정인의 지배적인 권위, 우세한 편으로의 편승효과(bandwagon effect) 등이 지적된다.

8) Gupta and Clarke (1996)에 의하면 1975－1994년 사이 이루어진 기술예측 관련연구중 463편이 델파이 서베이와 관련된 것이었으며, 이중 254편이 델파이 서베이를 주된 예측 방법으로 사용하고 있다고 한다.

9) Martino (1993), pp.15-36.

10) 이러한 이유로 기술예측에는 여러 방법론을 혼용하는 경우가 많다. 이에 대해서는 산업 기술정책연구소(1998)이나 ASTEC(1996)을 참고할 것. 이러한 점은 기술예측을 위해 선정되는 전문가 집단이 적절히 구성되지 않을 경우 더욱 심각해진다.

11) Sackman(1975), Gupta and Clarke(1996)에서 재인용

12) Goldschmidt (1975) pp. 195-213.

거나, 전문가들에게 적절하지 못한 정보를 제공함으로써 혼란을 초래하였기 때문이라는 점 등이 요인으로 지적되고 있다[13].

한편 Sato(1997)는 과거에 이루어진 기술예측 결과를 이용하여 이들이 어느 정도 정확했는지를 분석함으로써 간접적으로 델파이 방법을 이용한 기술예측의 신뢰도를 검증하였다. 그는 1971년에 이루어진 일본의 제1회 과학기술예측 결과 중 1996년 이전에 기술이 실현되리라고 예측된 588개의 기술과제 중에서 예측년도까지 실현된 기술들이 151개로 예측의 적중률이 26%에 불과하다고 지적하고 있으며, 1976년의 예측결과를 대상으로 같은 방법으로 조사한 결과 2%의 기술과제만이 실현되었음을 지적하고 있다[14].

III. 분석대상자료의 특징

본 연구에서 신뢰도 분석을 위해 사용된 자료는 산업기술정책연구소에서 수행된 산업기술예측(1998)중 델파이 방법을 이용한 기술예측결과이다. 이 연구는 델파이 조사의 수행단계를 축소시키더라도 예측결과의 안정성이 거의 훼손되지 않는다는 Chaiffin and Talley(1980)에 따라, 설문조사를 두 차례 실시하는 미니 델파이 방법을 이용하고 있다.

산업기술예측(1998)에서는 기술적, 경제적 중요성이 크다고 평가된 전자 정보통신 분야 등 4개 분야의 103개 기술과제에 대해 예측을 수행하였으며, 각각의 기술과제에 대해 예상되는 국내 실현시기와 세계 실현시기, 기술의 중요도, 기술적으로 가장 앞선 국가와 우리 나라의 기술수준, 필요한 정책수단 등이 조사되었다. 또 응답자가 예측대상 기술과제를 어느 정도 숙지하고 있는지를 파악하기 위하여, 해당 기술과제에 대한 응답자의 전문도와 예측의 확신도 등도 조사되었다.

예측대상기간은 2010년까지로 설정되었으며, 각 예측대상분야마다 98명에서 186명의 전문가들이 최종 라운드까지의 설문조사에 응답하였다. 다음의 〈표 1〉은 산업기술예측의 예측대상분야와 응답자 수 등을 나타낸 것이다.

〈표 1〉 산업기술예측의 예측대상분야와 응답자 수

구 분	전자·정보통신	생물·정밀화학	환경·중전기기	소재·생산·자동화	계
예측대상 과제수	34개	23개	19개	27개	103개
예측대상 기간	1997－2010	1997－2010	1997－2010	1997－2010	1997－2010
응답자수 1차[1]	249명	139명	210명	277명	875명
2차(응답율)	165명(66.3%)	98명(70.5%)	152명(72.4%)	186명(67.1%)	601명(68.7%)

자료 : 「2010년 산업기술예측과 장기발전전략」, 산업기술정책연구소, 1998.

주 : 1) 복수분야에 대해 응답한 전문가도 포함되었음.

13) OST(1994)는, 델파이 방법을 이용한 영국의 기술예측시 설문대상자의 70%가 예측대상 기술과제가 애매하게 記述되어 있어 혼란을 느꼈다고 보고하고 있다.

14) 다만 Sato(1997)는 부분적으로 실현된 기술과제들까지 포함시킬 경우 예측의 적중율이 각각 64%, 63%까지 상승한다고 지적하고 있다.

Ⅳ. 기술예측의 신뢰도 분석

본 연구는 산업기술예측(1998) 결과에 대한 신뢰도 분석을 두 가지로 나누어 수행하였다. 첫째, 델파이 방법을 이용한 기술예측결과가 전체적으로 정보로서 수용가능한가를 판단하기 위해 예측대상분야별로 전문가들의 예측 결과가 내적 일관성(consistency)을 지니고 있는지를 분석하였다. 둘째, 전문도가 높은 응답자들의 예측결과가 그렇지 않은 응답자들에 비해 어느 정도 차이가 있는지를 살펴보았다. 이는 해당 기술과제에 정통한 전문가들의 예측결과가 상대적으로 정보로서의 가치가 크기 때문에, 두 집단간의 예측결과간에 유의할만한 차이가 존재할 경우 이들의 예측결과를 별도로 분석하는 것도 유용하기 때문이다.

1. 예측결과의 내적 일관성 분석

기술예측결과가 내적 일관성을 지니고 있는지를 판단하기 위하여 각 기술과제에 대한 우리 나라의 기술수준과 국내 및 세계 실현시기에 대한 응답자들의 예측결과를 비교하였다. 산업기술예측(1998)에서는 각각의 기술과제별로 기술적으로 가장 앞선 국가 대비 국내 기술수준을 0-20%, 21-40%, 41-60%, 61-80%, 81-100% 등 다섯 개의 구간으로 나누어 평가하게 하였으며, 해당 기술의 예상 실현시기를 국내와 세계 실현시기로 구분하여 실현연도를 기입하도록 하고 있다[15].

다음의 〈표 2〉는 산업기술예측(1998)에서 도출된 각 예측대상분야의 기술수준과 실현시기의 평균치를 나타낸 것으로, 정보전자분야의 기술수준이 타 부문에 비해 약간 앞선 것으로 나타나고 있으며, 평균적인 실현시기 역시 가장 빠른 것으로 예측되고 있다.

본 연구에서 예측결과의 내적 일관성 여부에 대한 분석은 각 기술과제에 대한 국내 기술수준과 예상 실현시기의 격차(국내실현시기－세계실현시기)사이의 상관관계에 대한 검정을 통하여 이루어졌다. 이는 선진국과의 기술수준 격차가 작

〈표 2〉 예측대상분야별 국내기술수준[1]과 예상실현시기[1]

구 분	기술 수준	국내 실현시기	세계 실현시기
전자·정보통신분야	2.9969	2005.57	2003.15
	(0.4439)	(1.9776)	(1.4330)
생물·정밀화학분야	2.424	2007.96	2004.74
	(0.1825)	(1.8944)	(1.5945)
환경·중전기기분야	2.4264	2007.68	2004.21
	(0.1929)	(2.1357)	(1.6526)
소재·생산·자동화분야	2.5738	2006.89	2003.76
	(0.1892)	(1.5212)	(1.2119)
전 체	2.6530	2006.84	2003.86
	(0.3859)	(2.0937)	(1.5615)

주 : 1) 각 기술과제의 평균치이며, ( )은 표준편차임.

15) 여기에서는 국내 기술수준을 지수화하기 위하여 각 구간에 대해 1점에서 5점까지 배분 하였다.

은 기술과제일수록 실현시기 격차도 작을 것이라는 판단에 근거하고 있다.

이러한 상관관계 검정을 위한 귀무가설은 "기술수준과 실현시기 격차사이에 상관관계가 존재하지 않는다" 즉, "응답자들이 각 기술과제의 국내 및 세계 실현시기를 예측하는 데 있어서 기술수준을 고려하고 있지 않다"로 설정하였으며, 대립가설로는 "기술수준이 높을수록 실현시기 격차가 작아진다"로 설정하였다.

이러한 검정결과는 다음의 〈표 3〉에 나타나 있으며, 생물 정밀화학 분야를 제외한 모든 분야에서 귀무가설이 기각되었고, 모든 기술과제를 혼합하여 분석한 결과도 이와 동일하게 나타나고 있다. 그러나 생물 정밀화학 분야의 기술과제들에 대해서는 귀무가설이 기각되지 않는 것으로 나타나고 있다[16]. 이 분야의 예측결과가 내적 일관성을 획득하고 있지 못한 원인에 대해 명확히 규명하기는 어려우나, 생물 정밀화학 분야가 80년대 이후 새로이 등장한 성장분야(emerging technologies)이기 때문에 기술의 발전속도가 매우 빠르다는 점, 국내 전문가 층이 상대적으로 엷다는 점 등과 관련이 있을 것으로 판단된다.

〈표 3〉 기술수준과 실현시기격차의 상관관계 검정결과

구 분	상관계수	t 통계량[1)]
전자·정보통신분야	−0.696	−5.483**
생물·정밀화학분야	−0.243	−1.148
환경·중전기기분야	−0.512	−2.598*
소재·생산·자동화분야	−0.512	−3.079**
전 체	−0.619	−7.921*

주 : 1) **와 *는 각각 1%, 5% 유의수준에서 귀무가설이 기각됨을 나타냄

2. 전문도에 따른 예측결과 비교

산업기술예측의 신뢰도 분석을 위한 둘째 방법으로 전문도가 높다고 응답한 전문가들과 그렇지 않은 전문가들 사이에 예측결과의 차이가 있는지를 살펴보았다. 다음의 〈표 4〉는 각 기술과제의 예상 국내 실현시기에 대하여 두 집단의 전문가들의 응답결과를 비교한 것이다.

전문도가 높은 응답자들이 그렇지 않은 응답자들에 비해 기술과제들이 약간 빨리 실현될 것으로 예측하고 있으나, 그 차이는 크지 않은 것으로 나타나고 있다. F 검정을 통해 두 집단의 응답자들이 실현시기에 대해 동일한 예측을 하고 있는지를 검정해 본 결과, 모든 분야에서 응답의 차이가 존재한다는 귀무가설이 기각되지 않는 것으로 나타났다. 따라서 전문도가 높은 응답자들과 그렇지 않은 응답자들 사이에 실현시기에 대한 예측치의 차이가 통계적으로 유의하지 않다는 결론에 도달한다.

16) 본 연구에서는 산업기술예측의 기술수준자료가 명목척도임을 고려하여 상관계수에 대한 비모수적 검증을 별도로 수행하였며, 그 결과에 큰 차이가 없음을 확인하였다.

〈표 4〉 전문가 집단별 국내 실현시기 예측 결과

예측분야	전문도가 大인 응답자	전문도가 中·小인응답자	F 검정 결과
전자·정보통신	2005.01(2.006)	2005.81(1.939)	2.756
생물·정밀화학	2007.59(2.026)	2007.93(1.888)	0.363
환경·중전기기	2007.50(2.321)	2007.82(2.043)	0.198
소재·생산·자동화	2006.63(1.983)	2007.00(1.461)	0.586
전 체	2006.47(2.312)	2006.84(2.094)	1.437

주 : ( )은 표준편차임

전문도에 따라 예측시기에 차이가 있는지 여부에 대한 검정과 아울러 여기에서는 전문가 집단에 따라 예측의 확신도와 예측치의 수렴도에 차이가 있는지를 조사하였다. 델파이 방법에서 예측의 확신도 자료는 결국 응답자에 의존하는 방법이 유일하며, 본 연구에서는 산업기술예측(1998)에서 사용한 전문가의 확신도 관련 자료를 활용하였다[17].

예측의 수렴도(degree of consensus)는 전문가들이 실현시기의 예측결과에 대하여 어느 정도 합의를 이루고 있는가를 나타내며, 본 연구에서는 홍순기 등(1997)을 이용해 예측의 수렴도 지수를 다음과 같이 정의하였다.

$$\text{예측의 수렴도 지수} = \frac{\text{예측치의 사사분위 범위}(\textit{inter-quartile range})}{\text{예상실현시기} - \text{예측 시행년도}} \qquad (1)$$

예측의 수렴도 지수는 분자가 IQR(inter-quartile range)이기 때문에 중위수를 중심으로 응답자들의 예측치가 모여 있을수록 작아지는 특성을 가진다. 분모는 예상실현시기가 먼 장기과제일수록 사사분위 범위가 넓어지는 경향을 조정해주기 위한 것이다. 예측의 수렴도 지수가 작을수록 예상실현시기에 대한 전문가들의 합의가 잘 이루어지고 있음을 나타낸다[18].

다음의 〈표 5〉는 앞의 논의에 근거하여 전문가 집단별 예측의 수렴도와 확신도를 나타낸 것이다. 전문도가 높은 응답자일수록 자신의 예측결과를 확신하고 있는 것으로 나타났으나, 예측의 수렴도는 전문도가 낮은 응답자들에 비해 낮은 것으로 분석되고 있다. 이는 전문도가 높은 응답자들 사이에 기술과제의 예상 실현시기에 대한 異見의 폭이 상대적으로 크다는 것을 의미한다.

17) 산업기술예측(1998)에서는 각 전문가로 하여금 실현시기에 대한 자신의 예측치에 대하여 어느 정도 확신하고 있는지를 파악하기 위하여 이를 대 중소로 나누어 표기하도록 하였다. 본 연구는 전문가의 확신도를 지수화하기 위하여 각각 3, 2, 1점을 배정하였다.

18) 그러므로 예측의 수렴도 지수가 작을수록 예측의 수렴도는 높아지게 된다.

〈표 5〉 전문가 집단별 예측의 수렴도와 확신도

예 측 분 야	전문도가 大인 응답자		전문도가 中·小인 응답자	
	예측의 수렴도	예측의 확신도	예측의 수렴도	예측의 확신도
전자·정보통신	0.570 (0.331)	2.227 (0.264)	0.368 (0.134)	1.952 (0.164)
생물·정밀화학	0.379 (0.168)	2.139 (0.358)	0.341 (0.145)	1.830 (0.113)
환경·중전기기	0.460 (0.175)	2.314 (0.134)	0.371 (0.148)	1.947 (0.083)
소재·생산·자동화	0.477 (0.133)	2.207 (0.290)	0.381 (0.150)	1.927 (0.158)
전 체	0.488 (0.241)	2.218 (0.278)	0.366 (0.141)	1.917 (0.146)

주 : ( )은 표준편차임

예측의 수렴도와 확신도에 대한 전문가 집단간의 차이가 각 집단의 특성에 기인하는 지를 파악하기 위하여 여기에서는 전문가 집단에 대한 동일성 검정을 실시하였으며 그 결과가 다음의 〈표 6〉에 제시되었다[19].

우선 예측의 확신도에 대한 검증결과를 보면, 모든 예측대상분야에서 전문도가 높은 응답자들이 그렇지 않은 응답자들에 비해 자신의 예측결과를 확신하고 있는 것으로 분석되었다.

한편 예측의 수렴도에 대한 동일성 검정 결과, 생물·정밀화학분야를 제외한 모든 분야에서 전문도가 높은 응답자들이 낮은 응답자들에 비해 기술과제의 예상 실현시기에 대해 합의를 이루지 못하고 있는 것으로 나타나고 있다. 다만 생물·정밀화학분야에서는 전문가 집단 사이에 수렴도의 차이가 없는 것으로 나타나, 전문도에 관계없이 예상 실현시기에 대한 異見의 폭이 일정한 것으로 분석되었다.

이렇게 전문도가 다른 두 전문가 집단의 예측치를 비교한 결과는 매우 역설적인 것으로 나타나고 있다. 해당 기술과제에 대하여 잘 알고 있고 자신의 예측결과도 확신하고 있는 응답자들의 경우 기술의 예상 실현시기에 대해서는 전문가들간의 견해 차이가 큰 반면, 그렇지 않은 전문가들은 견해 차이가 상대적으로 작은 것으로 분석되고 있다.

〈표 6〉 전문가 집단별 예측의 수렴도와 확신도의 동일성 검정결과

예측대상분야	예측의 수렴도[1)]	예측의 확신도[1)]
전자·정보통신	10.798**	26.736**
생물·정밀화학	0.587	15.590**
환경·중전기기	2.846**	115.112**
소재·생산·자동화	6.029**	19.292**
전 체	19.279**	94.315**

주 1) : **는 유의수준 1%에서 두 집단의 동일성 가설이 기각됨을 나타냄.

19) 본 연구에서 전문가 집단의 동일성 검정은 F 검정에 기반하여 이루어졌다.

이러한 결과는 델파이 방법을 이용한 기술예측 결과를 활용하는 데 매우 신중해야 함을 암시한다. 기술예측의 기본적인 목적이 의사결정에 도움을 줄 수 있도록 신뢰성 있는 자료를 제공하는 데 있다는 점을 감안하면, 위의 결과는 기술예측의 총괄수행자로 하여금 선택의 문제를 제기하기 때문이다. 다시 말하여 합의(consensus)의 정도는 약하나 전문도가 높은 응답자들의 예측결과와, 합의수준은 상대적으로 높으나 전문도가 상대적으로 낮은 응답자들의 예측결과 중 어느 결과를 의사결정의 기본 자료로 사용할 지에 대해 결정해야 하는 문제에 직면한다는 것이다[20].

또한 이러한 분석결과는 전문도가 다른 두 집단의 전문가들이 응답행태에도 차이를 지니고 있음을 시사한다. 1차 설문조사 결과를 알려주고 예측을 다시 수행하도록 하는 델파이 방법에서 전문도가 높지 않은 응답자들일수록 전체 견해에 추종하려는 경향을 지니는 반면, 전문도가 높은 응답자들은 거기에 큰 영향을 받지 않고 있다는 것이다. 전문도가 높지 않고 예측의 확신도도 크지 않은 응답자들일수록 예상 실현시기에 대한 합의의 정도(degree of consensus)가 크다는 점도 이러한 맥락에서 해석이 가능하다.

V. 결 론

델파이 방법은 기술추세분석(trend analysis)이나 특허분석(patent analysis) 등과 같이 객관적 자료를 이용하는 여타 기술예측방법과 달리 해당 분야에 대한 전문가들의 식견(또는 주관적 평가)을 예측의 유일한 원천으로 하고 있다. 이 점은 앞서 지적한 델파이 방법이 장점을 가지는 이유기도 하지만 예측결과에 대한 신뢰도 분석이 강하게 요구되는 이유이기도 하다. 이런 이유로 Georghiou(1997)는 본 연구와 같은 기술예측방법론 및 결과에 대한 실증적 검증을 강조하고 있다.

본 연구에서는 최근에 실시된 산업기술예측(1998) 자료를 이용하여 델파이 방법을 이용한 기술예측의 신뢰도 분석을 실시하였고, 이는 기술예측방법의 활용 제고와 결과의 객관성 제고 측면에서 의의가 있다고 하겠다. 이러한 분석은 전문가들의 예측결과에 대해 내적 일관성의 유지, 전문도가 상이한 집단간 예측 결과의 차이 여부를 중심으로 이루어졌으며 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 응답 결과에 내적 일관성이 있는지 여부를 검정한 결과 생물 정밀화학분야를 제외한 모든 분야에서 일관성을 지니고 있는 것으로 나타나고 있다. 둘째, 전문도가 높은 응답자들일수록 자신의 예측결과를 확신하고 있으나, 전문도가 낮은 응답자들에 비해 예측결과에 대한 異見이 큰 것으로 분석되었다. 끝으로 전문가들간의 전문도 차이가 실현시기를 예측하는 데 별다른 영향을 미치지 못하고 있으나, 전문도가 상이한 집단사이에 합의의 정도는 큰 차이가 있는 것으로 나타났다.

이러한 분석결과는 향후 델파이 방법을 이용한 기술예측을 설계하는 데 있어 몇 가지 시사점을 제공하고 있다. 첫째, 기술예측시 전문가들의 예측결과에 대해 내적 일관성이 존재하는 지 여부를 검증할 수 있도록 예측과정을 설계하는 것이 바람직하다는 것이다. 이러한 설계과정은 델파이

20) 이러한 문제가 산업기술예측(1998)에서 발생한 고유의 문제인지는 확인되지 않았다. 다만 한국 일본 독일의 예측결과를 비교한 홍순기(1997)에서도 전문도가 높은 응답자들일수록 합의가 덜 이루어지고 있는 것으로 나타나고 있다.

방법이 예측결과를 검증할 만한 객관적인 장치를 지니지 못하고 있다는 점에서 더욱 필요하다고 하겠다.

둘째, 전문도의 차이가 실현시기에 대한 응답의 차이로 나타나지 않음에 비추어 볼 때, 기술예측을 위한 전문가 집단을 구성함에 있어 굳이 해당 분야의 전문도를 엄격히 고집하기보다는, 관련 분야의 전문가를 보완적으로 활용하는 방법도 가능하다. 이는 응답자의 전문도가 큰 업종이나 기술에 대한 선호 때문에 발생되는 오류를 수정하는 기능도 가지게 된다.

셋째, 정보로서의 가치가 큰 전문도가 높은 응답자들의 예측결과를 활용하기 위해서는 예측결과에 대한 이들의 합의의 정도를 높일 수 있는 방안이 마련되어야 한다는 것이다[21]. 델파이의 최종 라운드가 진행된 이후 이들에 대해서만 추가적인 라운드를 실시하거나, 예측과정에서 이들에게 관련 정보를 제공하는 것도 하나의 대안이 될 수 있을 것이다.

參 考 文 獻

산업기술정책연구소, "2010년 산업기술예측과 장기발전전략", 1998.

홍순기, 오정묵, "정보통신분야에서의 델파이 기술예측 국제비교분석", 「기술혁신연구 5권」, 1997, pp.223-248.

Bowden, F., "Feedback Forecasting Games : An Overview," *Journal of Forecasting* 8, 1989, pp.117-127.

Bright, J. R., *Practical Technology Forecasting*, Technology Forecasting Inc, 1978.

Chaiffin, W., and Talley, W., "Individual Stability in Delphi Studies", *Technology Forecasting and Social Change*, 16, 1980, pp.67-73.

Goldschmidt, P. C., "Scientific Inquiry or Political Critique?" *Technology Forecasting & Social Change*, 7, 1975, pp.195-213.

Georghiou, L., "Issues in the Evaluation of Innovation and Technology Policy", in *Policy Evaluation in Innovation and Technology : Towards Best Practice*, OECD, 1997.

Gupta U. G. and Clarke, R. E., "Theory and Applications of the Delphi Technique : A Bibliography (1975-1994)", *Technological Forecasting & Social Change*, Vol 53, 1996. pp.185-212.

Martin, B., "Technology Foresight : Review of Recent Government Exercises" in *STI Review* No.17, OECD, 1996.

Martin, B., "Foresight in Science and Technology", *Technology Analysis and Strategic Management*, 7-2, 1995, pp.139-68.

Martino, J. P., *Technology Forecasting for Decision Making*, 3rd. ed. McGraw-Hill Inc., 1993.

Office of Science and Technology, *The Context of Foresight : A Foresight Article*, HMSO, London, 1994.

Sato, Y., "The Sixth Technology Foresight Survey", in Proceedings of the 7th International Forum on Technology Management. 1997, pp.144-146.

Vanston, J. H., *Technology Forecasting*, Technology Forecasting Inc, 1984.

21) 산업기술예측(1998)은 델파이 방법이 지니는 이와 같은 한계를 극복하고자 별도의 전문가 집단(기술기획평가단)을 운용하고 있다.