

다단 랜덤화 토너먼트 경쟁방식 및 그의 공정성에 대한 연구

이기원¹ · 이정순² · 심승용³

¹³한림대학교 금융정보통계학과 · ²레이디스트(주)

접수 2015년 6월 23일, 수정 2015년 7월 13일, 게재확정 2015년 7월 14일

요약

경쟁 시스템에서 최종 우승자를 결정하기 위해 다양한 방법을 사용한다. 많은 스포츠 경기에서는 1-in-2 토너먼트 방식으로 우승자를 가리거나 이의 변형된 방법으로 우승자를 가린다. 본 연구에서는 일반적인 경기보다 훨씬 많은 경쟁 참여자가 존재하고, 이를 많은 임의의 심사자가 심사하는 상황에서 최종 우승자를 가리는 상황에서 활용할 수 있는 경쟁 시스템의 한 방법을 제안한다. 이와 같이 다수의 경쟁자와 다수의 심사자가 존재하는 상황은 가상공간에서 흔히 보는 각종 앱의 선호도 조사 등에서 발생한다. 본 연구에서는 knock-out 토너먼트를 발전시켜 각 라운드마다 경쟁자를 임의배정하는 다단 랜덤 토너먼트를 제안하고 제안된 방식의 공정성에 대해서 알아본다. 또한 일정한 조건 하에서 특정 심사자가 미치는 심사 영향력을 수치화하여 각 심사자의 영향력을 비교할 수 있게 하였다.

주요용어: 경쟁방식, 공정성, 등확률, 랜덤 토너먼트.

1. 서론

경기나 게임 등의 결과에 대한 연구는 많은 분야에서 이루어지고 있으나 (Kim과 Min, 2014; Lee, 2014, 2015) 경기방식에 대한 연구는 많지 않으며 여러가지 토너먼트 (tournament) 방식 중의 하나를 적용한다. 토너먼트는 상대적으로 많은 경쟁자가 있는 경기나 게임에서 승자를 가리는 방법 중의 하나이다. 일반적인 토너먼트는 각 시합에서 2명의 경쟁자 중의 한 명의 승자를 다음 라운드에 진출시킨다. 대부분의 토너먼트는 최초의 배정에서 경쟁자를 임의 배정하는 것이 일반적이며 이와 같은 토너먼트 배정을 해주는 공개된 사이트도 많다. Challenge! (2015)와 Random Result (2015) 등이 그 중 일부이다.

토너먼트 방식에는

- Knock-out 토너먼트: 각 라운드에서 승자와 패자가 나뉘며 승자는 다음 라운드로 진출하고 패자는 경쟁에서 탈락하는 방식으로 많은 운동경기 등에서 사용된다.
- 그룹 토너먼트: 흔히 리그 (league)라고 일컫는 방식으로 각 경기 또는 게임에서 승점을 배정하고 승점이 가장 높은 참가자가 우승하는 방식이다.
- Multi-stage 토너먼트: FIFA 월드컵 같이 대륙별 예선을 먼저 거친 후 본선을 진행하거나 프로 야구와 같이 정규시즌을 진행한 후 플레이 오프에서 최종 승자를 결정하는 등 둘 이상의 단계를 거치는 경쟁방식이다.

¹ (200-702) 강원도 춘천시 한림대학길 1번지, 한림대학교 금융정보통계학과, 교수.

² (137-842) 서울시 서초구 방배로 93, 레이디스트(주), 대표이사.

³ 교신저자: (200-702) 강원도 춘천시 한림대학길 1번지, 한림대학교 금융정보통계학과, 교수.

E-mail: sysim@hallym.ac.kr

등의 방법이 있다. 토너먼트의 진행은 각 경쟁자끼리 연결된 그래프를 형성하므로 그래피 이론을 적용한 연구분야도 있다 (Chung과 Graham, 1991).

스마트폰이 일반화되면서 인터넷에 대한 접근성이 훨씬 더 높아진 현대 사회에서 프로모션이나 정보 수집 등의 목적으로 가상공간에서 다수의 대중을 대상으로 하는 행사가 많아졌다. 그 중의 하나로 다수의 일반인이 인터넷에 올린 작품의 심사를 다수의 일반인에게 의뢰하는 방식을 생각할 수 있다.

이 방법은 일반적인 운동경기보다 훨씬 많은 경쟁자가 출품작을 정해진 웹사이트에 올리게 된다. 또한 이 경우 출품작들끼리 경기를 벌이는 것이 아니라 심사위원이 심사를 하여 다음 라운드에 진출할 작품을 선정한다. 심사위원 역시 인터넷으로 특정 사이트에 접속한 일반인으로 대개 출품작보다 훨씬 많은 심사위원이 있는 상황이다.

본 연구에서는 이와 같이 많은 출품작과 많은 심사자가 존재하는 상황에서 최우수작을 선정하기 위한 방법으로 새로운 knock-out 토너먼트의 방식을 제안하고, 이 방식의 공정성을 검토하고자 한다.

2. 다단 랜덤 토너먼트

다수의 사용자가 있는 공개된 인터넷 환경에서

1. 응모자는 응모 사이트에 사진이나 동영상 등의 작품을 탑재한다.
2. 심사자는 응모된 작품이 올라온 사이트에서 응모작에 대한 평가를 한다.
3. 서버에서는 심사자의 평가를 종합하여 수상작을 선정한다.

의 과정을 거쳐 작품응모, 심사 및 수상작을 선정할 때 공정한 심사과정에 대해 생각해보자. 응모, 심사 및 수상작 발표 과정은 대략적으로 아래와 같다.

1. 특정 시점 (예: 심사 1주일 전)에 응모주제가 발표되어 준비 작업.
 - 응모자는 자신의 스마트폰 등에 있는 사진/동영상 등 주제에 맞는 작품을 응모.
 - 해당 주제 심사가 시작되기 전날 마감되고, 투표가 준비됨.
2. 심사자는 투표기간 중 임의의 시각에 접속하여 투표를 진행함.
 - 화면에 뜨는 k 개의 응모작 중 가장 우수한 것에 투표함.
 - 접속한 시간대의 투표 라운드에 참여하게 됨.
3. 최종 라운드가 끝나면 즉시 결과가 발표됨.

2.1. 1-in- k 다단 랜덤 토너먼트

앞 절의 과정을 공정하게 진행하기 위해 1-in- k 다단 랜덤 토너먼트 (multi-stage random tournament) 방식으로 각 라운드를 진행하는 과정을 살펴보자.

공개된 인터넷 환경이므로 많은 출품작과 이보다 더 많은 심사자가 있는 것으로 가정하며 심사자가 모 든 작품을 심사할 수 없으므로 n_0 개의 작품을 m_0 명의 심사자가 심사할 때 경쟁을 토너먼트로 하는 방식이다. 대개의 토너먼트는 1-in-2 토너먼트 방식으로 이는 두 개의 경쟁작 중에서 하나를 선택하여 다음 라운드로 진행되는 방식이다. 또한 일반 토너먼트는 최초 한 번의 랜덤화를 하고 그 후에는 각 라운드에서 승자가 다음 라운드에 올라오지만 다음 라운드에서 다시 랜덤화를 하지는 않는다.

1-in- k 다단 랜덤 토너먼트는 최초 n_0 개의 출품작을 m_0 명의 심사자에게 각각 k 개의 작품을 랜덤하게 배정하여 심사를 하고, 다음 라운드에 진출한 작품은 다시 랜덤화를 하게 된다. 즉, 각 라운드에서 매번 랜덤화를 하는 과정이 추가된다. 랜덤화를 하기 위한 난수발생은 Kroese 등 (2011)의 알고리즘을 사용하거나 R-언어 (R Core Team, 2014) 등 사용언어에 내장된 난수 함수를 사용할 수 있다. Figure 2.1에 n_0 개의 출품작에 대한 1-in- k 토너먼트 방식이 어떻게 진행되는지 도시하였다. 이 그림에서 파선

은 k 개를 심사위원에게 임의배정함을, 실선은 k 개 중 한 개가 다음 라운드에 진출함을 의미한다. 이 때 필요한 라운드의 수는 다음 정리로부터 얻어진다.

정리 2.1 일반적으로 n_0 개의 출품작이 1-in- k 토너먼트 방식으로 경쟁하여 최종적으로 한 개의 출품작을 뽑을 경우 필요한 라운드의 수는

$$\lceil \log_k n_0 \rceil + 1 = \frac{\log n_0}{\log k} + 1$$

이다. 단 $\lceil x \rceil$ 는 x 보다 작은 정수 중 가장 큰 정수이며 $\log_k x$ 는 밑이 k 인 로그함수, \log 는 상용로그 및 자연로그를 포함한 임의의 밑을 사용한 로그함수이다.

증명: 만일 심사과정이 한 번의 라운드만 진행하였다면 전체 출품작은 k^1 보다 같거나 작다. 예를 들어 1-in-3 랜덤 토너먼트에서 라운드의 수가 1이면 출품작의 수는 $3^1 = 3$ 과 같거나 작다.

같은 방법으로 만일 심사과정이 두 번의 라운드를 거쳤다면 출품작의 수는 $k^1 + 1$ 이상 k^2 이하이며 심사과정이 세 번의 라운드를 거친 경우 출품작의 수는 $k^2 + 1$ 이상 k^3 이하이다. 따라서 이를 축차적으로 적용하면 r 번의 라운드가 진행된다면 출품작의 수는 $k^{r-1} + 1$ 이상 k^r 이하이다. 즉,

$$k^{r-1} < n_0 \leq k^r$$

을 얻으며, 양변에 k 을 밑으로 하는 로그를 취하면 원하는 결과를 얻는다. □

예를 들어 1-in-3 토너먼트에서 출품작이 3개이면 $\log_3 3 = 1$ 이므로 1보다 작은 정수 중 가장 큰 정수인 0에 1을 더해 한 번의 토너먼트가 필요하다. 만일 1-in-3 토너먼트에서 출품작이 25개이면 $\log_3 25 = 2.93$ 이므로 3번의 라운드가 필요하다. 이 경우 25개를 3개씩 나누면 9개의 그룹이 만들어지고, 한 번의 라운드에서 각 그룹에서 하나씩 선택되어 다음 라운드에서는 9개에서 다시 3개씩 그룹을 형성하고, 마지막 라운드에서는 이 세 개 중 한 개를 최종 라운드에서 선택하게 된다.

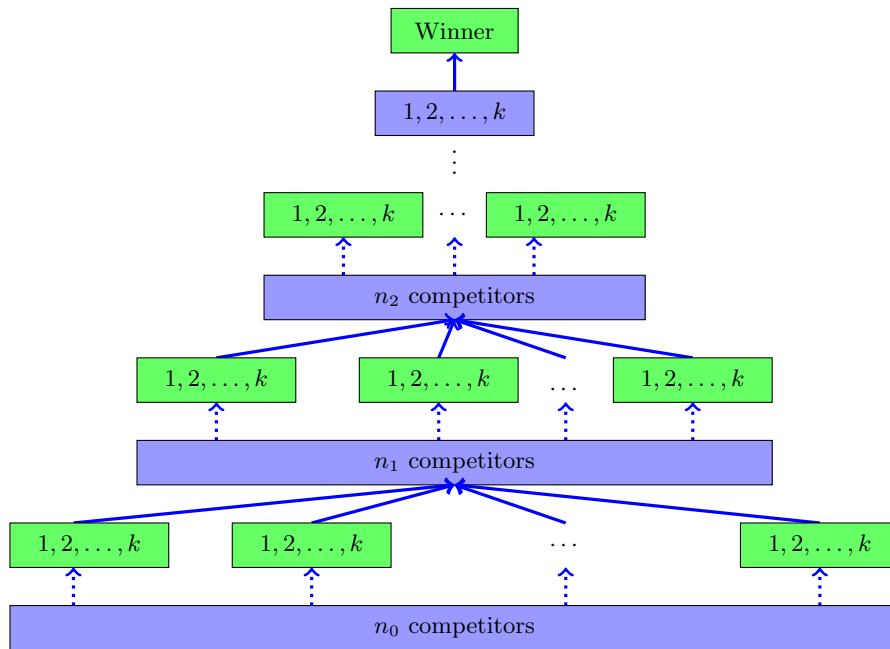


Figure 2.1 A 1-in- k random tournament

2.2. 일반 토너먼트와 1-in- k 랜덤 토너먼트의 비교 및 차순위 결정

랜덤 토너먼트는 각 라운드에서 난수를 사용하여 출품작을 임의의 순서로 배열하고 이를 심사자가 보고 인하였을 때 순서대로 k 개씩의 심사대상 작품을 보여준다. 일반적인 토너먼트는 최초 한 번의 랜덤화만 이루어지나 다단 랜덤 토너먼트에서는 최종 라운드를 제외한 모든 라운드마다 랜덤화를 실시한다. 최종 라운드에서는 k 개 이하의 작품 모두를 모든 심사자가 심사를 하게 되므로 랜덤화가 필요하지 않다.

만일 1등 뿐만 아니라 차순위작들도 결정하고자 하면 최종 라운드에 진출한 k 개 중 차점자는 2등, 차차점자는 3등 ... 등으로 정할 수 있으며 k 등을 넘어가는 순위까지 결정하게 되는 경우 직전 라운드에서 최고점자들을 제외한 (이들은 최종 라운드 진출함) 나머지 출품작에서 점수 순서대로 등위를 정할 수 있다.

3. 공정성 검토

앞에서 본 방식의 1-in- k 랜덤 토너먼트가 공정하게 이루어지는지 검토해보자. 여기서 각 심사자의 공정성은 심사자의 주관적 판단이므로 검토의 대상이 아니며, 각 출품작이 각 심사자에 공정하게 배정되는지를 검토할 것이다. 공정하게 배정된다는 것은 특정한 출품작이 특정한 심사자에게 배정될 확률이 다른 출품작 또는 심사자에 비해 크거나 작지 않고 모두 같음을 의미한다.

사용할 토너먼트 방식은 심사 시작시 (첫 번째 라운드) n_0 개의 출품작을 난수를 사용하여 임의로 배열한 후 한 명의 심사자가 심사를 위해 접속할 때 마다 k 개를 보여주고 이를 심사하게 한다. 이 때 참가한 심사자의 수를 m_0 이라고 하자.

첫 번째 라운드에서 선정되어 다음 라운드에 진출한 작품의 수를 n_1 개라고 하면 n_1 은 $[n_0/k] + 1$ 개가 된다. 이 n_1 개의 작품을 다시 난수를 생성하여 랜덤화하여 첫 번째 라운드와 같은 방법으로 k 개씩 묶어 이를 심사자에게 심사하도록 한다. 이 때 심사에 참여한 사람의 수는 m_1 이라고 하자. 이 과정이 두 번째 라운드이며 각 라운드의 심사자가 모두 같지는 않다.

일반적으로 i 번째 라운드에서는 임의 배정된 n_{i-1} 개의 작품을 m_{i-1} 명의 심사자가 심사하게 된다 ($i \geq 2$).

1-in- k 랜덤 토너먼트에서 먼저 아래의 상황을 가정한다.

1. i 번째 라운드에 진출한 출품작의 갯수가 n_i 개일 때 $g_i = n_i/k$ 은 자연수이다.
2. 심사자는 로그인을 하는 방식이나 Cookie를 통한 방식 등으로 식별할 수 있다.
3. 로그인 방식에서 다중 아이디를 사용하여 한 명이 여러 아이디를 통해 로그인하는 경우는 없는 것으로 가정한다.
4. 한 명의 심사자는 각 라운드에서 한 번씩만 심사한다.
5. 각 라운드가 끝나고 다음 라운드에 올라온 후보작은 다시 임의배정 과정을 거쳐서 k 개씩 배정한다.

정리 3.1 위의 가정이 성립하면 특정한 심사자가 특정한 i 번째 출품작을 심사할 확률은 k/n_i 으로 모두 같으므로 공정한 심사가 이루어진다.

증명: i 번째 라운드에서 만들어진 k 개씩의 그룹의 수가 g_i 개이므로 특정한 심사자가 특정한 그룹을 심사할 확률은 n_i 개의 출품작이 일양분포 (uniform distribution)의 확률로 임의배정되었으므로 $1/g_i$ 로 동일하다. 따라서 등확률 관점에서 공정한 배정이다.

특정한 작품이 특정한 심사위원에게 배정될 확률은 이 작품이 특정한 그룹에 배정될 확률과 같으므로 역시 $1/g_i$ 로 동일하다. 이는 앞에서와 같이 특정 작품이 g_i 개의 그룹 중에 하나로 일양분포에 의해 임의 배정되기 때문이다. □

3.1. 가정에 대한 검토 및 공정성의 계산

위의 가정들 중에서 일부는 엄밀하게 성립되지 않을 수도 있으므로 이에 대한 검토가 필요하다.

1. 만일 $g_0 = n_0/k$ 가 자연수가 아니면 첫 번째 라운드에서 한 그룹 (편의상 이를 마지막 그룹이라 한다)에는 k 개가 배정되지 않는다. 예를 들어 25개의 출품작이면 세 개씩 8개의 그룹이 만들어지고 25번째는 한 개만 배정되며, 26개의 출품작이면 마지막 그룹에는 두 개의 출품작이 배정된다. 만일 마지막 그룹에 한 개만 있으면 부전승으로 하고 두 개 이상일 경우 심사자에게 배정한다면 특정 작품이 특정 심사자에게 배정될 확률은

- (a) 마지막에 한 개만 남아 부전승인 경우: 임의로 그룹에 배정되므로 g_i 개의 그룹 중 한 개의 그룹에 속할 경우에만 부전승으로 다음 라운드에 올라가게 되는데 이 경우 특정 작품이 부전승으로 올라갈 확률은 $1/n_i$ 로 모두 같다. 또한 한 라운드에서 부전승으로 올라가더라도 다음 라운드에서 다시 그룹을 일양분포의 확률로 임의배정하므로 공정성이 훼손되지 않는다.
- (b) 마지막에 두 개 이상이 남아 심사자에게 배정될 경우: $g_i - 1$ 개의 k 개 작품의 그룹과 마지막 g_i 번째 그룹에서 k'_i ($2 \leq k'_i \leq k - 1$)개의 작품이 배정된다. 이 경우도 앞의 경우와 마찬가지로 특정 작품이 마지막의 k'_i 개의 작품이 배정되는 그룹에 배정될 확률은 k'_i/n_i 로 모두 동일하므로 공정성이 훼손되지 않는다. 뿐만 아니라 특정 심사자가 k'_i 개의 작품만 배정된 그룹을 심사할 확률은 $1/g_i$ 로 동일하여 공정성이 담보된다.
- (c) (a)의 경우 부전승에 배정된 작품은 등확률로 임의배정되므로 공정성은 담보되나 특정한 작품이 부전승이 되는 것에 대한 이의제기 등의 문제를 배제하기 하기 위해 $k \geq 3$ 인 경우 다음과 같은 방법을 사용할 수도 있다.

k 개씩 그룹을 만들 때 마지막 그룹이 한 개 출품작으로만 구성되어야 하는 경우 k 개로 구성된 하나의 그룹과 한 개의 작품을 합해 $k + 1$ 개를 두 개의 그룹으로 구성하여 심사대상으로 만든다. 예를 들어 k 가 3이고 25개의 출품작이 있으면 8개의 세 개씩 그룹과 한 개의 부전승을 만들지 않고 7개의 세 개씩 그룹과 두 개의 두 개씩 그룹으로 만드는 방법이다. 이 방법으로 그룹을 구성할 경우 k 가 홀수이면 $(k + 1)/2$ 개의 출품작으로 구성된 그룹이 두 개가 되며 특정한 작품이 이 그룹에 포함될 확률은 $1/\binom{g_i}{2} = 2/(g_i(g_i - 1))$ 로 모든 출품작에 대해서 동일하며, k 가 짝수인 경우 $[(k + 1)/2]$ 개의 그룹과 $[(k + 1)/2] + 1$ 개의 출품작으로 구성되는 그룹이 하나씩 만들어지며, 이 경우 특정 출품작이 각 그룹에 속할 확률은 $1/g_i$ 로 모든 출품작에 대해서 동일하다.

2. 특정한 심사자가 중복되지 않은 두 개 이상의 그룹을 심사할 수 있도록 허용할 때:

- (a) 특정한 심사자가 심사하는 그룹의 수를 모두 같도록 강제하는 경우:

- i. 각각의 심사자가 심사한 그룹의 갯수가 다를 경우 각 심사자가 심사한 그룹의 갯수 중 최솟값을 취하고 이 최솟값보다 큰 횟수만큼 심사한 심사자의 심사는 임의로 선택하여 배제하는 방법이다. 예를 들어 세 명의 심사자가 각각 3개, 4개, 3개의 그룹을 심사하

였다면 4개를 심사한 심사자의 심사결과 중 한 개를 임의로 선택하여 이 심사결과는 배제하는 방법으로 모든 심사자가 3개의 그룹을 심사하게 한다.

이 방법은 등확률 관점에서는 공정성이 담보되나, 심사자의 입장에서는 4개를 심사했더니 그 중 하나를 주최측에서 임의로 배제하였다고 이의제기를 할 수 있으므로 이 내용을 사전에 공지하고 동의를 받아야 한다.

- ii. 또 다른 방법으로 심사자가 로그인 등으로 식별되고 심사에 참가할 시 사전에 지정한 그룹의 갯수만큼 심사하도록 할 수 있다. 예를 들어 심사자가 로그인하면 팝업 창 등을 통해 3개의 그룹을 반드시 심사하여야 하며 3개 미만을 심사할 때는 심사결과가 반영되지 않음을 고지하고, 실제로 3개 미만의 심사인 경우 심사결과를 배제하여 모든 심사자가 동일한 갯수의 그룹을 심사하게 만든다. 이 방법을 사용하면 l 이 심사자가 심사할 그룹의 갯수일 때 모든 심사자가 특정한 그룹을 심사할 확률이 $1/(g_i)$ 로 동일하다.

- (b) 특정한 심사자가 심사한 횟수가 모두 같지는 않은 경우: 어떤 심사자는 3개의 그룹을 심사하고 어떤 심사자는 2회를 심사한다면 특정 심사자가 특정 작품을 심사할 확률은 달라지므로 한 심사자가 심사한 작품수 관점에서 등확률은 담보되지 않는다.

하지만 현실적 고려에서 모든 심사자에게 동일한 횟수의 심사를 요구하는 것이 가능하지 않을 수 있고, 동일한 심사 횟수 제약 때문에 너무 많은 심사자를 배제함으로써 일부 적극적인 심사자의 심사만 반영되어 결과적으로

- i. 특정 집단에게서만 평가를 받게 되고
- ii. 심사자의 수가 작아짐으로써

오히려 공정하지 않은 심사가 될 가능성이 있다. 특히 심사자가 특정 작품을 좋게 또는 나쁘게 평가하려는 의도가 있는 경우 적극적일 수 밖에 없어서 나쁜 심사자가 많아지는 문제가 발생할 수도 있다.

현실적으로 인터넷의 공개 평가의 경우 마케팅 회사 등이 사람을 동원하여 평가를 하는 경우를 배제할 수 없으며, 만일 이런 경우가 발생한다면 불공정한 심사자가 적극적인 심사자가 되고, 적극적인 심사자의 심사결과만 반영하는 우를 범할 수 있다.

따라서 이와 같은 현실을 고려하면 심사자가 서로 다른 횟수의 심사를 하였을 때 이를 전부 반영하는 것이 오히려 현실적으로 더 공정할 수도 있다. 랜덤 토너먼트 방식에서는 각 라운드에서

- i. 매번 랜덤화를 진행하고,
- ii. 심사대상 그룹을 심사자에게 순차적으로 임의배정하며
- iii. 한 심사자가 한 그룹에 대해서 두 번 이상의 심사를 하지 못하므로 (Figure 3.1 참조)

특정한 작품에 대해서 계속하여 높거나 낮은 점수를 주는 것을 원천적으로 차단하게 되어 일반적으로 인터넷에서 행해지는 심사 방식보다는 공정성이 훨씬 높다.

r_i 를 i 번째 라운드에서 각 그룹의 반복심사횟수라 하고 a_j 를 심사자 j 가 심사한 그룹의 수라고 하면 심사자 j 의 심사의 영향력은

$$\frac{a_j}{g_i r_i} \quad (3.1)$$

로 표현할 수 있으며 이 값이 모두 동일한 경우가 이상적이라고 할 수 있다. 이 값은 a_j 가 최소 1에서 (한 그룹만 심사) 최대 g_i 까지 (모든 그룹 심사) 가능하므로 영향력은 $1/g_i r_i$ 부

터 $1/r_i$ 사이의 값을 갖는다. 따라서 심사자가 많으면 r_i 가 커져서 한 심사자의 영향력은 줄어들게 되며, 출품작이 많으면 한 심사자가 모든 그룹을 심사하기 어려워져서 최댓값 $1/r_i$ 에 도달하기 어려워진다. 따라서 출품작이 많을수록 더 특정 심사위원의 영향력이 줄어들어 공정성이 높아진다.

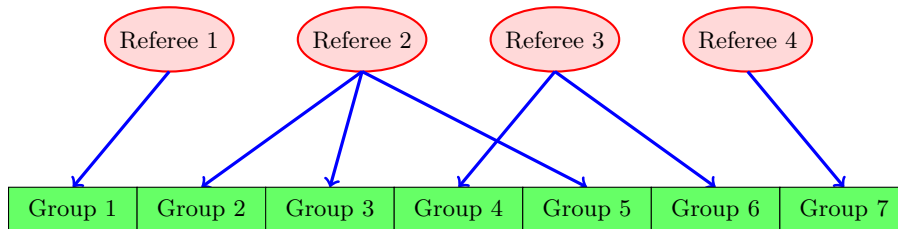


Figure 3.1 The case when different numbers of reviews are allowed

4. 결론

랜덤 토너먼트는 일반적으로 인터넷에서 행해지는 심사방식에서 발생할 수 있는 ‘의도된’ 심사자의 의도된 평가를 배제할 수 있는 방법으로 평가된다.

또한 일반적인 1-in-2 토너먼트와 달리 출품작을 임의의 k 개씩 그룹으로 묶어 k 개에서 한 개씩만 다음 라운드 진출을 시키고, 각 라운드에서 다시 랜덤화과정을 거치는 1-in- k 랜덤 토너먼트의 공정성을 검토하였다. 각 출품작이 각 심사자에게 배정되는 확률이 등확률로 계산되어 특정한 심사자가 특정한 작품을 심사할 확률이 높거나 낮지 않아 심사자의 주관적인 편향성을 배제할 때 1-in- k 랜덤 토너먼트는 인터넷과 같이 공개된 상황에서 많은 출품작을 많은 심사자가 심사할 때 적용할 수 있는 공정한 심사과정의 하나이다.

References

- Challenge! (2015). http://challenge.com/tournaments/bracket_generator.
- Chung, F. R. K. and Graham, R. L. (1991). Quasi-random tournaments. *Journal of Graph Theory*, **15**, 173–198.
- Kroese, D. P., Taimre, T. and Botev, Z. I. (2011). *Handbook of Monte Carlo methods*, John Wiley & Sons, New York.
- Kim, N. J. and Min, D. K. (2014). The study of changes in performance in KPGA using growth curve analysis. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **25**, 847–855.
- Lee, J. T. (2015). Long term trends in the Korean professional baseball. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **26**, 1–10.
- Lee, J. T. (2014). Soccer goal distributions in K-league. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **25**, 1231–1239.
- R Core Team. (2014). *R: A language and environment for statistical computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.
- Random Result. (2015). <http://www.randomresult.com/tournament.php>.

A study on a multi-stage random tournament competition system and its fairness

Kee-Won Lee¹ · Jung Soon Lee² · Songyong Sim³

¹³Department of Finance & Information Statistics, Hallym University

²Ladyst Inc.

Received 23 June 2015, revised 13 July 2015, accepted 14 July 2015

Abstract

There exist many competition systems to determine a winner. Many sports games use the 1-in-2 tournament or its modified version to determine a winner. In this paper, we propose a competition system that can be used when there are many candidates and many random referees to evaluate the candidates. These competitions can be found in the cyber space where many users score many competing apps. We study fairness of our proposed competing system called a multi-stage random tournament in terms of equal probabilities. We also formulate the influence factor of a specific referee under some specific conditions.

Keywords: Competition system, equal probability, fairness, random tournament.

¹ Professor, Department of Finance & Information Statistics, Hallym University, Chuncheon, Kangwon 200-702, Korea.

² CEO, Ladyst Inc. 93 Bangbae-ro, Seocho-gu, Seoul 137-842, Korea.

³ Corresponding author: Professor, Department of Finance & Information Statistics, Hallym University, Chuncheon, Kangwon 200-702, Korea. E-mail: sysim@hallym.ac.kr