

기업체들의 과학기술발전수준평가에서 나서는 몇가지 문제

박사 부교수 김강석

1. 서론

현시대는 과학과 기술의 시대, 지식경제시대이다.

과학기술이 급속히 발전하고 과학기술과 생산이 밀착된 오늘의 현실은 과학기술을 앞세우고 경제사업전반을 과학기술적요구대로 해나갈것을 요구하고있다.

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《지식경제시대인 오늘 과학기술은 사회경제발전을 규제하고 떠밀어나가는 결정적요인으로 되고있습니다.》

사회주의경제를 끊임없이 높은 속도로 장성시키는데서 나서는 중요한 문제의 하나는 기업체들의 과학기술발전수준을 수자적으로 정확히 평가하고 그에 기초하여 생산을 장성시키기 위한 구체적인 대책을 세우는것이다.

기업체들의 과학기술발전수준을 수자적으로 정확히 평가하기 위하여서는 과학기술발전수준을 평가하기 위한 중요지표들을 바로 설정하고 현대적인 정량적방법을 리용하여 과학기술발전수준을 평가하기 위한 방법을 완성하는것이다.

지금까지 여러 국제기구와 많은 연구자들이 과학기술발전수준을 나라별로, 지역별로 대비평가하며 기업체들의 과학기술발전수준을 분석하기 위하여 필요한 지표들을 설정하고 그에 기초하여 각이한 평가방법들을 제기하였다.

과학기술발전수준평가와 관련한 선행연구에서는 우선 여러 나라에서의 과학기술발전수준을 대비하기 위한 종합지표를 설정하고 그에 기초하여 과학기술발전수준을 수자적으로 평가하는 방법을 제시하였다.

세계경제연단은 30년이상 해마다 여러 나라에서 경제장성을 이룩하는데 영향을 주는 과학기술발전을 비롯한 여러가지 요인을 분석평가하는 보고서를 발표하였다. 세계경제연단의 이러한 활동목적은 여러 나라의 기업경영자들과 정책작성자들에게 경제의 경쟁정형을 정확하게 평가하기 위한 수준측정도구를 마련해주자는것이다.

세계경제연단은 12개의 경쟁기동들이라는것을 설정하고 그에 기초하여 보조지수들을 산출하기 위하여 개별지표들을 묶어놓고 보조지수들의 가중평균에 기초하여 총체적인 세계경쟁력지수를 계산하였다.

세계경제연단이 설정한 12개의 경쟁기동들가운데서 3개의 기동들은 고등교육과 전문가양성수준, 기술적준비 및 혁신수준으로서 과학기술발전과 직접적으로 련관되어있다.

유럽과 아시아의 대학들을 망라하고있는 최고의 국제경영학원(INSEAD)은 세계적으로 경제의 혁신적인 잠재력과 실적을 측정하는 복합지수인 세계혁신지수를 계산하는 방법으로 과학기술발전수준을 평가하고있다.

2011년 INSEAD보고서에는 125개 나라들이 포함되었으며 전체적인 세계혁신지수결

과들뿐만아니라 계산에 포함된 20개의 구성성분들에 대하여 지표별점수와 순위들이 발표되었다.

혁신개념이 과학기술과 밀접하게 연관되기때문에 세계혁신지수는 과학기술발전의 중요한 요인들인 초등 및 중등교육, 고등교육, 연구 및 개발, 기능노동자, 지식창조, 지식영향 및 지식보급에 중점을 두는 여러가지 요소를 가지고있다.

나라별 과학기술발전수준평가에서 가장 포괄적이라고 할수 있는 방법론은 세계은행에서 제시한 지식경제평가방법론이라고 말할수 있다.

세계은행은 지식경제기동들을 4개의 부분으로 나누고 그에 기초하여 나라들의 지식경제수준을 평가하고있다. 이 은행에서는 4개의 지식경제기동들에 기초하여 개별적나라들의 지식경제수준을 평가하기 위하여 세계의 146개 나라들을 대상으로 109개의 구조적 및 질적 지표들을 설정하였다.

세계은행에서 설정한 지식경제기동들은 경제적자극 및 법률적제도, 교육 및 인적자원, 혁신체계 그리고 정보통신기술(ICT)이다.

이와 같이 세계은행에서 설정한 지식경제기동들은 거의 다 과학기술과 관련된 지표들이다.

과학기술발전수준평가와 관련한 선행연구에서는 또한 과학기술의 창조와 활용에 대한 지출이 사회경제적지출에서 차지하고있는 몫을 논의하였다.

사회경제적인 총지출에서 과학기술의 창조와 활용을 위한 지출이 얼마만한 몫을 차지하는가 하는것은 과학기술발전수준을 평가하기 위한 중요한 지표의 하나이다.

과학연구 및 새 기술개발사업이 확대강화되고 그 성과가 현실에 도입됨에 따라 과학기술에 대한 지출이 늘어나며 사회경제적인 총지출구조에서 변화가 일어나고있다.

기계제산업시대에는 육체로동을 대신하는 기계설비들을 받아들여 생산을 기계화, 자동화하는데 투자를 집중하면서 원료, 동력자원의 개발에 큰 힘이 돌려졌다. 따라서 이 시기 산업의 발전을 위한 지출에서 기계설비와 자원개발에 대한 투자의 비중이 매우 컸다.

기계제산업시대에도 과학기술발전에 대한 투자가 체계적으로 늘어났지만 그 장성률이 높지 못하여 사회경제적인 총지출에서 과학기술발전에 대한 지출이 차지하는 몫은 크지 않았다.

그러나 지식경제시대에는 기계제산업시대에 비하여 과학연구사업과 새 기술개발사업, 과학기술인재육성을 위한 교육사업에 많은 자금을 지출할것을 요구한다.

지식경제시대의 요구에 맞게 과학연구사업과 새 기술개발사업을 적극 추진하며 그 담당자들인 과학기술인재들을 더 많이 키워내자면 이미 있는 과학연구기지들과 대학들을 확대강화하거나 새로 증설하여야 한다. 여기에는 많은 자금이 든다. 그뿐만아니라 과학연구기관들과 대학들을 운영하며 연구성과들을 생산에 도입하는데도 많은 자금이 필요하다. 그리하여 지식경제시대의 경제발전은 새로운 과학기술의 창조와 그 성과를 도입하는데 드는 투자 규모에 의존한다.

지금 세계적으로 어느 나라에서나 앞선 과학기술을 연구개발하고 그 성과를 도입하기 위한 지출을 경쟁적으로 늘이고있으며 따라서 사회경제적인 총지출구조에서 과학기술의 창조와 활용에 돌려지는 지출몫이 커지고있다.

경제협력개발기구는 이와 관련하여 과학연구개발투자, 고등교육투자, ICT 및 소프트웨어투자를 포함한 복합지표를 설정하고 이 지표에 기초하여 기구에 속한 나라들을 세 집단들 즉 높은 과학기술투자집단(과학기술발전에 GDP의 약 6%를 투자하는 나라들), 중간 과학기술투자집단(과학기술발전에 GDP의 3~4%를 투자하는 나라들), 낮은 과학기술투자집단(과

학기술발전에 GDP의 2~3%를 투자하는 나라들)으로 구분하고있다.

도서 《경영활동분석》에서는 기업체들의 과학기술발전수준을 분석하기 위하여 로동의 기술장비도와 생산공정의 현대화, 로동조건의 개선을 비롯한 과학기술발전수준을 특징짓는 지표들을 설정하고 이 지표들에 대한 구체적인 계산수법과 분석방법을 주었다.

선행연구에서 알수 있는바와 같이 지금까지는 기업체들의 과학기술발전수준을 평가하기 위한 지표들을 지식경제시대의 요구에 맞게 생산에 직접 이바지하는 지표들로 설정하지 못하고 로동력과 기계설비, 생산공정 등의 리용지표들을 통하여 간접적으로 설정하였으며 개별적인 지표들에 기초하여 기업체들의 과학기술발전수준을 수자적으로 평가하였다.

본문은 기업체들의 과학기술발전수준을 수자적으로 정확히 평가하는데서 나서는 몇가지 방법론적문제들을 해결하는것을 목적으로 하고있다.

본문에서는 우선 과학기술발전수준을 평가한 선행연구성과들을 분석하고 기업체들의 과학기술발전수준을 수자적으로 평가하기 위한 중요지표들을 설정하였다.

본문에서는 또한 경제수학적방법을 리용하여 기업체들의 과학기술발전수준을 하나의 지표에 의하여 평가하는 방법을 해설하였다. 이 부분에서는 본문의 첫째 부분에서 서술한 기업체들의 과학기술발전수준을 평가하기 위한 중요지표들과 이 지표들의 상대값들을 종합하여 과학기술발전수준을 수자적으로 평가하는 방법, 무게결수를 리용하여 과학기술발전수준을 종합적으로 평가하는 방법을 해설하였다.

2. 본 론

2.1. 기업체들의 과학기술발전수준을 수자적으로 평가하기 위한 중요지표

기업체들의 과학기술발전수준을 정확히 평가하기 위한 지표는 여러가지 기준에 기초하여 각이하게 설정할수 있지만 어디까지나 기업체들의 생산을 장성시키는데 직접 이바지할수 있는 방향에서 종합체계화하여야 한다.

기업체들의 과학기술발전수준을 수자적으로 정확히 평가하기 위한 중요지표는 첫째로, 과학연구 및 기술개발비용이다.

기업체들에서의 과학연구 및 기술개발비용은 지식경제시대인 오늘 모든 기업체들이 과학기술에 대한 연구와 그 성과에 기초하여 발전하는 조건에서 특별히 중요한 의의를 가진다.

과학연구 및 기술개발사업은 세계의 발전법칙을 밝히고 자연을 인간의 자주적요구에 맞게 개조하고 변혁하기 위한 방도를 찾아내는 매우 어렵고 힘든 사업이다. 그러므로 과학연구 및 기술개발사업에는 많은 비용이 지출된다.

결국 지식경제시대에는 기업체들에서 과학연구 및 기술개발에 대한 투자가 필수적인것으로 되며 과학연구 및 기술개발에 얼마만한 자금을 돌리는가 하는데 따라 생산발전에서의 성과가 좌우된다.

기업체들의 과학기술발전수준을 수자적으로 정확히 평가하기 위한 중요지표는 둘째로, 발명건수와 합리화안수, 특허신청수의 장성률이다.

기업체들에서 발명건수와 합리화안수, 특허신청수의 장성은 과학기술발전수준과 밀접하게 련관되어있다.

기업체들에서 발명건수와 합리화안수, 특허신청수가 많아지면 그것들이 기업활동에 적용되어 과학기술발전수준이 높아지고 발명건수와 합리화안수, 특허신청수가 늘어난다. 그

러므로 기업체들에서 발명건수와 합리화안수, 특허신청수의 장성은 기업체들의 과학기술발전수준을 반영하는 중요한 지표들에 속한다고 할수 있다.

기업체들의 과학기술발전수준은 발명건수와 합리화안수, 특허신청수의 장성률, 기업체의 전체 종업원들가운데서 발명을 하고 합리화안을 창조하며 특허를 신청하는 종업원들이 차지하는 비중지표들에 반영된다.

기업체들의 과학기술발전수준을 수자적으로 정확히 평가하기 위한 중요지표는 셋째로, 생산장성을 이룩하는데 이바지한 과학기술의 기여정도이다.

기업체의 생산장성을 이룩하는데 이바지한 과학기술의 기여정도는 과학기술발전수준을 특징짓는 중요한 지표의 하나이다. 그것은 오늘 경제의 발전방식이 집약적발전방식이며 그것은 과학기술에 기초하고있기때문이다.

기업체의 생산장성을 이룩하는데 이바지한 과학기술의 기여정도는 중요하게 일정한 기간에 생산한 기업체의 총생산액에서 노동생산능률을 비롯한 생산자원리용의 효과성제고에 의한 몫으로 표현된다.

일반적으로 일정한 기간 기업체에서의 생산장성은 같은 기간에 생산한 총생산액증가로 나타난다.

한편 일정한 기간 기업체의 총생산액증가는 여러가지 생산방식에 의하여 이루어질수 있다. 다시말하여 일정한 기간 기업체의 총생산액증가는 조방적생산방식에 의하여 이루어질수도 있고 집약적생산방식에 의하여 이루어질수도 있으며 두가지 생산방식이 결합되어 이루어질수도 있다.

일정한 기간 기업체의 총생산액증가가 어떤 생산방식에 의하여 이루어지는가를 평가하는 지표로는 기업체의 총생산액증가에서 노동생산능률을 비롯한 생산자원리용의 효과성제고에 의한 몫이 차지하는 비중지표를 들수 있다. 그것은 기업체에서 일정한 기간에 생산된 총생산액증가에서 노동생산능률을 비롯한 생산자원리용의 효과성제고에 의한 몫이 차지하는 비중이 작다는것은 생산이 주로 조방적인 생산방식에 의하여 장성하였다는것을 보여주며 노동생산능률을 비롯한 생산자원리용의 효과성제고에 의한 몫이 차지하는 비중이 크다는것은 생산이 주로 집약적인 생산방식에 의하여 장성하였다는것을 보여주기때문이다.

생산장성을 이룩하는데 이바지한 과학기술의 기여정도는 과학기술성과의 도입률에 의하여 간접적으로 특징지을수 있다. 노동생산능률을 비롯한 생산자원리용의 효과성제고는 새로운 과학기술성과의 적극적인 도입에 의하여 이루어진다.

기업체들에서 과학기술성과의 도입건수는 절대값으로서 그자체는 과학기술성과의 도입정도를 반영하지 못한다. 과학기술성과들이 현실에 어느 정도 도입되고있는가 하는것을 보여주는 상대값이 바로 과학기술성과도입률이다.

과학기술성과의 도입률은 새로운 과학기술성과들가운데서 도입된 과학기술성과가 차지하는 비중으로 나타난다. 즉 발명 및 합리화안수가운데서 도입된 발명 및 합리화안수가 차지하는 비중에서 구체적으로 표현된다.

기업체들의 과학기술발전수준을 수자적으로 정확히 평가하기 위한 중요지표는 넷째로, 노동의 기술장비도이다.

기업체들에서 노동의 기술장비도지표는 과학기술의 발전정도를 특징짓는다. 그것은 과학기술이 발전하는데 따라 기업체들이 지능로동에 의거하는 과학기술집약형기업체로 전환되며 이것은 결국 한명의 노동자가 다루는 생산적고정재산이 늘어나기때문이다.

과학연구 및 기술개발비, 발명건수와 합리화안수, 특허신청수의 장성률, 경제장성을 이

록하는데 이바지한 과학기술의 기여정도는 과학기술발전을 특징짓는 중요한 지표들이지만 기업체들에서 과학기술의 발전정도는 많은 경우 기업체의 과학기술집약화에 의하여 평가할 수 있다.

과학기술이 보다 발전하고 그 성과들이 생산과 관리에 적극 도입됨에 따라 기업체들은 점차 현대화된 정보설비들로 장비되고 로동력구성에서 지능로동력이 차지하는 비중도 높아 지게 되며 결국 기업체들은 과학기술집약형기업체로 전환된다.

과학기술의 발전으로 모든 기업체들에서 과학기술의 집약화과정이 이루어지지만 과학기술의 집약화정도를 수자적으로 정확히 평가하는것은 어려운 문제이다.

과학기술집약형기업체로 평가할수 있는 정량적인 기준은 크게 두가지로 볼수 있다. 그 하나는 기업체에 종사하는 전체 로동력가운데서 지능로동력이 차지하는 비중(기업체에 종사하는 전체 로동력가운데서 전문가와 기술자수가 차지하는 비중 또는 대학졸업생수가 차지하는 비중)이며 다른 하나는 기업체에서 로동자 한사람이 다루는 생산적고정재산의 규모이다.

과학적으로 제정한 이 두가지 기준에 도달한 기업체들은 과학기술집약형기업체로 인정할수 있다.

기업체들의 과학기술발전수준을 수자적으로 정확히 평가하기 위한 중요지표는 다섯째로, 생산공정의 현대화, 정보화이다.

생산공정의 현대화, 정보화는 최신과학기술이 이룩한 성과에 기초하여 기본생산공정은 물론 보조생산공정까지 현대화, 정보화하는것을 내용으로 한다.

생산공정이 현대화, 정보화되면 생산을 높은 과학기술적도대우에 올려세움으로써 생산공정에서 합리적인 균형을 보장할수 있고 생산의 경제적효과성과 실리주의원칙을 구현할수 있게 된다.

기업체들에서 생산공정의 현대화, 정보화를 실현하면 힘든 육체적로동을 줄이고 주로 지능로동에 의거하여 물질적부를 생산할수 있으며 생산의 경제적효과성과 제품의 질도 비할바없이 높일수 있다. 그러므로 생산공정의 현대화, 정보화는 기업체들의 과학기술수준제고정형을 평가하는데서 무시할수 없는 중요한 지표의 하나로 볼수 있다.

기업체들에서 생산공정의 현대화, 정보화는 현대적인 과학기술에 기초하여 정보화된 자동설비와 자동선 등의 도입비중에 의하여 그리고 생산공정의 로봇트화와 유연생산체계에 의하여 평가할수 있다.

2.2. 기업체들의 과학기술발전수준에 대한 수자적인 평가방법

기업체들의 과학기술발전수준을 수자적으로 정확히 평가하기 위하여서는 과학기술의 발전수준을 개괄적으로 특징짓는 종합적지표를 찾고 그 크기에 따라 해당 기업체들의 종합적인 과학기술발전수준을 평가하여야 한다.

기업체들의 과학기술발전수준에 대한 수자적인 평가에서는 우선 과학기술발전을 반영하는 개별적지표들의 상대값들을 계산하고 그것을 종합하는 방법으로 개괄적평가를 진행할수 있다.

이 평가방법에서는 기업체들의 과학기술발전수준을 종합적으로 평가하기 위하여 여러가지 지표를 서로 비교할수 있는 지표들로 환산하여야 한다.

기업체들의 과학기술발전수준을 반영하는 여러가지 지표를 서로 비교할수 있는 지표들

로 환산하기 위하여서는 여러가지 지표를 상대값으로 표시하여야 하며 상대값들가운데서 제일 큰 상대값으로 해당한 상대값들을 나누어야 한다.

기업체들의 과학기술발전수준을 반영하는 여러가지 지표를 서로 비교할수 있는 지표들로 환산하는 방법은 기업체들의 과학기술발전수준을 개별적인 기준이 아니라 공통적인 기준에 의하여 평가할수 있게 한다. 이 평가방법을 적용할 때 기업체들의 과학기술발전수준을 종합적으로 평가할수 있는 지표는 다음과 같은 수식을 리용하여 계산할수 있다.

$$h_i^k = \frac{1}{n_i} \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}^k}{\max_{t,j} a_{tj}^k} \quad (k=1, 2, \dots, K, i=1, 2, \dots, m) \quad (1)$$

식 (1)에서 h_i^k 는 k 년도 i 기업체의 과학기술발전수준을 종합적으로 평가할수 있는 지표, a_{ij}^k 는 k 년도 i 기업체의 과학기술발전수준을 반영하는 j 지표의 상대값, m 는 기업체들의 수, n_i 는 i 기업체의 과학기술발전수준을 반영하는 지표들의 수이다.

례를 들어 5개 기업체의 과학기술발전수준을 특징짓는 과학연구 및 기술개발비용, 발명건수와 합리화안수, 특허신청수의 장성률, 생산장성을 이룩하는데 이바지한 과학기술의 기여정도, 노동의 기술장비도, 생산공정의 현대화, 정보화지표들을 선택하여 이 기업체들의 과학기술발전수준을 수자적으로 평가하려고 한다.

5개 기업체의 과학기술발전수준을 평가하기 위한 조건적인 상대값 즉 기초년도에 비한 해당 년도들의 상대값자료들이 다음과 같이 주어졌다고 하자.

표 1. 해당 년도들의 상대값자료들

지표 기업체	ㄱ		ㄴ		ㄷ		ㄹ		ㅁ	
	년도		년도		년도		년도		년도	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	2.1	2.3	3.0	3.2	1.5	1.6	3.4	3.5	4.0	4.1
2	2.0	2.2	3.2	3.4	1.6	1.5	3.3	3.3	4.3	4.2
3	2.3	2.5	3.1	3.2	1.6	1.8	3.1	3.2	3.8	4.0
4	2.1	2.3	3.0	3.2	1.4	1.6	3.5	3.6	4.2	4.4
5	1.8	2.0	3.2	3.2	1.5	1.4	3.5	3.4	4.3	4.5

표 1의 자료들을 분석평가하면 5개 기업체의 과학기술발전수준을 개별적인 5개 지표들에 대하여서만 평가할수 있고 그것도 둘째와 다섯째 기업체들에서는 1년도에 비하여 2년도에 과학기술발전수준을 특징짓는 일부 지표들의 값이 작기때문에 과학기술발전수준을 정확히 평가할수 없다. 또한 매개 기업체들의 과학기술발전수준을 종합적인 그 어떤 하나의 지표에 의하여 평가할수 없고 5개의 기업체들가운데서 어느 기업체의 과학기술발전수준이 제일 높은가 하는것도 평가할수 없다.

이로부터 표 1의 자료들과 식 (1)을 리용하여 5개 기업체들의 과학기술발전수준을 종합적으로 평가하기 위한 계산을 진행하면 다음과 같다.

$$1\text{년도: } h_1^1 = \frac{1}{5} \left(\frac{2.1}{4.3} + \frac{3.0}{4.3} + \frac{1.5}{4.3} + \frac{3.4}{4.3} + \frac{4.0}{4.3} \right) \approx 0.651,$$

$$h_2^1 = \frac{1}{5} \left(\frac{2.0}{4.3} + \frac{3.2}{4.3} + \frac{1.6}{4.3} + \frac{3.3}{4.3} + \frac{4.3}{4.3} \right) \approx 0.669, \quad h_3^1 = \frac{1}{5} \left(\frac{2.3}{4.3} + \frac{3.1}{4.3} + \frac{1.6}{4.3} + \frac{3.1}{4.3} + \frac{3.8}{4.3} \right) \approx 0.647,$$

$$h_4^1 = \frac{1}{5} \left(\frac{2.1}{4.3} + \frac{3.0}{4.3} + \frac{1.4}{4.3} + \frac{3.5}{4.3} + \frac{4.2}{4.3} \right) \approx 0.661, \quad h_5^1 = \frac{1}{5} \left(\frac{1.8}{4.3} + \frac{3.2}{4.3} + \frac{1.5}{4.3} + \frac{3.5}{4.3} + \frac{4.3}{4.3} \right) \approx 0.665$$

$$\text{2년도:} \quad h_1^2 = \frac{1}{5} \left(\frac{2.3}{4.5} + \frac{3.2}{4.5} + \frac{1.6}{4.5} + \frac{3.5}{4.5} + \frac{4.1}{4.5} \right) \approx 0.653,$$

$$h_2^2 = \frac{1}{5} \left(\frac{2.2}{4.5} + \frac{3.4}{4.5} + \frac{1.5}{4.5} + \frac{3.3}{4.5} + \frac{4.2}{4.5} \right) \approx 0.649, \quad h_3^2 = \frac{1}{5} \left(\frac{2.5}{4.5} + \frac{3.2}{4.5} + \frac{1.8}{4.5} + \frac{3.2}{4.5} + \frac{4.0}{4.5} \right) \approx 0.653,$$

$$h_4^2 = \frac{1}{5} \left(\frac{2.3}{4.5} + \frac{3.2}{4.5} + \frac{1.6}{4.5} + \frac{3.6}{4.5} + \frac{4.4}{4.5} \right) \approx 0.671, \quad h_5^2 = \frac{1}{5} \left(\frac{2.0}{4.5} + \frac{3.2}{4.5} + \frac{1.4}{4.5} + \frac{3.4}{4.5} + \frac{4.5}{4.5} \right) \approx 0.644$$

계산결과들을 분석평가하면 1년도에 비하여 2년도에 첫째와 셋째, 넷째 기업체들에서의 과학기술발전수준은 높아졌으며 둘째와 다섯째 기업체들에서의 과학기술발전수준은 낮아졌다.

또한 5개 기업체들가운데서 이 기간에 과학기술발전수준이 제일 높은 기업체는 넷째 기업체(0.671)이고 1년도에 비하여 2년도에 과학기술발전수준이 제일 높아진 기업체도 넷째 기업체(0.671-0.661=0.01)이며 이 기간에 과학기술발전수준이 제일 낮은 기업체는 다섯째 기업체(0.644)이고 1년도에 비하여 2년도에 과학기술발전수준이 제일 낮아진 기업체도 다섯째 기업체(0.644-0.665=-0.021)이다.

식 (1)에 의한 평가방법은 과학기술발전수준을 특징짓는 매개 지표들의 중요성이 동등한 것으로 보고 기업체들의 과학기술발전수준을 종합적으로 평가하는 부족점이 있다.

기업체들의 과학기술발전수준에 대한 수자적인 평가에서는 또한 쌍평가기준에 의하여 무계결수를 계산하고 그에 기초하여 기업체의 과학기술발전수준을 종합적으로 평가할 수 있다.

기업체들의 과학기술발전수준을 무계결수에 기초하여 종합적으로 평가하면 식 (1)이 가지고있는 부족점을 극복하고 기업체들의 과학기술발전수준을 보다 현실적근거가 있게 정확히 평가할 수 있다.

기업체들의 과학기술발전수준을 특징짓는 매개 지표들의 중요성정도를 나타내는 무계결수를 구하기 위하여서는 기업체들의 과학기술발전수준을 반영하는 여러가지 지표의 중요성정도를 비교하기 위한 쌍평가기준을 규정하여야 한다.

기업체들의 과학기술발전수준을 특징짓는 매개 지표들의 중요성정도를 반영하는 무계결수는 쌍평가기준을 리용하여 일대일비교기준행렬을 작성하고 그에 기초하여 계산하여야 한다.

일대일비교기준행렬작성에서는 선형판단척도법과 비선형판단척도법을 리용할 수 있다.

론문에서는 기업체들의 과학기술발전수준을 특징짓는 매개 지표들의 중요성정도를 반영하는 무계결수를 1~9척도법에 기초하여 작성한 일대일비교기준행렬에 의해 계산하는 방법을 적용하였다.

우선 기업체들의 과학기술발전수준을 특징짓는 매개 지표들의 중요성정도에 대한 비교를 진행하기 위하여 다음과 같은 쌍평가기준표를 만들었다.

다음 주어진 쌍평가기준표를 리용하여 기업체들의 과학기술발전수준을 특징짓는 n 개 지표들에 대한 일대일비교기준행렬 D 를 다음과 같이 작성하였다.

$$D = (d_{ij})_{n \times n} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n)$$

표 2. 쌍평가기준표

평가기준	의 미
1	2개의 경제적효과성지표들의 중요성이 같다.
3	둘중 첫째 지표가 둘째 지표보다 약간 중요하다.
5	둘중 첫째 지표가 둘째 지표보다 좀더 중요하다.
7	둘중 첫째 지표가 둘째 지표보다 꽤 중요하다.
9	둘중 첫째 지표가 둘째 지표보다 훨씬 중요하다.
2, 4, 6, 8	두개 평가의 중간값

일대일비교기준행렬 $D = (d_{ij})_{n \times n}$ 에서 $d_{ij}(i, j = 1, 2, \dots, n)$ 는 과학기술발전수준을 특징짓는 j 째 지표에 비한 i 째 지표의 중요성정도를 나타내는 값이다. 그리고 $i > j(i, j = 1, 2, \dots, n)$ 일 때 $d_{ij} = 1/d_{ji}(i, j = 1, 2, \dots, n)$ 이고 $d_{ii} = 1(i = 1, 2, \dots, n)$ 이다.

기업체들의 과학기술발전수준을 특징짓는 매개 지표들의 중요성정도를 나타내는 무계결수들은 일대일비교기준행렬을 리용하여 다음의 수식으로 계산하였다.

$$G_i = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{d_{ij}}{c_j}}{n} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

식 (2)에서 G_i 는 기업체들의 과학기술발전수준을 특징짓는 i 째 지표의 중요성정도를 나타내는 무계결수, c_j 는 식 $c_j = \sum_{i=1}^n d_{ij}$ 에 의하여 계산되는 값이다.

첫째 기업체의 과학기술발전수준을 종합적으로 평가하기 위한 조건적인 자료들이 다음과 같이 주어졌다고 하자.

표 3. 과학기술발전수준평가를 위한 자료

과학기술발전수준을 특징짓는 지표들	과학기술발전수준을 특징짓는 지표들의 장성동태	
	1년도	2년도
1. 과학연구 및 기술개발비용	2.1	2.3
2. 발명건수와 합리화안수, 특허신청수의 장성률	3.0	3.2
3. 생산장성에 이바지한 과학기술의 기여정도	1.5	1.6
4. 로동의 기술장비도	3.4	3.5
5. 생산공정의 현대화, 정보화	4.0	4.1

표 3에서 보는바와 같이 첫째 기업체의 과학기술발전수준을 개별적인 지표별로 평가하면 1년도에 비하여 2년도에 이 기업체에서 과학기술발전수준이 전반적으로 높아졌다.

한편 표 3에 있는 과학기술발전수준을 특징짓는 개별적인 동태지표들을 그대로 보거나 기계적으로 더하는 방법으로는 첫째 기업체의 과학기술발전수준을 종합적으로 정확히 평가할수 없다.

그러므로 첫째 기업체의 과학기술발전수준을 종합적으로 정확히 평가하기 위하여서는 과학기술발전수준제고정형을 특징짓는 개별적인 지표들을 기계적으로 더하지 말고 매개 지표들의 중요성정도를 고려한데 기초하여 더하여야 한다.

이 문제를 해결하자면 과학기술발전수준을 특징짓는 개별적인 지표들의 중요성정도를 반영하는 무계결수들을 도입하여야 한다.

과학연구 및 기술개발비용이 발명건수와 합리화안수, 특허신청수의 장성률보다 4, 생산장성에 이바지한 과학기술의 기여정도보다 3, 로동의 기술장비도보다 5, 생산공정의 현대화, 정보화보다 3만큼 중요하고 발명건수와 합리화안수, 특허신청수의 장성률은 생산장성에 이바지한 과학기술의 기여정도보다 3, 로동의 기술장비도보다 3만큼 중요하며 생산공정의 현대화, 정보화보다 2만큼 중요하다고 하자. 또한 생산장성에 이바지한 과학기술의 기여정도는 로동의 기술장비도보다 4만큼 중요하고 생산공정의 현대화, 정보화보다 3만큼 중요하며 로동의 기술장비도는 생산공정의 현대화, 정보화보다 2만큼 덜 중요하다고 하자.

주어진 자료들에 기초하여 첫째 기업체의 과학기술발전수준을 특징짓는 개별적인 지표들의 중요성정도를 고려한 일대일비교기준행렬 D 를 작성하면 다음과 같다.

$$D = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 3 & 5 & 3 \\ 1/4 & 1 & 3 & 3 & 2 \\ 1/3 & 1/3 & 1 & 4 & 3 \\ 1/5 & 1/3 & 1/4 & 1 & 2 \\ 1/3 & 1/2 & 1/3 & 1/2 & 1 \end{pmatrix}$$

일대일비교기준행렬 D 를 리용하여 첫째 기업체의 과학기술발전수준을 특징짓는 개별적인 지표들의 중요성정도를 반영하는 무게결수들을 계산하면 다음과 같다.

$$G_1 = \left(\frac{1}{1+1/4+1/3+1/5+1/3} + \frac{4}{4+1+1/3+1/3+1/2} + \frac{3}{3+3+1+1/4+1/3} + \frac{5}{5+3+4+1+1/2} + \frac{3}{3+2+3+2+1} \right) \div 5 \approx 0.431 \ 958$$

$$G_2 = \left(\frac{1/4}{1+1/4+1/3+1/5+1/3} + \frac{1}{4+1+1/3+1/3+1/2} + \frac{3}{4+3+1+1/4+1/3} + \frac{3}{5+3+4+1+1/2} + \frac{2}{3+2+3+2+1} \right) \div 5 \approx 0.215 \ 983$$

$$G_3 = \left(\frac{1/3}{1+1/4+1/3+1/5+1/3} + \frac{1/3}{4+1+1/3+1/3+1/2} + \frac{1}{4+3+1+1/4+1/3} + \frac{4}{5+3+4+1+1/2} + \frac{3}{3+2+3+2+1} \right) \div 5 \approx 0.182 \ 485$$

$$G_4 = \left(\frac{1/5}{1+1/4+1/3+1/5+1/3} + \frac{1/3}{4+1+1/3+1/3+1/2} + \frac{1/4}{4+3+1+1/4+1/3} + \frac{1}{5+3+4+1+1/2} + \frac{2}{3+2+3+2+1} \right) \div 5 \approx 0.087 \ 48$$

$$G_5 = \left(\frac{1/3}{1+1/4+1/3+1/5+1/3} + \frac{1/2}{4+1+1/3+1/3+1/2} + \frac{1/3}{4+3+1+1/4+1/3} + \frac{1/2}{5+3+4+1+1/2} + \frac{1}{3+2+3+2+1} \right) \div 5 \approx 0.082 \ 093$$

계산한 모든 무게결수들을 합하면 $0.431\ 958+0.215\ 983+0.182\ 485+0.087\ 48+0.082\ 093=0.999\ 999$ 로서 거의 1과 같다.

계산한 무게결수들을 리용하여 1년도와 2년도에 첫째 기업체의 과학기술발전수준을 종합적으로 계산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{1년도} \quad & 2.1 \times 0.431\ 958 + 3.0 \times 0.215\ 983 + 1.5 \times 0.182\ 485 + \\ & + 3.4 \times 0.087\ 48 + 4.0 \times 0.082\ 093 \approx 2.454\ 593 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{2년도} \quad & 2.3 \times 0.431\ 958 + 3.2 \times 0.215\ 983 + 1.6 \times 0.182\ 485 + \\ & + 3.5 \times 0.087\ 48 + 4.1 \times 0.082\ 093 \approx 2.619\ 386 \end{aligned}$$

계산결과를 분석평가하면 주어진 기간 1년도에 비하여 2년도에 첫번째 기업체의 과학기술발전수준은 개별적인 지표들뿐만아니라 종합적인 지표에 대하여서도 높아졌으며 총체적으로 106.71%로 늘어났다.

이것은 첫째 기업체에서 과학기술을 중시하고 과학기술발전에 힘을 넣어 기업관리를 과학적으로 하였다는것을 보여준다.

앞에서 계산한 무게결수들을 리용하여 1년도와 2년도에 둘째 기업체의 과학기술발전수준을 종합적으로 계산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{1년도:} \quad & 2.0 \times 0.431\ 958 + 3.2 \times 0.215\ 983 + 1.6 \times 0.182\ 485 + \\ & + 3.3 \times 0.087\ 48 + 4.3 \times 0.082\ 093 \approx 2.488\ 723 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{2년도:} \quad & 2.2 \times 0.431\ 958 + 3.4 \times 0.215\ 983 + 1.5 \times 0.182\ 485 + \\ & + 3.3 \times 0.087\ 48 + 4.2 \times 0.082\ 093 \approx 2.591\ 185 \end{aligned}$$

계산결과를 분석평가하면 1년도에 비하여 2년도에 두번째 기업체의 과학기술발전수준은 개별적지표들인 생산장성에 이바지한 과학기술의 기여정도와 생산공정의 현대화, 정보화지표에 대하여서는 낮아졌지만 종합적지표에 대해서는 높아졌으며 총체적으로 104.12% 늘어났다.

이로부터 둘째 기업체에서는 주어진 기간 과학기술발전전략에 기초하여 과학기술발전수준을 특징짓는 보다 중요한 지표들에 힘을 집중하면서 기업활동을 진행하여 성과를 거두었다는것을 알수 있다.

같은 방법으로 무게결수들을 리용하여 주어진 기간 1년도와 2년도에 셋째와 넷째, 다섯째 기업체들의 과학기술발전수준을 종합적으로 계산하면 다음과 같다.

셋째 기업체

$$\begin{aligned} \text{1년도} \quad & 2.3 \times 0.431\ 958 + 3.1 \times 0.215\ 983 + 1.6 \times 0.182\ 485 + \\ & + 3.1 \times 0.087\ 48 + 3.8 \times 0.082\ 093 \approx 2.538\ 169 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{2년도} \quad & 2.5 \times 0.431\ 958 + 3.2 \times 0.215\ 983 + 1.8 \times 0.182\ 485 + \\ & + 3.2 \times 0.087\ 48 + 4.0 \times 0.082\ 093 \approx 2.707\ 822 \end{aligned}$$

넷째 기업체

$$\begin{aligned} \text{1년도} \quad & 2.1 \times 0.431\ 958 + 3.0 \times 0.215\ 983 + 1.4 \times 0.182\ 485 + \\ & + 3.5 \times 0.087\ 48 + 4.2 \times 0.082\ 093 \approx 2.461\ 510 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{2년도} \quad & 2.3 \times 0.431\ 958 + 3.2 \times 0.215\ 983 + 1.6 \times 0.182\ 485 + \\ & + 3.6 \times 0.087\ 48 + 4.4 \times 0.082\ 093 \approx 2.652\ 762 \end{aligned}$$

다섯째 기업체

$$\begin{aligned} \text{1년도} \quad & 1.8 \times 0.431\ 958 + 3.2 \times 0.215\ 983 + 1.5 \times 0.182\ 485 + \\ & + 3.5 \times 0.087\ 48 + 4.3 \times 0.082\ 093 \approx 2.401\ 577 \end{aligned}$$

$$2\text{년도} \quad 2.0 \times 0.431 \quad 958 + 3.2 \times 0.215 \quad 983 + 1.4 \times 0.182 \quad 485 + \\ + 3.4 \times 0.087 \quad 48 + 4.5 \times 0.082 \quad 093 \approx 2.477 \quad 391$$

계산결과를 분석평가하면 셋째와 넷째 기업체들의 과학기술발전수준은 개별적인 지표들뿐만아니라 종합적인 지표에 대하여서도 높아졌으며 1년도에 비하여 2년도에 각각 106.68%, 107.77%로 늘어났다.

또한 다섯째 기업체의 과학기술발전수준은 개별적지표들인 로동의 기술장비도와 생산공정의 현대화, 정보화지표에 대하여서는 낮아졌지만 종합적인 지표에 대해서는 높아졌으며 총체적으로 103.16%로 늘어났다.

5개 기업체들 가운데서 1년도에 비하여 2년도에 과학기술발전수준이 높은 기업체들의 순서를 보면 넷째 기업체가 제일 앞선 자리(107.77%)를 차지하고 첫째 기업체와 셋째 기업체, 둘째 기업체, 다섯째 기업체들은 그다음의 자리들(106.71%, 106.68%, 104.12%, 103.16%)을 차지하였다.

우와 같은 평가방법들은 해당 나라와 경제부문들에서의 과학기술발전수준을 종합적으로 평가하며 지역별, 나라별 과학기술발전수준을 대비평가하는데 리용할수 있다.

3. 결론

기업체들의 과학기술발전수준을 종합적으로 평가하는 방법은 일련의 방법론을 요구한다. 다시말하여 기업체들의 과학기술발전수준을 특징짓는 개별적지표들을 설정하고 무계결수들을 계산하며 그에 기초하여 과학기술발전수준을 종합적으로 반영하는 하나의 지표를 규정하고 그의 계산과 분석평가방법론을 해결할것을 요구한다.

론문에서는 기업체들의 과학기술발전수준을 수자적으로 평가하는데 리용되는 구체적인 지표들을 설정하고 이 지표들의 중요성정도를 고려한 쌍평가기준과 일대일평가기준행렬작성방법, 무계결수계산방법론을 주었다.

론문에서는 또한 주어진 동적자료에 기초하여 일대일비교기준행렬과 무계결수를 계산하고 기업체들의 과학기술발전수준을 종합적으로 평가하였다.

우리는 전사회적으로 수자를 증시하는 기풍을 세울데 대한 당의 의도를 똑똑히 알고 기업체들에서의 과학기술발전수준을 현대적인 계산과 분석에 기초하여 수자적으로 정확히 평가하는 방법을 더욱 개선완성하고 경제실천에 적용함으로써 정면돌파전의 요구에 맞게 경영활동을 보다 과학화하는데 적극 이바지하여야 할것이다.

실마리어 과학기술, 경제수학, 무계결수