# 충남 제조업의 구조변화와 전망

이 종 상 (李 鍾 相)
충남발전연구원 산업경제팀장

## Ⅰ. 머리말

변화할당분석은 국가의 경제활동에 변화가 있을 때, 개별지역의 경제활동이 어떻게 변화할 것인가를 분석하는 기법으로 개발되었다. 이 기법은 지역경제 차원에서 일정기간동안 일정지역의 특정산업에서 발생된 경제활동의 변화가 어떤 요소들의 영향에 의해서 기인되었는가를 분석하는데 널리 사용되고 있다. 또한 일정기간동안 특정지역의 경제성장과 변화를 예측하는데도 사용되고 있다.

변화할당분석은 간편하고 이해하기 쉬우며, 시계열자료가 불충분한 경우에도 두 시점의 데이터만 있으면 분석할 수 있는 장점이 있지만, 실업에 대한 고려가 없고, 또한 기술적이어서 변화량과 상태에 대하여 설명적이지 못하다는 문제점을 내포하고 있다[1].

특히 지역 산업은 국가산업에 비해서 시간의 흐름에 따라서 그 구조가 빨리 변화하고 매년 변동폭도 매우 크다. 따라서 소지역을 단위로 하여 분석하는 경우는 종사자수 또는 총생산액 등의 변화가 매우 심하여 기준시점과 비교시점을 어떻게 선택하느냐에 따라서 분석결과는 매우 다르고 불안정하게 된다.

또한 미래를 예측하는 경우에는 특히 분석에서 선택한 기준 연도에 따라서 예측값은 매우 다르게 나타날 수 있다.

본 연구의 목적은 변화할당분석이 가지고 있는 분석시점의 변화에 따른 불안정성을 해소하기 위

1) 강병주, p. 91 참조.

한 방법으로 회귀분석을 이용하였다. 또한 변화할당분석을 미래 예측에 사용하는 경우의 문제점과 그것을 개선할 수 있는 방법을 2차계획법을 이용하여 제시하고자 한다. 그리고 충청남도의 제조업을 산업중분류기준으로 1991~1997년까지 데이터를 이용하여 분석해서 기존의 방법과 새로 제시한 방법의 결과를 비교하고자 한다.

제Ⅱ장에서는 변화할당분석의 이론적 배경과 사용시의 문제점을 지적하고, 제Ⅲ장에서는 변화할당분석을 이용하여 충남 제조업의 변화를 살펴보고, 제Ⅳ장에서는 충남의 제조업을 전망하고자 한다. 그리고 제Ⅴ장에서는 결론을 도출하고자 한다.

## Ⅱ. 이론적 고찰

변화할당분석은 1942년 크리머(Daniel B. Creamer)에 의해서 최초로 개발되어, 1951년 영국의 래서(C. C. B. Lesser)[2] 그 후 던(Edgar S. Dunn, Jr.)[3]과 펄로프(Harvey S. Perloff)[4]에 의해 더욱 발전되었다.

변화할당분석에서 지역산업의 성장효과를 전국경제성장효과(national growth effect), 산업구조효과(industrial mix effect), 그리고 지역할당효과(regional share effect) 등으로 구분하여 분석한다.

j지역 i산업의 성장 시차변화는 $E_{ij}(t)-E_{ij}(0) = NGE_{ij}+ME_{ij}+RSE_{ij}$ 이 된다.

즉, 성장시차변화 $= E_{ij}(t)-E_{ij}(0)$

$$= E_{ij}(0)\times\left[\frac{E(t)}{E(0)}-\frac{E(0)}{E(0)}\right]+E_{ij}(0)\times\left[\frac{E_i(t)}{E_i(0)}-\frac{E(t)}{E(0)}\right]+E_{ij}(0)\times\left[\frac{E_{ij}(t)}{E_{ij}(0)}-\frac{E_i(t)}{E_i(0)}\right]$$

여기서 i = 산업, j = 지역, E는 취업자수를 의미하고, (0)은 기준년도 (t)는 비교년도를 의미한다.

변화할당분석은 지역의 성장예측에도 사용할 수 있는데, 예측모형은 던(Dunn),[5] 아쉬비(L.D. Ashby)[6] 그리고 비우드(M. Beaud)[7] 등이 제안하였다. 변화할당분석을 이용한 예측모형은 앞으로의 성장요인이 과거와 동일하다는 전제하에서 다음과 같이 표현할 수 있다.

2) Lesser, C.C.V.

3) Dunn, Edgar S., Jr., pp.97~109.

4) Perloff, Harvey S., Dunn E. S., Jr., Lampard E. E. and Muth, R. F., pp.63~74.

5) Dunn, E.S., Jr., Ibid, pp. 97~112.

6) Ashby, L.D.,"Regional Projections in a National Setting," Regional Economics Division, Department of Commerce, No.66143, Washington, D.C., Government Printing Office, 1968.

7) Beaud M.,"Analse Regionale Structurale et Planfication Regionale," Reveue Economique, 17(1966), pp.264~287.

$$E_{ij}(tt) = E_{ij}(t) + \Delta E_{ij}(tt)$$

예측을 위한 기준년도(t)와 목표년도(tt)사이의 변화량 $\Delta E_{ij}(tt)$

$$\Delta E_{ij}(tt) = E_{ij}(t)\left(\frac{E(tt)}{E(t)} - 1\right) + E_{ij}(t)\left\{\frac{E_i(tt)}{E_i(t)} - \frac{E(tt)}{E(t)}\right\} + E_{ij}(t)\left\{\frac{E_{ij}(tt)}{E_{ij}(t)} - \frac{E_i(tt)}{E_i(t)}\right\}$$

위 식을 다시 정리하면,

$$E_{ij}(tt) = E_{ij}(t) + E_{ij}(t)\left\{\frac{E(tt)}{E(t)} - 1\right\} + E_{ij}(t)\left\{\frac{E_i(tt)}{E_i(t)} - \frac{E(tt)}{E(t)}\right\} + a_{ij}E_{ij}(0)\left\{\frac{E_{ij}(t)}{E_{ij}(0)} - \frac{E_i(t)}{E_i(0)}\right\}$$

와 같은데, 위 식의 2번째 항과 3번째 항을 다시 정리하면 다음과 같다.

$$E_{ij}(tt) = E_{ij}(t) + E_{ij}(t)\left\{\frac{E(tt)}{E(t)} - 1\right\} + a_{ij}E_{ij}(0)\left\{\frac{E_{ij}(t)}{E_{ij}(0)} - \frac{E_i(t)}{E_i(0)}\right\}$$

위 식에서 오른쪽의 1, 2번째 항은 E(tt)의 선연장으로 추정할 수 있으며, 3번째항 $a_{ij}$는 성장률을 추정한 값이다.

지역성장 변화할당분석은 지나치게 단순화된 지역성장 분석모형이기는 하지만 다음과 같은 점에서 장점을 가진다.

(1) 지역성장의 횡적인 그리고 종적인 차원을 동시에 관찰할 수 있는 간결하고 이해하기 쉬운 방법이다. (2) 가장 저렴한 분석방법의 하나이다. (3) 단 2개 시점에서의 자료만 확보되면 이용 가능하다.

그러나 이 분석은 이론이라기보다는 항등식이라는 점에서 지역의 경쟁요인에 대한 근거가 전혀 없는 점등 여러 가지 문제점을 가지고 있다. 또한 지역의 산업은 소수 기업체의 이입출에 의해서 좌우되기 때문에 기준년도와 비교년도의 설정에 따라서 그 값을 매우 달리하고 있으며, 지역성장을 나타내는 지표의 선정에 따라서 또한 결과가 다르게 나타난다.

## Ⅲ. 충청남도의 제조업의 변화할당분석

### 1. 충청남도의 제조업의 현황

충청남도의 제조업은 1997년 현재 종사자수는 117,657명으로 전국의 4.36%, 생산액은 24,126,728백만원으로 전국의 5.55%를 점하고 있다. 부문별 종사자수는 음식료품이 전체 제조업의 11.6%, 생산액기준으로는 화합물 및 화학제품이 13.14%로 가장 높은 비중을 차지하고 있다. 종사자당 생산액은 코크스, 석유정제품 및 핵연료가 3,000백만원으로 제일 많고, 가구 및 기타가 89백만원으로 가장 낮게 나타났다.

입지계수로 본 충청남도의 특화부문은 종사자수 기준으로는 비금속광물제품(1.80), 펄프 종이 및 종이제품(1.77), 음식료품(1.69)순으로 높았으며, 생산액 기준으로는 펄프 종이 및 종이제품(2.24), 코크스, 석유정제품 및 핵연료(1.81)순으

로 높았다. 1991~1997간의 제조업의 년평균 성장률은 전

〈표 1〉 충청남도 제조업의 일반현황(인, 백만원)

| 구 분 | 1997 | | 생산액/ | 입지계수 | | 충남/전국×100 | | 산업/충남전체×100 | | 년평균성장율 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 종사자수 | 생산액 | 종사자 | 종사자수 | 생산액 | 종사자수 | 생산액 | 종사자수 | 생산액 | 종사자수 | 생산액 |
| 계 | 117,657 | 24,126,728 | 205 | 1.00 | 1.00 | 4.36 | 5.55 | 100.00 | 100.00 | 6.71 | 20.19 |
| 음식료품 | 13,650 | 2,749,952 | 201 | 1.69 | 1.62 | 7.35 | 8.98 | 11.60 | 11.40 | 5.08 | 11.12 |
| 담배 | 0 | 0 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -56.33 | -104.44 |
| 섬유제품 | 7,495 | 916,172 | 122 | 0.77 | 0.82 | 3.36 | 4.55 | 6.37 | 3.80 | -8.09 | 11.36 |
| 의복 및 모피제품 | 2,081 | 121,516 | 58 | 0.29 | 0.22 | 1.28 | 1.20 | 1.77 | 0.50 | -8.63 | 6.86 |
| 가죽, 가방, 마구류 및 신발 | 1,115 | 139,138 | 125 | 0.45 | 0.49 | 1.97 | 2.70 | 0.95 | 0.58 | -3.19 | -1.00 |
| 목재 및 나무제품 | 75810 | 2,0171 | 35 | 0.57 | 0.58 | 2.50 | 3.21 | 0.64 | 0.42 | -0.72 | 12.87 |
| 펄프,종이 및 종이제품 | 4,738 | 1,253,149 | 264 | 1.77 | 2.24 | 7.70 | 12.43 | 4.03 | 5.19 | 4.81 | 20.31 |
| 출판,인쇄 및기록매체복제업 | 1,62713 | 7,21884 | 0.42 | 0.31 | 1.84 | 1.74 | 1.38 | 0.57 | 4.071 | 5.0 | 0 |
| 코크스, 석유정제품 및핵연료 | 980 | 2,939,875 | 3,000 | 1.54 | 1.81 | 6.691 | 0.04 | 0.831 | 2.19 | 0.382 | 1.02 |
| 화합물 및 화학제품 | 10,372 | 3,169,259 | 306 | 1.46 | 1.27 | 6.38 | 7.05 | 8.82 | 13.14 | 4.64 | 18.54 |
| 고무 및 플라스틱제품 | 7,167 | 937,264 | 131 | 1.29 | 1.29 | 5.63 | 7.15 | 6.09 | 3.88 | 15.10 | 22.59 |
| 비금속광물제품 | 8,782 | 1,091,267 | 124 | 1.80 | 1.16 | 7.85 | 6.43 | 7.46 | 4.52 | -4.89 | 4.51 |
| 제1차금속산업 | 5,229 | 1,588,264 | 304 | 1.07 | 0.81 | 4.68 | 4.52 | 4.44 | 6.58 | 21.39 | 31.70 |
| 조립금속제품 | 7,617 | 1,120,879 | 147 | 0.95 | 1.03 | 4.16 | 5.72 | 6.47 | 4.65 | 15.92 | 29.15 |
| 달리분류되지않은 기계 및장비 | 12,835 | 1,986,748 | 155 | 1.10 | 1.19 | 4.79 | 6.59 | 10.91 | 8.23 | 20.04 | 35.51 |
| 사무, 계산 및 회계용기계 | 1,187 | 291,491 | 246 | 0.99 | 1.19 | 4.34 | 6.60 | 1.01 | 1.21 | 21.68 | 30.52 |
| 달리분류되지않은 전기기계및 전기변환 | 4,441 | 573,702 | 129 | 0.82 | 0.68 | 3.57 | 3.74 | 3.77 | 2.38 | 7.78 | 18.11 |
| 영상, 음향 및 통신장비 | 12,555 | 2,151,996 | 171 | 1.03 | 0.68 | 4.47 | 3.75 | 10.67 | 8.92 | 12.35 | 30.01 |
| 의료, 정밀, 광학기기 및시계 | 2,507 | 286,405 | 114 | 1.31 | 1.25 | 5.72 | 6.93 | 2.13 | 1.19 | 12.46 | 36.79 |
| 자동차 및 트레일러 | 9,813 | 2,307,000 | 235 | 1.03 | 0.97 | 4.48 | 5.38 | 8.34 | 9.56 | 28.24 | 41.48 |
| 기타 운송장비 | 605 | 64,063 | 106 | 0.12 | 0.05 | 0.53 | 0.29 | 0.51 | 0.27 | 16.78 | 25.90 |
| 가구 및 기타 | 2,041 | 180,656 | 89 | 0.51 | 0.45 | 2.21 | 2.47 | 1.73 | 0.75 | 2.58 | 13.62 |
| 재생재료가공처리업 | 62 | 18,697 | 302 | 0.41 | 0.51 | 1.79 | 2.84 | 0.05 | 0.08 | 18.77 | 78.97 |

체 6.71%이며, 자동차 및 트레일러(28.4%), 사무, 계산 및 회계용기계(21.68%), 제1차금속산업(21.39%)순으로 높았으며, 담배, 의복 및 모피제품, 섬유제품, 가죽, 가방, 마구류 및 신발 등은 마이너스 성장을 하고 있는 것으로 나타났다.

### 2. 충청남도의 변화할당분석

충청남도의 제조업 데이터를 이용하여 1991~1997년, 1992~1997년, 1991~1996년 등 기준년도와 비교년도를 달리하여 변이할당분석을 실시하였다.

1991~1997년의 전체변화는 37,714명으로 44.0%, 1992~1997년의 전체변화는 28,460명으로 37.5%, 1991~1996년은 40,555명으로 40.9%변화하였으며, 그 결과 변화할당분석의 대상 년도가 1년만 달라도 각 산업부문별 성장효과는 매우 다르게 나타났다.

일례로 비금속광물제품의 경우에 1991~1996

〈표 2〉 충청남도 제조업의 변화할당분석(중분류)

| 산 업 부 문 | 1991 - 1997 | | | | 1992 - 1997 | | | | 1991 - 1996 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 전체 | 국가성장 | 산업구조 | 지역할당 | 전체 | 국가성장 | 산업구조 | 지역할당 | 전체 | 국가성장 | 산업구조 | 지역할당 |
| 합 계 | 36,714 | - | - | - | 28,460 | - | - | - | 40,555 | - | - | - |
| 음식료품 | 3,522 | -762 | 32 | 4,252 | 2,419 | -412 | -206 | 3,038 | 3,924 | -71 | -52 | 4,047 |
| 담배 | -192 | -14 | -33 | -144 | 0 | 0 | 0 | - | -192 | -1 | -53 | -137 |
| 섬유제품 | -4,794 | -924 | -3,286 | -583 | -4,724 | -449 | -3,331 | -944 | -3,467 | -86 | -2,909 | -472 |
| 의복 및 모피제품 | -1,821 | -294 | -595 | -932 | -1,079 | -116 | -445 | 518 | -1,315 | -27 | -519 | -768 |
| 가죽,가방,마구류 및 신발 | -86 | -90 | -733 | 737 | -329 | -53 | -817 | 541 | -90 | -8 | -728 | 646 |
| 목재 및 나무제품 | -49 | -61 | -172 | 184 | -94 | -31 | -164 | 102 | 69 | -6 | -95 | 169 |
| 펄프,종이 및 종이제품 | 943 | -285 | 74 | 1,154 | 750 | -146 | -32 | 928 | 1,237 | -26 | 144 | 1,119 |
| 출판,인쇄 및 기록매체복제업 | 437 | -90 | 313 | 213 | 58 | -58 | 234 | -118 | 540 | -8 | 313 | 236 |
| 코크스, 석유정제품 및 핵연료 | 10 | -73 | 547 | -464 | -127 | -41 | 566 | -652 | 156 | -7 | 243 | -80 |
| 화합물 및 화학제품 | 2,476 | -594 | 1,683 | 1,386 | 1,582 | -323 | 1,348 | 557 | 2,193 | -55 | 462 | 1,786 |
| 고무 및 플라스틱제품 | 3,892 | -246 | 296 | 3,842 | 3,608 | -131 | 260 | 3,479 | 4,431 | -23 | 507 | 3,947 |
| 비금속광물제품 | -3,170 | -899 | -1,362 | -909 | -4,310 | -481 | -2,010 | -1,819 | -930 | -83 | -985 | 138 |
| 제1차금속산업 | 3,311 | -144 | 4 | 3,452 | 3,561 | -61 | 1 | 3,621 | 2,848 | -13 | -46 | 2,907 |
| 조립금속제품 | 4,360 | -245 | 860 | 3,745 | 3,753 | -142 | 941 | 2,954 | 5,302 | -23 | 1,074 | 4,251 |
| 달리분류되지않은 기계 및 장비 | 8,943 | -293 | 287 | 8,949 | 7,689 | -189 | 356 | 7,522 | 8,389 | -27 | 566 | 7,850 |

| 산 업 부 문 | 1991 - 1997 | | | | 1992 - 1997 | | | | 1991 - 1996 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 전체 | 국가성장 | 산업구조 | 지역할당 | 전체 | 국가성장 | 산업구조 | 지역할당 | 전체 | 국가성장 | 산업구조 | 지역할당 |
| 사무, 계산 및 회계용기계 | 892 | -22 | 46 | 868 | 625 | -21 | 180 | 466 | 852 | -2 | 76 | 778 |
| 기타 운송장비 | 1,381 | -230 | 699 | 912 | 279 | -153 | 606 | 174 | 3,956 | -21 | 936 | 3,041 |
| 영상, 음향 및 통신장비 | 6,222 | -476 | 640 | 6,059 | 5,588 | -256 | 798 | 5,046 | 5,673 | -44 | -7 | 5,724 |
| 기타 운송장비 | 1,447 | -80 | 42 | 1,485 | 1,458 | -39 | 79 | 1,417 | 777 | -7 | 113 | 672 |
| 기타 운송장비 | 8,256 | -117 | 425 | 7,948 | 6,989 | -104 | 646 | 6,446 | 5,800 | -11 | 463 | 5,348 |
| 기타 운송장비 | 422 | -14 | 135 | 301 | 328 | -10 | 214 | 124 | 257 | -1 | 67 | 191 |
| 가구 및 기타 | 267 | -133 | -418 | 819 | 417 | -60 | -320 | 797 | 95 | -12 | -365 | 473 |
| 재생재료가공처리업 | 45 | -1 | 34 | 12 | 19 | -2 | 84 | -64 | 50 | 0 | 25 | 25 |

자료 : 통계청, 각년도 광공업통계조사보고서, 전국편, 지역편(충청남도)

년의 종업원수의 총변화는 -930명, 1992~1997년은 -4,310명으로 4.6배의 차이로 보이고 있으며, 전자의 경우에는 지역할당이 138명인 반면, 후자의 경우에는 -1,819명으로 값의 크기 뿐만 아니라 부호도 바뀐 것을 알 수 있다.

### 3. 추세치를 이용한 충청남도의 제조업의 변화 할당분석

보다 안정적인 변화할당분석을 실시하기 위하여 각 부문별로 선형회귀분석을 실시하여 각년도의 추정치를 사용하여 분석하였다.

1991~1997년간의 데이터를 이용하여 각 부문별 종사자수를 종속변수, 연도를 독립변수로 하여 선형회귀분석을 실시한 결과, 기울기, 절편, $R^2$, t-값은 다음의 표 3과 같다.

선형회귀방정식을 이용하여 1991~1997년간의 종사자수를 추계하여 1991년과 1997년의 기대치를 이용하여 충청남도의 제조업 산업중분류를 대상으로 변화할당분석을 실시한 결과는 표 4와 같다.

1991-1997년 사이에 충청남도의 제조업의 종사자수는 83,448(80,943)명[8]에서 124,026(117,657)명으로 40,578(36,714)명 증가하였다. 증가분에 대한 산업별 구성비는 달리 분류되지 않은 기계 및 장비 9,385명(23.1%), 자동차 및 트레일러 7,663명(18.9%), 영상, 음향 및 통신장비 6,786명(16.7%) 순으로 많았으며, 섬유제품 4,817명, 비금속광물제품 3191명이 감소한 것으로 나타났다.

한 지역의 특정산업이 국가의 전체산업의 성장

8) ( )은 실제치임.

〈표 3〉 산업부문별 선형회귀식 추정결과

| 산 업 부 문 | 전 국 | | | | | 충 청 남 도 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 기울기 | t-값 | 절 편 | t-값 | $R^2$ | 기울기 | t-값 | 절 편 | t-값 | $R^2$ |
| 합 계 | -14,263 | -0.823 | 31,309,669 | 0.906 | 0.1194 | 6,763 | 9.001 | -13,381,543 | -8.932 | 0.9419 |
| 음식료품 | -1,177 | -0.995 | 2,545,686 | 1.079 | 0.1652 | 616 | 3.664 | -1,215,689 | -3.626 | 0.7286 |
| 담배 | -323 | -5.713 | 649,094 | 5.763 | 0.8672 | -21 | -1.732 | 41,047 | 1.733 | 0.3750 |
| 섬유제품 | -18,509 | -9.615 | 37,198,831 | 9.691 | 0.9487 | -803 | -9.961 | 1,610,859 | 10.023 | 0.9520 |
| 의복 및 모피제품 | -6,700 | -3.501 | 13,555,233 | 3.552 | 0.7103 | -248 | -4.931 | 497,518 | 4.959 | 0.8294 |
| 가죽, 가방, 마구류 및 신발 | -19,465 | -9.167 | 38,919,480 | 9.192 | 0.9438 | -39 | -1.624 | 79,289 | 1.650 | 0.3454 |
| 목재 및 나무제품 | -1,551 | -2.615 | 3,132,237 | 2.648 | 0.5776 | -6 | -0.431 | 12,401 | 0.463 | 0.0358 |
| 펄프,종이 및 종이제품 | -54 | -0.099 | 174,020 | 0.160 | 0.0020 | 210 | 4.269 | -14,291 | -4.223 | 0.7847 |
| 출판,인쇄 및 기록매체복제업 | 2,631 | 2.492 | -5,158,175 | -2.450 | 0.5539 | 59 | 1.662 | -115,232 | -1.639 | 0.3559 |
| 코크스, 석유정제품 및 핵연료 | 765 | 5.216 | -1,514,098 | -5.177 | 0.8448 | 4 | 0.243 | -6,612 | -0.211 | 0.0117 |
| 화합물 및 화학제품 | 2,570 | 3.857 | -4,972,425 | -3.743 | 0.7484 | 428 | 5.331 | -844,429 | -5.272 | 0.8504 |
| 고무 및 플라스틱제품 | 1,928 | 1.274 | -3,710,491 | -1.230 | 0.2450 | 770 | 7.000 | -1,529,726 | -6.976 | 0.9074 |
| 비금속광물제품 | -3,930 | -3.773 | 7,967,149 | 3.836 | 0.7400 | -532 | -2.738 | 1,072,094 | 2.769 | 0.6000 |
| 제1차금속산업 | -689 | -1.092 | 1,491,326 | 1.186 | 0.1927 | 670 | 5.335 | -1,332,162 | -5.322 | 0.8506 |
| 조립금속제품 | 7,683 | 3.328 | 15,142,504 | -3.289 | 0.6889 | 868 | 7.740 | -1,725,143 | -.714 | 0.9230 |
| 달리분류되지않은 기계 및 장비 | 4,047 | 1.239 | -7,787,481 | -1.196 | 0.2349 | 1,564 | 13.794 | -3,110,021 | -13.754 | 0.9744 |
| 사무, 계산 및 회계용기계 | 1,107 | 1.782 | -2,179,603 | -1.759 | 0.3883 | 148 | 4.667 | -93,917 | -4.656 | 0.8133 |
| 달리분류되지않은 전기기계 및 전기변환 | 4,109 | 2.875 | -8,069,085 | -2.831 | 0.6231 | 355 | 1.345 | 703,120 | -1.335 | 0.2657 |
| 영상, 음향 및 통신장비 | 2,293 | 1.295 | -4,304,182 | -1.219 | 0.2513 | 1,131 | 8.721 | -245,730 | -8.684 | 0.9383 |
| 의료, 정밀, 광학기기 및 시계 | 510 | 0.847 | -970,365 | -0.808 | 0.1254 | 197 | 2.990 | -390,522 | -2.977 | 0.6414 |
| 자동차 및 트레일러 | 8,604 | 4.926 | -16,950,648 | -4.867 | 0.8292 | 1,277 | 7.855 | -2,541,924 | -7.840 | 0.9250 |
| 기타 운송장비 | 7,391 | 7.014 | -14,653,154 | -6.974 | 0.9077 | 60 | 6.722 | -18,531 | -6.700 | 0.9004 |
| 가구 및 기타 | -5,888 | -7.135 | 11,855,374 | 7.205 | 0.9106 | 48 | 1.046 | -3,295 | -1.024 | 0.1759 |
| 재생재료가공처리업 | 386 | 11.670 | -766,551 | -11.63 | 0.9646 | 7 | 2.920 | -14,407 | -2.910 | 0.6303 |

## <표 4> 충청남도 제조업의 변화할당분석결과(중분류)

| 산 업 부 문 | 전 체 | | 국 가 성 장 | | 산 업 구 조 | | 지 역 할 당 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 값 | 구성비 | 값 | 기여도 | 값 | 기여도 | 값 | 기여도 |
| 합계 | 40,578 | 100.00 | -2,453 | - - | 0 | - | 43,030 | - |
| 음식료품 | 3,697 | 9.11 | -323 | -8.73 | -62 | -1.68 | 4,082 | 110.41 |
| 담배 | -123 | -0.30 | -3 | 2.12 | -23 | 18.93 | -97 | 78.95 |
| 섬유제품 | -4,817 | -11.87 | -366 | 7.59 | -3,608 | 74.91 | -843 | 17.50 |
| 의복 및 모피제품 | -1,489 | -3.67 | -104 | 6.98 | -556 | 37.35 | -829 | 55.66 |
| 가죽,가방,마구류 및 신발 | -235 | -0.58 | -40 | 16.96 | -927 | 394.61 | 732 | -311.57 |
| 목재 및 나무제품 | -35 | -0.09 | -26 | 74.68 | -161 | 462.98 | 152 | -437.66 |
| 펄프,종이 및 종이제품 | 1,260 | 3.11 | -112 | -8.91 | 93 | 7.42 | 1,279 | 101.49 |
| 출판,인쇄 및 기록매체복제업 | 352 | 0.87 | -43 | -12.16 | 332 | 94.31 | 63 | 17.85 |
| 코크스,석유정제품 및 핵연료 | 23 | 0.06 | -29 | -127.70 | 532 | 2322.16 | -480 | -2094.46 |
| 화합물 및 화학제품 | 2,569 | 6.33 | -237 | -9.24 | 1,104 | 42.98 | 1,702 | 66.25 |
| 고무 및 플라스틱제품 | 4,619 | 11.38 | -84 | -1.81 | 341 | 7.39 | 4,361 | 94.42 |
| 비금속광물제품 | -3,191 | -7.86 | -391 | 12.26 | -1,797 | 56.33 | -1,002 | 31.41 |
| 제1차금속산업 | 4,018 | 9.90 | -34 | -0.85 | -6 | -0.15 | 4,059 | 101.01 |
| 조립금속제품 | 5,209 | 12.84 | -96 | -1.84 | 1,063 | 20.41 | 4,241 | 81.43 |
| 달리분류되지않은 기계 및 장비 | 9,385 | 23.13 | -123 | -1.31 | 500 | 5.32 | 9,008 | 95.99 |
| 사무,계산 및 회계용기계 | 887 | 2.18 | -7 | -0.84 | 76 | 8.52 | 818 | 92.32 |
| 달리분류되지않은 전기기계 및 전기변환 | 2,132 | 5.25 | -127 | -5.96 | 1,083 | 50.79 | 1,176 | 55.18 |
| 영상,음향 및 통신장비 | 6,786 | 16.72 | -183 | -2.70 | 512 | 7.54 | 6,458 | 95.16 |
| 의료,정밀, 광학기기 및 시계 | 1,180 | 2.91 | -33 | -2.83 | 110 | 9.35 | 1,103 | 93.48 |
| 자동차 및 트레일러 | 7,663 | 18.89 | -30 | -0.39 | 318 | 4.15 | 7,375 | 96.23 |
| 기타 운송장비 | 358 | 0.88 | -6 | -1.79 | 162 | 45.37 | 202 | 56.42 |
| 가구 및 기타 | 287 | 0.71 | -54 | -18.93 | -437 | -152.42 | 778 | 271.35 |
| 재생재료가공처리업 | 44 | 0.11 | -1 | -1.85 | 66 | 150.62 | -21 | -48.77 |

*구성비=각부문의 값/전체의 값×100, **기여도=각부문별 요인의 값/전체의 값×100

에 의해서 받는 영향을 나타내는 국가성장 효과는 1991~1997년 사이에 전국의 총고용 증가율이 -0.0294로 모든 산업부문에 있어서 1991년도의 종사자의 2.94%씩 감소하는 효과를 가지고 있다.

한 지역의 특정산업이 국가의 전체산업 가운데 i산업의 성장에 영향을 미치는 효과를 나타내는 산업구조효과의 각 부문별 계수는 재생재료가공처리업 2.39, 기타운송장비 0.75, 조립금속제품 0.33, 자동차 및 트레일러 0.32, 달리분류되지 않은 전기기계 및 전기변환 0.25순으로 높아 다른 제조업에 비해서 전국의 성장률이 높게 나타났다.

가죽, 가방, 마구류 및 신발, -0.68, 섬유제품 -0.29, 담배-0.26, 가구 및 기타 -0.24로 다른 제조업에 비해서 전국의 성장률은 낮은 것으로 나타났다.

〈표 5〉 산업구조와 지역할당 계수

| 산 업 부 문 | 산 업 구 조 | 지 역 할 당 |
|---|---|---|
| 1. 음식료품 | -0.0057 | 0.3717 |
| 2. 담배 | 0.2621 | -1.0931 |
| 3. 섬유제품 | -0.2900 | -0.0678 |
| 4. 의복 및 모피제품 | -0.1572 | -0.2343 |
| 5. 가죽, 가방, 마구류 및 신발 | -0.6839 | 0.5400 |
| 6. 목재 및 나무제품 | -0.1822 | 0.1722 |
| 7. 펄프, 종이 및 종이제품 | 0.0245 | 0.3348 |
| 8. 출판, 인쇄 및 기록매체복제업 | 0.2279 | 0.0431 |
| 9. 코크스, 석유정제품 및 핵연료 | 0.5344 | -0.4820 |
| 10. 화합물 및 화학제품 | 0.1368 | 0.2108 |
| 11. 고무 및 플라스틱제품 | 0.1199 | 1.5321 |
| 12. 비금속광물제품 | -0.1351 | -0.0753 |
| 13. 제1차금속산업 | -0.0052 | 3.4740 |
| 14. 조립금속제품 | 0.3263 | 1.3018 |
| 15. 달리 분류되지않은 기계 및 장비(7) | 0.1193 | 2.1514 |
| 16. 사무, 계산 및 회계용 기계 | 0.2981 | 3.2308 |
| 17. 달리분류되지않은 전기기계 및 전기변환 | 0.2503 | 0.2720 |
| 18. 영상, 음향 및 통신장비 | 0.0821 | 1.0360 |

| 산 업 부 문 | 산 업 구 조 | 지 역 할 당 |
|---|---|---|
| 19. 의료, 정밀, 광학기기 및 시계 | 0.0971 | 0.9710 |
| 20. 자동차 및 트레일러 | 0.3152 | 7.3021 |
| 21. 기타 운송장비 | 0.7450 | 0.9265 |
| 22. 가구 및 기타 | -0.2366 | 0.4213 |
| 23. 재생재료가공처리업 | 2.3918 | -0.7744 |

한지역의 특정산업이 국가전체의 i산업 가운데 해당지역의 i산업이 차지하는 비중에 의해서 영향을 미치는 정도를 나타내는 각 산업별 지역할당계수는 자동차 및 트레일러 7.30, 제1차금속산업 3.47, 사무, 계산 및 회계용기계 3.23, 등의 산업부분이 타지역에 비해서 많이 성장했으며, 담배 -1.09, 재생재료가공처리업 -0.77, 코크스, 석유정제품 및 핵연료 -0.48로 타지역에 비해서 성장정도가 낮은 것으로 나타났다.

## Ⅳ. 충청남도 제조업의 전망

1991~1997년까지의 시계열자료를 근거로 하여 변화할당분석과 2차계획법에 의해서 충청남도 제조업 부문의 종사자수를 1997년도를 기준으로 하여 2005년을 예측하여 제시하였으며, 그 결과를 비교 분석하였다.

### 1. 변화할당 방법에 의한 예측

변화할당방법에 의한 예측은 모든 수치가 1991~1997년의 경향을 그대로 따른다는 전제하에서 아래의 공식을 사용하였다.

$$E_{ij}(tt) = E_{ij}(t) + E_{ij}(t)\left\{\frac{E(tt)}{E(t)} - 1\right\} + E_{ij}(t)\left\{\frac{E_i(tt)}{E_i(t)} - \frac{E(tt)}{E(t)}\right\} + E_{ij}(t)\left\{\frac{E_{ij}(t)}{E_{ij}(0)} - \frac{E_i(t)}{E_i(0)}\right\}$$

여기서 (0)=1991년, (t)=1997년, (tt)=2005년이다.

〈표 6〉 변화할당분석에 의한 종사자수 예측치

| 산 업 부 문 | 2005년(명) | 1997년 | 2005년 예측치 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 전 체 | 경제성장 | 산업구조 | 지역할당 |
| 합 계 | 178,129 | 124,026 | 54,103 | -5,007 | 0 | 59,111 |
| 음식료품 | 19,606 | 14,677 | 4,929 | -593 | -118 | 5,640 |
| 담 배 | -199 | -34 | -165 | 1 | 17 | -183 |
| 섬유제품 | 1,202 | 7,625 | -6,423 | -308 | -4,463 | -1,652 |

| 산 업 부 문 | 2005년(명) | 1997년 | 2005년 예측치 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 전 체 | 경제성장 | 산업구조 | 지역할당 |
| 의복 및 모피제품 | 63 | 2,048 | -1,985 | -83 | -544 | -1,358 |
| 가죽,가방,마구류 및 신발 | 807 | 1,120 | -313 | -45 | -3,671 | 3,403 |
| 목재 및 나무제품 | 801 | 847 | -46 | -34 | -269 | 257 |
| 펄프,종이 및 종이제품 | 6,759 | 5,079 | 1,680 | -205 | 172 | 1,714 |
| 출판,인쇄 및 기록매체 복제업 | 2,276 | 1,807 | 469 | -73 | 472 | 70 |
| 코크스,석유정제품 및 핵연료 | 1,050 | 1,019 | 31 | -41 | 497 | -425 |
| 화합물 및 화학제품 | 14,069 | 10,644 | 3,425 | -430 | 1,806 | 2,049 |
| 고무 및 플라스틱제품 | 13,623 | 7,465 | 6,158 | -301 | 1,128 | 5,332 |
| 비금속광물제품 | 5,863 | 10,117 | -4,254 | -408 | -2,247 | -1,599 |
| 제1차금속산업 | 10,544 | 5,186 | 5,357 | -209 | -39 | 5,605 |
| 조립금속제품 | 15,411 | 8,467 | 6,945 | -342 | 2,926 | 4,360 |
| 달리분류되지않은 기계 및 장비 | 26,085 | 13,572 | 12,513 | -548 | 2,041 | 11,020 |
| 사무,계산 및 회계용기계 | 2,322 | 1,140 | 1,182 | -46 | 368 | 860 |
| 달리분류되지않은 전기기계 및 전기변환 | 9,300 | 6,457 | 2,843 | -261 | 1,819 | 1,285 |
| 영상,음향 및 통신장비 | 22,069 | 13,020 | 9,049 | -526 | 1,395 | 8,179 |
| 의료,정밀, 광학기기 및 시계 | 3,890 | 2,317 | 1,574 | -94 | 289 | 1,378 |
| 자동차 및 트레일러 | 18,891 | 8,673 | 10,218 | -350 | 2,921 | 7,647 |
| 기타 운송장비 | 1,053 | 576 | 477 | -23 | 343 | 157 |
| 가구 및 기타 | 2,516 | 2,134 | 382 | -86 | -945 | 1,413 |
| 재생재료가공처리업 | 129 | 71 | 58 | -3 | 69 | -8 |

1997~2005년까지의 종사자수는 54,103명이 증가하여 2005년의 총 종사자수는 178,129명으로 나타났다. 이중 달리분류되지 않은 기계 및 장비 12,513명, 자동차및 트레일러 10,218명, 고무 및 플라스틱제품 6,158명 순으로 종사자수가 많이 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 이러한 방법은 과거의 추세치를 그대로 사용하고있기 때문에 담배의 경우에는 2005년도에 -199명으로 기대치가 매우 비현실적인 것을 알 수 있다. 따라서 과거의 추세치를 반영하면서 새로운 접근이 필요하다.

2. 과거추세를 반영한 수리계획법에 의한 예측

전체는 부분보다 변화가 안정적이라는 전제하에서, 2005년의 전산업의 종사자수와 각 산업의 종사자수를 년평균 증가율을 이용하여 예측한 후, 추계한 각부문의 종사자수 합계를 전산업의 추계치와 일치시켰다.

전산업의 년평균 성장률은 6.71%로 2005년까지 8년간에 68.16%증가하여 197,856명 이었으며, 같은 방법으로 각 산업부문별 종사자 수를 추계한 결과는 〈표 7〉과 같다. 2005년도의 제조업체 각부문의 종사수 합계는 313,241명으로 전부문의 추계값 보다 많기 때문에 2차계획법을 이용하여 각부문의 종사자수의 합계를 전 종사자수의 합계와 일치시켰다.

2차 계획법의 목적함수는 각 산업의 장래 성장률을 과거의 추세치를 이용하여 추계한 성장률의 예측치로 간주하고 각 산업의 성장률을 정보이론[9]을 이용하여 다음과 같이 계량화하여 최소화의 문제로 전환시켰다.

$$I(\hat{E}:\ E)=\sum_{i=1}^{n} E_i \log \frac{\hat{E}_i}{E_i}$$

($E$ : 2005년 잠정추정 고용자수,
$\hat{E}$ 2005년의 고용자수)

위 식을 n=2까지 테일러 전개를 하면[10]

$$I(\hat{E}:\ E)=\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\frac{(\hat{E}-E_i)^2}{\hat{E}_i}$$

이 되는데, 2차계획에서 목적함수는 I를 최소화하는 것이다. 제약식은 ① 예측한 각 부문의 합계는 전체 부문의 예측치와 같다. ② $E_i > \hat{E}_i$ ( $E$: 2005년 잠정추정 고용자수, $\hat{E}$: : 2005년의 기대고용자수), ③ 만약 $E_i > E_j$ $(i \neq j)$ 이면, $\hat{E}_i > \hat{E}_j$ 인 관계가 성립한다.

〈표 7〉 2차계획법에 의한 충남의 제조업의 전망

| 부 문 | 1,997년 종사자수 | 년평균 성장율 | 2005년까지 성장율 | 2005년잠정 종사자수 | 2005년까지 수정성장율 | 2005년 종사자수 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 합 계 | 124,026 | 0.0671 | 1.6816 | 208,565 | 1.6816 | 208,565 |
| 음식료품 | 14,677 | 0.0508 | 1.4862 | 21,813 | 0.9387 | 14,240 |
| 담배 | -34 | -0.6376 | 0.0003 | 0 | 0.0000 | 0 |
| 섬유제품 | 7,625 | -0.0809 | 0.5091 | 3,882 | 0.3216 | 2,534 |
| 의복 및 모피제품 | 2,048 | -0.0863 | 0.4858 | 995 | 0.3069 | 649 |

9) Theil(111), p. 참조

10) 별첨 2참조

| 부 문 | 1,997년 종사자수 | 년평균 성장율 | 2005년까지 성장율 | 2005년잠정 종사자수 | 2005년까지 수정성장율(%) | 2005년 종사자수 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 가죽,가방,마구류 및 신발 | 1,120 | -0.0319 | 0.7718 | 865 | 0.4875 | 564 |
| 목재 및 나무제품 | 847 | -0.0072 | 0.9440 | 800 | 0.5963 | 522 |
| 펄프,종이 및 종이제품 | 5,079 | 0.0481 | 1.4564 | 7,398 | 0.9199 | 4,829 |
| 출판,인쇄 및 기록매체 복제업 | 1,807 | 0.0407 | 1.3755 | 2,485 | 0.8688 | 1,622 |
| 코크스,석유정제품 및 핵연료 | 1,019 | 0.0038 | 1.0305 | 1,050 | 0.6509 | 686 |
| 화합물 및 화학제품 | 10,644 | 0.0464 | 1.4378 | 15,303 | 0.9082 | 9,990 |
| 고무 및 플라스틱제품 | 7,465 | 0.1510 | 3.0813 | 23,001 | 1.9463 | 15,016 |
| 비금속광물제품 | 10,117 | -0.0489 | 0.6695 | 6,773 | 0.4229 | 4,422 |
| 제1차금속산업 | 5,186 | 0.2139 | 4.7146 | 24,451 | 2.9779 | 15,962 |
| 조립금속제품 | 8,467 | 0.1592 | 3.2596 | 27,598 | 2.0589 | 18,016 |
| 달리분류되지않은 기계 및 장비 | 13,572 | 0.2004 | 4.3121 | 58,524 | 2.7237 | 38,205 |
| 사무,계산 및 회계용기계 | 1,140 | 0.2168 | 4.8056 | 5,478 | 3.0354 | 3,576 |
| 달리분류되지않은 전기기계 및 전기변환 | 6,457 | 0.0778 | 1.8205 | 11,755 | 1.1500 | 7,674 |
| 영상,음향 및 통신장비 | 13,020 | 0.1235 | 2.5384 | 33,050 | 1.6034 | 21,575 |
| 의료,정밀, 광학기기 및 시계 | 2,317 | 0.1246 | 2.5590 | 5,928 | 1.6164 | 3,870 |
| 자동차 및 트레일러 | 8,673 | 0.2824 | 7.3153 | 63,447 | 4.6207 | 41,419 |
| 기타 운송장비 | 576 | 0.1678 | 3.4587 | 1,991 | 2.1847 | 1,300 |
| 가구 및 기타 | 2,134 | 0.0258 | 1.2264 | 2,616 | 0.7746 | 1,708 |
| 재생재료가공처리업 | 71 | 0.1877 | 3.9583 | 281 | 2.5002 | 183 |

실증분석에 있어서 계산은 LINGO 프로그램을 이용하였다. 2005년의 충청남도의 제조업 종사자수의 예측치는 208,565명이며, 이중 자동차 및 트레일러 41,419명으로 제일 많고, 달리 분류되지 않은 기계 및 장비 38,205명, 음식료품 14,240명의 순으로 나타났다.

## V. 맺음말

변화할당 분석기법은 계산이 간단하고, 두 시점의 데이터만을 가지고 지역 변화를 분석할 수 있기 때문에 지역분석에서 많이 이용되고 있다. 그러나 지역의 데이터는 안정성이 결여되어 있기 때문에 기준년도와 비교년도를 달리 설정함으로

써 그 결과는 매우 다르게 나올 수 있다.

본 연구에서는 지역데이타가 가지고 있는 불안정성을 고려하여 1991~1997년의 부문별 종사자수를 선형회귀식으로 추정하여 충청남도의 제조업체를 분석하였다. 2005년도의 부문별 제조업 종사자의 예측결과「-」값을 갖는 경우도 있었으며, 경제성장, 산업구조, 지역할당 등이 모두 마이너스인 경우에는 8년후의 예측치가 1997년의 3.08%에 불과한 산업부문도 있기 때문에 현실성이 매우 결여되어 예측방법으로 적당하지 않았다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 보완하기 위하여 정보 이론을 기초로 2차계획법으로 정식화하여 성장률을 계산한 후 제조업 각 부문의 2005년의 종사자수를 예측하였다.

본 연구의 결과는 지역의 경제분석, 인구분석 등에서 전체와 부분이 변화하는 경우에 예측을 위한 방법으로 사용될 수 있을 것이다. 2차계획법으로 장래를 예측하는 경우에 목적함수는 여러가지 형태로 설정할 수 있다. 기존의 자료를 이용하여 충청남도에 가장 알맞은 목적함수를 찾아낼 필요가 있는데, 이에 대한 연구는 앞으로 계속 이루어져야 할 것이다. 열린충남

## 참 고 문 헌


1. 강병주, 손희준, 지역경제분석기법 및 지표에 관한 연구, 한국지방행정연구원, 1992.
2. 홍기용, 지역경제론 , 박영사, 1994.
3. 최재선, 지역경제론, 법문사, 1991.
3. Ashby, L.D., "Regional Projections in a National Setting", *Regional Economics Division, Department of Commerce*, No.66143, Washington, D.C., Government Printing Office, 1968.
4. Beaud M.,"Analse Regionale Structurale et Planfication Regionale", *Reveue Economique*, 17, 1966, pp.264-287.
5. Dunn, Edgar S., Jr.,"A Statistical and Analytical Technique for Regional Analysis", *Papers and Proceedings of the Regional Science Association*, ol.6, 1960.
6. Lesser, C.C.V., *Some Aspects of the Industial Structure of Scotland*, University of Glasgow, Deparment of Social and Economic Research, 1951.
7. Perloff, Harvey S., Dunn E. S., Jr., Lampard E. E. and Muth, R. F., *Regions, Resources, and Economic Growth*, Lincoln, Neb., University of Nebraska Press, 1960, pp.63-74.
8. Theil, H., Principles of Econometrics, John Wiley & sons, Inc., 1971.

## 별첨 1)

전산업의 취업자 수는 각 산업의 취업자수의 합계임으로

$$E_i = E_{i1} + E_{i2} + \cdots + E_{ip}$$

의 관계가 성립한다. 따라서 선형회귀로 추정한 값도 $E_i = E_{i1} + E_{i2} + \cdots + E_{ip}$ 과 같은 관계가 성립되어야 하는데, 다음에서와 같이 위 식이 성립한다.

각 산업부문별 취업자수의 추정한 값은 다음과 같다.

$$\widehat{E_{ij}} = b_j Y_i + a_{ij}$$

여기서 회귀식의 계수는

$$b_j = \frac{\sum(Y - \overline{Y})(E_j - \overline{E_j})}{(Y - \overline{Y})^2},$$

$$a_j = \overline{E} - \frac{\sum(Y - \overline{Y})(E_j - \overline{E_j})}{(Y - \overline{Y})^2}\ \overline{Y}$$

따라서 전체산업의 추정치는

$$\widehat{E_i} = \left(\frac{\sum(Y_i - \overline{Y})(E_i - \overline{E})}{(Y_i - \overline{Y})^2}\right) Y_i +$$

$$\left(\overline{E} - \frac{\sum(Y_i - \overline{Y})(E_i - \overline{E})}{(Y_i - \overline{Y})^2}\ \overline{Y}\right)$$

각 산업의 추정치는

$$\widehat{E_{ij}} = \left(\frac{\sum(Y_i - \overline{Y})(E_{ij} - \overline{E_j})}{(Y_i - \overline{Y})^2}\right) \times Y_i +$$

$$\left(\overline{E_j} - \frac{\sum(Y_i - \overline{Y})(E_j - \overline{E_j})}{(Y_i - \overline{Y})^2} \times \overline{Y}\right)$$

따라서

$$\sum_{j=1}^{p} \widehat{E_{ij}} = \sum_{j=i}^{p} \left[ \left(\frac{\sum(Y_i - \overline{Y_i})(E_{ij} - \overline{E_j})}{(Y_i - \overline{Y})^2}\right) Y_i + \left(\overline{E_j} - \frac{\sum(Y_i - \overline{Y})(E_{ij} - \overline{E_j})}{(Y_i - \overline{Y})^2}\ \overline{Y_i}\right)\right]$$

가 된다. 위 식을 간단하게 정리하면,

$$\left(\frac{\sum(Y_i - \overline{Y})(E_i - \overline{E})}{(Y_i - \overline{Y})^2}\right) Y_i +$$

$$\left(\overline{E} - \frac{\sum(Y_i - \overline{Y})(E_i - \overline{E})}{(Y_i - \overline{Y})^2}\ \overline{Y}\right)$$

이 되므로

$$\widehat{E_i} = \sum_{j=1}^{p} \widehat{E_{ij}} \quad (i = 1, 2, \cdots, n)$$

## 별첨 2)

사건이 일어날 수 있는 확률이 E인 경우의 정보량을 $h(E_i) = \log \frac{1}{E_i}$ 로 정식화하고, 사건이 발생할 확률이 E에서 E로 변화하는 경우 정보량의 차이는 $h(E) - h(\widehat{E})$, 즉, $\log \frac{\widehat{E}}{E_i}$ 고, 사건이 발생할 확률은 $\widehat{E_i}$가 되기 때문에 기대되는 정보량은

$$I(\widehat{E} \cdot E) = \sum_{i=0}^{N} E_i \log \frac{\widehat{E}}{E_i} = \log \frac{\widehat{E_1}}{E_1}$$

$$+ \log \frac{\widehat{E_2}}{E_2} + \cdots + \log \frac{\widehat{E_n}}{E_n}$$

가 되므로 이것을 여기서 $E_i$는 사전확률로 이것을 변수로 하여, 사후확률 $\hat{E}_i$에서 테일러의 전개를 하면,

$$I(\hat{E}, E) = \sum_{i=0}^{N} \hat{E}_i \log \frac{\hat{E}_i}{E_i} \approx$$

$$\frac{1}{2} \sum_{i=0}^{N} \hat{E}_i \left( \frac{E_i - \hat{E}_i}{\hat{E}_i} \right)^2 = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{N} \frac{(E_i - \hat{E}_i)^2}{\hat{E}_i}$$

이 된다. 여기서, $\hat{E}_1 \log \frac{\hat{E}_1}{E_1}$ 의 1개의 항에만 국한해서 생각하면,

$\Phi(E_1) = \hat{E}_1 \log \frac{\hat{E}_1}{E_1}$ 의 식을 $E_1^* = \hat{E}_1$ 에서

$n=2$ 까지 전개하면,

$$\Phi(E_1) = \frac{(\hat{E}_1 \log \frac{\hat{E}_1}{E_1})}{0!} (E_1 - \hat{E}_1)^0 =$$

$$(\hat{E}_1 \log \frac{\hat{E}_1}{E_1})(E_1 - \hat{E}_1)^0 = 0 + R_0$$

$$\Phi'(E_1) = \frac{\frac{d(\log \frac{\hat{E}_1}{E_1})}{dE_1}}{1!} (E_1 - \hat{E}_1) =$$

$$-\frac{\hat{E}_1}{E_1}(E_1 - \hat{E}_1) = (\hat{E}_1 - E_1) + R_1$$

이것을 다시 정리하면,

$$\Phi(E_1) = 0 + (\hat{E}_1 - E_1) + \frac{1}{2} \frac{(E_1 - \hat{E}_1)^2}{\hat{E}_1} + R_2$$

여기서 $R = (\hat{E}_1 - E_1) + R_2$ 이라 하면, 위 식은

$$\Phi(E_1) = \frac{1}{2} \frac{(E_1 - \hat{E}_1)^2}{\hat{E}_1} + R$$

이 된다.

따라서 i를 n까지 정리하면,

$$I(\hat{E}_i, E) = \sum_{i=0}^{N} \hat{E}_i \log \frac{\hat{E}_i}{E_i} \approx$$

$$\frac{1}{2} \sum_{i=0}^{N} \hat{E}_i \left( \frac{E_i - \hat{E}_i}{\hat{E}_i} \right)^2 = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{N} \frac{(E_i - \hat{E}_i)^2}{\hat{E}_i}$$

가 된다. 여기서 마지막 항은 이론치가 $\hat{E}_i$ 이고, 관측치가 $E_i$ 인 경우의 $\chi^2$과 같다.