A Modified Computing Algorithm for Raking Ratio Estimation Subject to Partial Marginal Information

Chang Kyoong, Son¹⁾

Abstract

We suggest the modified computing algorithm for raking ratio estimation under the assumption that the population total is partially known, and the sample total is completely known about survey variable in contingency table. We show that the proposed estimation procedure is useful to estimate the population cell count in this situation through an empirical study.

Keywords : Raking ratio estimation, Population marginal count, Partial information, Weighting adjustment.

1. 서론

래킹비 추정과정은 Deming과 Stephan(1940)에 의해 iteration proportional fitting(IPF) 라는 반복적인 방법으로 처음 소개되었고, 이 방법은 모집단의 칸수에 대한 2개 이상의 주변분포에 대해 동시에 비(ratio)를 수정하는 것이다. 이것은 기지의 주변 모집단 총합을 이용하여 칸 가중 값을 래킹(raking) 함으로서 래킹비를 추정하는 방법이다.

래킹비 추정과 관련하여 많은 연구가 진행되어오고 있지만, 공통적으로 래킹비 추정의 장점으로 는 2차원 이상의 분할표에서 칸수가 미지이거나, 매우 작은 칸에 대해 효율적인 추정이 가능하다는 점이다(Brackstone과 Rao, 1979; Causey,1972; Oh와 Schurern,1987,1989). 만일 분할표 상에서 모집단 칸수가 기지이고 그에 따른 표본칸수가 적절히 크다면, 가중값 조정은 사후층화 추정이 될 수 있다.

그러나 이와 같은 경우는 일반적으로 드물게 발생하기 때문에 표본칸수에 대해 래킹 방법을 적용한 추정을 수행하게 되며, 특별히 이용가능한 정보가 극히 제한적인 경우 기존의 래킹 추정방법 으로는 추정이 곤란한 경우가 발생한다.

또한 분할표 상의 특정 표본칸수가 0인 경우 래킹 추정과정은 수렴하지 않을 수 있다는 단점을 가지지만, 이러한 경우 0이 아닌 다른 칸들과의 칸 결합을 통해 수렴성 문제를 해결할 수 있다 (Lohr,1999).

이와 같은 문제와 관련하여, 모집단 정보는 제한적인 반면에 이용 가능한 표본정보가 완전할 때

1) Full-time Lecturer, Division of Liberal Art & Science, Hyupsung University, Kyonggido, 420-714, Korea
E-mail : ckson85@hyupsung.ac.kr

기존의 래킹비 추정방법을 수정한 새로운 추정방법이 요구되었다. 즉, 모집단 정보로 이용 가능한 자료는 조사단위에 대해 우편번호, 성별, 교육수준등과 같은 부분적인 정보인 반면 표본자료는 해당 조사단위에 대해 소득, 취업상태, 소비액 등 많은 정보를 포함하고 있는 경우 보다 많은 보조 정보를 추정과정에 적용할 수 있을 것이다.

본 논문에서는 이러한 상황에 대해 전통적인 래킹비 추정(typical raking ratio estimation: TRRE)방법을 수정하여 부분적인 정보를 이용한 래킹비 추정(partial raking ratio estimation: PRRE)방법을 제안하고, 실제 자료를 이용하여 제안한 방법의 실용성에 대해 살펴보자 한다.

논문의 구성으로는 먼저 2절에서는 기존의 TRRE 대해 언급하였고, 3절에서는 본 논문에서 제안한 PRRE를 다루었으며, 4절에서는 실제 자료를 이용한 PRRE 추정과정을 단계별로 설명하였고, 또한 모의자료를 이용하여 효율성을 살펴보았고, 5절에서는 결론부분을 다루었다. 부록에는 4절에 설명한 PREE 추정과정을 적용한 표를 실었다.

2. 전통적인 래킹비 추정과정(TRRE)

일반적으로 래킹비 추정과정은 관심변수와 강한 상관관계를 갖는 보조변수의 기지의 모집단 주변총합을 이용하게 된다. 이때, 이용 가능한 보조변수로는 전수조사 자료나 단계별조사의 경우 이전 단계에서 추정된 자료가 될 수 있다.

래킹비 추정과정을 설명하기 위해 우선, U 를 모집단이라고 하면, U 가 $R \times C$ 인 교차표로 분할된다고 하자. 그러면 U_{rc} 는 (r, c) 칸의 크기 N_{rc} 인 단위로 구성된 모집단 칸이 된다. 이때 R 과 C 는 각각 분할표 상의 행(row)과 열(column)의 수를 나타내며, r 과 c 는 각각 행과 열을 나타낸다. 표본을 s 라 하고, 표본 칸은 $s_{rc} = s \cap U_{rc}$ 으로 표현할 수 있다. 또한 w_k 를 단위 k 의 조사 가

중값이라 하자. 관심변수를 y 라 하고, 단위 k 의 값은 y_k 이며, $\sum_{k \in s} w_k y_k$ 는 모집단 총합 $\sum_{k \in U} y_k$ 의 추정량이라 하자. 일반적으로 가중값 조정은 이와 같은 관심변수에 대응되는 가중값을 적절히 조정함으로서 모집단 총합에 대한 추정량을 구할 수 있게 된다.

그러면, 래킹비 추정과정을 위해 2차원 분할표를 고려하자. N_{rc} 는 앞에서 정의한 바와 같이 r 번째 행과 c 번째 열에 의해 정의되는 칸에 있는 모집단 단위들의 수이며, 미지이다. 그러나 모집단의 행들의 합과 열들의 합인 주변 총합은 기지로서, 이들 값은 식(2.1)과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} N_{r+} &= \sum_{c=1}^C N_{rc}, \quad r = 1, 2, \dots, R, \\ N_{+c} &= \sum_{r=1}^R N_{rc}, \quad c = 1, 2, \dots, C \end{aligned} \quad (2.1)$$

미지의 모집단 칸수 N_{rc} 는 다음과 같은 과정을 통해 표본으로부터 추정된다. 먼저 조사 가중값 $w_0 = N/n$ 으로부터 출발한다. 이때 $N = \sum_{r=1}^R \sum_{c=1}^C N_{rc}$ 은 모집단의 크기이며, n 은 표본수이다. 그러면 가중값 w_0 으로부터 기지의 모집단 주변총합을 이용하여 다음과 같이 일련의 가중값들을 조정하게

된다.

$$\begin{aligned} w^{(1,1)} &= \left[\frac{N_{r+}}{\sum_{c=1}^C \tilde{N}_{rc}^{(0)}} \right] \times w_0, \\ w^{(1,2)} &= \left[\frac{N_{+c}}{\sum_{r=1}^R \tilde{N}_{rc}^{(1,1)}} \right] \times w^{(1,1)} \end{aligned} \quad (2.2)$$

식(2.2)에서 $\tilde{N}_{rc}^{(0)}$ 은 설계 가중값 w_0 을 이용한 모집단 칸수 N_{rc} 의 추정치이다. 그러면 행에 대해 갱신된 가중값 $w^{(1,1)}$ 를 $\tilde{N}_{rc}^{(1,1)}$ 를 계산하기 위해 사용하며, 이 값은 또한 N_{rc} 의 추정치가 된다. 첫 번째 반복이 종료된 후 조정된 가중값 $w^{(1,2)}$ 를 얻게 된다. 이와 같은 반복적인 과정은 특정한 수렴 조건은 만족할 때 까지 계속 된다.

최종적으로 조정된 가중값을 $w^{(f)}$ 라 하면, 이 값을 모집단 총합의 추정량의 식 $\sum_{k \in s} w_k y_k$ 에 적용함으로써 추정과정을 종료하게 된다.

이러한 래킹비 추정과정을 설명하기 위해 다음과 같은 간단한 예를 들어보기로 하자.

예2.1) $R = C = 2$ 라 하고, $N = 700$ 인 모집단으로부터 단순임의 표본 $n = 80$ 을 얻었다고 하자. 이때, 완전응답을 가정하고 조사결과를 다음과 같은 분할표로 작성하였다.

<표 2.1> 조사결과표

	Yes	No	합계
Group1	10	20	300
Group2	25	25	400
합계	350	350	700

Group1 과 Group2 의 단위들이 각각 “Yes” 와 “No”라고 응답한 수를 각 칸에 빈도수로 나타내고, 행과 열의 주변수 합계는 모집단 정보로서 기지라 하자. 그러면 4개의 칸에 해당하는 모집단 칸수에 대한 추정을 위해 설계 가중값 $w_0 = 700/80 = 8.75$ 을 사용하여 다음과 같은 값을 구할 수 있다. 이때, 관심변수의 값은 모두 1이라 가정한다.

$$\tilde{N}_{rc}^{(0)} = \sum w_k = 8.75 n_{rc} \quad (2.3)$$

반복식 (2.2)를 이용하여 최종 가중값 $w^{(f)}$ 를 얻는 절차는 다음과 같은 단계로 표현된다.

먼저 <표 2.2>와 같이 설계가중값 (2.3)을 각 칸에 적용한 후 이 값들의 주변수 총합을 구한다.

<표 2.2> 행에 가중값을 적용

87.5	175	262.5
218.75	218.75	437.5

다음으로 <표 2.1>의 열 주변수 총합을 <표 2.2>에서 구한 행 주변수 총합으로 나눈 값 $300/262.5$ 와 $400/437.5$ 를 <표 2.2>의 각 칸에 곱하여 <표 2.3>을 얻게 된다.

<표 2.3> 열에 가중값을 적용

100	200
200	200
300	400

이와 같은 과정으로부터 행과 열에 대한 칸 가중값 조정과정이 하나의 사이클을 형성하며, 1단계 반복이 끝나게 된다.

다음으로 <표 2.3>에서 첫 번째 열의 합과 두 번째 열의 합으로 각각 <표 2.1>의 첫 번째 행과 두 번째 행의 합을 나눈 값 $350/300$ 과 $350/400$ 를 <표 2.3>의 각 칸에 곱하여 다음과 같은 <표 2.4>를 얻게 된다.

<표 2.4> 행에 가중값을 적용

116.7	175	291.5
233.3	175	408.3

같은 방법으로 이번에는 <표 2.3>의 열들의 합을 <표 2.4>의 행들의 합으로 나눈 값 $300/291.5$ 과 $400/408.3$ 를 <표 2.4>의 각 칸에 곱하여 2단계 반복이 끝나게 되며, <표 2.3>과 유사한 형태의 표를 얻을 수 있다.

이와 같은 과정을 6회 반복한 후 수렴조건을 만족하여 <표 2.4>와 같은 추정된 칸수를 갖는 분할표를 얻을 수 있다. 이때 반복 과정의 수렴조건은 다음과 같다.

$$|\sum_c \tilde{N}_{+c} - M| \times 100 < 0.01 (\%)$$

<표 2.4>와 같이 Group1에서 “Yes” 라고 응답한 수가 121명으로 추정되었고, Group2에서 “Yes” 라고 응답한 수는 229명으로 추정되었다.

<표 2.4> 6회 반복 후 추정된 칸 수

	Yes	No	합계
Group1	121	179	300
Group2	229	171	400
합계	350	350	700

만일 단순 비 추정을 적용할 경우에는 각각 87.5명과 218.75명으로 추정되어 과소 추정을 알 수 있다.

3. 부분 래킹비 추정과정(PRRE)

이 절에서는 2절에서 설명한 것과는 다르게 일부 항목에 대한 정보가 모집단수준에 대해 알려져 있지만, 그 밖의 항목에 대해서는 표본수준에 대해 알려져 있는 경우를 다루고자 한다. 이러한 경우 전통적인 래킹비 추정과정을 적용할 수 없으며, 만일 적용한다 하더라도, 래킹 과정의 조건에 어긋나기 때문에 수렴하지 않을 수 있다.

따라서 이와 같은 상황에 대해 2차원 분할표에서 부분적으로 모집단 행(또는 열)주변 총합이 기지라는 조건하에서 래킹비 추정에 대해 수정된 알고리즘을 제안하고자 한다.

3.1 부분 래킹비 추정과정

2차원 분할표 상에서 부분정보 즉, 하나의 항목에 대해서는 모집단과 표본 수준에 대해 주변 수를 알 수 있는 반면에 나머지 항목에 대해서는 표본수준의 정보만을 알 수 있는 경우이다. 이를 2차원 분할표로 나타내면 다음의 <표 3.1>과 같이 표현할 수 있다.

<표 3.1> 행 변수에 대해 모집단 주변수가 기지인 경우

	Col_1	Col_2	...	Col_C	합계
Row_1	n_{11}	n_{12}	...	n_{1C}	N_1
Row_2	n_{21}	n_{22}	...	n_{2C}	N_2
...	...	...	...	...	...
Row_R	n_{R1}	n_{R2}	...	n_{RC}	N_R
합계	n_{+1}	n_{+2}	...	n_{+C}	N

<표 3.1>로부터 행과 열변수의 항목들은 각각 $Row_1, Row_2, \dots, Row_R$ 와 각각 $Col_1, Col_2, \dots, Col_C$ 으로 표현하였다. 또한 n_{rc} 은 표본수준에 대해 행과 열변수를 교차하여 얻은 표본 칸 수를 나타낸다. N_r 은 주변수 총합들 중 행 변수에 대해 r 번째 행의 모집단 주변 수를 나타내며, n_{+c} 은 c 번째 열에 대해 표본수준에서 열변수의 주변수 총합을 나타낸다.

이와 같이 부분적인 정보로 이루어진 분할표는 표본수준에서 얻은 도수분포표와 모집단 수준에 얻은 도수분포를 동일한 변수에 대해 교차시켜 얻을 수 있다. 물론 행과 열변수의 항목수와 관련하여, 분류항목의 수는 표본과 모집단 수준에서 동일해야 하며, 적어도 모집단과 표본수준에서 이용 가능한 변수는 동일한 수준으로 분류되어야 한다.

전통적인 래킹비 추정과정을 적용하여 모집단 행의 주변수 총합을 이용하여 구한 열의 주변수 총합을 의사-열주변모집단총합(pseudo-column marginal population total), $\bar{N}_{+c}$ 이라 하자. 이때

$\tilde{N}_{+c} = \sum_{r=1}^R \tilde{N}_{rc}$, $c = 1, 2, \dots, C$ 이다. 이 값을 구하기 위한 과정은 다음의 절차에 의해 수행된다.

$R \times C$ 칸에 대해 설계 가중 값 $w_0 = N/n$ 을 곱하여 다음과 같은 표를 얻을 수 있다.

<표 3.2> 각 칸에 설계가중값을 곱함

	Col_1	Col_2	...	Col_C	합계
Row_1	$n_{11} \times w_0$	$n_{12} \times w_0$	...	$n_{1C} \times w_0$	$\tilde{n}_{1+}^{(0)}$
Row_2	$n_{21} \times w_0$	$n_{22} \times w_0$	...	$n_{2C} \times w_0$	$\tilde{n}_{2+}^{(0)}$
...	...	...	...	...	...
Row_R	$n_{R1} \times w_0$	$n_{R2} \times w_0$	...	$n_{RC} \times w_0$	$\tilde{n}_{R+}^{(0)}$

여기서 주변수 합계는 $\tilde{n}_{1+}^{(0)} = n_{1+} \times w_0$, $\tilde{n}_{2+}^{(0)} = n_{2+} \times w_0$, ..., $\tilde{n}_{R+}^{(0)} = n_{R+} \times w_0$ 이다.

다음으로 첫 번째 행에 대해 $N_1/\tilde{n}_{1+}^{(0)}$ 을 곱하고, 두 번째 행에 대해 $N_2/\tilde{n}_{2+}^{(0)}$ 를 곱한다. 같은 방법으로 나머지 행에 대해서도 같은 절차를 수행한다. 그러면 행에 대한 가중값 조정절차로부터 다음의 표를 얻을 수 있다.

<표 3.3> 행에 대한 주변수 총합의 비율 ($N_r/\tilde{n}_{r+}^{(0)}$)을 각 셀에 곱함

	Col_1	Col_2	...	Col_C
Row_1	$n_{11} \times w^{(1,1)}$	$n_{12} \times w^{(1,1)}$	...	$n_{1C} \times w^{(1,1)}$
Row_2	$n_{21} \times w^{(1,1)}$	$n_{22} \times w^{(1,1)}$	...	$n_{2C} \times w^{(1,1)}$
...	...	...	...	...
Row_R	$n_{R1} \times w^{(1,1)}$	$n_{R2} \times w^{(1,1)}$	...	$n_{RC} \times w^{(1,1)}$
합계	$\sum_{r=1}^R n_{r1} w^{(1,1)}$	$\sum_{r=1}^R n_{r2} w^{(1,1)}$	...	$\sum_{r=1}^R n_{rC} w^{(1,1)}$

이와 같은 과정을 열에 대해서도 수행하여 1차 반복이 완료되며, 이를 요약하면 다음과 같이 표현할 수 있다. 즉, 행에 대해

$$w^{(1,1)} = \left(\frac{N_r}{\sum_{c=1}^C \tilde{n}_{rc}^{(0)}} \right) w_0, \quad r = 1, 2, \dots, R,$$

이고, 열에 대해

$$w^{(1,2)} = \left(\frac{n_{+c}}{\sum_{r=1}^R \tilde{n}_{rc}^{(1,1)}} \right) w^{(1,1)}, \quad c = 1, 2, \dots, C \quad (3.1)$$

이다.

행과 열에 따른 멈춤 조건을 만족할 때 까지 일정회수의 반복 후에 열의 주변수 총합은 $\tilde{N}_{+c} = \sum_{r=1}^R \tilde{N}_{rc}$, $c = 1, 2, \dots, C$ 으로 조정되지만, 행의 주변수 총합은 원래의 모집단 행의 주변수 총합과는 일치하지 않는다. 따라서 이와 같은 과정이 수렴하기 위해서는 열의 주변수 총합에 대한 특정한 멈춤 조건이 필요하게 된다. 즉, 전통적인 래킹비 추정과정과는 다르며, 여기서는 의사-열 주변수 총합을 미지의 주변수 총합 대신 사용하게 된다. 따라서 다음과 같은 멈춤 조건을 고려할 수 있다.

$$\left| \sum_{c=1}^C \tilde{N}_{+c} - N \right| \times 100 < \epsilon(\%), \quad r = 1, 2, \dots, R, \quad (3.2)$$

여기서 ϵ 는 $(0, 1)$ 의 임의의 양의 실수로서 0.01로 고려한다.

이와 같은 멈춤 과정을 만족할 때 까지 래킹 과정을 반복함으로써 다음과 같이 원래의 분할표상의 열 주변수 총합이 조정된 새로운 분할표를 얻게 된다. 이때, 행의 주변수 총합은 $N_{1+}, N_{2+}, \dots, N_{R+}$ 이며, 열의 주변수 총합은 $\tilde{N}_{+1}, \tilde{N}_{+2}, \dots, \tilde{N}_{+C}$ 가 된다.

지금까지의 반복과정은 기지의 모집단 행 주변수를 이용하여 열의 주변수 총합을 조정하기 위한 것이며, 열의 주변수 총합이 적절히 조정되었다면, 다음으로 2절에서 언급한 바와 같은 전통적인 래킹비 추정과정을 표본 칸수의 조정을 위해 수행하게 된다.

이때 반복과정은 다음과 같이 수행된다. 행들에 대해서는

$$w^{(1,1)} = \left[\frac{N_{r+}}{\sum_{c=1}^C \tilde{N}_{rc}^{(0)}} \right] \times w_0,$$

이며, 열들에 대해서는

$$w^{(1,2)} = \left[\frac{\tilde{N}_{+c}}{\sum_{r=1}^R \tilde{N}_{rc}^{(1,1)}} \right] \times w^{(1,1)} \quad (3.3)$$

을 수행한다.

<표 3.4> 의사-열 주변수 총합

	Col_1	Col_2	...	Col_C	합계
Row_1	n_{11}	n_{12}	...	n_{1C}	N_{1+}
Row_2	n_{21}	n_{22}	...	n_{2C}	N_{2+}
...	...	...	...	...	...
Row_R	n_{R1}	n_{R2}	...	n_{RC}	N_{R+}
합계	$\tilde{N}_{+1}$	$\tilde{N}_{+2}$	...	$\tilde{N}_{+C}$	N

여기서 $w_0 = N/n$ 이고, $w^{(1,1)}$, $w^{(1,2)}$ 은 각각 1단계에서 행과 열들에 대해 조정된 가중값이다.

이와 같은 과정을 일반적인 반복식으로 표현하기 위해, $w_i^{(t,1)}$ 과 $w_i^{(t,2)}$, $t = 1, 2, \dots, T$ 를 t -번째

반복에 대해 행과 열의 조정된 가중값이라 하자. 그러면 조정된 가중값은 다음과 같이 표현할 수 있다. 행과 열에 대해 각각

$$\begin{aligned} w_i^{(t,1)} &= \left(\frac{N_{r+}}{\sum_{c=1}^C \tilde{N}_{rc}^{(t-1,2)}} \right) \times w_i^{(t-1,2)}, \quad r = 1, 2, \dots, R, \quad i \in r, \\ \tilde{w}_i^{(t,2)} &= \left(\frac{\tilde{N}_{+c}}{\sum_{r=1}^R \tilde{N}_{rc}^{(t,1)}} \right) \times \tilde{w}_i^{(t,1)}, \quad c = 1, 2, \dots, C, \quad i \in c \end{aligned} \quad (3.4)$$

이다.

만일 T 를 총 반복수라 하면, 최종적으로 조정된 가중값은 $w_i^{(T,2)}$ 가 된다. 이때, 반복은 다음과 같은 멈춤 과정을 만족할 때까지 계속된다.

$$\left| 1 - \frac{\sum_{c=1}^C \tilde{N}_{r+}}{N_{r+}} \right| \times 100 < \epsilon (\%),$$

또는

$$\left| 1 - \frac{\sum_{r=1}^R \tilde{N}_{rc}}{\tilde{N}_{+c}} \right| \times 100 < \epsilon (\%). \quad (3.5)$$

그러면, 2차원 분할표상에서 부분적으로 기지인 모집단 주변 수 총합 하에서 수행된 래킹 추정 과정의 수렴성을 알아보기 위해 다음의 정리를 도입하기로 한다. 이 성질로부터 의사-열 주변수 총합을 도입한 분할표로부터 전통적인 래킹과정을 적용했을 때 의사-열 주변수의 총합이 기지의 모집단 총합과 일치하는지를 검토하여 수렴성을 진단할 수 있을 것이다.

정리 3.1] 기지의 행 주변수 총합과 조정된 열 주변수 총합을 가진 2차원 분할표에 대해 표본 칸수의 조정을 위해 TRRE를 수행하였다면, 의사-열(또는 행) 주변수 총합 $\tilde{N}_{+1}, \tilde{N}_{+2}, \dots, \tilde{N}_{+C}$ 들의 합 $\sum_{c=1}^C \tilde{N}_{+c}$, $r = 1, 2, \dots, R$ 은 반복수 $t = 1, 2, \dots, T$ 에 대해 모집단 총합 N 으로 수렴한다. 즉, 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \sum_{c=1}^C \tilde{N}_{+c}^{(t,1)} \approx N. \quad (3.6)$$

증명] 조정된 주변수 총합과 원래의 주변수 총합을 가진 분할표상의 TREE 과정의 수렴성을 알아보기 위해 식(3.4)를 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\tilde{N}_{rc}^{(t)} = \tilde{N}_{rc}^{(0)} \tilde{\alpha}_r^{(t)} \tilde{\beta}_c^{(t)}, \quad t = 1, 2, 3, \dots$$

여기서 행 가중값은

$$\tilde{\alpha}_r^{(t)} = \prod \frac{N_{r+}}{\sum_{c=1}^C \tilde{N}_{rc}^{(t)}} ,$$

이며, 열 가중값은

$$\tilde{\beta}_c^{(t)} = \prod \frac{\tilde{N}_{+c}}{\sum_{r=1}^R \tilde{N}_{rc}^{(t)}}$$

이다. 만일 전통적인 TREE과정이 수렴한다면, 다음과 같이 수렴 해를 구할 수 있을 것이다.

$$\begin{aligned} \tilde{N}_{rc} &= \lim_{t \rightarrow \infty} \tilde{N}_{rc}^{(t)} \\ &= \tilde{N}_{rc}^{(0)} \lim_{t \rightarrow \infty} \tilde{\alpha}_r^{(t)} \lim_{t \rightarrow \infty} \tilde{\beta}_c^{(t)} \\ &= \tilde{N}_{rc}^{(0)} \tilde{\alpha}_r \tilde{\beta}_c \end{aligned}$$

이때 조정된 칸 수 $\tilde{N}_{rc}$ 가 수렴한다면, 의사-열 주변수 총합 $\tilde{N}_{+1}, \tilde{N}_{+2}, \dots, \tilde{N}_{+C}$ 또한 수렴하며, 이들의 합은 결과적으로 TREE의 가정에 따라 모집단 총합 N 으로 수렴한다. 참고로 이와 같은 수렴성은 식(3.2)와 같이 멈춤 조건으로 사용될 수 있다.

4. 자료를 이용한 PRRE 추정과정

4.1 실제 자료를 이용한 PRRE 추정과정

이 절에서는 실제 자료를 이용하여 PRRE과정을 설명하고자 한다. 물론 일정 회수의 반복후 TREE과정이 수렴함을 가정한다. 이에 대한 타당성은 이미 3절에서 설명한바 있다.

PREE를 적용할 자료로는 한국산업안전공단(KOSHA)에서 수행한 산업재해 조사 자료로서 추출틀은 근로복지공단(KLWC)에 의해 분류된 재해자들로 구성된다.

추정의 목적은 재해자 모집단으로부터 표본을 추출하여, 재해원인별, 산업별 자해자수를 추정하고자 한다. 그러나 이용 가능한 정보는 단지 산업형태별 모집단 주변수이며, 따라서 표본조사 자료만을 이용할 경우 기본적인 비 추정만이 가능하지만, 앞의 2절에 언급한 바와 같이 전통적인 비 추정 표본분할표상에 적용할 경우 재해자 모집단 칸수를 과소추정하게 되며, 결과적으로 왜곡된 산업재해정책이 수립될 위험이 크게 된다. 이와 같은 이유로 전통적인 비 추정을 배제하고, 제한적으로 알려진 모집단 정보를 최대한 이용함으로써 과소추정의 위험성을 제거하고자 PRRE 과정을 적용하였다. 우선 알려진 모집단 정보로서 산업 형태별 분류중 산업 대분류를 적용하고, 제조업의 경우 중분류를 적용한 35가지 산업분류변수를 이용하였다. 이 정보는 표본 재해자 파일에 존재하는 유일한 모집단 정보이다. 산업 중분류와 관심변수(재해원인, 작업내용, 기인물, ... 등)간에 2차원 분할표를 작성한 후 적용하여 관심변수에 대한 의사-열(또는 행)주변수 총합을 구한 후, 이 값을 원래의 표본분류표의 열 또는 행의 주변수 총합에 적용하여 전통적인 래킹비 추정과정을 통해 각 분류에 대한 모집단 총합을 구할 수 있다. 2001년 조사 자료로부터 <부록 표 1>과 같이

“산업분류×재해원인”에 대한 표본 분류표를 작성하였다. 이때 표본은 전체 재해자수 모집단 $N=73,529$ 으로부터 $n=7,217$ 인 계통표본으로 추출한 자료이다.

논문에서 제안한 추정과정을 단계별로 요약하면 다음과 같다.

첫 번째 단계에서 <부록 표 1>과 같이 표본자료를 이용하여 “산업분류(35개 항목)×재해원인(12개 항목)”에 따른 2차원 분할표를 작성한다. 이때 산업분류와 함께 사용되는 행(또는 열) 변수는 다른 항목에 대해서도 적용할 수 있으며, 실제 추정하고자하는 변수를 적용한다.

두 번째 단계에서는 <부록 표 2>와 같이 분할표상에서 부분적으로 기지인 모집단 주변 수 총합을 산업분류에 따라 재배치한다. 모집단의 분류항목은 표본의 분류항목과 일치해야한다.

세 번째 단계에서는 <부록 표 3>과 같이 3절에서 설명한 PRRE 과정을 수행하여 표본변수에 대한 열 주변수 총합에 대한 추정값 즉, 의사-열 주변수 총합을 얻는다. 이 과정에서 조정된 분할표상의 칸들의 값은 무시한다.

네 번째 단계에서는 새롭게 구해진 의사-열 주변수 총합과 기지의 행 주변수 총합을 표본 분할표에 적용한 2차원 분할표를 재 작성한다.

마지막 단계에서는 이전 단계에서 얻은 분할표를 이용하여 TRRE과정을 수행하여 <부록 표 4>와 같이 최종적으로 모집단 칸수를 추정한다.

특별히 서론에서 언급한 Lohr(1999)의 지적과 같이 특정한 칸의 값이 0인 경우 래킹비 추정 과정이 수렴하지 않을 수 있다는 점은 래킹비 추정과정을 적용할 경우 항상 염두에 두어야할 사항이지만, 본 논문의 경우 수렴성에는 아무런 문제가 되지 않았음을 밝혀둔다.

4.2 모의 자료를 이용한 PRRE 추정과정

이 절에서는 PRRE 추정과정을 적용했을 때, 모집단 칸수를 어떻게 추정하는지를 알아보기 위해 모의자료를 이용하였다. 이를 위해 가장 간단한 방법으로 열 변수와 행 변수에 대해 다음과 같은 $N=12,000$ 개의 가상 모집단을 발생시켰다.

$$x_i \sim U(0,1), z_i \sim U(0,1)$$

이때, 모집단은 먼저 열 변수로 적용하기 위해 다음과 같은 기준으로 분할한다.

$$X_1: 0 \leq x_i < 0.2, X_2: 0.2 \leq x_i < 0.4, X_3: 0.4 \leq x_i < 0.6, X_4: 0.6 \leq x_i < 0.8, X_5: 0.8 \leq x_i \leq 1$$

다음으로 행 변수를 적용하기 위해 다음과 같은 기준으로 분할한다.

$$Z_1: 0 \leq z_i < 0.3, Z_2: 0.3 \leq z_i < 0.6, Z_3: 0.6 \leq z_i \leq 1$$

이와 같은 과정으로부터 가상 모집단에 대한 분할표는 다음과 같다. 이때 모집단 칸수는 미지라고 가정한다.

<표 4.1> 모집단 분할표

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	합 계
Z_1	742	737	679	704	687	3,549
Z_2	703	721	764	741	727	3,656
Z_3	927	952	938	987	991	4,795
합 계	2,372	2,410	2,381	2,432	2,405	12,000

모집단 칸수에 대한 추정 절차는 앞에서 다룬 바와 같이 먼저 모집단으로부터 단순임의 추출설계를 적용하여 $n = 1200$ 개의 단순임의표본을 추출하여 이들에 대한 표본 분할표를 다음과 같이 작성하였다.

<표 4.2> 표본 분할표

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	합 계
Z_1	76	82	89	59	70	376
Z_2	60	86	76	81	74	377
Z_3	70	83	91	105	98	447
합 계	206	251	256	245	242	1,200

다음으로 표본분할표상의 칸수와 행들의 주변수 총합만을 이용하여 PRRE를 적용하기 위해 다음과 같은 분할표를 작성할 수 있다.

<표 4.3> 표본 분할표에 기지의 모집단 행 주변수 총합을 결합한 표

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	합 계
Z_1	76	82	89	59	70	3,549
Z_2	60	86	76	81	74	3,656
Z_3	70	83	91	105	98	4,795
합 계	206	251	256	245	242	12,000

<표 4.3>에 PRRE 과정을 적용하여 다음과 같이 의사-열 주변수 총합을 구한다.

<표 4.4> PRRE를 적용하여 구한 의사-열 주변수 총합

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	합 계
Z_1	76	82	89	59	70	3,549
Z_2	60	86	76	81	74	3,656
Z_3	70	83	91	105	98	4,795
합 계	2,050.1027	2,498.3255	2,553.2377	2,468.7399	2,429.5942	12,000

마지막으로 <표 4.4>을 이용하여 TRRE를 적용하여 추정된 모집단 칸수는 다음과 같다.

<표 4.5> TRRE를 적용하여 구한 모집단 칸수 추정 값

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	합 계
Z_1	717.35107	773.98404	840.05584	556.89096	660.71808	3,549
Z_2	581.85677	833.9947	737.01856	785.50664	717.62334	3,656
Z_3	750.89486	890.34676	976.1633	1,126.3423	1,051.2528	4,795
합 계	2,050.1027	2,498.3255	2,553.2377	2,468.7399	2,429.5942	12,000

추정된 모집단 칸 수와 기지의 모집단 칸수 간의 상대편향을 구해본 결과 다음과 같다. 이때 상대편향은 다음과 같이 정의된다.

$$RE(\hat{N}_{ij}) = \left(\frac{\hat{N}_{ij} - N_{ij}}{N_{ij}} \right) \times 100\%, i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3, 4, 5$$

<표 4.6> PRRE에 의해 추정된 모집단 칸수에 대한 상대편향(%)

-3.32	5.02	23.72	-20.90	-3.83
-17.23	15.67	-3.53	6.01	-1.29
-19.00	-6.48	4.07	14.12	6.08

앞에서 전개한 PRRE에 의한 상대편향과 TRRE에 의한 상대편향을 비교하기 위해 기지의 모집단 주변수 총합을 이용한 TRRE의 상대편향은 다음과 같다.

<표 4.7> TRRE에 의해 추정된 모집단 칸수에 대한 상대편향(%)

11.46	0.92	14.95	-22.40	-5.18
-4.03	11.80	-9.86	4.58	-2.12
-6.12	-9.65	-2.79	12.54	5.14

모집단으로부터 10% 표본을 추출하였으므로 표본 분할표에 나타난 각 칸의 추출률 또한 거의 10%를 유지하고 있으며, 이를 바탕으로 추정결과를 나타내는 <표 4.5>는 각 셀에 대해 표본 분할표상의 추출률을 유지하고 있음을 나타낸다. 따라서 각 칸의 모집단 추정값은 표본 추출률만큼의 가중값이 각 셀에 할당되었음을 의미한다.

5. 결론

일반적으로 래킹비 추정과정은 분할표상의 기지의 행과 열의 주변수 총합을 이용하여 표본칸수를 모집단 분포에 따라 반복적인 과정을 통해 조정해 가는 추정방법이다. 그러나 특정한 표본칸의 수가 0인 경우 수렴하지 않을 수 있다는 단점을 지니고 있지만, 이러한 단점만 피할 수 있다면, 충분히 효율적인 추정이 된다(Oh 와 Schuren, 1987). 이와 더불어 래킹비 추정을 적용할 때, 단일 분할표상의 한 변수의 모집단 주변수 총합은 알고 있지만, 다른 변수는 그렇지 않을 경우 래킹비 추정과정을 적용할 수 없다는 제한적인 면이 있다.

본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하고자 표본자료로부터 얻은 분할표에 대해 행(또는 열) 변수의 모집단 주변수 총합과 다른 변수간의 결합을 통해 의사-열(또는 행)의 주변 수 총합을 구한 후, 최종적으로 표본칸수를 조정하는 과정을 제안하였으며, 실제 자료와 모의 자료를 통해 제안된 추정과정이 적절함을 보였다.

참고문헌

- [1] Brackstone, G. J., and Rao, J. N. K.(1979), An investigation of raking ratio estimators, *Sankhya*, C, Vol. 41, 97-114.
- [2] Buskirk, T. D. and Meza, J. L.(2003), A Post-stratified Raking-ratio Estimator Linking National and State Survey Data for Estimating Drug Use, *Journal of Official Statistics*, Vol. 19, 237-252.
- [3] Causey, B. D.(1972), Sensitivity of Raked Contingency Table Totals to Changes in Problem Conditions, *Annals of Mathematical Statistics*, Vol. 43, 656-658.
- [4] Cochran, W. G.(1977), *Sampling Techniques 3rd ed.* New York, John Wiley & Sons.
- [5] Deming, W.E., and Stephan, F.F.(1940), On at least square adjustment of sampled frequency table when the expected marginal totals are known, *Annals of Mathematical Statistics*, Vol. 11, 427-444.
- [6] Deville, J.C., and Sarndal, C.E.(1992), Calibration estimators in survey sampling, *Journal of the American Statistical Association*, 87, 376-382.
- [7] Kalton, G., and Cervantes, I. F.(2003), Weighting Methods, *Journal of Official Statistics*, Vol. 19, 2, 81-97.
- [8] Lohr, S.L.(1999), *Sampling: Design and Analysis*. Brooks/Cole Publishing Company; Pacific Grove, CA.
- [9] Lu, H., and Gelman, A.(2003), A Method for Estimating Design-based Sampling Variances for Surveys with Weighting, Poststratification, and Raking, *Journal of Official Statistics*, Vol. 19, 133-151.
- [10] Sarndal, C.E., Swensson, B., and Wretman, J.(1992), *Model Assisted Survey Sampling*, New York, Springer-Verlag.
- [11] SAS IML User's Guide. SAS Institute.
- [12] Wright, D., Gfroerer, J., and Epstein, J.(1997), Ratio Estimation of Hard-Core Drug Use. *Journal of Official Statistics*, Vol. 13, 401-416.

[2003년 11월 접수, 2004년 7월 채택]

<부록 표 1> 2001년 표본조사 자료에 대한 산업별 재해원인별 분할표 (단위 : 명)

업종	발생형태	수익	전도	승용	낙하	압입	충격	기타	화재	전류	신체	유해가	폭력	합계
			전폭	경우	비율	감입	고도	경우	폭발	경우	반응	영향	행위	
농업 및 임업		12	47	47	7	7	0	0	0	0	3	3	3	129
어업		1	2	4	2	7	0	0	0	1	0	0	0	17
광업		6	5	4	13	10	1	0	0	0	3	0	0	42
음식·음료제조업		19	42	45	16	61	2	0	1	0	15	5	0	206
섬유·제품제조업		18	16	30	16	77	2	0	1	2	13	9	0	184
화학 및 모직 제조업		5	7	12	4	12	0	0	1	0	2	2	0	45
목재 및 나무제품		5	9	45	11	27	0	0	0	0	1	0	0	96
철도차량 및 용기·제품		11	13	17	6	56	0	0	1	0	2	0	0	106
물류업		2	6	4	5	39	0	0	0	0	4	0	0	54
화학제품 및 화학제품		22	16	26	14	48	1	1	7	0	18	12	1	166
고무 및 플라스틱		9	13	27	19	89	0	0	1	2	17	4	0	175
비금속광물		14	18	43	22	62	0	0	0	0	13	2	0	174
제철·제조업		17	16	32	26	76	1	0	1	1	15	13	0	196
조선업		29	40	47	41	115	0	0	4	0	20	11	0	307
기타기계 및 장비		30	44	68	66	185	6	0	3	3	34	11	0	446
기타전자기 및 방화장비		8	9	14	2	25	0	0	1	2	7	0	0	68
전자부품 및 통신기기		3	13	13	2	50	0	0	0	3	9	3	0	96
자동차 및 트레일러		15	34	58	21	162	1	1	1	0	71	7	0	371
기타운송기기		23	38	32	30	27	1	0	0	1	23	6	2	183
가구 및 기타제조업		18	19	48	10	60	0	0	1	1	9	5	0	165
기타제조업		6	6	9	4	26	0	0	0	0	7	1	0	59
전기·가스 및 수도사업		0	3	2	0	1	0	0	1	0	2	1	0	10
건설업		545	282	300	255	147	26	1	7	25	71	18	2	1,689
도매 및 소매업		39	93	100	38	37	3	0	2	0	54	11	1	378
숙박 및 음식점업		9	72	104	8	40	0	1	2	1	19	54	1	308
문화업		56	105	143	30	36	8	0	0	0	36	14	11	438
통신업		2	20	11	2	1	0	0	0	0	3	0	0	36
금융 및 보험업		9	12	7	1	1	0	0	1	1	2	0	1	29
부동산 및 임대서비스		29	64	41	8	11	0	0	0	2	7	6	1	169
사업서비스업		36	136	62	12	22	2	0	4	5	31	9	6	325
공공행정		4	11	10	2	1	0	0	0	0	3	0	0	31
교육서비스업		4	11	12	3	0	0	0	2	0	3	0	0	36
보건 및 사회복지		1	27	15	2	4	0	0	0	0	12	10	1	72
오락 및 문화사업		21	21	13	2	4	0	0	0	2	6	0	3	72
기타종종 및 개인서비스업		41	68	90	29	49	2	0	2	2	34	18	2	351
합계		1,063	1,942	1,532	729	1,564	56	4	44	54	589	235	36	7,217

<부록 표 2> 모집단 주변수 총합을 <부록 표 1>에 결함 (단위 : 명)

업종	발생형태											
	수익	전도 전폭	승용 경우	낙하 비율	압입 감입	충격 고도	기타 경우	화재 폭발	전류 경우	신체 반응	유해가 영향	폭력 행위
농업 및 임업	12	47	47	7	7	0	0	0	0	3	3	3
어업	1	2	4	2	7	0	0	0	1	0	0	0
광업	6	5	4	13	10	1	0	0	0	3	0	0
음식·음료제조업	19	42	45	16	61	2	0	1	0	15	5	0
섬유·제품제조업	18	16	30	16	77	2	0	1	2	13	9	0
화학 및 모직 제조업	5	7	12	4	12	0	0	1	0	2	2	0
목재 및 나무제품	5	9	45	11	27	0	0	0	0	1	0	0
철도차량 및 용이제품	11	13	17	6	56	0	0	1	0	2	0	0
물류업	2	6	4	5	39	0	0	0	0	4	0	0
화학제품 및 화학제품	22	16	26	14	48	1	1	7	0	18	12	1
고무 및 플라스틱	9	13	27	19	89	0	0	1	2	17	4	0
비금속광물	14	18	43	22	62	0	0	0	0	13	2	0
제철제조업	17	16	32	26	76	1	0	1	1	15	13	0
조선업	29	40	47	41	115	0	0	4	0	20	11	0
기타기계 및 장비	30	44	68	66	185	6	0	3	3	34	11	0
기타전자기 및 방화장비	8	9	14	2	25	0	0	1	2	7	0	0
전자부품 및 통신기기	3	13	13	2	50	0	0	0	3	9	3	0
자동차 및 트레일러	15	34	58	21	162	1	1	1	0	71	7	0
기타운송기기	23	38	32	30	27	1	0	0	1	23	6	2
가구 및 기타제조업	18	19	48	10	60	0	0	1	1	9	5	0
기타제조업	6	6	9	4	26	0	0	0	0	7	1	0
전기·가스 및 수도사업	0	3	2	0	1	0	0	1	0	2	1	0
건설업	545	282	300	255	147	26	1	7	25	71	18	2
도매 및 소매업	39	93	100	38	37	3	0	2	0	54	11	1
숙박 및 음식점업	9	72	104	8	40	0	1	2	1	19	54	1
문화업	56	105	143	30	36	8	0	0	0	36	14	11
통신업	2	20	11	2	1	0	0	0	0	3	0	0
금융 및 보험업	9	12	7	1	1	0	0	1	1	2	0	1
부동산 및 임대서비스	29	64	41	8	11	0	0	0	2	7	6	1
사업서비스업	36	136	62	12	22	2	0	4	5	31	9	6
공공행정	4	11	10	2	1	0	0	0	0	3	0	0
교육서비스업	4	11	12	3	0	0	0	2	0	3	0	0
보건 및 사회복지	1	27	15	2	4	0	0	0	0	12	10	1
오락 및 문화사업	21	21	13	2	4	0	0	0	2	6	0	3
기타종종 및 개인서비스업	41	68	90	29	49	2	0	2	2	34	18	2
합계	1,063	1,942	1,532	729	1,564	56	4	44	54	589	235	36

<부록 표 3> PRRE를 적용하여 구한 의사-열 주변수 총합 (단위 : 명)

발령형태	수학	전도	중물	낙하	원장	종교	기타	외국	전류	신체	유해위	특약	합계
인종	전체	전체	전체	전체	전체	전체	전체	전체	전체	전체	전체	전체	전체
동양 및 입원	12	47	47	7	7	0	0	0	0	3	3	3	1,225
아랍	1	2	4	2	7	0	0	0	1	0	0	0	88
장원	6	5	4	13	10	1	0	0	0	5	0	0	412
종교개혁교회	19	42	45	16	14	2	0	1	0	15	5	0	2,047
장유교회	18	16	30	16	77	2	0	1	2	13	9	0	2,415
종교 및 오지 제교회	5	7	12	4	12	0	0	1	0	2	2	0	108
종교 및 교육제	5	9	45	11	27	0	0	0	0	1	0	0	675
종교 및 교육제	11	13	17	6	55	0	0	1	0	2	0	0	487
종교 및 교육제	2	6	4	5	38	0	0	0	0	4	0	0	572
종교 및 교육제	22	16	26	14	40	1	1	7	0	18	12	1	2,980
종교 및 교육제	9	13	27	19	88	0	0	1	2	17	4	0	676
종교 및 교육제	14	10	43	22	82	0	0	0	0	13	2	0	1,793
종교 및 교육제	17	16	32	26	76	1	0	1	1	15	13	0	1,545
종교 및 교육제	29	40	47	41	115	0	0	4	0	20	11	0	4,925
종교 및 교육제	30	44	58	86	188	6	0	3	3	34	11	0	4,963
종교 및 교육제	8	9	14	2	25	0	0	1	2	7	0	0	883
종교 및 교육제	3	13	13	2	50	0	0	0	3	9	3	0	741
종교 및 교육제	15	34	58	21	182	1	1	1	0	71	7	0	3,595
종교 및 교육제	23	38	32	30	27	1	0	0	1	23	6	2	1,328
종교 및 교육제	18	13	48	10	80	0	0	1	1	9	5	0	813
종교 및 교육제	6	6	9	4	26	0	0	0	0	7	1	0	1,978
종교 및 교육제	0	3	2	0	1	0	0	1	0	2	1	0	93
종교 및 교육제	545	282	300	255	147	26	1	7	25	71	18	2	16,043
종교 및 교육제	39	93	100	38	37	3	0	2	0	54	11	2	4,128
종교 및 교육제	8	72	101	8	40	0	1	2	1	19	54	1	5,138
종교 및 교육제	58	105	143	30	35	8	0	0	0	36	14	11	4,587
종교 및 교육제	2	20	11	2	1	0	0	0	0	3	0	0	345
종교 및 교육제	3	12	7	1	1	0	0	1	1	2	0	1	472
종교 및 교육제	28	64	41	8	11	0	0	0	2	7	5	1	93
종교 및 교육제	36	136	62	12	22	2	0	4	5	31	9	6	2,255
종교 및 교육제	4	11	10	2	1	0	0	0	0	9	0	0	1,389
종교 및 교육제	4	11	12	3	0	0	0	2	0	3	0	0	768
종교 및 교육제	1	27	15	2	4	0	0	0	0	12	10	1	722
종교 및 교육제	21	21	13	2	4	0	0	0	2	6	0	3	282
종교 및 교육제	41	68	30	29	63	2	0	2	2	34	18	2	3,173

<부록 표 4> 추정된 모집단 칸수 (단위 : 명)

발령형태	수학	전도	중물	낙하	원장	종교	기타	외국	전류	신체	유해위	특약	합계
인종	전체	전체	전체	전체	전체	전체	전체	전체	전체	전체	전체	전체	전체
동양 및 입원	118	453	438	65	65	8	0	0	0	27	24	32	1,224
아랍	5	11	20	18	35	0	0	0	0	6	0	0	87
장원	62	50	36	128	86	18	0	0	0	28	0	0	413
종교개혁교회	280	429	444	184	586	28	0	0	0	145	43	0	2,045
장유교회	251	217	346	214	1,080	27	0	11	31	187	183	0	2,415
종교 및 오지 제교회	13	17	28	18	28	0	0	2	0	5	4	0	108
종교 및 교육제	37	64	318	77	184	0	0	0	0	7	0	0	675
종교 및 교육제	45	51	65	25	212	0	0	3	0	7	0	0	486
종교 및 교육제	23	65	42	54	316	0	0	0	0	41	0	0	572
종교 및 교육제	424	380	671	258	853	15	14	100	0	310	190	24	2,981
종교 및 교육제	37	12	104	76	318	0	0	3	9	54	18	0	676
종교 및 교육제	153	133	441	256	625	0	0	0	0	138	18	0	1,792
종교 및 교육제	142	138	251	287	589	0	0	7	9	115	89	0	1,547
종교 및 교육제	485	688	729	689	1,823	0	0	54	0	313	154	0	4,925
종교 및 교육제	263	589	782	743	2,081	68	0	28	38	367	186	0	4,961
종교 및 교육제	111	121	182	26	322	0	0	11	31	88	0	0	883
종교 및 교육제	25	184	188	16	381	0	0	0	27	88	28	0	741
종교 및 교육제	162	334	551	283	1,523	18	7	0	0	559	98	0	3,595
종교 및 교육제	178	280	228	218	1,980	7	0	0	0	188	37	16	1,318
종교 및 교육제	186	74	285	56	328	0	0	5	7	48	24	0	914
종교 및 교육제	213	287	388	136	867	0	0	0	0	228	29	0	1,970
종교 및 교육제	0	30	19	0	9	0	0	0	0	13	0	0	93
종교 및 교육제	5,355	2,788	2,788	2,387	1,383	288	7	65	272	640	146	21	16,043
종교 및 교육제	448	1,080	1,080	418	385	33	0	18	0	578	184	12	4,118
종교 및 교육제	162	1,282	1,711	138	678	0	13	29	28	314	880	13	5,138
종교 및 교육제	415	1,121	1,676	315	357	85	0	0	0	383	126	128	4,586
종교 및 교육제	18	180	95	18	9	0	0	0	0	25	0	0	345
종교 및 교육제	51	187	111	16	16	0	0	13	19	31	0	18	472
종교 및 교육제	17	36	22	4	6	0	0	0	1	4	3	1	93
종교 및 교육제	263	589	782	743	2,081	68	0	28	38	367	186	0	2,255
종교 및 교육제	178	432	414	84	41	0	0	0	0	121	0	0	1,388
종교 및 교육제	42	285	258	86	0	0	0	37	0	83	0	0	761
종교 및 교육제	11	282	151	21	48	0	0	0	0	118	80	11	722
종교 및 교육제	72	70	42	7	13	0	0	0	0	15	0	3	282
종교 및 교육제	415	670	857	288	485	28	0	16	22	316	190	21	3,173
합계	11,088	15,671	15,607	7,428	15,684	570	41	447	549	5,796	2,391	356	73,523