

학생들의 특성을 반영한 균형적인 팀 편성 방법에 관한 연구⁺

(A Study on Balanced Team Formation Method Reflecting Characteristics of Students)

김 종 환^{1)*}
(Jong-hwan Kim)

요약 4차 산업혁명의 도래와 교육 환경의 변화에 따라 대학 수업에서 팀 단위의 과제 수행이 증가하고 있다. 팀 기반의 수업에서 효과적인 팀의 편성은 학생들의 만족도와 교육의 효과에 영향을 미치는 중요한 문제이지만, 기존의 연구들은 팀 편성의 결과에 대한 사후분석에 중점을 두고 있어서 실제 수업에서 활용하기는 어려웠다. 본 연구에서는 학생들의 능력을 비롯한 여러 특성들을 반영하여 균형적인 팀을 편성하는 방법에 대한 수리적 모형을 제시하였다. 배정의 기준이 되는 특성값들은 학생들의 능력값 처럼 점수일 수도 있고, 성별과 같이 2진값, 그리고 학년이나 학과와 같이 다중값인 경우를 포함한다. 이 문제는 균형배분문제의 일종으로 0-1 정수계획법의 형태를 가지며, 목적함수는 균형을 달성하는 방법에 따라 선형 또는 비선형이 된다. 본 연구에서 제시한 기본 모형이나 확장된 모형은 실제 수업에서 다양한 요소들을 고려하여 팀을 균형 있게 편성하는 상황에 응용이 가능하다.

핵심주제어: 팀 편성, 수리적 모형, 균형 배분 문제

Abstract With the advent of the Fourth Industrial Revolution and changes in the educational environment, team-based assignments are increasing in university classes. Effective team formation in team-based class is an important issue that affects students' satisfaction and the effectiveness of education. However, previous studies mostly focused on post analysis on the results of team formation, which makes it difficult to use them in actual classes. In this paper, we present a mathematical model of how to create a balanced team that reflects students' abilities and other characteristics. Characteristic values for assignment may be scores, such as students' proficiency, binary values such as gender, and multi-values, such as grade or department. This problem is a type of equitable partitioning problem, which takes the form of 0-1 integer programming, and the objective function is linear or nonlinear, depending on how balance is achieved. The basic model or the extended model presented can be applied to the situation where teams are balanced in consideration of various factors in actual class.

Keywords: Team formation, Mathematical model, Equitable partitioning problem

1. 서론

* Corresponding Author: iekimjh@daegu.ac.kr

+ 이 논문은 2016학년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의한 논문임.

Manuscript received August 26, 2019 / revised September 25, 2019 / accepted October 09, 2019

1) 대구대학교 산업경영공학과

4차 산업혁명의 시대가 도래하면서 융합적 성격의 교과목들이 증가하고 교육에서 창의성

의 배양이 점점 중요한 목표가 되고 있다. 대학의 수업에서도 단순한 강의에 의한 지식의 전달 형태에서 주어진 상황에서의 문제해결과 같은 현장 적용 능력을 강조하고 있다. 이러한 교육 목표의 변화는 수업의 진행과정에서 팀을 편성하여 팀별로 문제를 해결하는 형태의 수업 운영이 증가하는 결과를 가져왔다.

팀이란 여러 가지로 정의할 수 있지만, ‘공동의 목표를 달성하기 위하여 상호의존적으로 작용하는 두 명 이상의 개인들로 구성된 집단’으로 정의할 수 있다. 문제의 해결을 위하여 학생들이 팀을 이루어 상호 협력하여 활동하는 것은 여러 가지 장점이 있다. 일반적인 강의식 수업에 비하여 팀 내의 학생들은 문제 해결과정에서 다양한 의견교환과 토론을 하게 되고, 그 과정에서 협업 기술과 대인관계 능력을 기를 수 있다. 특히 대학에서 다양한 학과나 전공의 학생들이 참여하는 수업에서 팀 기반의 수업 운영은 팀 내에서 자신이 잘 아는 지식을 서로 가르쳐 줄 수 있고, 각자의 장점을 활용하여 복잡한 문제의 해결을 가능하게 하여 교육의 질을 높일 수 있다.

교육에서의 품질은 복잡한 성격을 가진다. 성과가 즉시 나타나는 것이 아니라 교육을 받은 학생들이 사회에 진출하여 자신의 역할을 발휘하는 것으로 평가되어야 하기 때문이다. 교육의 성과는 교육자의 리더십, 교육과정, 교육환경 등의 다양한 요인의 영향을 받는다 (Lee and Lee, 2003). 최근의 교육에는 강의교재나 보조 자료와 같이 교수가 제공하는 자료 뿐 아니라 다양한 소프트웨어나 정보통신기술 등을 활용하여 학습하고 있다. 이러한 도구나 기술을 얼마나 잘 활용하는가도 교육의 품질과 학생들의 만족도에 영향을 미치게 된다 (Lee and Jeon, 2011).

그러나 팀 단위의 과제수행이 증가함에 따라 학생들의 불만도 증가하고 있다. 학생들에 대한 동기부여는 교육의 효과에 큰 영향을 미치는 요소이다 (Lee, 2010). 따라서 학생들이 팀 기반의 수업 진행에 대하여 느끼는 불만은 해소되어야 할 중요한 문제이다. 불만의 원인은 팀 편성의 방법과 성과의 배분 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 팀 편성에 대한 문제는 팀 구성 방

법을 학생들이 자율적으로 정하는가 또는 교수가 지정하는가에 따라서 달라지며, 교수가 지정하는 경우에는 어떠한 원칙에 의하여 이루어지는가가 중요하다. 팀 성과의 배분은 자신이 기울인 노력에 대한 정당한 평가를 받지 못한다고 느끼는 경우에 발생하므로, 팀 내에서 개인별로 기울인 노력에 비례하는 평가 시스템이 전제되어야 한다 (Kim, 2019).

이러한 문제점들에도 불구하고 팀 단위로 과제를 수행하는 것은 학생들의 창의력, 문제해결 능력, 협동능력, 학습능력, 의사소통 능력 등을 향상시키는 좋은 도구가 된다고 알려져 있다 (Lee, 2015). 이러한 이유 때문에 공학교육인증에서는 프로그램 학습성과 중의 하나로 팀 구성원으로서의 능력을 포함하고 있으며 공학교육의 중요한 항목으로 강조하고 있다.

기업에서도 팀 활동은 점차 증가하고 있는 추세이다. 산업구조가 제조 기술을 중요시하는 대량생산의 시대에서 4차 산업혁명의 시대로 전환되면서 기술적인 우월성뿐 아니라 사람들의 감성을 자극하고 기술간 융합에 의한 새로운 아이디어의 제품과 서비스의 개발 역시 중요해지고 있다. 이러한 환경 변화에 따라 기업에서도 신제품의 개발이나 프로젝트의 수행을 위하여 한시적인 팀을 구성하여 운영하는 경우가 점차 증가하고 있다 (Zhang and Zhang, 2013; Gutierrez et al., 2016).

수업에서의 팀별 활동은 교과목에 따라 다수의 인원이 필요하거나 또는 다양한 능력을 필요로 하는 경우에 적용되는 경우가 많다. 일반적으로 고학년이 될수록 그리고 창의적 능력이 중요한 과목일수록 팀 활동이 많아지며 정답이 없는 비정형적인 문제를 다루는 경우가 많다. 따라서 팀 활동은 문제의 해결과정에 필요한 여러 활동들을 역할을 분담하여 진행하고 팀원간의 협의를 통하여 이를 공유하는 방식으로 전체의 과정을 팀원들이 상호 협력하여 진행하게 된다. 공학교육에서 졸업 직전에 전공 지식을 종합적으로 활용하여 문제를 해결하는 종합설계 (Capstone design)가 대표적인 교과목이라고 할 수 있다.

교과목 담당교수의 입장에서 현실적인 문제

는 ‘그럼 어떤 기준으로 그리고 어떤 방법을 사용하여 팀을 편성할 것인가?’이다. 본 논문에서는 팀 활동에 관련된 이 문제를 다루려고 한다. 수업에 참여하는 다수의 학생들이 있을 때, 이들을 팀별로 배정하는 방법을 다룬다. 팀 편성의 기준은 학생들의 학과나 학년과 같은 기본 자료와 개인별 역량(발표, 자료검색, 분석, 제작 등에 관한 능력 지수) 그리고 성격 유형이나 사고유형 등의 특성들을 전부 또는 일부 선택하여 고려할 수 있다. 이때 각 팀별로 특정한 유형의 학생이 편중되지 않고 고르게 섞이도록 하여 균형적인 팀을 구성하려고 한다. 본 논문에서는 이러한 팀 편성 문제의 특성을 고찰한 후, 문제를 해결하기 위한 모형과 이를 다양한 상황에서 적용하는 방법까지를 사례를 통하여 제시하려고 한다.

2. 팀 편성의 방법과 효과

팀의 성과는 주어진 과제를 수행하여 얻은 결과물로 평가할 수 있다. 팀 활동을 통하여 좋은 성과를 얻기 위해서는 팀원들 간의 역할 분담과 상호 협력이 대단히 중요하다. 팀 기반의 수업에서 학습 효과는 팀의 편성을 어떻게 하는가에 따라 크게 달라질 수 있다.

팀 편성 방법은 편성의 의사결정을 누가 하는가에 따라 3가지로 나누어 볼 수 있다. 교수가 지정하는 방법, 학생들이 자율적으로 원하는 학생들끼리 팀을 구성하는 방법, 그리고 학생들과 교수가 협의하여 구성하는 방법이다. 어떤 방법이 보다 나은 성과를 가져오는가에 대해서는 다양한 연구 결과가 제시되어 왔다. 팀 편성의 주체에 대해서는 교수자와 학생이 협의해서 결정하는 것이 임의로 배정하는 것보다 높은 성과를 발휘한다는 연구 결과들이 있다 (Yohanan and Revital, 2003). 학생들도 임의적인 또는 주관적인 배정보다는 객관적인 기준에 근거하여 배정하는 것을 선호한다는 결과도 있다 (Chapman et al., 2006; Kelly, 2007; Yi, 2017).

팀 기반의 수업을 진행하는 이유는 여러 가지가 있다. 수업에서 학생들이 수행해야 할 작업이

나 과제가 혼자서 수행하기 힘든 분량이거나 다양한 역량을 모두 동원해야 할 수 있는 내용인 경우에 팀을 구성하여 학생들에게 과제를 부여하게 된다. 공학교육에서는 소비자들이 원하는 혁신적인 제품을 개발하는 과정을 학습하는 것을 ‘설계 교육’이라고 부르며, 기업에서 다수의 창의적 아이디어와 협업 기술을 결합하여 아이디어를 제품화 하는 과정을 연습하고 있다.

팀을 구성하는 방법은 많은 교수자들이 수업에서 지속적으로 가지고 있던 고민 중의 하나이다. 어떤 방법이 보다 나은 성과를 가져오는 지 그리고 학생들의 만족도는 어느 정도인지는 중요한 문제이다. 본 저자도 여러 수업에서 팀 단위의 과제를 부여하기 위해 다양한 방법으로 팀을 구성해 보았다. 준비 뽑기와 같은 무작위(Random) 방법, 학생들이 원하는 학생들끼리 팀을 구성하는 방법, 학생들을 일정 기준으로 그룹화하고 그룹별로 한 명씩 선택하는 시드배정 방법 등 여러 방법이 가능하다.

앞에서 언급한 방법들을 조합하여 사용해 보기도 하였다. 저학년의 수업에 고학년들이 일부 수강하는 경우에는 이들을 사전에 서로 다른 팀에 선배정한 후에 저학년 학생들은 사후에 배정할 수도 있다. 일종의 시드 배정이다. 시드의 배정은 학생들의 남녀성별을 고려하여 이루어질 수도 있고, 성적 우수자들이 편중되지 않도록 적용하기도 한다.

팀의 구성방법에 따라 성과에 차이가 난다는 것은 예상할 수 있는 결과이고, 실제로 많은 연구 결과들이 제시되어 있다 (Roh and Sohn, 2012; Kim et al., 2013; Lee and Chung, 2017). 그러나 팀 구성에 관한 기존 연구들은 대부분 인과관계에 대한 연구들이다 (Kim et al., 2013). 즉 팀 구성 방법이 팀의 성과에 영향 준다거나 팀 구성에 있어서 어떤 요소를 고려해야 한다는 원칙적인 결과들을 제시하고 있다. 또는 여러 방법들을 비교하여 어떤 방법이 학습성이나 만족도가 높았다는 사후 조사 결과를 제시하기도 한다. 그러나 현실에서 실제 수업을 진행할 때의 고민은 ‘그래서 어떻게?(So what?)’이다. 학생들을 어떻게 팀 별로 배정해야 하는가에 대해서 대안을 제시해주는 연구 결과는 거의 없다.

팀을 구성할 때 실제 수업에서 우선적으로 고려하는 사항은 학생들의 불만이 없어야 한다는 것이다. 실제로 상당히 많은 학생들이 팀 단위의 과제 수행에 불만을 가지고 있다. 팀 편성에서의 불만의 원인은 자신이 속한 팀의 다른 팀원들에 대한 불만일 가능성이 크다. 학생 개개인의 입장에서는 보다 우수한 학생들과 합 팀이 되는 것이 좋겠으나, 모든 학생들이 그렇게 팀을 구성할 수는 없다. 결과적으로 학생들의 불만을 최소화하기 위해서는 팀을 능력 기준으로 최대한 공정하게 편성해야 한다는 것이다. 공정하다는 것은 팀별로 다양한 특성이나 능력 요소들이 최대한 비슷한 수준이 되도록 하는 것이다. 여기서 특성이나 능력을 나타내는 기초 자료로는 학업 성적, 학년이나 학과, 발표력, 외국어 능력, 컴퓨터 활용 능력, 대인 관계 능력, 성격 유형 등 다양한 요소들을 반영할 수 있다.

팀을 임의로 구성하는 경우에는 팀별로 편차가 어느 정도 있을 수밖에 없다. Table 1은 12명의 학생들을 출석부에 있는 이름 순서대로 4명씩 3개 팀으로 임의 배정한 결과이다. 학생들의 능력을 4가지 요소 A, B, C, D로 각각 10점 만점으로 나타냈다. 특히 능력 B는 팀 간에 큰 차이를 보이고 있다.

Table 2는 같은 학생들을 능력 요소들이 팀별로 최대한 균등해지도록 배정한 결과이다. 능력 A는 3팀 간에 동일하게 나타났으며, 능력 B와 C는 팀 간 최대 차이가 1이고 능력 D는 2로 나타났다. 12명의 학생을 3팀으로 배정하는 것이므로 각 능력별 12명의 학생들의 합이 3의 배수가 아니면 동일하게 배정하는 것은 원천적으로 불가능하다. Table 2의 결과는 균등한 능력 배분이라는 측면에서 최선에 가까운 배정 결과라고 볼 수 있다.

팀 편성에 대한 학생들의 만족도 증가(불만의 감소)는 팀 단위의 과제를 통하여 교육의 성과를 높이기 위한 전제조건이다. 이러한 배정의 원칙과 결과를 학생들에게 설명한 결과, 학생들도 배정의 결과에 만족하지는 못하더라도 적어도 불만을 강하게 표시하지는 않게 된다.

팀 기반의 수업을 담당하는 교수의 입장에서 팀원들 간의 상호 협력이 잘 이루어져서 원

Table 1 Randomly Assigned Teams

Teams		Attributes			
		A	B	C	D
T-1	S-1	6	4	4	2
	S-2	3	8	2	2
	S-3	3	5	8	5
	S-4	3	2	6	4
	Sum	15	19	20	13
T-2	S-5	0	1	5	9
	S-6	6	7	3	0
	S-7	2	2	8	3
	S-8	4	4	4	3
	Sum	12	14	20	15
T-3	S-9	4	0	8	5
	S-10	5	5	3	2
	S-11	5	1	7	2
	S-12	1	4	3	7
	Sum	15	10	21	16

하는 결과물이 나오는 것을 원할 것이다. 또한 그 과정에서 학생들 간에 서로 배우는 효과 나타나고 협업 과정에서 대인관계와 의사소통 능력이 배양되면 더욱 바람직하다. 종합적으로는 실무적 업무 수행에 있어서의 경험과 자신감을 갖도록 하는 것이 수업의 목표라고 할 수

Table 2 Balanced Teams

Teams		Attributes			
		A	B	C	D
T-1	S-1	6	4	4	2
	S-5	0	1	5	9
	S-6	6	7	3	0
	S-7	2	2	8	3
	Sum	14	14	20	14
T-2	S-3	3	5	8	5
	S-10	5	5	3	2
	S-11	5	1	7	2
	S-12	1	4	3	7
	Sum	14	15	21	16
T-3	S-2	3	8	2	2
	S-4	3	2	6	4
	S-8	4	4	4	3
	S-9	4	0	8	5
	Sum	14	14	20	14

있다. 학생들의 입장에서 팀원들 간에는 의견 조율, 역할 분담, 개인별 결과물의 결합, 상호 평가 등 다양한 활동을 상당한 기간 동안 같이 하게 된다. 팀의 구성원이 어떻게 편성되는가는 학생들에게 중요한 관심사항일 수밖에 없다. 따라서 최대한 공정한 팀을 구성하는 것은 학생들의 만족도를 높여 교육의 성과를 향상시키는 데 도움이 될 수 있다.

3. 팀 편성을 위한 수리적 모형

3.1 모형의 개요

본 논문에서 다루는 문제는 다수의 학생들을 일정한 기준에 따라 팀별로 배정하는 것이다. 최근 공학교육인증을 시행하는 학과들로 부터 시작하여 많은 학교와 학과에서 개설하는 캡스톤 디자인 (Capstone design) 교과목이 대표적인 예이다. 이러한 성격의 과목에서는 팀 내에 다양한 경험과 능력을 가진 학생들이 배정되는 것이 바람직하다고 알려져 있다. 즉 팀 내의 다양성을 최대화 하는 방법이다. 이 방법은 결과적으로 팀 간의 차이를 최소화하는 것과 기본적으로 동일하다 (Baker and Powell, 2002).

학생들의 배정은 개인별 특성들을 기준으로 균형 있게 배정하려고 한다. 특성값이란 성적, 학과, 학년, 성격유형과 다양한 분야에서의 능력 요소 등 개인별 특성을 계량화한 것이다. 팀별로 학생들을 배정하는 원칙은 팀별로 각 특성값들의 합이 최대한 균등해지도록, 팀 내에서는 다양한 유형의 학생이 속하도록 하는 것이다.

특성값이 연속적인 정수 또는 실수 값을 갖는 경우에 대하여 팀별 특성값의 합이 균등하게 배분되는 최적화 모형을 제시하고, 적용 사례를 소개한 연구가 있다 (Kim, 2018). 사용한 특성값은 사고유형을 설문지를 통하여 파악하고 4가지 사고유형별 점수를 사용하여 팀을 배정하였다.

그러나 특성값들은 항상 연속적인 값을 가지는 것은 아니다. 성적처럼 연속적인 실수일 수도 있고, 성격유형이나 특정 분야에 대한 능력처럼 정수 값으로 표현 가능한 경우도 있다. 또

한 성별처럼 이진 값(Binary value)도 있고, 학과와 같은 다중 값(Multi-value)도 있다. 학년은 외형적으로는 정수 값인 것처럼 보이지만, 4학년이 2학년의 2배의 능력을 가진 것이 아니므로 다중값으로 보아야 한다. 본 논문에서는 이러한 다양한 값의 특성을 가지는 경우에 대하여 균등 배분 문제를 다룬다.

3.2 기본 모형

N 명의 학생을 T 개의 팀에 각각 M 명씩 배정하는 상황을 가정해 보자. 우선 팀별로 동일한 수의 학생 배정이 가능한 경우를 다룬다. 즉, $N = MT$ 이며 팀별 인원은 모두 동일한 경우이다. 물론 실제수업에서는 팀별 인원 차이가 있을 수 있으며, 이 경우에 어떻게 적용해야 하는지는 뒤에서 다시 다룰 예정이다.

특성값이 팀별로 균등해지도록 학생들을 배정하는 문제는 일종의 균형 배분 문제(Equitable partitioning problem)라고 볼 수 있다. 여기서 변수 x_{ij} 를 수식 (1)과 같이 정의한다.

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{팀 } i \text{에 학생 } j \text{가 속하는 경우} \\ 0, & \text{기타} \end{cases} \quad (1)$$

여기서, x_{ij} 는 각 팀에 학생의 소속을 나타내는 변수(Variable)이다. 팀별 배정이라는 특성상 각 학생은 오직 그리고 반드시(If and only if) 한 팀에만 소속되어야 하므로, 이를 위한 조건은 수식 (2)와 같이 표현할 수 있다.

$$\sum_{i=1}^T x_{ij} = 1, \quad 1 \leq j \leq N \quad (2)$$

팀별 배정 인원에 대한 조건은 수식 (3)과 같다.

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} = M, \quad 1 \leq i \leq T \quad (3)$$

계량화된 특성값들이 C 종류가 있으며 a_{jk} , $j = 1, 2, \dots, N$, $k = 1, 2, \dots, C$ 를 학생 j 의 k

번째 특성값이라고 하자. 특성값이란 학점, 학과, 성격유형, 다양한 능력요소 등의 개인별 특성으로써 여기서는 계량화가 가능한 항목이라고 가정한다. 일단 여기서는 다중 값을 갖는 경우는 제외한다. 그러면 팀 i 의 k 번째 특성값의 합계 $S(i,k)$ 는 수식 (4)와 같다.

$$S(i,k) = \sum_{j=1}^N a_{jk}x_{ij}, \quad 1 \leq i \leq T, 1 \leq k \leq C \quad (4)$$

학생들을 특성값들을 기준으로 균형적인 팀을 구성하려면 팀별 특성값의 합의 편차를 최소화 하여야 한다.

팀 구성의 균형 정도를 특정하기 위한 척도로 Mingers and O'brien(1995)은 세 가지를 제시하였다. 이 중 하나는 정보이론 (IT: information theory)에 기반한 방법이다. 팀 i 의 k 번째 특성값치의 비율을 p_{ik} 라고 하면,

$$p_{ik} = S(i,k) / \sum_{i=1}^T S(i,k) \quad (5)$$

이고, IT 척도는 수식 (6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$- \sum_{k=1}^C \sum_{i=1}^T p_{ik} \ln(p_{ik}) \quad (6)$$

2장의 Table 1에서 임의 배정한 예와 Table 2에서 균등 배정을 한 경우에 대하여 특성값의 비율을 계산한 결과를 Table 3에 나타내었다. IT 척도를 계산해 보면 임의 배정인 경우에는 4.352, 균형 배정인 경우에는 4.392로 계산된다.

IT 척도의 특징은 팀의 수가 증가할수록 그리고 특성값들이 팀별로 균형적으로 배분되어 있을수록 값이 커진다는 것이다. 모든 특성값들이 팀별로 동일하게 배분되는 경우 즉, 모든 $p_{ik} = 1/3$ 인 경우의 IT 척도는 4.394이다. 그러나 앞의 예에서는 특성값이 정수 값을 가지기 때문에 모든 p_{ik} 가 $1/3$ 이 될 수는 없다. 팀 배정이 균형적일수록 IT 척도의 값이 커진다는 것은 최적화문제로 모형화 할 때 이 척도를 목

Table 3 Proportion of attributes

	Attributes			
	A	B	C	D
Randomly Assigned Team(IT value: 4.352)				
T-1	5/14	19/43	20/61	13/44
T-2	2/7	14/43	20/61	15/44
T-3	5/14	10/43	21/61	4/11
Balanced Team(IT value: 4.392)				
T-1	1/3	14/43	20/61	7/22
T-2	1/3	15/43	21/61	4/11
T-3	1/3	14/43	20/61	7/22

적함수로 이용할 수 있다는 것을 의미한다.

이 문제는 비선형 0-1 정수계획법 문제 (Nonlinear 0-1 programming)의 일종이다. 변수의 수가 팀의 수와 학생 수의 곱이 되고 목적함수가 비선형인 문제이다. 컴퓨터를 이용하여 최적해를 구하는 것은 이론적으로는 가능하지만 문제의 규모에 따라 시간이 엄청나게 소요되어 개인용 컴퓨터 수준에서는 현실적으로 사용이 쉽지 않다.

Mingers and O'brien(1995)이 제시한 다른 두 가지 척도는 팀별 구성원들의 특성값의 절대편차의 합과 편차제곱의 합이다. 절대 편차의 합은 수식 (7)과 같이 팀별 특성값과 평균과의 차이를 합한 것이다.

$$\sum_{k=1}^C \sum_{i=1}^T \left| \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T S(i,k) - S(i,k) \right| \quad (7)$$

수식 (7)도 균형적인 팀을 구하는 수리적 모형의 목적함수로 사용할 수 있으나, 비선형 수식이라는 단점은 여전히 있다.

또 다른 연구에서는 균형적인 배정을 위한 방법으로 특성값별로 상한(Upper bound)과 하한(Lower bound)을 수식 (8)과 같이 정의하였다. (Kim, 2018).

$$l_k \leq S(i,k) \leq u_k, \quad 1 \leq i \leq T \quad (8)$$

l_k 와 u_k 를 변수로 하여 $\sum_{k=1}^C (u_k - l_k)$ 를 목적함수로 하면 선형의 목적함수가 될 수 있다. 당연히 균형배정 문제의 최적해에서는 $l_k = \min_i \{S(i, k)\}$ 그리고 $u_k = \max_i \{S(i, k)\}$ 이다.

3.3 상황에 따른 모형의 적용 방법

기본모형에서는 팀별 인원수가 동일한 경우 그리고 특성값이 정수 값을 가지며 동일한 중요도로 평가하는 경우를 다루었다. 하지만 실제의 수업에서 팀별로 동일한 인원의 배정이 항상 가능한 것은 아니다. 따라서 실제 수업에서 적용하기 위해서는 다양한 상황에 대한 모형의 확장이 필요하다.

수업에서의 학생 수가 팀 수의 정수배가 아닌 경우에는 팀별 인원을 동일하게 배정하는 것이 불가능하다. 예를 들어 23명의 학생을 5개의 팀으로 구성하는 경우에는 4명씩 배정하면 3명이 남기 때문에, 2팀은 4명으로 3팀은 5명으로 구성하여야 한다. 이전 논문(Kim, 2018)에서 제시한 것과 같이 팀별로 M 명 또는 $M+1$ 명이 배정되는 경우에는 팀별 배정 인원수에 조건인 수식 (3)을 수식 (9)와 같이 수정하여 사용하면 된다.

$$M \leq \sum_{j=1}^N x_{ij} \leq M+1, \quad 1 \leq i \leq T \quad (9)$$

특성값의 성격에 따라서는 팀별 특성값을 개인의 특성값의 합이 아닌 최대값으로 생각하는 것이 보다 나을 수 있다. 예를 들어 팀별 임무를 원만하게 수행하기 위해서는 설계 능력, 발표 능력, 외국어 능력, 회계적 능력이 뛰어난 학생이 한 명 이상씩만 포함되면 문제가 없는 경우이다. 이 경우에는 팀의 특성값을 팀 내 개인별 특성값의 최대값으로 적용하기 위하여 수식(4)를 수식 (10)과 같이 수정할 필요가 있다.

$$S(i, k) = \max_j \{a_{jk} x_{ij}\} \quad (10)$$

학생들의 특성 중에는 계량화할 수 없는 요소가 있다. 학과, 성별, 학년, 편입생, 외국인 학생 등이 이와 같은 특성을 가진다. 하지만 이 중에서 성별과 같이 2진(Binary) 성격의 특성인 경우에는 0과 1로 처리해도 문제가 없다. 팀별로 남녀 비율의 균형을 맞추는 경우나 외국인 학생을 팀별로 안배하는 경우가 여기에 해당된다.

학과나 학년과 같이 다중 값을 갖는 경우는 2가지로 나누어 생각할 수 있다. 일정한 값을 갖는 학생이 대부분이고 일부 다른 값을 가진 학생들이 일부 포함되어 있는 경우에는 2진 특성으로 처리해도 무방하다. 특정 학과의 과목에 다른 학과 학생들이 약간 포함된 경우나 특정 학년의 과목에 일부 다른 학년의 학생이 포함된 경우에 해당된다. 그러나 다수의 학과가 편중되지 않게 섞여 있는 경우와 같이 학과의 특성이 중요한 경우에는 다중 값으로 처리해야 한다.

다중 값을 갖는 특성은 일반적인 수리적 모형에서 다루는 것이 쉽지 않다. 현실적으로 가능한 방법은 가질 수 있는 값의 종류만큼의 2진 변수로 처리하는 것이다. 대학에서의 학년은 특정 학년인가 아닌가를 나타내는 4개의 특성으로 분할할 수 있다. 하지만 이 방법은 대단히 비효율적이다. 따라서 좀 더 개선된 방법을 사용할 수 있다. 학년을 2진수 형태로 변환하여 2개의 2진 변수로 처리하는 것이다. 1학년은 2개의 특성값을 0과 0으로 4학년은 1과 1로 하면 보다 효율적인 방법이 될 수 있다.

경우에 따라서는 사전 배정이 필요할 수도 있다. 과제의 주제를 공모하여 팀의 수만큼 우수한 주제를 선정하고 선정된 주제를 제출한 학생을 각 팀의 팀장으로 사전에 배정하는 경우가 이런 예이다. 성적이 우수한 학생들이 한 팀에 집중되지 않도록 사전 배정할 수도 있다.

4. 사례 및 평가

본 논문에서 다루는 문제의 사례는 2018년의 수업에 참여한 학생들의 자료를 일부 수정한 것이다. 수업에 전원이 4학년인 18명의 학생이 있으며 이중에서 10명은 교과목이 개설된 학과

(D1)의 학생들이고 8명은 타 학과(D2, D3, D4)의 학생들이다. 취업 연계형 프로그램을 이수하는 3개 학과의 학생들이 수업에 참여하여 현장에서의 문제를 해결하는 융합 성격의 캡스톤디자인 과목이다.

학생들을 팀당 4~5명씩 4개 팀을 편성하려고 한다. 팀의 구성은 학생들의 업무의 유형별 선호도를 나타내는 3가지의 특성을 반영하여 편성되되, 한 팀에 특정학과의 학생들이 편중되지 않도록 학과별 배분을 동시에 고려하려고 한다.

팀의 편성에 있어서, 먼저 주제에 대하여 모든 학생들로부터 제안서를 받아 우수한 내용의 제안서를 제출한 4명을 선발하여 각 팀의 주제로 삼아 이들을 4개 팀에 분배하고 나머지 학생들을 4개 팀에 나누어 배정하는 방법을 사용하였다. 학생 1번에서 4번이 사전 배정된 학생들이다. 학생들에 대한 자료는 Table 4와 같다.

여기서 특성값들은 3가지의 업무에 대한 상대적 선호도를 각각 5점 만점으로 나타내고 있다.

먼저 소속 학과를 고려하지 않고 특성값만을 반영하여 배정하는 문제에 수리적 모형을 적용해 보았다. 사전 배정한 4명의 학생들을 제외하

Table 4 Characteristics of Students

Student No.	Dept.	Attributes Score		
		A1	A2	A3
1	D3	5	2	2
2	D1	3	5	2
3	D1	1	5	4
4	D4	5	1	2
5	D2	4	3	2
6	D1	5	1	1
7	D2	5	1	2
8	D1	4	2	3
9	D1	2	5	0
10	D3	4	3	4
11	D1	1	3	3
12	D1	4	4	1
13	D1	1	1	5
14	D3	4	1	2
15	D4	3	2	1
16	D2	2	4	1
17	D1	5	2	1
18	D1	2	4	5

고 나머지 학생 14명을 4개 팀에 특성값 3가지를 고려하여 배정하는 문제이다. 따라서 이 문제는 혼합 0-1 정수계획법 문제(Mixed 0-1 programming)의 일종이다.

이 문제는 문제의 규모가 크지 않아 EXCEL의 해찾기 기능을 이용하여 최적해를 구하였다. 그 결과 학생들의 팀은 Table 5와 같이 나타났다.

최적해의 내용을 보면, 팀별 특성값 합계가 A1에서는 동일했으며, A2와 A3에서는 1의 차이를 보였다. 특성값이 정수 값을 갖기 때문에 특성값의 전체 합계가 팀 수의 배수가 아닌 경우 1의 차이가 나는 것은 불가피한 결과이다. 팀의 인원은 두 팀이 4명, 다른 두 팀이 5명이었다. 팀의 인원이 4팀이 경우에는 특성값이 상대적으로 높은 학생이 포함되는 경향을 보였다. 그러나 학과를 고려하지 않고 배정한 결과 T3에는 D1학과의 학생이 4명이 있는 것처럼 학과의 편중이 나타났다.

Table 5 Teams by Attributes

Team No.	Student No.	Dept.	Attributes Score		
			A1	A2	A3
T1	1	D3	5	2	2
	8	D1	4	2	3
	12	D1	4	4	1
	18	D1	2	4	5
	Sum		15	12	11
T2	2	D1	3	5	2
	5	D2	4	3	2
	10	D3	4	3	4
	14	D3	4	1	2
	Sum		15	12	10
T3	3	D1	1	5	4
	6	D1	5	1	1
	11	D1	1	3	3
	15	D4	3	2	1
	17	D1	5	2	1
Sum		15	13	10	
T4	4	D4	5	1	2
	7	D2	5	1	2
	9	D1	2	5	0
	13	D1	1	1	5
	16	D2	2	4	1
Sum		15	12	10	

이번에는 학과를 고려하여 팀을 배정해 보았다. 4개 학과의 학생들이 포함되어 있으나 주관 학과인 D1외에는 학과별 인원이 3명 이하여서 D1학과의 학생 수만 균형 있게 배분하는 것으로 하였다.

이 문제를 모형화하여 최적해를 구하는 과정에서 학과를 나타내는 특성값을 정할 때, D1학과를 1로 하고 타 학과를 0으로 하는 것과 반대의 방법은 외형적으로 같아 보이지만, 이번 사례처럼 팀의 인원이 일정하지 않은 상황에서는 다른 결과를 가져올 수 있다. D1학과를 1로 하는 경우에는 특성값의 총 합이 10이어서 4개의 팀으로 배분하면 2 또는 3의 값이 배정될 것이다. 그 경우 인원이 5명인 팀에 2가 배정이 되고 인원이 4명인 팀에 3이 배정이 되면, D1 이외의 학과 학생의 수는 팀원이 5명인 팀에는 3명이 그리고 팀원이 4명이 팀에는 1명이 배정되어 차이가 커진다. 따라서 D1학과를 0으로 타 학과를 1로 코드화 하여 모형을 적용하는 것이 바람직하다. 이러한 방법으로 학과와 3가지 특성값을 균형 있게 배분한 결과는 Table 6과 같다.

팀원이 5명인 팀에는 D1학과 3명과 타 학과 2명이, 팀원이 4명인 팀에는 D1학과 2명과 타 학과 2명이 배정되었다. 특성값의 균형 배분은 A1과 A2의 경우에는 이전과 동일한 차이를 보였으나, A3의 경우에는 차이가 2로 확대되었다.

사례에서 나타난 것처럼 균형 있게 배분해야 할 특성값의 수가 증가하면 팀별로 차이를 보이는 특성값이 발생할 수밖에 없다. 이 경우에는 어떤 특성값을 보다 중요하게 고려해야 하는가를 결정하고 이를 가중치로 반영하는 등의 보완이 필요할 것으로 판단된다.

5. 결론 및 추후 연구 방향

대학 수업에서 팀 기반의 운영이나 팀별 과제 부여는 일반적인 현상이 되었다. 하지만 학생들은 팀 기반의 수업 운영에 대해 상당한 불만을 가지고 있는 것으로 보고되고 있다. 이

는 팀 편성 방법에 있어서 공정성 및 객관성이 있어야 해결될 수 있는 문제이다. 팀을 어떻게 편성하는 것이 좋은가 하는 문제는 본 저자를 포함하여 많은 교수자들이 고민해 오던 문제이다. 학생들의 개인적 특성과 능력이 발휘될 수 있도록 팀을 편성하는 것은 팀 기반의 수업에서 교육의 효과를 제고하는데 대단히 중요한 요소이다.

팀의 구성 방식이 교육의 성과에 영향을 준다는 것은 당연히 예상할 수 있으며 실제로 많은 연구 결과가 제시되었다. 그러나 이러한 연구들은 단지 인과관계에 대한 이론적인 조사일 뿐이었다. 교수자 입장에서는 실제적인 팀 구성 방법이 필요한 상황이다.

본 논문에서는 학생들 개인별로 다양한 특성값들, 예를 들어 성적, 학년, 성격, 사고유형, 실행능력 등에 대한 자료가 주어졌을 때의 팀 편성 방법을 제시하였다. 특성값들 기준으로 균형

Table 6 Teams by Attributes and Dept.

Team No.	Student No.	Dept.	Attributes Score		
			A1	A2	A3
T1	1	D3	5	2	2
	8	D1	4	2	3
	9	D1	2	5	0
	10	D3	4	3	4
	Sum		15	12	9
T2	2	D1	3	5	2
	6	D1	5	1	1
	13	D1	1	1	5
	14	D3	4	1	2
	16	D2	2	4	1
	Sum		15	12	11
T3	3	D1	1	5	4
	7	D2	5	1	2
	11	D1	1	3	3
	15	D4	3	2	1
	17	D1	5	2	1
	Sum		15	13	11
T4	4	D4	5	1	2
	5	D2	4	3	2
	12	D1	4	4	1
	18	D1	2	4	5
	Sum		15	12	10

적인 팀을 구성하는 모형을 제시하고 사례를 통하여 팀을 편성하는 과정을 보였다.

어느 부분까지 팀 편성에 반영해야 하는가는 실제 수업에서 담당 교수가 판단할 부분이다. 가능하면 많은 요소를 고려하는 것이 좋겠지만 현실적으로 특성값의 종류가 많아질수록 모든 특성값들이 균형을 이룰 가능성은 점점 낮아질 수 있다. 경우에 따라서는 특정 능력 요소에 있어서는 불균형의 정도가 커질 수도 있다고 판단된다. 이 경우에는 불균형 정도의 합을 최소화하는 것이 아니라 능력 요소별 불균형의 최대값을 최소화하는 방법이 더 현실적인 접근 방법이 될 수도 있을 것이다.

제시한 팀 편성 방법은 완성된 것이 아니며 추가적인 연구가 필요하다. 학생 수 또는 팀의 수가 많아지면 수리적 모형의 최적해를 구하는 것이 상당히 긴 컴퓨터 시간을 필요로 한다. 실제 교수들이 수업에 적용하기 위해서는 개인용 컴퓨터 수준에서 팀 배정의 결과를 얻을 수 있어야 하며, 이를 위해서는 탐색적 방법이나 발견적 해법(Heuristic)의 개발이 필요할 것이다.

본 논문에서 제시한 방법이 수업에서 팀을 구성할 때 최선의 방법은 아닐 것이다. 그러나 하나의 대안으로서 또는 참고자료로는 의미가 있다고 판단된다.

References

- Baker, K. R., and Powell, S. G. (2002). Methods for Assigning Students to Groups: A Study of Alternative Objective Functions, *Journal of Operational Research Society*, 53(4), 1997-2010.
- Chapman, K. J., Meuter, M., Toy, D., and Wright, L. (2006). Can't We Pick Our Own Groups? The Influence of Group Selection Method on Group Dynamics and Outcomes, *Journal of Management Education*, 30(4), 557-569.
- Gutierrez, J. H., Astudillo, C. A., Ballesteros-Perez, P., Mora-Melia, D., and Candia-Vejar, A. (2016). The Multiple Team Formation Problem using Sociometry, *Computers and Operations Research*, 75, 150-162.
- Kelly, P. (2007). Achieving Desirable Group-work Outcomes through the Group Allocation Process, *Team Performance Management*, 14(1/2), 22-38.
- Kim, J. (2019). Fair Assessment Method Reflecting Individual Ability in Capstone Design Course, *Journal of Engineering Education Research*, 22(2), 36-45.
- Kim, J.-H. (2018). A Mathematical Model for Balanced Team Formation in Capstone Design Class, *Journal of Engineering Education Research*, 21(4), 28-34.
- Kim, T.-H., Jo, H.-J., and Sim, Y.-K. (2013). Analysis of Team Creativity in Design Problem Solving Based on MBTI Modes, *The Korean Journal of Technology Education*, 13(3), 183-207.
- Lee, H., and Lee, J. (2003). Analysis of Causal Relationship among Education Quality Factors using Path Analysis, *Journal of the Korean Industrial Information Systems Research*, 8(2), 72-83.
- Lee, H. O., and Chung, D. S. (2017). Impact of Team Diversity and Team Member Exchange on the Team Creativity and Team Performance, *Journal of Human Resource Management Research*, 24(3), 127-151.
- Lee M.-B. (2010). The Impact of Flow on Learning Performance in the e-Learning Systems, *Journal of the Korean Industrial Information Systems Research*, 15(1), 85-94.
- Lee, Y. H., and Jeon, H. J. (2011). Students' Information Communication Skill Affecting Relationship among Technology Acceptance, Education Service Quality, Relationship

- Quality, and Education Service Satisfaction, *Journal of the Korean Industrial Information Systems Research*, 16(5), 73-81.
- Lee, Y. M. (2015). The Impact of the Team Composition on the Learning Outcomes in the Team Based Project Learning, *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 15(12), 363-386.
- Mingers, J., and O'Brien, F. A. (1995). Creating Student Groups with Similar Characteristics: a Heuristic Approach, *Omega*, 23(3), 313-321.
- Roh, Y. H., and Sohn, Y. W. (2012). The Influence of Demographic and Cognitive Diversity and Personality Factors on Team Performance, *The Korean Journal of Industrial and Organizational Psychology*, 25(4), 861-887.
- Yi, K. Y. (2017). Team Organizing Method for Developing Teamwork Skills, *Journal of Engineering Education Research*, 20(1), 45-52.
- Yohanan, E., and Revital, K. (2003). Perceived Classroom Control, Self-regulated Learning Strategies, and Academic Achievement, *Educational Psychology*, 23(3), 249-260.
- Zhang, L., and Zhang, X. (2013). Multi-objective Team Formation Optimization for New Product Development, *Computers and Industrial Engineering*, 64, 804-811.



김 중 환 (Jong-hwan Kim)

- 종신회원
- 서울대학교 산업공학과 공학사
- KAIST 경영과학과 공학석사
- KAIST 경영과학과 공학박사
- (현재) 대구대학교 산업경영 공학과 교수

• 관심분야 : 경영과학, 설계교육, 기술경영