

로지스틱 회귀분석과 다수준 분석을 이용한 Craniotomy 환자의 사망률 평가결과의 일치도 분석

김선희¹, 이광수²‡

¹한림성심대학교 의무행정과, ²연세대학교 보건행정학과

Comparing Risk-adjusted In-hospital Mortality for Craniotomies : Logistic Regression versus Multilevel Analysis

Sun-Hee Kim¹, Kwang-Soo Lee²‡

¹*Department of Medical Care and Hospital Administration, Hallym Polytechnic University,*

²*Department of Health Administration, Yonsei University*

<Abstract>

The purpose of this study was to compare the risk-adjusted in-hospital mortality for craniotomies between logistic regression and multilevel analysis. By using patient sample data from the Health Insurance Review & Assessment Service, in-patients with a craniotomy were selected as the survey target. The sample data were collected from a total number of 2,335 patients from 90 hospitals. The sample data were analyzed with SAS 9.3.

From the results of the existing logistic regression analysis and multilevel analysis, the values from the multilevel analysis represented a better model than that of logistic regression. The intra-class correlation (ICC) was 18.0%. It was found that risk-adjusted in-hospital mortality for craniotomies may vary in every hospital. The agreement by kappa coefficient between the two methods was good for the risk-adjusted in-hospital mortality for craniotomies, but the factors influencing the outcome for that were different.

Key Words : Craniotomy, Risk-adjusted In-hospital Mortality, Logistic Regression, Multilevel Analysis

* 본 자료는 건강보험심사평가원의 표본자료(HIRA-NIS-2011-0065)를 활용하였으며, 연구의 결과는 보건복지부 및 건강보험심사평가원과 무관하다.

‡ Corresponding author : Kwang-Soo Lee(planters@yonsei.ac.kr) Department of Health Administration, Yonsei University

• Received : May 18, 2015

• Revised : Jun 16, 2015

• Accepted : Jun 18, 2015

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

의료서비스의 질을 평가하기 위한 척도로 사망률, 재입원율, 합병증, 재원일수, 진료비용, 환자의 만족도, 그리고 감염률 등의 진료결과(outcomes)를 사용한다. 이러한 질 지표는 의료기관에서 환자에게 제공된 진료서비스의 수준을 나타내는 지표이며, 제도적 요인, 공급자 요인 그리고 수요자 요인에 의해 영향을 받을 수 있다[1].

기존 연구에서는 진료결과 지표를 이용하여 의료기관의 성과 평가를 하며, 그리고 평가 결과에 미치는 환자요인을 통제하기 위하여 로지스틱 회귀분석이나 선형회귀분석을 이용하였다. 회귀분석 후 산출된 진료결과 변수의 예측값과 실제값을 이용하여 기관별로 환자의 중증도 차이가 보정된 지표를 생성하여 의료기관의 성과를 평가한다[2]. 그러나 의료기관에서 수집된 자료는 환자가 병원에 속하게 되는 위계적인 구조를 갖고 있다. 일반적 선형회귀분석 모델은 추정된 잔차의 합은 0이고, 잔차의 분산이 모집단의 분산과 같아야 하는 등분산성, 그리고 잔차들 간의 관련성이 없어야 함을 가정하고 있다. 그러나 환자 데이터의 경우 개체들은 독립적이지만, 개체의 관측된 값들, 즉 환자가 속한 집단의 특성을 나타내는 값들 간에는 독립적이지 않으므로 일반적 선형모델의 가정에 만족하지 못하는데, 환자와 의사가 병원 내에서 중첩되므로 다중 데이터 구조에서는 병원 내의 환자가 독립적으로 관측되지 못하기 때문에 자료의 구조 특성을 반영한 적합한 통계 분석을 고려하는 것이 필요로 하며[3][4], 이를 고려한 방법론이 다수준 분석(Multilevel analysis)이다.

기존의 연구들을 살펴보면, 임상간호사의 조직 시민행동에 영향을 주는 요인분석, 환자이동에 영

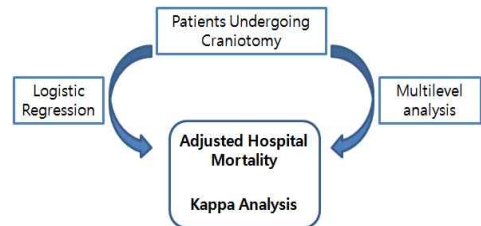
향을 미치는 개인 및 병원요인, 노인병원서비스 질에 관련된 영향 변수, 사회경제적인 요인과 건강의 관계를 다수준 분석을 이용하였으며, 연구결과는 집단 간의 차이가 있음을 제시하였다[5][6][7][8]. Hekkert et al.[9]은 재방문한 환자의 만족도를 병원수준, 진료과 수준, 그리고 환자수준으로 구분한 분석에서도 병원 간 그리고 진료과 간의 차이를 제시하였고, Reeves et al.[4]은 급성 뇌졸중 치료의 질의 결정요인에 대해 환자수준과 병원수준으로 구분하여 의료의 질 변화에 병원수준 요인과 환자수준 요인의 상대적 기여도를 보여주었다.

본 연구에서는 craniotomy를 시행한 환자를 대상으로 병원의 사망위험도를 평가하기 위해 기존의 로지스틱 회귀분석과 자료의 구조를 반영한 다수준 분석 방법을 각각 적용하여, 두 방법에 의해 산출된 보정된 병원 내 사망률을 비교·분석하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구모형

본 연구는 craniotomy를 시행한 환자의 건강보험심사평가원 청구자료를 이용하여 회귀분석과 다수준 분석을 이용하여 각각의 보정된 사망률을 산출하여 결과의 일치도와 위험요인을 비교분석하고자 한다. 연구모형은 다음과 같다<Figure 1>.



<Figure 1> Study framework

2. 연구대상

Craniotomy 사망률 지표는 AHRQ(Agency for Healthcare Research and Quality) 입원환자 질 지표 생성원리에 기초하여 생성되었다. 입원환자 지표는 입원서비스의 질 평가를 목적으로 하며, 의료기관의 청구명세서를 바탕으로 생성되는 지표이다. 지표 중의 하나인 Craniotomy Mortality Rate는 지주막하 출혈이나 뇌동맥류를 치료하기 위한 craniotomy 수술 후 사망률을 의미한다. 본 연구의 대상은 2011년 건강보험심사평가원의 입원환자표본자료에서 DRG코드 001(craniotomy, except for trauma)에 해당되는 코드를 가진 입원환자이다. 단, 다른 단기요양병원으로 이송된 환자, MDC(Major Diagnostic Categories) 14(Pregnancy, Childbirth, Puerperium)와 15(New-borns, Neonates)인 환자는 대상에서 제외하였다. 또한 각 병원 당 대상환자가 10명 이상인 경우만을 추출하였다.

3. 변수 설명

환자의 사망에 영향을 미치는 위험요인들 중에서 청구자료에서 활용 가능한 요인을 중증도 보정 모델에 포함시켰다. 변수는 성별, 연령, 보험종류, 도착경로, 입원경로를 사용하였다. 추가적으로 KCD-6 상병 및 건강보험 수가코드를 이용하여 Elixhauser comorbidity index(ECI)와 진료량을 추출하였다. 국제질병분류 제9차 개정 임상 수정판(ICD-9-CM; International Classification of Diseases, 9th Revision, Clinical Modification)을 근거로 개발된 ECI는 30개의 동반질환을 지표로 보정하는 방법으로, 청구된 진단 코드를 이용하여 Index에서 분류된 상병군의 해당여부를 점수화하는 것을 말한다[10][11][12]. 행정데이터 분석에서 많이 사용하는 동반질환을 이용한 중증도 보정방법이다.

4. 분석방법

연구에서는 로지스틱 회귀분석과 다수준 분석방법을 이용하여 craniotomy 시행한 환자의 개별 위험요소와 사망 간의 관계를 비교·분석하였다. 그리고 병원별 환자의 위험도가 보정된 사망 위험도를 계산한 후, 각 분석방법에서 계산된 기관별 사망률의 4분위수를 이용하여 일치도를 평가하기 위해 Kappa 분석을 수행하였다.

보정된 기관별 craniotomy 사망률의 계산을 위해 첫째, 로지스틱 회귀분석과 다수준 분석을 각각 적용하여 환자의 위험요인이 반영된 환자별 사망 확률값을 계산하였다. 둘째, 의료기관별 실제 사망 건수를 분자로 하고 그리고 환자별 사망 확률값의 기관별 합산한 값을 분모로 하여 비(ratio)값을 계산한 후, 전체 craniotomy 사망률을 곱하여 기관별 보정 사망률을 계산하였다. 연구에서는 자료의 처리와 분석을 위해 SAS 9.3 프로그램을 이용하였다.

Risk-adjusted mortality rate by groups=

$$\frac{\sum \text{Actual mortality rate by groups}}{\sum \text{Predicted mortality rate by groups}} \times \text{Overall mortality rate}$$

Ⅲ. 연구결과

1. 일반적 특성

Craniotomy를 시행한 환자는 2,335건이었고, 병원수는 90개였다. 남자는 생존이 1,241명(90.8%), 사망이 126명(9.2%)이었고, 여자는 생존이 865명(89.4%), 사망이 103명(10.6%)이었다. 사망 환자수는 40대 39명(11.5%), 50대 61명(12.2%), 60대 50명(10.5%) 그리고 70대 이상에서 62명(10.6%)였다. 보험종류에서 건강보험은 생존이 1,937명(90.5%) 사망이 203명(9.5%)이었고, 의료급여는 각각 166명

(86.5%), 26명(13.5%)이었다. 입원경로는 응급실경유에서 1,122명(85.7%)이 생존자이고 187명(14.3%)가 사망이었고, 외래경유는 980명(95.9%)가 생존, 42명(4.1%)가 사망이었다. ECI값이 1-2인 환자수가

978명으로 가장 많았으며 이 중 생존은 893명(91.3%), 사망은 85명(8.7%)이었으며, 주진단만으로 입원한 경우도 439명으로 생존은 378명(86.1%), 사망은 61명(13.9%)임을 알 수 있었다<Table 1>.

<Table 1> General characteristics of patient variables (N of patients=2,335)

Risk factors	Live(%)		Death(%)	
N of patients	2,106	(90.2)	229	(9.8)
Sex				
male	1,241	(90.8)	126	(9.2)
female	865	(89.4)	103	(10.6)
Age				
age<30	263	(98.9)	3	(1.1)
30≤age≤39	153	(91.6)	14	(8.4)
40≤age≤49	301	(88.5)	39	(11.5)
50≤age≤59	439	(87.8)	61	(12.2)
60≤age≤69	428	(89.5)	50	(10.5)
70≤age	522	(89.4)	62	(10.6)
Insurance type				
national health insurance	1,937	(90.5)	203	(9.5)
medical aid	166	(86.5)	26	(13.5)
Referral source				
transfer from a hospital	137	(87.8)	19	(12.2)
others	1,965	(90.3)	210	(9.7)
Admission source				
emergency room	1,122	(85.7)	187	(14.3)
outpatient	980	(95.9)	42	(4.1)
Elixhauser comorbidity index				
0	378	(86.1)	61	(13.9)
1-2	893	(91.3)	85	(8.7)
3-4	510	(90.6)	53	(9.4)
5+	325	(91.5)	30	(8.5)

2. 로지스틱 회귀분석과 다수준 분석을 이용한 병원의 사망률 분석

1) 환자의 개별 위험요소와 사망 간의 관계 비교

환자의 개별 위험요소와 사망 간의 관계는 로지스틱 회귀분석과 다수준 분석을 이용하여 분석하였다. 로지스틱 회귀분석의 결과를 보면, 연령, 입원경로, 그리고 ECI가 통계학적으로 유의하였다. 연령이 높을수록 사망률이 높았으며, 입원경로가 외래에 비해 응급실인 경우와 ECI가 낮을수록 사망률이 높았다. 다수준 분석 결과에서는 연령과 입원경로가 통계적으로 유의하였다. 모형적합도를 나타내는 AIC로 모형을 평가한 결과[13][14], 로지스틱 회귀분석보다 집단수준과 개인수준을 고려한 다수준 분석의 AIC값이 낮아 더 좋은 모형임을 알 수 있었다<Table 2>.

다수준 분석에서는 구조만을 반영한 모델(null model)을 통하여 집단내 상관관계수(ICC : Intra-class correlation) 즉, 전체 분산 중에서 집단수준의 분산이 차지하는 비율을 산출한다[15]. 병원 간의 차이에 의해 발생하는 분산은 0.7224로 ICC는 $0.7224 / (0.7224 + \pi^2 / 3) \times 100 = 18.0\%$ 로 사망유무에 영향을 주는 요인에서 총분산의 18.0%가 병원수준의 분산이 차지하는 비율이고, 나머지 82.0%는 환자수준의 분산으로 설명할 수 있다.

2) 병원별 보정된 사망률의 비교

<Table 3>은 로지스틱 회귀분석과 다수준 분석을 이용하여 산출한 병원별 보정된 사망률의 비교이다. Craniotomy를 시행한 환자 2,335 명 중 사망

환자는 229명으로 보정 전 병원별 사망률의 평균은 10.61%였다. 로지스틱 회귀분석을 통한 예측사망률은 10.29%였으며 보정된 사망률은 11.70%임을 알 수 있었다. 한편 다수준 분석에서의 예측사망률은 10.09%였고, 보정된 사망률은 8.67%로 로지스틱 회귀분석에 비해 낮았다.

3) 병원별 사망률 일치도 분석

Craniotomy 환자의 실제 병원 내 사망률, 로지스틱 회귀분석을 이용한 보정사망률, 그리고 다수준 분석방법을 이용한 보정사망률 간의 일치도를 알아보기 위해 Kappa분석을 실시하였다. 실제 사망률과 로지스틱 회귀분석 보정사망률 간의 단순카파계수는 0.69로 좋은(Good) 일치도를 보였으며, 두 분석 간의 일치도는 전체 90개 병원 중 69개(76.7%)의 4분위수가 일치하였다. 4분위수가 높았던 병원과 낮은 병원은 각각 20개(22.2%)였다.

실제 사망률과 다수준 분석 보정사망률 간의 단순카파계수는 0.67이었다. 병원 90개 중에서 68개(75.6%) 병원의 4분위수가 일치하였으며, 2/4분위에 포함하는 19개 병원 중 7개, 3/4분위 24개 병원 중 9개가 일치하지 않았다.

마지막으로 로지스틱 회귀분석 보정사망률과 다수준 분석 보정사망률 간의 단순카파계수는 0.79로 상당한 일치도를 보였는데, 전체 90개 병원 중 76개(84.4%) 병원의 4분위수가 일치하였다. 2/4분위에 포함하는 19개 병원은 모든 병원이 일치하였으며, 3/4분위에 포함되는 24개 병원 중 6개가 일치하지 않았다<Table 4>.

<Table 2> Results of logistic regression and multilevel analysis

Variables	Logistic regression		Multilevel analysis	
	Estimates	SE	Estimates	SE
Intercept	-2.1337		-2.3588	
Sex(ref.male)	0.1971	0.14	0.2815	0.15
Age	0.0141*	0.00	0.0131*	0.00
Insurance type(ref.national health insurance)				
medical aid	0.2346	0.23	0.0765	0.25
Referral source(ref.transfer from a hospital)				
others	-0.4244	0.26	-0.3443	0.33
Admission source(ref.emergency room)				
outpatient	-1.3254*	0.18	-1.5294*	0.22
ECI	-0.0805*	0.04	-0.0464	0.04
Variance of the intercept at the hospital level			0.8026	0.14
AIC	1417.45		1388.88	
C-statistic	0.6850			
Hosmer and Lemeshow Test, χ^2 (p-value)	4.58(0.80)			

*P<.05

<Table 3> Comparison of Adjusted Hospital Mortality Rates by risk-adjustment methods

Variables	Logistic regression	Multilevel analysis	Mean(SE)
Average of actual hospital mortality rates		10.61%(0.0901)	
Average of predicted hospital mortality rates	10.29%(0.0344)		10.09%(0.0537)
Average of adjusted hospital mortality rates	11.70%(0.1440)		8.67%(0.0575)

<Table 4> Results of the Kappa analysis for three types of hospital mortality rates

		<Q1	Q1<=<Q2	Q2<=<Q3	Q3<	total
(A) vs. (B)	<Q1	20	3	0	0	23
	Q1<=<Q2	0	15	5	0	20
	Q2<=<Q3	0	7	14	3	24
	Q3<	0	0	3	20	23
(Kappa score=0.69)	total	20	25	22	23	90
(A) vs. (C)	<Q1	22	1	0	0	23
	Q1<=<Q2	2	12	5	1	20
	Q2<=<Q3	0	6	15	3	24
	Q3<	0	0	4	19	23
(Kappa score=0.67)	total	24	19	24	23	90
(B) vs. (C)	<Q1	20	0	0	0	20
	Q1<=<Q2	4	19	2	0	25
	Q2<=<Q3	0	0	18	4	22
	Q3<	0	0	4	19	23
(Kappa score=0.79)	total	24	19	24	23	90

(A) Actual hospital mortality rate

(B) Adjusted hospital mortality rate by logistic regression

(C) Adjusted hospital mortality rate by multilevel regression

IV. 고찰 및 결론

본 연구는 2011년 건강보험심사평가원의 입원환자 표본자료 중 craniotomy를 시행한 환자를 대상으로 로지스틱 회귀분석과 다수준 분석방법을 이용하여 사망률 평가 결과의 일치도를 비교하였다.

환자의 개별 위험요소와 사망유무의 관계에 대해 로지스틱 회귀분석과 다수준 분석을 통해 비교한 결과, 전자에서는 연령, 입원경로, 그리고 ECI, 후자에서는 연령과 입원경로가 통계적으로 유의하였으며, 모형적합도는 다수준 분석이 더 좋은 것으로 평가되었다. 두 분석에서 모두 연령이 증가할수록, 응급실을 통한 입원일수록 사망률이 높음을 알 수 있었다. 로지스틱 회귀분석에서 ECI가 낮을수록 사망률이 높은 것은 craniotomy를 시행하는 환자의 사망에 영향을 주는 것은 동반질환으로 인한 중증도 보다 craniotomy를 시행하게 되는 주진단 즉, 지주막하 출혈이나 뇌동맥류로 인해 사망유무가 결정된다는 것을 시사한다. 앞의 일반적 특성에서도 ECI값이 0인 환자수, 즉 중증도에 영향을 주는 동반질환이 없는 환자에서 사망의 비율이 높음을 뒷받침한다.

기존 연구에서는 환자의 사망위험도를 통제하기 위해 로지스틱 회귀분석을 통해 중증도 보정 모형을 개발하고 적용하여 위험도가 보정된 질 지표를 생성하였다. 로지스틱 회귀분석과 비교하여 다수준 분석은 자료의 구조를 반영한 모형을 통해 환자수준의 변수들을 투입한다. 따라서 보정 모델에서 계산된 환자별 병원 내 사망 예측 확률값은 사용된 분석방법에 따라 차이를 나타낸다. Craniotomy를 시행한 환자의 보정사망률은 로지스틱 회귀분석에 비해 다수준 분석에서 낮았지만, 두 분석 간의 보정사망률은 상당한 일치도를 보였고, 전체 90개 병원 중 76개(84.4%) 병원의 4분위수가 일치하였다.

본 연구에서는 사망유무에 대해 로지스틱 회귀분석과 다수준 분석한 결과에서 다수준 분석의 적

합도가 더 우수하였고, 사망에 영향을 주는 요인은 ICC값을 통해 본 바와 같이 병원 간의 차이가 있음을 알 수 있었다[16][17]. 이는 기존의 뇌졸중 환자의 사망률에 대해 두 분석을 비교한 논문에서도 동일한 결과를 보여 주었다[18]. 또 craniotomy를 시행한 사망위험도 평가결과에 있어 보정사망률은 두 방법론 간의 일치도가 높음을 알 수 있었으나, 보정사망률의 차이가 없는 기존 논문과는 결과가 상이하였다[19]. 결론적으로, 본 연구를 통해 두 분석 방법 간의 결과의 차이가 있음을 알 수 있었다. 즉, 질병에 대한 사망률은 환자수준 뿐만 아니라 병원수준의 요인에 의해서도 영향을 받는다는 것을 시사한다. 원자 오류(atomistic fallacy)란 개별단위에 대한 조사결과를 근거로 상위의 집단에 대한 추론을 시도할 때 발생하는 오류이다[20]. 따라서 이러한 오류를 막기 위해 수집된 자료의 수준을 구분하여 분석해야 하며, 수준을 고려한 분석을 통해 상대적 중요도나 상호작용을 알 수 있을 것이다.

본 연구의 제한점은 연구대상을 행정자료를 이용했다는 것이다. 의무기록을 이용하여 임상자료를 이용하여 분석을 할 경우 분석결과에 차이가 있을 수 있다. 또한 급성 뇌출혈이나 뇌동맥류의 경우 환자의 입원 시 상태나 임상적인 상태에 따라 치료결과에 큰 차이를 보이므로 이를 보정하기 위해 임상 자료에 적합한 다른 중증도 보정방법을 사용한다면 분석결과에 차이가 발생할 가능성이 있다.

REFERENCES

1. W.R. Hong(2006), Variation of the medical service utilization of the episodes of the dead by cerebrovascular disease and cancer, Kyungwon university, doctoral thesis, pp.8-23.
2. K.S. Lee(2003), Development of quality indicator of inpatients using health insurance claims,

- Health insurance review & assessment service, pp.47-51.
3. S.J. Kang(1995), Methodological characteristics and utilization method of multilayer statistical models, *Journal of educational evaluation*, Vol.8(2);63-94.
 4. M.J. Reeves, J. Gargano, K.S. Maier, J.P. Broderick, M. Frankel, K.A. LaBresh et al.(2010), Patient-level and hospital-level determinants of the quality of acute stroke care: A multilevel modeling approach, *Stroke*, Vol.41;2924-2931.
 5. Y.K. Ko(2008), Identification of factors related to hospital nurses' organizational- citizenship behavior using a multilevel analysis, *J Korean Acad Nurs*, Vol.38(2);287-297.
 6. S.H. Kim, H.J Lee, K.S. Lee, H.W. Shin(2014), Factors affecting patient moving for medical service using multilevel analysis, *Korean Society of Hospital Management*, Vol.19(4);9-20.
 7. E.J. Bang(2005), The impact of SES on health:A multilevel analysis study, Seoul national university, master's thesis, pp.39-43.
 8. S.H. Lee(2009), Multilevel analysis of factors related to quality of services in long-term care hospitals, *J Korean Acad Nurs*, Vol.39(3);409-421.
 9. K.D. Hekkert, S. Cihangir, S.M. Kleefstra, B. Berg(2009), Patient satisfaction revisited: A multilevel approach, *Soc Sci Med*, Vol.69(1);68-75.
 10. A. Elixhauser, C. Steiner, D.R. Harris, R.M. Coffey(1998), Comorbidity measures for use with administrative data, *Med care*, Vol.36;8-27.
 11. H. Quan, V. Sundararajan, P. Halfon, A. Fong, B. Burnand, J.C. Luthi, L.D. Saunder, C.A. Beck, T.E. Feasby, W.A. Ghali(2005), Coding algorithms for defining comorbidities in ICD-9-CM and ICD-10 administrative data, *Med care*, Vol.43(11);1130-1139.
 12. D.Y. Kim, K.S Lee(2014), A study on the effects of percutaneous transluminal coronary angioplasty and pediatric heart surgery on the differences of risk-adjusted length of stay and in-hospital death for coronary artery bypass graft patients, *The Korean Journal of Health Service Management*, Vol.8(4);47-55.
 13. H. Bozdogan(1987), Model selection and Akaike's information criterion(AIC): The general theory and its analytical extensions, *Psychometrika*, Vol.52(3);345-370.
 14. E.J. Wagenmakers, S. Farrell(2004), AIC model selection using Akaike weights, *Psychonomic bulletin & review*, Vol.11(1);192-196.
 15. G. Guo, H. Zhao(2000), Multilevel modeling for binary data, *Annu. Rev. Social*, Vol.26;441-462.
 16. J. Merlo(2003), Multilevel analytical approaches in social epidemiology:measures of health variation compared with traditional measures of association, *Journal of epidemiology and community health*, Vol.57;550-552.
 17. A.V. Diez-Roux(2000), Multilevel analysis in public health research, *Annual review of public health*, Vol.21;171-192.
 18. S.H. Kim, H.J. Lee(2015), Factors affecting the outcome indicators in patients with stroke, *Health Policy and Management*, Vol.25(1);31-39.
 19. E.L. Hannan, C.W. Wu, E.R. Delong, S.W. Raudenbush(2005), Prediction risk-adjusted mortality for CABG surgery logistic versus hierarchical logistic models, *Med care*, Vol.43(7);726-735.
 20. D.A. Luke(2004), *Multilevel modeling*, Sage publications, pp.4-9.