

대규모 국가 연구개발 과제를 위한 기술준비수준 모델 개발

(Developing a Model of Technology Readiness Levels (TRLs) for a Large-Scale National Research and Development Project)

홍진원*, 박승욱**, 서우중***, 박지만****

(Jinwon Hong, Seung Wook Park, Woojong Suh, Ji Man Park)

요약 최근 국가 연구개발 과제의 성과물에 대한 실용화 또는 상업화 강화가 중요한 이슈로 떠오르고 있으며, 기술 실용화 관점에서 연구개발 과제를 체계적으로 관리할 수 있는 지원 도구에 대한 필요성이 높아지고 있다. 기존의 기술준비수준 모델은 기초 연구부터 실용화까지의 기술 개발 수준을 9개의 수준으로 나누어 각각의 수준에 대한 기준을 제시해 줌으로써 과제 관리를 위한 유용한 도구로 활용되어 왔다. 그러나 이 모델은 기술준비수준의 평가가 전문가에 의해 이루어져야 하며 구체적인 평가지표도 제시되어 있지 않기 때문에 다수의 과제로 구성된 국가 연구개발 사업에 적용하기에는 어려움이 있다. 따라서 본 연구는 델파이 기법을 활용하여 기존의 기술준비수준 모델을 대규모 국가 연구개발 과제에 적용할 수 있도록 각 수준에 대한 정의와 각 수준의 달성 여부를 결정하는 평가지표를 제시하였다. 본 연구에서 제시된 기술준비수준 모델은 각 수준에 맞는 구체적인 평가기준을 제공함으로써 대규모 국가 기술개발 과제의 연구개발에서 실용화까지의 전 과정을 관리하기 위한 도구로 적절하게 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

핵심주제어 : 기술준비수준, 평가모델, 국가 연구개발 과제, 과제 관리

Abstract As practicalization and commercialization of the technologies invented from the national R&D(Research & Development) project has been emerging as an important issue, the need for a tool for R&D project management has been increased. Technology Readiness Levels model(TRL) has currently been used for R&D project management because it provides distinctive definition of the nine levels in the progress of technology development starting from the basic research level to the utilization level. However, it is difficult to adopt the model for a large-scale national R&D project in which multiple research projects are involved simultaneously. In addition, TRL demands evaluation of research projects done by relevant experts and offers no specific measures determining the level of technology development. This study uses Delphi method to develop the measurement system helping to determine technology readiness levels for the technologies invented in a large scale national R&D project. The proposed model includes definition and measurement scales for each level in TRL.

Key Words : Technology Readiness Levels, Delphi method, project management

* 인하대학교 일반대학원 경영학과 박사과정, jinwon_hong@naver.com

** 인하대학교 경영학부 정교수, separk6112@inha.ac.kr

*** 인하대학교 경영학부 부교수, wjsuh@inha.ac.kr

**** 지능형국토정보기술혁신사업단 선임연구원, pjm754@inha.ac.kr

1. 서론

오늘날 연구개발은 국가나 기업이 경쟁력을 확보하기 위한 원천으로 간주되고 있으며, 각국 정부들은 연구개발에 대한 국가적 지원의 중요성을 인식하고, 다양한 국가연구개발 사업들을 추진해오고 있다. 최근 정부 과학기술정책의 방향은 과학기술 역량 강화와 기술 실용화 강화에 초점을 맞추고 있으며, 이를 위해 연구개발에 대한 투자 확대와 함께 투자 효율성을 높이기 위한 노력을 강조하고 있다[4].

기술이 실용화되기까지는 기초 연구(basic research), 응용 연구(applied research), 개발 연구(development research)로 이어지는 일련의 연구수명주기를 거치게 되는데, 국가 연구개발 과제들의 기술 실용화 성공률을 높이기 위해서는 이러한 연구수명주기가 체계적으로 관리되어야 한다. 그리고 연구개발 중인 기술이 어느 정도의 수준에 도달해 있는지 평가할 수 있는 평가모델이 필요하다[4].

국가 연구개발 과제의 진행 상황을 평가할 수 있는 평가모델 중 대표적인 것으로는 기술준비수준(Technology Readiness Level: TRL) 모델이 있다. 기술준비수준 모델은 미국의 NASA(National Aeronautics and Space Admin)에 의해 개발되었으며, 연구개발 사업에서 각각의 기술들의 개발 수준을 9단계로 나누어 평가할 수 있는 기준을 제공하고 있다[24]. 그러나 NASA나 다른 정부기관들에 의해 사용되는 기술준비수준은 평가가 전문가들의 판단에 의해서 이루어지고, 구체적인 평가지표나 평가를 지원하기 위한 자동화된 지원 도구의 개발이 부족하여, 다수의 과제로 복잡하게 구성된 국가 연구개발 사업에 적용하기에는 쉽지 않다는 문제점이 있다[11].

따라서 본 연구에서는 기술준비수준 모델을 국가 연구개발 사업에 용이하게 적용할 수 있도록 하기 위해, 대규모 국가연구개발 사업을 총괄하고 있는 지능형국토정보기술혁신사업단을 대상으로 과제 진행 단계, 과제 진행 단계별 세부 기술준비수준, 기술준비수준별 정의와 평가지표로 구성된 기술준비수준 모델을 개발하였다. 연구 대상인 사업단은 연구과제의 실용화 또는 상업화를 목표로, 5년 7개월 동안 1,741억 원의 예산이 투입되며,

121개의 연구기관들과 956명의 연구개발 인력이 참여하는 대형 국가 연구개발 사업을 관리하고 있으므로[5], 사업의 규모나 과제 구조의 복잡성 측면에서 연구 대상으로 적절하다고 판단된다.

기술준비수준 모델을 개발하기 위한 연구 방법으로는 델파이 기법을 적용하였는데, 그 이유는 다음과 같다. 첫째, 본 연구는 1개의 국가 연구개발 사업단을 대상으로 수행되었기 때문에 기술준비수준 모델에 대한 전문지식을 보유한 내부 연구개발 관리 인력은 소수에 불과하다. 따라서 요인분석과 같이 평가지표 개발에 자주 적용되는 다변량 통계 기법을 적용하기에는 표본수의 확보에 한계가 있다. 델파이 기법의 경우 전문지식을 보유한 소수의 전문가를 대상으로 연구를 수행할 수 있으므로, 많은 수의 표본 확보가 어려운 본 연구에 적합하다고 할 수 있다[29]. 둘째, 현재 기술준비수준 모델에서 각 수준에 대한 정의는 선행연구가 많이 이루어져 있지만 수준 평가를 위한 구체적인 평가지표에 대한 연구는 부족한 상황이다. 따라서 본 연구는 상당부분 탐색적인 성격을 가질 수밖에 없으며, 실무자들이 보유한 연구개발 관리 및 연구개발 중인 기술 특성에 대한 전문 지식과 경험이 모델 개발 과정에 유연하게 반영될 필요가 있다. 델파이 기법은 전문가 집단의 정성적, 정량적 견해를 모두 반영할 수 있으며, 설문과 설문 결과에 대한 피드백을 여러 차례에 걸쳐 수행함으로써 연구 결과의 완성도를 높여 나갈 수 있다[13]. 따라서 본 연구에서는 표본수 확보의 문제와 실무 지식의 원활한 반영을 위하여 델파이 기법을 적용하여 기술준비수준 모델을 개발하였다.

본 연구를 통해 제시된 기술준비수준 모델은 기술 실용화를 최종 목표로 연구개발 과제의 진행 상황을 모니터링할 수 있도록 지원함으로써, 연구 성과물의 실용적 가치를 향상시키고, 실패 위험도가 높은 과제에 대한 조기 파악 및 대응을 지원해 줌으로써 과제 관리에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장은 문헌연구로서 기술준비수준과 델파이 기법에 대해 소개한다. 3장은 연구 방법을 설명하고, 4장은 3차에 걸쳐 수행된 델파이 설문 결과와 최종적인 기술준비수준 모델을 제시한다. 5장은 연구 결과의 의의와 활용 방향에 대해 논의하고, 6장에서는 연구의 한

계점 및 향후 연구 방향을 논의한다.

2. 문헌 연구

2.1 기술준비수준 모델

기술준비수준 모델은 연구개발 중인 기술의 성숙도를 평가하기 위해 1980년대에 미국의 NASA에 의해 개발 및 발전 되어온 기술 평가기법이다 [8]. 기술준비수준 모델이 NASA에서 처음 개발되었을 때에는 7개의 단계로 구성되어 있었으나 지속적인 개선을 거쳐 현재는 <표 1>과 같이 9개의

단계로 구성되어 있다[24]. 기술준비수준 모델은 기술의 실용화를 최종적인 목표로, 기술의 완성도를 기초 연구부터 실용화까지 9단계로 나누어 파악할 수 있도록 지원한다. 연구개발 과제의 관리자는 연구개발 과제에 대해 기술준비수준을 평가함으로써, 과제가 계획된 질적 목표치를 달성하면서 계획된 진도에 따라 연구개발이 이루어지고 있는지 파악할 수 있다. 그리고 성과물의 완성도나 진도에 문제가 있는 과제의 경우 과도한 자원이 투자되기 전에 과제의 진행을 중단시킴으로써, 과제의 실패로 인한 위험을 감소시킬 수 있다[8, 16]. 기술준비수준은 이러한 과정을 통해 완성도 높은 기술이 최종 성과물로 산출되도록 보장해 준다[2].

<표 1> NASA의 기술준비수준 모델

수준 1	기초 이론이 발견 및 보고됨
수준 2	기술 개념 및 활용 방안이 형성됨
수준 3	핵심 기능 및(또는) 특성에 대한 측정 및 실험을 통한 검증
수준 4	실험실 환경에서 구성요소 및(또는) 작동 회로에 대한 타당성 검증
수준 5	유사 환경에서 구성요소 및(또는) 작동 회로에 대한 타당성 검증
수준 6	유사 환경에서 시스템/하위시스템 모델 또는 프로토타입의 시연
수준 7	실제 환경에서의 시스템 프로토타입의 시연
수준 8	실제 시스템의 완성, 테스트 및 시연을 통한 작동 여부의 인증
수준 9	성공적인 임무 운용을 통한 실제 시스템의 작동 입증

출처: Mankins, J.C.(1995). Technology Readiness Levels. from <http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/trl/>

기술준비수준은 1999년부터 미국 DoD (Department of Defense) 사업들에 대한 기술준비수준 평가 도구로서 공식적으로 사용되고 있다 [15]. 그리고 유럽의 NATO(North Atlantic Treaty Organization) 역시 기술준비수준을 도입하고 있는데, NATO의 경우 기술준비수준을 10단계로 구성한 것이 특징이다[28]. NASA는 특정 임무에 기술이 적용되기 위한 기준으로 기술준비수준 6을, DoD도 무기체계 프로그램에 특정 기술이 포함되기 위한 의무규정으로서 기술준비수준 6을 제시하고 있다[1, 33]. 이와 같이 기술준비수준은 미국의 NASA나 DoD, 유럽의 NATO, 그리고 이 기관들의 연구개발 활동에 참여하는 다양한 민간 기업들에서 연구개발 관리를 위한 중요한 도구로서 활용되어 왔다.

Moorhouse[25]는 기술준비수준의 각 단계별로 적용 가이드라인을 제시하였다. 그리고 Nolte et al.[27]은 Microsoft사의 Excel을 기반으로 기술준비수준 평가 지원 도구를 개발한 바 있는데, 이 지원 도구는 기술준비수준 뿐만 아니라 생산준비수준(Manufacturing Readiness Level: MRL), 프로그램 준비 수준(Pragmatic Readiness Level: PRL)에 대한 평가도 지원한다. 그러나 이 지원 도구는 평가지표의 개발 방법과 과정이 제시되어 있지 않아 학술적인 검증이 미흡하며, 측정지표가 255개로 구성되어 있어 실제 적용성이 떨어진다는 단점이 있다. Dubos et al.[16]은 기술준비수준 모델과 프로젝트 위험관리를 연계하고자 하는 시도로서, 우주항공산업을 대상으로 연구개발 성과물의 획득 일정에 대한 위험을 감소시키기 위하여 기술준비

수준을 기반으로 여유 기간을 산정하기 위한 프레임워크를 개발하였다.

국내의 경우, 한국산업기술평가원이 부품소재기술개발사업을 대상으로 50개 핵심부품소재에 대해 기술준비수준을 개발한 바 있다[7]. 또한 최근에는 지식경제부가 연구개발 과제에 사업화 가능성 평가, 과제별 예산 책정, 사업화 지원을 위한 평가체제로 기술준비수준을 도입하겠다고 발표한바 있다[6].

2.2 델파이 기법

델파이 기법은 1950년대 미국의 썹크탱크인 RAND 연구소에서 개발된 기법이다. 이 기법은 전문가들의 익명성이 보장된 상태에서 자유롭게 의견을 개진하고 이를 다른 전문가들에게 피드백하는 과정을 반복함으로써 보다 객관적이고 안정적으로 전문가들 간의 합의(consensus)를 이끌어 낼 수 있게 해 준다[13]. 이러한 장점으로 인해 델파이 기법은 공공기관, 의료, 기술 확산, 경영과 같은 여러 분야에서 전문가들의 전문지식을 활용하여 미래를 예측하거나, 특정 사안들에 대한 선호도를 파악하거나, 정책 또는 대응 방법을 수립하는데 활용되고 있다[3]. 또한 의료[9], 안전[22], 정보시스템[35] 등에 대한 평가지표 개발에도 적용되고 있다.

연구 방법론이 견고하지 못하다는 점과 응답 결과에 대한 통계적 기법의 지원이 부족하다는 점에서 델파이 기법은 비판을 받기도 하였지만[18], 델파이 기법 적용에 대한 방법론[3, 21, 29]이나 응답자의 의견 일치도를 평가하기 위해 보다 엄밀한 통계 기법을 적용한 연구들이 제시되면서[19, 34], 델파이 기법의 한계점들이 극복되고 사회과학 연구에 지속적으로 적용되어 오고 있다[23, 32].

델파이 기법은 패널들 간의 합의를 이끌어 내는데 목적이 있으며, 사분위수 편차(IQD: Interquartile Deviation)¹⁾, 상대적 사분위수 범위(RIR: Relative Interquartile Range)²⁾, 변동계수(Coefficient of Variation)³⁾ 등이 응답자의 일치도를 평가하기 위한 정량적 기준으로 활용될 수 있

다[19, 23, 30].

사분위수 편차는 응답값의 삼사분위수와 일사분위수의 차를 2로 나눈 값으로서 사분위수 편차가 1 또는 그 이하의 값이 나오면 응답자들 간에 적절한 동의가 이루어졌다고 평가한다[30]. 사분위수 편차는 담배와 관련된 정책을 평가한 Rayens & Hahn[31]의 연구와 건강 증진행위의 진행 단계를 도출한 De Vet et al.[14]의 연구에서 적용된 바 있다.

상대적 사분위수 범위는 사분위수 범위를 중앙값으로 나누고 100을 곱한 값이다. 그러나 Landeta[23]는 중앙값 대신 평균값으로 사분위수 범위를 나눈 변형된 상대적 사분위수 범위를 제안하였으며, 20% 이하의 값이 나오면 응답자 간의 합의가 이루어진 것으로 간주하였다.

변동계수는 표준편차를 평균으로 나눈 값으로서, 이 값이 작을수록 패널들의 응답값 간의 산포가 크지 않고 균일하다고 간주한다[10]. 변동계수의 경우 0.5 이하의 값이 나오면 응답자들 간에 적절한 동의가 이루어졌다고 평가한다[17]. 변동계수는 환경이 관광업에 미치는 영향을 평가한 Green et al.[20]의 연구와 연구소에 대한 성과 평가지표를 개발한 Zinn et al.[36]의 연구에서 적용되었다.

패널들의 응답값의 사분위수 범위가 동일하더라도 상대적 사분위수와 변동계수가 작으면 패널들의 평균 응답값은 높아지며, 이 값들이 크면 패널들의 평균 응답값은 낮아진다. 따라서 상대적 사분위수와 변동계수는 패널들의 합의 수준뿐만 아니라 평가지표의 적합성 또한 함께 평가할 수 있게 해준다. 따라서 이 지표들은 평가모델 개발을 목적으로 하는 본 연구 목적과 잘 부합된다고 판단되어, 본 연구에서는 사분위수 편차, 상대적 사분위수 범위, 변동계수를 패널들 간의 합의 정도를 평가하기 위한 기준으로 적용하였다.

3. 연구방법

3.1 연구대상

1) 사분위수 편차 = (삼사분위수 - 일사분위수) / 2

2) 상대적 사분위수 범위 = ((삼사분위수 - 일사분위수) / 평균) × 100

3) 변동계수 = 표준편차 / 평균

본 연구는 국토해양부와 한국건설교통기술평가원이 주관이 되어 수립된 지능형국토정보기술혁신사업단을 대상으로 기술준비수준 평가문항을 개발하였다. 이 사업단은 2006년부터 2012년까지 5년 7개월간에 걸쳐 1,741억 원의 예산이 투입되는 대형 국가연구개발 사업단으로서, <그림 1>과 같이 5개 핵심과제(공간정보인프라기술, 국토 모니터링, 도시 시설물 지능화, 설계정보기반 실내외 공간정보 구축 및 활용, u-GIS 융복합)와 이와 관련된 10개 세부 핵심과제를 총괄 관리하고 있다. 이러한 과제들을 수행하기 위하여 대학, 산업체, 연구소로 구성된 121개의 연구기관들과 956명의 연구개발 인력이 사업단에 참여하고 있다. 이 사업단은 개발된 기술의 실용화 및 사업화를 중요한 목표로 설정하고 있으며, 이를 위해 별도의 총괄과제를 구성하여 개발된 기술을 공동 실험장에서 통합 적용하고, 서비스 및 비즈니스 모델을 개발하며, 연구개발과제에 대한 포트폴리오 관리를 수행하고 있다[5].

이 사업단은 복잡한 과제 구조를 가지고 있으며, 하위 과제들의 완성도가 상위 과제들의 완성도에

밀접한 영향을 끼치므로, 각각의 연구개발 과제에 대한 기술준비수준의 평가가 필수적이다. 또한 연구개발 과제들은 향후 공동실험장에서 서로 통합되어 테스트되고 궁극적으로 실용화 또는 사업화가 추진될 예정이므로, 개발 중인 기술들이 공동실험장에 적용되기에 충분할 정도로 성숙되었는지, 공동실험장에서의 실험이 종료 가능한 수준으로 최종 완성되었는지를 판단하기 위하여 기술준비수준의 평가가 필요하다.

기술준비수준 평가와 관련하여 현재 사업단은 감독기관인 한국건설교통기술평가원의 규정에 따라 연구 추진일정, 연구개발비 등에 대해 진도관리를 수행하고 있다. 이러한 제도는 종합적인 관리 업무를 수행하는 한국건설교통기술평가원의 감독 업무에는 적합하다고 볼 수 있지만, 사업단에서 기술 실용화를 목적으로 과제를 관리하는 데에는 다음과 같은 측면에서 한계점을 가지고 있다. 첫째, 기존 제도는 단순한 일정관리의 의미가 강하며 실용화 관점에서 기술 성숙도를 평가하기 위한 기준은 제공해주지 못한다.



<그림 1> 지능형국토정보기술혁신사업단 사업 구조

둘째, 다수의 하위 과제가 상위 과제를 구성하는 사업단 과제 구조 특성상 하위 과제들의 기술 성숙수준을 일관된 기준을 통해 평가할 수 있어야 하나 기존 진도관리 제도는 이러한 기준을 제공하지 못하고 있다. 따라서 사업단은 고유의 연구개발 목적 및 환경 특성을 반영한 기술준비수준 모델의 개발을 추진하게 되었다.

3.2 연구 절차

본 연구는 델파이 기법의 적용 방법을 다룬 기존 문헌들을 참조하여[3, 21, 29] 다음과 같은 네 단계로 수행되었다. 첫 번째 단계에서는 기존의 기술준비수준 모델에서 각각의 기술준비수준을 어떻게 정의하고 있는지 검토하고 연구자들 간의 논의를 통해 사업단에 적합하도록 수정하였다. 그리고 각각의 기술준비수준 별로 측정문항을 개발하였다. 두 번째 단계에서는 본 연구에 필요한 전문성을 고려하여 패널을 구성하였다. 세 번째 단계에서는 패널들에게 델파이 설문지를 이메일을 이용해 발송하고 회수하여 분석하였으며, 분석된 의견을 종합하여 설문지를 수정하여 발송/회수/분석하는 과정을 3회 반복하였다. 네 번째 단계에서는 델파이 설문 결과를 종합적으로 분석하고 문서화 하였다.

3.3 기술준비수준 모델 개발

본 연구에서 개발된 기술준비수준 모델은 과제 진행 단계, 과제 진행 단계별 세부 기술준비수준, 기술준비수준별 정의와 평가지표로 구성된다. 과제 진행 단계와 과제 진행 단계별 세부 기술준비수준은 기존의 기술준비수준 모델에는 포함되어있지 않지만, 다양한 내외부 이해관계자들이 참여하는 사업단의 특성을 고려하여 이해관계자 상호간의 이해와 의사소통 용이성을 보다 증대시키기 위하여 모델에 포함시켰다. 이러한 평가모델은 다음과 같은 절차를 통해 개발되었다. 우선 NASA[24], DoD[15], NATO[28]의 기술준비수준을 대상으로 기술준비수준별 정의를 검토하였다. 그리고 이러한 검토 결과와 지능형국토정보기술혁신사업단의 연구관리 특성을 고려하여 <표 2>와 같이 기술준비수준의 각 수준별 정의를 도출하고 각각의 기술준비수준을 과제 진행 단계와 일치시켰다. 마지막으로 <표 2>의 기술준비수준에 대한 수준별 정의와 Nolte et al.[27]의 연구를 기반으로 사업단 과제관리 책임자들과의 논의를 거쳐 <표 3>과 같이 기술준비수준별로 평가지표를 개발하였다.

<표 2> 지능형국토정보기술혁신사업단의 기술준비수준에 대한 수준별 정의

과제 진행 단계	수준	정의
기초연구 단계	수준 1	기술과 관련된 기초 이론들이 파악되어 있는 수준
	수준 2	기술의 개념이 명확해지고 응용 방안이 잠재적으로 파악되어 있는 수준
실험 단계	수준 3	연구실 수준에서 기술 구성요소들에 대한 정의 및 개발이 본격적으로 이루어지고 있는 수준
	수준 4	연구실 수준에서 기술 구성요소들이 개발되어 작동하는 수준
시작품 단계	수준 5	연구실 수준에서 기술 구성요소들이 통합되고 있는 수준
	수준 6	연구실 수준에서 기술들이 통합된 프로토타입이 테스트 된 수준
제품화 단계	수준 7	공동실험장에서 기술의 테스트가 수행되고 있는 수준
	수준 8	공동실험장에서 테스트 중인 기술이 모든 기술요구사항을 충족시킨 수준
사업화 단계	수준 9	공동실험장에서 테스트 중인 기술이 실제 적용 가능한 수준으로 완성된 수준

<표 3> 지능형국토정보기술혁신사업단의 기술준비수준에 대한 수준별 평가지표

수준	측정도구
수준 1	R&D 대상 기술을 뒷받침해주는 기초 이론이 파악되어 있음
	R&D 대상 기술과 관련된 기초 이론들이 기존 연구들을 통해 입증되어 있음
	R&D 대상 기술과 관련된 기초 이론들을 확보할 수 있는 방법을 알고 있음
수준 2	R&D 대상 기술의 수요자(고객)가 누구인지 잠재적으로 파악되어 있음
	정성적인 측면에서 기술이 제공할 것으로 예상되는 가치가 파악되어 있음
	기술 상업화를 위한 대략적인 아이디어를 가지고 있음
	R&D 대상 기술의 구성요소들이 잠재적으로 파악되어 있음
	R&D 대상 기술이 어떠한 소프트웨어/하드웨어를 포함하는지 알고 있음
	R&D 대상 기술의 구성요소들이 달성해야 하는 성능에 대한 예측이 이루어져 있음
	R&D 대상 기술이 갖춰야 하는 주요 기능들이 파악되어 있음
	기술 개발을 위한 연구 방법론이 수립되어 있음
	기술 개발 기법들이 파악되어 있음
	기술 개발 과정에 발생할 수 있는 위험 요소들이 잠재적으로 파악되어 있음
수준 3	R&D 대상 기술과 관련된 주요 알고리즘이 파악되어 있음
	연구실 수준에서 주요 알고리즘들의 작동이 확인되어 있음
	R&D 대상 기술의 구성요소들간의 관계성이 정의되어 있음
	R&D 대상 기술에 대해 주요 기능 관점에서 기술(시스템) 아키텍처의 개발이 진행 중이거나 완료되었음
	R&D 대상 기술의 구성요소들에 대한 기술적 명세사항이 파악되어 있음
	R&D 대상 기술의 성능 특성과 이에 대한 측정지표들이 정의되어 있음
	기술 개발 과정에 발생할 수 있는 위험 요소들이 구체적으로 파악되어 있음
기술 개발 과정에 발생할 수 있는 위험 요소들에 대한 대처 방법이 수립되어 있음	
수준 4	R&D 대상 기술에 대해 주요 기능 관점에서 기술(시스템) 아키텍처의 개발이 완료되었음
	R&D 대상 기술에 대한 요구사항 분석이 완료되어 있음
	R&D 대상 기술의 실제 운영 환경이 정의되어 있음
	R&D 대상 기술에 대한 테스트 기준(성능 목표치)이 수립되어 있음
	R&D 대상 기술의 개발 종료 조건(최종 목표)이 수립되어 있음
	R&D 대상 기술의 데이터 요구사항 및 포맷에 대한 분석이 완료됨
	R&D 대상 기술의 각각의 기술 구성요소들이 연구실 수준에서 테스트 완료 되었음
	R&D 대상 기술을 구성하는 개별 모듈들이 개발되어 있으나 통합되지는 않았음
	R&D 대상 기술의 핵심 기능들이 연구실 수준에서 시연되었음
R&D 대상 기술의 개별 구성요소에 대한 기초적인 수준의 프로토타입이 개발되었음	
수준 5	R&D 대상 기술의 시스템 내외부 인터페이스에 대한 요구사항 분석이 완료됨
	R&D 대상 기술에 대한 상세한 전체 아키텍처의 개발이 완료되었음
	R&D 대상 기술 구성요소들이 통합적인 프로토타입 개발이 가능한 수준으로 완성됨
	R&D 대상 기술의 개별 구성요소들 수준에서 결함/오류가 수정됨
	R&D 대상 기술의 주요 구성요소들이 연구실 수준에서 통합적으로 작동됨이 테스트되었음
수준 6	실제 운영 환경을 가정한 프로토타입이 개발됨
	R&D 대상 기술 구성요소들에 대한 통합과 테스트가 연구실 수준에서 완료됨
	프로토타입을 구성하는 기술 구성요소들이 잘 통합되었는지 검증됨

수준 7	R&D 대상 기술이 공동실험장에서 테스트되고 있음
	R&D 대상 기술이 공동실험장에서 테스트 중이기는 하지만 최종 완성되지는 못했음
	R&D 대상 기술을 공동실험장에서 테스트하는 도중에 발생한 주요 문제점들이 정의되어 있음
	R&D 대상 기술을 공동실험장에서 테스트하는 도중에 발생한 주요 문제점들에 대한 해결책이 파악되어 있음
수준 8	R&D 대상 기술이 공동실험장에서 모든 기술요구사항을 충족시켰음
	R&D 대상 기술의 완전히 통합된 프로토타입이 공동실험장에서 시연되고 있음
	공동실험장에서 테스트 중인 R&D 대상 기술의 모든 결함/오류가 제거됨
	공동실험장에서 테스트 중인 기술이 테스트 기준(성능 목표치)을 만족시킴
수준 9	제품/서비스 형태로 출시 가능한 수준으로 R&D 대상 기술이 완성되어 있음
	모든 기술 문서들이 완성됨
	공동실험장에서 테스트 중인 R&D 대상 기술의 모든 기능들이 공동실험장에서 테스트 완료됨

3.4 패널 구성

델파이 기법은 전문적인 지식을 지닌 소수의 패널들을 통해 의견의 일치를 이끌어내는 기법이기 때문에 적절한 패널 구성이 중요하다[21]. 패널의 수는 연구의 목적 및 수행 환경에 따라 차이를 보이고 있는데, 최소 3명에서 80명까지 매우 다양하다[29]. 그러나 델파이 기법을 적용하는 데 있어서 보다 중요한 것은 패널의 수 보다는 연구 주제의 특성 및 연구 결과의 신뢰성과 타당성을 고려하여 적절한 지식을 보유한 전문가들로 패널 집단을 구성하는 것이다[26, 29]. 특히 패널의 전문성은 연구 결과에 대한 내용 타당성(content validity)의 확보를 위해 매우 중요하다[21].

본 연구의 패널은 사업단과의 관련성과 연구 주제에 대한 전문성을 기준으로 두 개의 집단으로 구성하였으며, 첫 번째 집단은 사업단의 과제관리를 담당하고 있는 4명의 연구원들로 구성하였고, 두 번째 집단은 사업단과 직접적인 관계가 없는 2명의 프로젝트 관리 전문가들로 구성하였다. 패널의 수가 다소 적게 선발된 이유는 연구 대상이 된 사업단과 같이 대규모 프로젝트에 대한 실무 관리 경험이 있는 전문가의 확보가 현실적으로 어려움이 있기 때문이다. 첫 번째 집단은 사업단 과제들에 대한 관리와 평가를 수행하고 있으며, 사업단의 특성, 사업단 내부 과제들에 대한 전문 지식, 과제 관리/감독에 대한 전문 지식을 가지고 있다. 두 번째 집단은 사업단과 외부에서 전문적인 PMO(Project Management Office) 컨설팅을 수행

하고 있는 인력으로서 프로젝트 관리에 특화된 높은 수준의 전문 지식을 가지고 있다. 이와 같이 두 개의 집단으로 패널을 구성함으로써 사업단의 특성에 대한 이해와 사업단 외부의 객관적인 시각이 균형 있게 반영된 상태에서 기술준비수준 모델의 평가가 이루어지며, 연구 결과에 대한 내용 타당성을 확보할 수 있을 것이라 판단하였다.

4. 델파이 설문 결과

4.1 1차 델파이 설문 결과

1차 델파이 설문은 2009년 2월 11일에 배포되어 2009년 3월 24일에 회수 완료되었다. 1차 델파이 설문에서는 기술준비수준의 각 수준에 대한 정의와 평가지표의 타당성을 5점 척도(1-매우 부적합, 2-적합, 3-중립, 4-적합, 5-매우 적합)로 평가하도록 하였다. 그리고 기술준비수준의 각 수준에 대한 정의와 평가지표의 수정/추가와 같은 모델에 대한 정성적인 의견이 있을 경우 각 설문문항 별로 의견을 기입할 수 있도록 하였다.

1차 델파이 설문 결과는 정량적 관점과 정성적 관점에서 검토되었다. 정량적 관점에서 설문 결과를 검토하기 위하여 다음과 같은 기준들을 수립하였다. 우선 설문 문항 응답값의 평균이 3점 미만인 경우 문항을 삭제하기로 하였다. 그리고 패널 간의 의견 합의도에 대한 기존 연구들을 참고하여(2.2절 참조), 다음과 같은 기준에 해당하는 문항의 경우

검토 및 수정하기로 결정하였다: (1) 3(중립) 미만의 응답값을 가지고 있는 문항, (2) 응답값의 평균이 4(적합) 미만인 문항, (3) 응답값의 사분위수 편차가 1을 초과하는 문항, (4) 응답값의 상대적 사분위수 범위가 20%를 초과하는 문항, (5) 응답값의 변동계수가 0.5를 초과하는 문항. 우선 설문 문항별로 평균값을 검토한 결과 평균값이 3점 미만인 문항은 없어 평균값 미달로 삭제된 문항은 없었다. 그리고 68개의 문항 중 41개(전체 문항의 60%)의 문항이 기준에 미달되어 연구자들에 의해 검토 및 수정되었다.

정성적 관점에서 패널들의 의견을 검토한 결과 다음과 같이 4가지 의견으로 정리 되었으며, 이와 관련된 문항의 검토와 수정, 그리고 새로운 문항의 삭제/추가가 이루어졌다: (1) 기술준비수준의 각 수준별 정의의 명확화 필요, (2) 기술준비수준의 각 수준별 평가지표 정의의 명확화 필요, (3) 기술준비수준의 각 수준 별로 R&D 위험관리와 관련된 평가지표의 보강 필요, (4) 의미가 비슷한 지표들의 제거 필요. 이와 같이 정량적 관점과 정성적 관점에서 설문 문항의 적합성이 검토되어 수정이 이루어졌으며, 이를 통해 2차 델파이 설문지가 작성되었다.

4.2 2차 델파이 설문 결과

2차 델파이 설문은 2009년 4월 7일에 배포되어 2009년 4월 20일에 회수 완료되었다. 2차 델파이 설문에서는 1차 델파이 설문 결과를 토대로 수정된 델파이 설문지가 배포되었다. 1차 델파이 설문과 마찬가지로 기술준비수준의 각 수준에 대한 정의와 평가지표의 타당성을 5점 척도로 평가하도록 하였으며, 정성적인 의견을 기입할 수 있도록 하였다. 또한 설문에 응답하는 패널이 다른 패널들의 의견을 참고하여 측정지표의 타당성을 평가할 수 있도록 각 설문 문항 별로 1차 델파이 설문 응답값의 1사분위수, 중앙값, 3사분위수가 제시되었다 [3, 12].

2차 델파이 설문 결과 패널들로부터 정성적 의견은 제시되지 않았다. 따라서 4.1절에서 제시된

기준을 적용하여 정량적 관점에서만 설문 문항들에 대한 평가가 진행되었다. 패널들이 응답한 평균값을 검토한 결과 3점 미만인 문항은 없어 평균값 미달로 삭제된 문항은 없었다. 그리고 전체 70개의 설문문항 중 19개의 문항(전체 문항의 27%)이 검토 대상으로 선정되어 연구진의 검토를 거쳐 수정 및 보완되었다.

4.3. 3차 델파이 설문 결과

3차 델파이 설문은 2009년 4월 24일에 배포되어 2009년 5월 4일에 회수 완료되었다. 3차 델파이 설문에서는 2차 델파이 설문 결과를 토대로 수정된 델파이 설문지가 5점 척도로 평가되도록 설계되어 배포되었다. 3차 델파이 설문지의 경우, 2차 델파이 설문에서 더 이상 정성적 의견이 제시되지 않았기 때문에 새로운 의견을 수용하는 것 보다 기준에 제시된 의견들의 의견 일치 정도를 묻는 것이 더 중요하다고 판단하여, 정성적 의견은 기입하지 않도록 하였다. 또한 각 설문 문항 별로 2차 델파이 설문 응답값의 1사분위수, 중앙값, 3사분위수가 제시되었다.

3차 델파이 설문을 통해 최종 수정된 기술준비수준 측정문항들에 대해 4.1절에서 제시된 기준을 적용하여 패널들의 최종적인 의견 일치 정도를 조사한 결과, 패널들의 평균 응답값이 3점 미만인 문항은 없어 평균값 미달로 삭제된 문항은 없었다. 각 설문 문항별로 평균, 사분위수 편차, 상대적 사분위수 범위, 변동계수를 계산한 결과 전체 70개의 문항 중 6개(전체 문항의 9%)를 제외한 문항이 기준치에 부합하는 것으로 나타났다. 그러나 기준치에 부합하지 못한 6개의 문항도 기준치에 거의 근접한 것으로 나타나 측정지표에 포함시켜도 문제가 없는 것으로 판단하였다⁴⁾. 따라서 연구자들이 제시한 기술준비수준 모델에 대한 측정문항들에 대해 패널들의 평가 의견이 일치되고 평가문항으로서의 적합성이 확보된 것으로 결론이 내려졌으며, 델파이 설문을 3차에서 종료하였다.

4.4 결과 종합

4) 기준에 미달한 6개의 문항 중, 2문항은 패널 응답값의 평균이 3.83으로 나타났다. 또한 나머지 4개의 문항은 상대적 사분위수 범위가 22.2~23.1로 나타났다. 평균은 기준치가 4 이상, 상대적 사분위수 범위는 기준치가 20 이하로, 기준에 미달한 문항들이 기준치에 거의 근접하므로 측정지표에 포함시키기로 결정하였다.

3차에 걸친 델파이 설문 결과 최종 완성된 기술 준비수준의 과제 진행 단계, 과제 진행 단계별 세부 기술준비수준, 기술준비수준별 정의는 <표 4>와 같으며 측정지표는 <표 5>와 같다.

<표 4> 최종 완성된 지능형국토정보기술혁신사업단의 기술준비수준 수준별 정의

과제 진행 단계	TRL 수준	정의
기술 개념 정립 단계	수준 1	기초 연구를 직접 수행하거나, 기존의 연구(논문 또는 연구보고서)들에 대한 탐색을 통하여 응용기술개발의 기반이 되는 기초 이론들이 파악되어 있는 수준
	수준 2	개발하고자 하는 응용기술의 개념이 명확히 정의되고, 기술의 응용 방안이 이론적 수준에서 잠재적으로 파악되어 있는 수준
기술 구성 요소 개발 단계	수준 3	연구개발 주체가 보유한 연구시설에서 응용기술의 구성요소들에 대한 설계 및 개발이 이루어지고 있는 수준
	수준 4	연구개발 주체가 보유한 연구시설에서 응용기술의 구성요소별 개발이 완료된 수준
기술 구성 요소 통합 단계	수준 5	연구개발 주체가 보유한 연구시설에서 응용기술의 구성요소들에 대한 통합이 이루어지고 있는 수준
	수준 6	연구개발 주체가 보유한 연구시설에서 응용기술의 구성요소들에 대한 통합이 완료되고, 프로토타입의 개발과 핵심 사용 시나리오를 기반으로 한 테스트가 완료되었으며, 공동실험장에서 통합이 이루어져야 할 다른 과제들의 기술이 정의된 수준
공동 실험장 적용 단계	수준 7	공동실험장에서 실제 상황을 가정한 사용 시나리오를 기반으로 응용기술의 테스트, 문제점의 발견, 해결 방안의 파악, 다른 연관 과제들과의 기술 통합이 이루어지고 있는 수준
	수준 8	공동실험장에서의 테스트 결과 및 다른 과제의 기술들과의 통합도중 발견된 모든 오류들이 수정되고 기술요구사항이 만족된 상태
사업화/실용화 단계	수준 9	공동실험장에서 테스트 중인 기술이 실제 실용화 또는 사업과 가능한 수준으로 완성된 수준

<표 5> 기술준비수준 수준별 평가지표

TRL 수준	평가지표
수준 1	개발 대상 기술을 뒷받침해주는 기초 이론이 파악되어 있음
	개발 대상 기술과 관련된 기초 이론들이 선행 연구들을 통해 입증되어 있음
	개발 대상 기술과 관련된 기초 이론들이 확보되어 있음
수준 2	개발 대상 기술의 수요자(고객)가 누구인지 파악되어 있음
	정성적인 측면에서 기술이 제공할 것으로 예상되는 가치가 파악되어 있음
	개발 대상 기술의 실제 운영 환경이 정의되어 있음

	개발 대상 기술의 수요자(고객)가 어떠한 방식으로 기술을 활용할 수 있는지에 대한 사용 시나리오가 수립되어 있음
	개발 대상 기술의 주요 구성요소들이 잠재적으로 파악되어 있음
	개발 대상 기술의 주요 구성요소 수준에서 달성해야 하는 성능에 대한 목표치가 정의되어 있음
	기술 사용자 관점에서 개발 대상 기술이 갖춰야 하는 주요 기능들이 파악되어 있음
	기술 개발을 위한 기법이 파악되고 연구 방법론이 수립되어 있음
	기술 개발 진행 일정 및 수행 활동이 포함된 일정 계획이 수립되어 있음
수준 3	개발 대상 기술과 관련된 주요 알고리즘이 파악되어 있음
	개발 대상 기술의 데이터 요구사항 및 포맷에 대한 분석이 완료됨
	연구실 수준에서 주요 알고리즘들의 작동이 확인되어 있음
	개발 대상 기술의 구성요소들간의 관계성이 정의되어 있음
	개발 대상 기술에 대해 주요 기능 관점에서 기술요소 아키텍처의 개발이 완료되었음
	개발 대상 기술의 구성요소들에 대한 기술적 명세사항이 파악되어 있음
	개발 대상 기술의 구성요소들의 기술적 명세사항에 대한 성능 목표치가 정의되어 있음
	개발 대상 기술의 개발 종료 조건(최종 목표)이 수립되어 있음
	기술 개발 과정에 발생할 수 있는 위험 요소들이 잠재적으로 파악되어 있음
	잠재적 수준에서 파악된 기술 개발 위험 요소에 대한 대응 방안이 수립되어 있음
수준 4	개발 대상 기술의 구성요소에 대한 테스트 기준이 수립되어 있음
	개발 대상 기술의 구성요소에 대한 테스트 시나리오가 수립되어 있음
	개발 대상 기술의 각각의 기술 구성요소들이 연구개발 주체가 보유한 연구시설에서 테스트 완료되었음
	개발 대상 기술의 각각의 기술 구성요소들의 테스트 결과 발견된 문제점들이 모두 해결되었음
수준 5	개발 대상 기술의 시스템 내외부 인터페이스에 대한 요구사항 분석이 완료됨
	개발 대상 기술에 대한 상세한 통합 시스템 아키텍처의 개발이 완료되었음
	기술 구성요소 통합 과정에서 발생할 수 있는 위험 요소들이 예측되어 있음
	기술 구성요소 통합 과정에서 발생할 수 있는 위험 요소들에 대한 대응 방안이 수립되어 있음
수준 6	기술들이 통합된 프로토타입을 테스트하기 위한 시나리오가 실제 운영 환경을 가정하여 개발됨
	기술들이 통합된 프로토타입이 실제 운영 환경을 가정하여 개발됨
	기술들이 통합된 프로토타입에 대한 테스트가 연구실 수준에서 완료됨
	프로토타입을 구성하는 기술 구성요소들이 잘 통합되었는지 검증됨
	프로토타입 테스트 결과 발견된 문제점들이 모두 해결되었음

	공동실험장에서 추가적인 통합이 요구되는 다른 연구개발 과제들의 기술들이 정의되어 있음
	공동실험장에서 다른 연구개발 과제들의 기술 통합 과정에서 발생할 수 있는 위험 요소들이 예측되어 있음
	공동실험장에서 다른 연구개발 과제들의 기술 통합 과정에서 발생할 수 있는 위험 요소들에 대한 대응 방안이 수립되어 있음
	공동실험장에서 테스트를 수행하기 위한 테스트 시나리오가 완성되어 있음
수준 7	개발 대상 기술이 테스트 시나리오에 따라 공동실험장에서 테스트되고 있음(타 과제와의 통합 제외)
	개발 대상 기술을 공동실험장에서 테스트하는 도중에 발생한 주요 문제점들이 정의되어 있음(타 과제와의 통합 제외)
	개발 대상 기술을 공동실험장에서 테스트하는 도중에 발생한 주요 문제점들에 대한 해결책이 파악되어 있음(타 과제와의 통합 제외)
	추가적인 통합이 요구되는 다른 연구개발 과제 기술들과의 통합이 진행되고 있음
	다른 연구개발 과제 기술들과 통합이 진행되는 도중에 발생한 주요 문제점들이 정의되어 있음
	다른 연구개발 과제 기술들과 통합이 진행되는 도중에 발생한 주요 문제점들에 대한 해결책이 파악되어 있음
수준 8	개발 대상 기술을 공동실험장에서 테스트한 결과 발견된 모든 기술적 결함과 오류가 수정됨(타 과제와의 통합 제외)
	기술준비수준 3단계에서 수립한 개발 대상 기술의 개발 종료 조건(최종 목표)이 만족되었음
	다른 연구개발 과제 기술들과의 통합 도중 발견된 모든 기술적 결함과 오류가 수정됨
수준 9	공동실험장에서 테스트 중인 개발 대상 기술의 모든 기능들이 공동실험장에서 테스트 완료됨
	사업단에서 지정한 기술문서들의 작성이 완료됨
	과제 종료를 위해 사업단이 지정한 요건들이 충족되어있음이 사업단에 의해 최종 검증됨
	개발 완료된 기술의 성격에 따라 기술이전, 실용화, 사업화 계획 중 최소 하나가 수립되어 있음

델파이 기법은 여러 차수에 걸친 델파이 설문기 진행되면서 패널들의 의견 일치도가 높아지는 것이 이상적이다. 또한 본 연구의 목적이 평가지표의 개발이기 때문에 구성개념 타당성(construct validity)의 확보를 위해 각각의 기술준비수준에 대해 패널들이 응답한 평가지표의 적합성(타당성)은 높아져야 하며, 기준에 미달한 문항의 비율은 감소해야 한다[29, 32]. 본 연구가 이러한 요건을 충족시켰는지 확인하기 위하여 1차~3차 델파이 설문 별로 사분위수 편차, 상대적 사분위수 범위 평

균, 변동계수 평균 등의 3개의 의견 일치도 평가 문항과 설문 문항의 적합도를 확인할 수 있는 응답값 평균, 기준 미달 문항 비율을 <표 6> ~ <표 8>과 같이 정리하였다.

<표 6>은 기술준비수준의 수준 정의에 대한 패널 합의도와 평가 문항 적합도의 변화 추이를 보여주고 있다. 패널들 간의 합의도의 평가 항목인 상대적 사분위수 범위 평균, 변동계수 평균이 1차 델파이에서 3차 델파이로 진행되면서 점차 감소하고 있고, 사분위수 편차의 경우 2차 델파이에서 1

차 델파이보다 값이 다소 증가하지만 3차 델파이에서는 1차 델파이보다 낮은 값을 보여주고 있다. 따라서 패널들의 합의도가 델파이 차수가 진행되면서 점차 증가하고 있음을 확인할 수 있다. 설문 문항의 적합도와 관련된 응답값 평균은 1차 델파이에서는 기준 미달이었지만 2차, 3차 델파이로 진행되면서 기준을 초과하였고, 기준 미달 문항 비율도 감소하여 3차 델파이에서는 기준에 미달되는 설문 문항이 전혀 없었다.

<표 7>은 과제 진행 단계별 세부 기술준비수준에 대한 패널 합의 정도와 설문 문항 적합도의 변화 추이를 보여주고 있다. 일치도 평가 항목인 상대적 사분위수 범위 평균, 변동계수 평균이 1차 델파이에서 3차 델파이로 진행되면서 점차 감소하고 있고, 사분위수 편차의 경우 2차 델파이에서 1차 델파이보다 값이 다소 증가하고 3차 델파이에서는 2차 델파이와 같은 값을 보여주고 있다. 따라서 사분위수 편차를 제외한 다른 패널들의 합의도가 델파이 차수가 진행되면서 점차 증가하고 있음을 확인할 수 있으며, 사분위수 편차는 모든 델파이 차수에 대해 기준치를 충족시키고 있어 문제가 없는 것으로 나타났다. 설문 문항의 적합도와 관련된 응답값 평균은 1차 델파이에서는 기준 미달이었지만 2차, 3차 델파이로 진행되면서 기준을 초과하였고, 기준 미달 설문 문항 비율도 감소하여 3차 델파이에서는 기준에 미달하는 설문 문항이 전혀 없었다.

<표 8>은 기술준비수준 평가지표에 대한 패널 합의 정도와 설문 문항 적합도의 변화 추이를 보

여주고 있다. 일치도 평가 항목인 변동계수의 경우 1차 델파이에서 3차 델파이로 진행되면서 지속적으로 감소하고 있지만, 사분위수 편차와 상대적 사분위수 범위 평균은 1차 델파이에서 2차 델파이로 진행되면서 값이 크게 증가했다가 3차 델파이에서는 다시 낮아지고 있다. 이와 같은 추세가 나타나는 이유는 4.1절에서 설명된 것과 같이 전체 문항의 60%가 검토 및 수정 대상으로 파악되어 2차 델파이 설문에서 대폭 수정된 설문 문항이 패널들에게 제공되었기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 2차 델파이 설문에서 3차 델파이 설문으로 진행되면서 패널들의 합의도가 점차적으로 증가하고 패널 합의도 기준 역시 충족시키고 있어 패널 합의도와 관련된 문제는 없는 것으로 판단된다. 설문 문항의 적합도와 관련된 응답값 평균은 1차 델파이에서는 기준 미달이었지만 2차, 3차 델파이로 진행되면서 기준을 초과하였고, 기준 미달 설문 문항 비율도 감소하여 3차 델파이에서는 6개의 문항만이 기준에 미달하는 것으로 나타났다. 그러나 이 설문 문항들도 4.3절에서 설명한 바와 같이 기준치에 거의 근접하는 값들을 보여주고 있어 큰 문제는 없는 것으로 파악되었다.

분석 결과 1차 델파이 설문에서 3차 델파이 설문으로 진행되면서 전반적으로 패널들의 의견 일치 정도와 설문 문항의 적합성이 증가하고 있으며 기준 미달 설문 문항의 비율은 감소하고 있음을 확인할 수 있어, 본 연구는 델파이 기법이 올바르게 적용되었고, 동시 타당성이 확보되었으며, 평가 지표 개발이라는 목적이 달성되었음을 확인할 수 있었다.

<표 6> 기술준비수준 정의에 대한 패널 합의도 및 설문 문항 적합도의 변화

평가 항목(기준)	1차 델파이	2차 델파이	3차 델파이
사분위수 편차(1 이하)	0.38	0.42	0.33
상대적 사분위수 범위 평균(20% 이하)	20.78%	19.96%	15.62%
변동계수 평균(0.5 이하)	0.25	0.16	0.14
응답값 평균(4 이상)	3.63	4.22	4.24
기준 미달 문항 비율 (미달 문항 개수/전체 문항 개수)	89% (8/9)	11% (1/9)	0% (0/9)

<표 7> 과제 진행 단계별 세부 기술준비수준에 대한 패널 합의도 및 설문 문항 적합도의 변화

평가 항목(기준)	1차 델파이	2차 델파이	3차 델파이
사분위수 편차(1 이하)	0.26	0.29	0.29
상대적 사분위수 범위 평균(20% 이하)	14.46%	13.93%	13.77%
변동계수 평균(0.5 이하)	0.19	0.17	0.16
응답값 평균(4 이상)	3.78	4.09	4.19
기준 미달 문항 비율 (미달 문항 개수/전체 문항 개수)	67% (9/9)	22% (2/9)	0% (0/9)

<표 8> 기술준비수준 평가지표에 대한 패널 합의도 및 설문 문항 적합도의 변화

평가 항목(기준)	1차 델파이	2차 델파이	3차 델파이
사분위수 편차(1 이하)	0.24	0.45	0.33
상대적 사분위수 범위 평균(20% 이하)	12.93%	21.75%	15.33%
변동계수 평균(0.5 이하)	0.19	0.17	0.14
응답값 평균(4 이상)	3.97	4.19	4.24
기준 미달 문항 비율 (미달 문항 개수/전체 문항 개수)	54% (27/50)	29% (15/52)	12% (6/52)

5. 논의

본 연구에서는 대규모 국가 연구개발 사업단을 대상으로 기술준비수준 모델을 개발하였다. 본 연구에서 제시한 기술준비수준 모델은 국가 연구개발 과제의 과제 계획 및 관리체계로서 유용하게 활용될 수 있다. 특히 연구대상이 되었던 지능형국토정보기술혁신사업단과 같이 규모가 크고, 과제 구조가 복잡하며, 공동실험장 등의 운영을 통해 기술의 완성도를 실제와 비슷한 환경에서 테스트하는 연구개발 과제들의 경우, 본 연구에서 제시된 평가모델의 적용을 통해 과제관리에 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다. 즉 본 연구에서 제시된 기술준비수준 모델은 실용화할 수 있는 기술의

개발을 목적으로 하는 사업단 또는 연구단이 주된 적용 대상이라고 볼 수 있다.

본 연구대상 사업단은 실용화 관점에서의 기술준비수준 평가와 선행 및 후행 연구로 구성된 연구과제의 체계적인 관리를 목적으로 기술준비수준 모델을 개발하였으며, 이 모델이 제공하는 장점은 다음과 같다.

첫째, 기술준비수준 모델은 연구개발 중인 기술이 실용화 또는 사업화 가능한 수준으로 개발되게 하는 데 궁극적인 목적이 있으며, 이러한 모델을 과제관리체계로 적용할 경우 연구개발 인력들은 과제 계획 단계에서부터 기술의 실용화/사업화 가능성을 진지하게 고려할 수 있게 됨으로, 결과적으로 연구 결과물의 실용화 가능성이 높아질 것이다.

특히 기술준비수준 모델은 연구인력들이 보다 실용적이고 사업가능성이 높은 연구개발 과제를 기획하도록 의식전환을 진작시키는 도구로써 활용될 수 있다.

둘째, 과제에 대한 위험관리 관점에서 기술준비수준 모델은 다수의 선행 연구와 후행 연구로 구성되어 복잡하게 연계된 연구개발 과제에서 발생할 수 있는 위험을 미리 감지하고 사전적 예방 조치를 수립하기 위한 도구로 활용될 수 있다. 기술준비수준 모델은 과제의 진행상황을 9개의 수준으로 나누어 한 눈에 파악할 수 있도록 해주므로, 과제 관리자는 관련 선행 연구들의 개발 상태를 수시로 파악하고 과제 진도가 지연될 가능성이 있는 선행 연구에 대해 조치를 취하거나, 위험도가 높은 경우 과제의 진행을 사전에 중지시킴으로써 연구 자원의 낭비를 최소화 할 수 있다.

본 연구는 NASA의 기술준비수준을 델파이 기법을 적용하여 특성이 다른 연구개발 사업단에 적합하도록 적용하는 과정을 보여주고 있다. 연구개발 사업은 연구 대상이 되는 기술의 특성에 따라 평가의 초점이 매우 상이할 수 있으며, 일반적인 통계기법을 적용해 기술준비수준 모델을 개발하기에는 필요한 표본 수를 확보하기 매우 어렵다는 문제점을 가지고 있다. 이러한 상황에서 델파이 기법은 소수의 전문가 집단을 활용해 기술준비수준 모델을 개발할 수 있는 유용한 도구로 활용될 수 있으며, 본 연구에서 제시된 델파이 기법 적용 과정은 다른 국가 연구개발 과제들이 맞춤형 기술준비수준을 개발할 때 참고할 수 있는 가이드라인으로 활용될 수 있을 것이다.

6. 결론

최근 들어 국가 연구개발 과제들에 대한 투자 효율성 향상을 위해 연구개발 성과물에 대한 실용화 및 사업화가 강조되고 있다[4]. 이를 위해서는 연구개발 중인 기술이 실용화 및 사업화를 위해 어느 정도 수준까지 도달했는지 평가할 수 있는 도구가 필요하며, 기술준비수준은 이러한 요구를 충족시킬 수 있는 유용한 평가도구가 될 수 있을 것이다. 따라서 본 연구는 대형 국가 연구개발 프

로젝트인 지능형국토정보기술혁신사업단을 대상으로 기술준비수준 모델을 개발하였으며, 이를 위한 연구 방법으로서 델파이 기법을 적용하였다. 개발된 기술준비수준 모델은 기술준비수준의 각 수준별 정의와 측정도구들로 구성되어 있으며, 기술준비수준 모델의 각 수준은 과제 진행단계와 일치되어 있어 연구개발 중인 기술의 완성도를 쉽게 파악할 수 있도록 하였다.

본 연구의 한계점과 향후 연구방향은 다음과 같다. 첫째, 본 연구는 특정 국가 연구개발 사업단을 대상으로 기술준비수준 모델을 개발하였기 때문에 충분한 수준의 전문 지식을 지닌 패널을 대규모로 확보하는 데 한계가 있었다. 따라서 패널 응답 결과의 신뢰성과 타당성을 검증하는 과정에서 보다 다양한 통계기법을 적용하는 데 어려움이 있었다. 따라서 보다 일반화된 평가모델을 개발하기 위해서는 많은 수의 국가 연구개발 사업단과 연구단의 과제 관리 인력을 연구에 포함시킬 필요가 있다. 둘째, 기술준비수준 모델은 기술 실용화를 연구개발의 궁극적인 목적으로 가정하고 있으므로 본 연구 결과를 기초 연구분야에 적용하기에는 무리가 있다. 이와 같은 한계점들을 극복하기 위해서 향후에는 기초 연구, 응용 연구, 개발 연구와 같은 연구개발 특성에 따라 일반적인 기술준비수준 모델을 어떻게 수정 적용하는 것이 바람직한지에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다. 또한 각각의 기술준비수준 별로 효과적인 과제 지원 및 관리 방안을 제시해 주는 가이드라인도 개발되어야 한다.

참 고 문 헌

- [1] 김성배, "한국형 전투기 개발을 위한 핵심기술 개발 방안," 국방정책연구, 제62권, 2003, pp.9-35.
- [2] 류영진, "지식기반 획득을 위한 기술성숙도 평가," 국방과학기술 플러스, 제36권, 2007, pp.1-16.
- [3] 박영숙, 제롬 글렌, 테드 고든, 전략적 사고를 위한 미래 예측, (주)교보문고, 2007.
- [4] 한국과학기술기획평가원, "새 정부 과학기술정책 이슈와 과제".

- [5] 지능형국토정보기술혁신사업단, "지능형국토정보기술혁신사업 연구과제 제2차 통계 분석".
- [6] 지식경제부, "지경부, 국가연구개발사업 평가 전문성 높인다", Retrieved by May, 19 2009, <http://www.mke.go.kr/news/bodo/bodoView.jsp?pCtx=1&seq=50279>.
- [7] 한국산업기술평가원, "부품소재기술개발사업의 TRL 평가 기준".
- [8] AOF, "What are Technology Readiness Levels (TRLs)?," Retrieved by Feb, 6 2009, http://www.ams.mod.uk/aofcontent/tactical/techman/content/trl_whatarethey.htm.
- [9] Aron, D. and Pogach, L., "Quality indicators for diabetes mellitus in the ambulatory setting: Using the Delphi method to inform performance measurement development," *Quality and Safety in Health Care*, Vol. 17, No. 5, 2008, pp.315-317.
- [10] Black, K., *Business Statistics: Contemporary Decision Making*. 3rd ed. Cincinnati, Ohio: South-Western College Publishing, 2001.
- [11] Britt, B.L., Berry, M.W., Browne, M., Merrell, M.A. and Kolpack, J., "Document classification techniques for automated Technology Readiness Level analysis," *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Vol. 59, No. 4, 2008, pp.675-680.
- [12] Cabello-Medina, C., Carmona-Lavado, A. and Valle-Cabrera, R., "Identifying the variables associated with types of innovation, radical or incremental: Strategic flexibility, organisation and context," *International Journal of Technology Management*, Vol. 35, No. 1-4, 2006, pp.80-106.
- [13] Dalkey, N. and Helmer, O., "An experimental application of the Delphi method to the use of experts," *Management Science*, Vol. 9, No. 3, 1963, pp.458-467.
- [14] De Vet, E., Brug, J., De Nooijer, J., Dijkstra, A. and De Vries, N.K., "Determinants of forward stage transition: A Delphi study," *Health Education Research: Theory & Practice*, Vol. 20, No. 2, 2005, pp.195-205.
- [15] DoD, *Defense Acquisition Guidebook*, 2006.
- [16] Dubos, G.F., Saleh, J.H. and Braun, R., "Technology readiness level, schedule risk, and slippage in spacecraft design," *Journal of Spacecraft and Rockets* Vol. 45, No. 4, 2008, pp.836-842.
- [17] English, J.M. and Kernan, G.L., "The prediction of air travel and aircraft technology to the year 2000 using the Delphi method," *Transportation Research*, Vol. 10, No. 1, 1976, pp.1-8.
- [18] Goodman, C.M., "The Delphi technique: A critique," *Journal of Advanced Nursing*, Vol. 12, No. 6, 1987, pp.729-734.
- [19] Gracht, H.A.v.d., *The Future of Logistics: Scenario for 2025*: Gabler, 2008.
- [20] Green, H., Hunter, C. and Moore, B., "Assessing the environmental impact of tourism development: The use of the Delphi technique," *International Journal of Environmental Studies*, Vol. 35, No. 1, 1989, pp.51-62.
- [21] Hansson, F., Keeney, S. and McKenna, H., "Reserach guidelines for the Delphi survey technique," *Journal of Advanced Nursing*, Vol. 32, No. 4, 2000, pp.1008-1015.
- [22] Jamson, S., Wardman, M., Batley, R. and Carsten, O., "Developing a driving Safety Index using a Delphi stated preference experiment," *Accident Analysis and Preven*, Vol. 40, No. 2, 2008, pp.435-442.
- [23] Landeta, J., "Current validity of the Delphi method in social sciences," *Technological Forecasting & Social Change*, Vol. 73, No. 5, 2006, pp.467-482.
- [24] Mankins, J.C., "Technology Readiness Levels," NASA, 1995.

- [25] Moorhouse, D.J., "Detailed definitions and guidance for application of technology readiness levels," *Journal of Aircraft*, Vol. 39, No. 1, 2002, pp.190-192.
- [26] Mullen, P.M., "Delphi: Myths and reality," *Journal of Health Organization and Management*, Vol. 17, No. 1, 2003, pp.37-52.
- [27] Nolte, W.L., Kennedy, B.C. and Dziegiel, R.J., "Technology readiness calculator," 6th Annual System Engineering Conference, Oct, 20-23, 2003,
- [28] NURC, "Technology readiness levels," Retrieved by Feb, 7 2009, <http://www.nurc.nato.int/research/trl.htm>
- [29] Okoli, C. and Pawlowski, S.D., "The Delphi method as a research tool: An example, design considerations and applications," *Information & Management*, Vol. 42, No. 1, 2004, pp.15-29.
- [30] Raskin, M., "The Delphi study in field instruction revisited: Expert consensus on issues and research priorities," *Journal of Social Work Education*, Vol. 30, No. 1, 1994, pp.75-89.
- [31] Rayens, M.K. and Hahn, E.J., "Building consensus using the policy Delphi method," *Policy, Politics & Nursing Practice*, Vol. 1, No. 4, 2000, pp.308-315.
- [32] Rowe, G. and Wright, G., "The Delphi technique as a forecasting tool: Issues and analysis" *International Journal of Forecasting*, Vol. 15, No. 4, 1999, pp.353-375.
- [33] Sauser, B., Ramirez-Marquez, J., Verma, D. and Gove, R., "From TRL to SRL: The concept of systems readiness levels," *Conference on Systems Engineering Research*, 2006,
- [34] Schmidt, R.C., "Managing Delphi survey using nonparametric statistical techniques," *Decision Sciences*, Vol. 28, No. 3, 1997, pp.763-774.
- [35] Snyder-Halpern, R., "Indicators of organizational readiness for clinical information technology/systems innovation: A Delphi study," *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 63, No. 3, 2001, pp.179-204.
- [36] Zinn, J., Zalokowski, A. and Hunter, L., "Identifying indicators of laboratory management performance: A multiple constituency approach," *Health care management review*, Vol. 26, No. 1, 2001, pp.40-53.



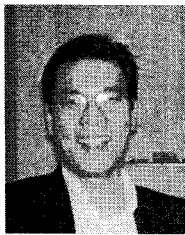
홍진원 (Jinwon Hong)

- 인하대학교 경영학과 학사
- 인하대학교 일반대학원 경영학과 석사
- 인하대학교 일반대학원 경영학과 박사과정 재학 중
- 관심분야 : 지식경영, 웹정보시스템, 이비즈니스 모델, 성과관리, 비즈니스 프로세스 관리



박지만 (Ji Man Park)

- 경희대학교 지리학과 학사
- 경희대학교 지리학과 지리정보학 전공 석사
- 경희대학교 지리학과 지리정보학 전공 박사
- 지능형국토정보기술혁신사업단 선임연구원
- 관심분야 : 온톨로지 기반 GIS, 주민참여형 GIS, 공간의사결정지원시스템, 시공간 행태분석



박승욱 (Seung Wook Park)

- 연세대학교 경영학과 학사
- 오하이오 주립대학 MBA
- 오하이오 주립대학 경영대학 생산관리 박사
- California State University Fullerton 부교수
- 인하대학교 경영학과 교수
- 관심분야 : SCM, 그린 SCM, 품질관리, 구매관리, Business modeling

논문접수일 : 2009년 6월 21일
 논문수정일 : 2009년 8월 1일
 게재확정일 : 2009년 8월 15일



서우중 (Woojong Suh)

- 연세대학교 응용통계학과 학사
- 연세대학교 응용통계학과 석사
- KAIST 테크노경영대학원 박사
- PricewaterhouseCoopers(PwC) Consulting Korea 컨설턴트
- 포스코경영연구소 e-Biz연구센터 연구위원
- 인하대학교 경영학과 부교수
- 관심분야 : 지식경영, BSC, 웹정보시스템, e-비즈니스 전략