Journal of the Korean Data & Information Science Society
2010, **21**(6), 1031–1039

한국데이터정보과학회지

10종경기 점수체계의 개선

이장택[1]

[1]단국대학교 정보통계학과

접수 2010년 8월 2일, 수정 2010년 10월 23일, 게재확정 2010년 11월 5일

요 약

10종경기는 4개의 트랙경기와 6개의 필드경기로 구성된 10종목을 2일 동안에 겨루어 각 종목의 성적을 채점표에 의해 점수로 환산, 합계점이 많은 선수가 상위가 된다. 10종경기는 불합리한 점을 여러 번 개선하여 현재 사용하는 채점표를 사용한다지만 10개의 종목을 모두 골고루 잘하는 만능육상선수를 뽑는다는 원칙에서 벗어나 특정 종목들을 잘하는 선수들이 유리한 경우가 많다. 본 연구에서는 10종경기의 원래 취지처럼 각 종목 점수의 평균 및 표준편차가 전체점수의 경우와 같고, 각 종목 점수는 정규분포를 따르며, 각 종목별 난이도가 서로 같다는 가정을 만족하는 10종경기에 대한 새로운 점수모형을 제안하였다. 사용된 데이터는 1991년부터 2009년 사이의 세계육상선수권대회와 올림픽에서의 기록 중 상위 200명의 기록이며, 그 결과 제안된 점수모형은 현행 모형보다 훨씬 더 바람직한 득점체계를 제공한다.

주요용어: 10종경기, 난이도, 점수모형, 정규성.

1. 머리말

10종경기 (decathlon)는 총 10개 종목으로 이루어져 있으며 각 종목은 이틀에 걸쳐 시행된다. 국제육상경기연맹 (IAAF)이 정한 10종경기에 대한 경기규칙은 첫날에는 100m, 멀리뛰기 (long jump), 포환던지기 (shot put), 높이뛰기 (high jump), 400m가 실시되고, 다음날에는 110m허들 (110m hurdles), 원반던지기 (discus throw), 장대높이뛰기 (pole vault), 창던지기 (javelin throw), 1500m의 순서로 실시되며, 각 종목의 기록을 채점표에 의해 점수로 환산, 합계점이 가장 높은 선수가 우승자가 된다.

10종경기에 대한 자료는 통계학자들에 의해 많이 연구되었는데, 일반적인 연구로는 국외논문으로 10종경기의 수행능력을 비교하는 모형의 유도 (Morton, 1997), 7종 경기에 대한 군집 및 대응분석 (Dawkins 등, 1994), 1991년부터 1999년까지의 세계육상 선수권대회 자료를 이용한 기술통계 및 군집분석 (Cox와 Dunn, 2002) 등이 있으며, 국내논문으로 10종경기의 효율적인 지도방안 (김창환, 1986), 혼성경기선수의 선행종목이 경기력에 미치는 영향 (김응식과 안재오, 2003), 올림픽 10종경기 기록에 관한 분석 (이장택과 김용태, 2009) 등을 들 수 있다. 한편 10종경기 점수체계의 개선에 관한 연구로는 현재의 파워모형을 대체한 세 가지 확률모형의 제안 (Westera, 2006), Grey 이론을 이용한 10종경기 평가모형의 제안 (Chang 등, 2003), 경험누적분포함수에 기반을 둔 10종경기 점수계산방법 (Wei 등, 2008) 등이 있다.

10종경기 종목들에 대한 난이도를 평가하는 데는 주관적인 요소가 많아서 객관적이고 완벽한 것을 기대하기 어렵다. 예를 들면 높이뛰기의 240cm 기록은 100m의 몇 초 기록과 같은 가치가 있는지를 논의하는 것은 육상전문가라고 하더라도 매우 어려울 것이다. 하지만 통계적으로 처리하면 만족할 만한 답

[1] (448-701) 경기도 용인시 죽전동 126번지, 단국대학교 정보통계학과, 교수. E-mail: jtlee@dankook.ac.kr

을 구할 수 있다고 판단되어지는데, 예를 들면 과거의 기록 분포를 이용하여 분위수를 알아보는 것도 한 가지 해법이라고 간주된다. 또한 기존의 여러 가지 점수체계 개선연구들은 현존 점수체계를 무시한 새로운 모형을 통하여 점수체계를 변경하려고 하였는데, 이 경우는 과거 기록과의 단절을 의미하며 또한 과거 선수들의 평가에 대한 상당한 변화를 야기할 수밖에 없다. 따라서 본 연구에서는 현행 모형을 좀 더 합리적으로 개선함으로서 불합리한 문제점을 극복하고자 하며 제안되는 방법은 모든 10종경기 종목들은 같은 비중을 차지하여야 한다는 철학에 기반을 둔다.

본 논문의 구성은 2장에서는 데이터의 구성 및 통계분석과정을 설명하고, 현재 세계육상연맹 (International Amateur Athletic Federation / IAAF)에서 사용하는 10종경기 점수공식에 대하여 살펴본다. 또한 3장에서는 현행 채점표의 문제점 및 새로운 점수모형을 제안하며 마지막으로 4장에서는 결론에 대하여 기술하였다.

2. 데이터 및 점수계산공식

2.1. 데이터의 구성 및 통계분석

본 연구에서는 남자 10종경기에만 국한한다. 왜냐하면 여자 10종경기는 역사가 짧아서 아직 대중적인 수요를 창출하지 못하며 올림픽 게임에도 포함되어 있지 않기 때문이다. 사용되어진 데이터는 1991년부터 2009년까지 거행된 가장 중요한 육상대회인 세계육상선수권대회와 올림픽에서의 모든 경기기록 중 상위 200명의 기록이다. 데이터의 구성은 채점표 계산 시에 한 종목이라도 빠지면 실격처리되므로 모든 종목을 치룬 선수들에 대해서만 조사하였으며, IAAF 홈페이지의 1995년도 결과 중 창 던지기에서 마이너스 (-)의 값을 가지는 일부 선수들은 기재 오류라고 판단하여 제거하였다. 데이터분석은 통계패키지 SPSS 18 버전을 사용하였으며, 기술통계 및 회귀분석을 이용하였다.

2.2. 10종경기 점수 환산 공식

각 종목의 기록은 점수 함수 (point function)에 의하여 점수로 환산되고 10종목 점수의 총합으로 순위를 매기게 된다. 각 종목에 대한 기록들은 표 2.1의 공식을 이용하여 점수로 환산된다.

표 2.1 10종경기에 대한 점수 공식

종목	공식	제약상수			
		A	B	C	P
100m	$Points = [A \times (B - P)^c]$	25.437	18.0	1.81	sec
400m		1.53775	82	1.81	sec
110m Hurdles		5.74352	28.5	1.92	sec
1500m		0.03768	480	1.85	sec
Long Jump	$Points = [A \times (P - B)^c]$	0.14354	220	1.40	cm
Shot Put		51.39	1.5	1.05	m
High Jump		0.8465	75	1.42	cm
Discus Throw		12.91	4.0	1.1	m
Pole Vault		0.2797	100	1.35	cm
Javelin Throw		10.14	7.0	1.08	m

표 2.1의 $[x]$ 기호는 x를 넘지 않는 최대 정수를 의미하며, A, B, C는 주어지는 상수이고 P는 선수의 기록이다. 간단하게 계산방법을 예를 들면 100m 기록이 12sec인 선수의 점수는 $[25.437 \times (18 - 12)^{1}.81] = [651.51] = 651$이 된다.

3. 모형 및 결과분석

3.1. 현행 채점표의 문제점

표 3.1 10개 종목 점수에 대한 기술통계량

종목	최소값	최대값	평균	표준편차
100m	765	1013	881.04	53.208
LongJump	748	1079	909.02	67.387
ShotPut	622	946	783.80	60.110
HighJump	670	1002	825.54	63.364
400m	726	1001	871.14	51.276
110mHurdle	770	1044	918.99	49.331
DiscusThrow	538	950	774.42	66.171
PoleVault	673	1067	872.15	79.177
JavelinThrow	552	969	762.44	80.306
1500m	480	868	709.05	65.274
평균			830.76	63.560

표 3.1은 상위 200명의 10개 종목 점수에 대한 기술통계량이다. 각 종목의 난이도가 모두 같다면 특정종목의 점수의 평균과 표준편차는 10개 종목 점수 평균값의 평균인 830.76과 표준편차의 평균인 63.56이라고 생각해도 별 문제가 없을 것이다. 또한 그림 3.1은 선수들의 기록을 상자도표로 나타낸 것이다.

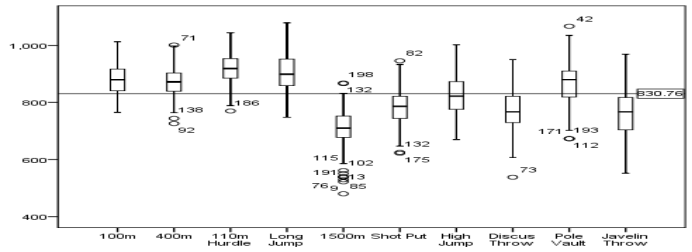

그림 3.1 10종경기 점수에 대한 상자도표

그림 3.1을 보면 종목 간의 편차가 상당히 심하다는 것을 확인할 수 있는 데, 실제로 분산분석과 레빈 (Levene)의 등분산 검정의 유의확률은 모두 0.000이므로 모평균과 모분산이 그룹별로 모두 같지는 않다는 결론을 내릴 수 있다. 그리고 트랙 종목의 점수가 전반적으로 높은 것을 알 수 있는데 100m, 400m, 110m허들, 멀리뛰기의 경우 제1사분위수도 전체 평균값인 830.76보다 높다. 다만 트랙경기 중 1500m는 예외인데, 이 종목은 지구력도 필요로 할뿐더러 제일 마지막에 치러지기 때문에 순위가 대충 정해진 다음이므로 앞의 종목과는 조금 다르게 해석해야 할 것이다. 그리고 종목들의 난이도에 해당되는 각 종목들의 분위수를 보더라도 1984년 개정된 지금 채점표의 기본철학이 모든 종목들의 난이도가 같고 특정 종목들만 잘하는 선수가 좋은 성적이 나올 수 없게 한다는 본래의 취지에서 크게 벗어난다 (Wei 등, 2008). 따라서 현행 점수모형은 종목들 간의 편차가 상당히 심해서 10개 종목을 모두 골고루 잘하는 선수를 뽑겠다는 의도에 적절하지 않다고 판단되어진다.

3.2. 새 점수 체계

현행 10종경기 점수화는 기본적으로 여러 가지 문제를 내포하고 있으므로 보다 바람직한 방향으로 첫째 각 종목들의 평균과 표준편차가 서로 동일하며, 둘째 난이도 (분위수)가 서로 동일하며, 셋째 각 종목의 점수는 정규분포를 따른다는 크게 세 가지 철학을 바탕으로 하는 새 점수체계를 제안한다. 현행모형인 표 2.1을 보면 한 종목당 A, B, C와 같은 세 개의 모수가 사용되고 있는데, 한계값인 모수 B는 오랜 육상인들의 경험과 지식의 산물이라고 판단되어지기 때문에 새 점수체계에서는 A와 C값만을 다른 값으로 대체하기로 한다. 제안된 알고리즘을 살펴보면 <단계1>에서 종목별 점수들을 모두 평균이 830.76, 표준편차가 63.56이 되게 표준화시키며 <단계 2>에서는 회귀분석에서 독립변수의 값을 현행 점수와 주어진 상수들을 이용하여 역추정한다. 그리고 <단계 3>에서는 <단계 2>의 독립변수 값과 <단계1>의 표준화된 자료를 이용하여 파워모형의 회귀계수를 추정하는데, 회귀분석은 최근에도 많은 연구들이 수행되고 있다 (박상규와 오정현, 2009; 박철용, 2009; 신상근 등, 2009; 김종태, 2009). 다음은 100m 종목에 대한 제안된 알고리즘을 보여주며, 이와 같은 방법으로 10개 종목에 대하여 제안되는 새로운 점수들을 계산할 수 있다.

<단계1> 100m 기록을 평균이 830.76이고 표준편차가 63.56이 되게 표준화한 새 점수 S를 만든다.
<단계2> 선수들의 기록, 표 2.1의 A, B 및 공식을 이용하여 $X = B - P$의 값을 구한다.
<단계3> 최소제곱법을 이용하여 $S = A \times X^C$를 만족하는 A와 C값을 추정한다.

위의 알고리즘에서 필드경기인 경우에는 <단계 2>에서 $X = P - B$의 값을 대신 구하며, <단계 3>에서 A와 C값은 SPSS를 사용하는 경우, 직접 파워모형을 선택하거나 모형 $lnS = lnA + ClnX$에 적합시켜서 추정할 수 있다.

표 3.2 10종경기에 대한 새로운 모형공식

종목	공식	제약상수			
		A	B	C	P
100m	$Points = [A \times (B - P)^c]$	9.253	18.0	2.296	sec
400m		0.216	82	2.357	sec
110m Hurdles		0.574	28.5	2.753	sec
1500m		0.252	480	1.523	sec
Long Jump	$Points = [A \times (P - B)^c]$	0.099	220	1.445	cm
Shot Put		54.829	1.5	1.047	m
High Jump		0.871	75	1.415	cm
Discus Throw		21.450	4.0	0.983	m
Pole Vault		0.967	100	1.134	cm
Javelin Throw		36.916	7.0	0.779	m

표 3.2는 제안된 알고리즘을 이용하여 재계산된 상수 A와 C값을 제시하며 그림 3.2는 표 3.2를 이용하여 재계산한 10종경기 점수에 대한 상자도표를 보여준다. 상자도표를 보면 그림 3.1보다 공정성과 타당성이 많이 개선되어 전반적으로 모든 종목의 평균과 표준편차가 유사하며 몇 개의 이상값을 제외하고는 상자의 모양으로 보아 10종경기 점수들은 정규분포를 따른다고 볼 수 있는데, 표 3.3은 제안된 점수체계에 의한 새 점수가 정규분포를 따르는 지를 알아보기 위하여 소표본인 경우 정규성 검정으로 많이 사용되는 샤피로-윌크 (Shapiro-Wilk)검정을 적용한 결과를 보여준다. 유의수준 1%에서 정규분포를 따르지 않는 종목들은 8번째 경기인 장대높이뛰기와 10번째 경기인 1500m가 있으나 그림 3.2에서도 알 수 있듯이 경기 성적에 실망한 몇몇 선수들이 2종목에서 최선을 안 한 결과로 보이는 이상점들이 존

재하기 때문이라고 판단되어지며 이런 선수들을 제외하면 전반적으로 모든 종목들의 점수가 정규분포를 잘 따른다고 할 수 있다.

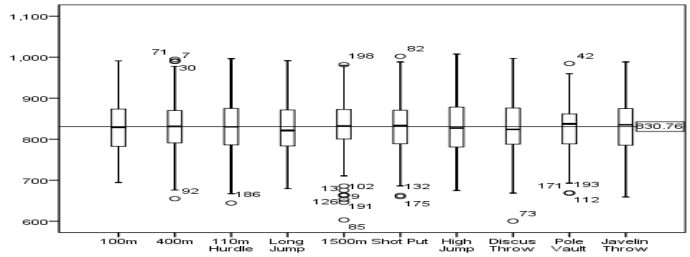

그림 3.2 제안된 알고리즘을 적용하여 작성한 상자도표

표 3.3 10개 종목들에 대한 정규성 검정

	Shapiro-Wilk		
	통계량	자유도	유의확률
100m	.991	200	.186
Long Jump	.989	200	.101
Shot Put	.997	200	.972
High Jump	.989	200	.121
400m	.995	200	.570
110m Hurdle	.995	200	.940
Discus Throw	.990	200	.192
Pole Vault	.980	200	.006
Javelin Throw	.995	200	.619
1500m	.974	200	.000

표 3.4 제안된 모형을 적용한 종목들의 점수분포

종목	평균	중위수	표준편차	제1사분위수	제2사분위수	제3사분위수
100m	830.76	828.41	63.649	782.68	828.41	873.47
Long Jump	830.76	821.24	63.573	783.55	821.24	871.26
Shot Put	830.76	833.63	63.559	788.69	833.63	870.90
High Jump	830.76	827.22	63.559	781.07	827.22	880.88
400m	830.76	831.26	63.685	790.84	831.26	869.95
110 Hurdle	830.76	830.03	63.726	786.36	830.03	875.39
Discus Throw	830.76	823.94	63.468	787.62	823.94	877.70
Pole Vault	830.76	837.50	63.451	788.46	837.50	861.41
Javelin Throw	830.75	835.27	63.355	785.21	835.27	874.76
1500m	830.76	832.20	63.388	800.47	832.20	872.51

표 3.4는 제안된 모형에 의한 종목들의 자세한 점수분포를 보여준다. 제안된 모형은 평균 및 표준편차가 같을 뿐만 아니라 사분위수들도 비슷한 값을 제공함으로 모든 종목에 대한 난이도가 거의 같다고 할 수 있다. 이 경우 통계적 유의성 검정인 분산분석과 레빈 (Levene)의 등분산 검정의 유의확률은 각각 1.000과 0.997로 모평균과 모분산이 종목별로 차이가 없음을 강력하게 시사한다.

표 3.5 2가지 모형에 의한 기록 비교

종목	1000점		900점		800점		단위
	현행	제안	현행	제안	현행	제안	
100m	10.397	10.313	10.827	10.658	11.2759	11.025	sec
LongJump	775.929	810.455	735.627	768.935	694.021	725.966	cm
ShotPut	18.394	17.510	16.781	15.977	15.160	14.437	m
HighJump	220.762	220.389	210.338	209.957	199.565	199.178	cm
400m	46.173	46.093	48.199	47.663	50.329	49.337	sec
110mHurdles	13.808	13.458	14.592	14.023	15.420	14.630	sec
DiscusThrow	56.160	53.823	51.396	48.759	46.583	43.705	m
PoleVault	528.627	555.359	496.447	514.957	463.324	474.021	cm
JavelinThrow	77.188	76.066	70.664	67.329	64.086	58.863	m
1500m	233.798	249.412	247.428	264.825	261.773	280.839	sec

표 3.5는 현행 모형과 표 3.2의 제안된 공식을 이용하여 계산된 각 종목의 점수에 해당되는 기록을 서로 비교한 결과인데, 제안된 모형은 점수가 후한 트랙 종목들은 좀 더 빠른 기록을 요구하나 상대적으로 점수가 박한 필드 경기는 요구 기록이 너슨 해졌다. 그림 3.3은 110m허들과 1500m 종목인 경우, 현행모형과 제안된 모형에 대한 점수와 기록에 관한 그래프를 보여준다. 110m허들은 현재와 같은 점수를 얻으려면 기록이 좀 더 빨라져야 하며, 1500m는 요구기록이 느려졌다.

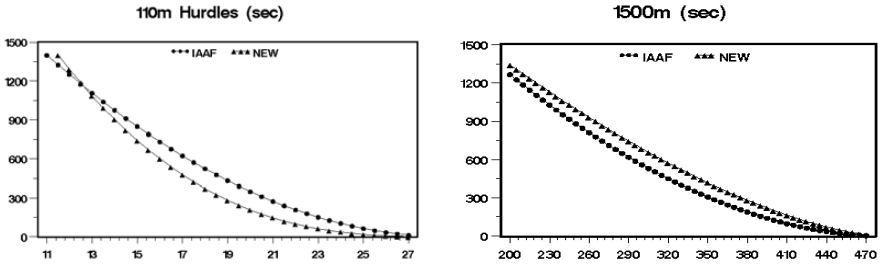

그림 3.3 두 가지 모형의 비교 (110m허들, 1500m)

3.3. 재계산된 선수들의 순위

표 3.6은 현행 IAAF 방법에 의한 상위 20위에 속하는 선수들의 기록을 제안된 모형에 의하여 재계산한 결과이다. 현행 체계인 IAAF 방법에 의한 상위 20명의 순위는 제안된 방법에 의하면 1명만 바뀌고 모두 20위내로 재진입 되는 것을 알 수 있으며, 새로운 방법을 적용하여 재산출한 순위는 제안된 방법이 현행 시스템의 보완책이므로 급격한 변화가 없음을 확인할 수 있다. 하지만 표 3.6은 매우 우수한 기록들이기 때문에 방법들이 달라도 순위 바뀜이 심하지 않지만 본질적으로 표 2.1과 표 3.2는 많은 차이가 있기 때문에 항상 비슷한 결과를 제공하지는 않는다.

표 3.6 제안된 모형에 의한 남자 10종경기 선수 순위

순위	IAAF 방법		제안된 모형		
	선수 이름	점수	선수 이름	IAAF 순위	점수
1	Tom Dvorak	8902	Tom Dvorak	(01)	8920
2	Roman Sebrle	8893	Roman Sebrle	(02)	8874
3	Tom Dvorak	8837	Dan O'Brien	(04)	8865
4	Dan O'Brien	8824	Tom Dvorak	(03)	8865
5	Bryan Clay	8820	O'Brien Dan	(08)	8865
6	O'Brien Dan	8817	O'Brien Dan	(06)	8832
7	Nool Erki	8815	Dmitri Karpov	(15)	8815
8	O'Brien Dan	8812	Bryan Clay	(05)	8811
9	Bryan Clay	8791	Nool Erki	(07)	8809
10	Trey Hardee	8790	Trey Hardee	(10)	8797
11	Tom Pappas	8750	Bryan Clay	(09)	8785
12	Tom Dvorak	8744	Tom Dvorak	(12)	8776
13	Bryan Clay	8732	Hamalinen Eduard	(14)	8771
14	Hamalinen Eduard	8730	Tom Pappas	(11)	8761
15	Dmitri Karpov	8725	Hamalinen Eduard	(16)	8760
16	Hamalinen Eduard	8724	Frank Busemann	(17)	8740
17	Frank Busemann	8706	Bryan Clay	(13)	8726
18	O'Brien Dan	8695	O'Brien Dan	(18)	8724
19	Roman Sebrle	8676	Maurice Smith	(22.5)	8722
20	Tomas Dvorak	8664	Tomas Dvorak	(20)	8688

4. 결론

본 논문에서는 1991년부터 2009년까지의 올림픽과 세계선수권대회의 남자 10종경기 기록을 이용하여 상위 200위 이내 선수들의 종목별 점수분포를 살펴보았다. 그 결과 현행점수체계 아래에서의 종목별로 발생하는 편의는 무시할 수 없을 정도로 심각하다고 판단되어지며 전반적으로 트랙경기가 필드경기에 비하여 점수가 후하다는 사실을 확인할 수 있었다. 따라서 이와 같은 불합리한 점을 보완하기 위하여 기존방법을 개선한 모든 종목의 가중치가 유사하고 종목별 점수의 분포가 정규분포를 따르며 각 종목별 분위수가 비슷한 대체 점수체계를 제안하였으며 그 결과는 만족스러운 형태로 나타났다. 제안된 모형을 적용하면 현행 점수 체계의 1, 2, 3, 4위의 순서는 1, 2, 4, 3위의 순서로 바뀌며 상위 20위 이내 선수들에 대한 기존 순위와 제안된 순위의 스페어만 상관계수는 0.983으로 두 개의 순위는 매우 유사하여 제안된 방법은 현행시스템의 보완으로 선수들과 육상관계자들에게 이해되어질 것으로 간주된다. 다만 저자가 각 종목들에 대한 전문적인 식견이 부족한 관계로 본 연구에서는 고려 못했던 높은 수준의 경기기록에 대한 도전을 점수화로 보상하는 개선과 같은 연구방향은 향후 연구과제로 남겨둔다.

참고문헌

김응식, 안재오 (2003). 혼성경기선수의 선행종목이 경기력에 미치는 영향. <한국스포츠리서치>, **14**, 2031-2042.

김종태 (2009). 학년진급률에 따른 학생수 예측방법. <한국데이터정보과학회지>, **20**, 857-867.

김창환 (1986). 10종경기의 효율적인 지도방안. <한국체육대학교논문집>, **9**, 129-166.

박상규, 오정현 (2009). 신제품 수요예측을 위하여 누적자료를 활용한 회귀모형에 관한 연구. <한국데이터정보과학회지>, **20**, 117-124.

박철용 (2009). 단순선형회귀모형에서 자기공분산에 근거한 최적 추정 방법. <한국데이터정보과학회지>, **20**, 251-260.

신상근, 조용주, 조영석 (2009). 유럽 리그에서 득점과 실점을 이용한 승점 추정에 관한 연구. <한국데이터정보과학회지>, **20**, 837-844.

이장택, 김용태 (2007). 올림픽 10종경기 기록에 관한 분석. <한국자료분석학회지>, **11**, 2805-2816.

Chang, C. L., Tsai, C. H. and Chen, L. (2003). Applying grey relational analysis to the decathlon evaluation model. *International Journal of the Computer, the Internet and Management*, **11**, 54-62.

Cox, T. F. and Dunn, R. T. (2002). An analysis of decathlon data. *Journal of the Royal Statistical Society Series D*, **51**, 179-187.

Dawkins, B. P., Andrea, P. M. and O'Connor, P. M. (1994). Analysis of Olympic heptathlon data. *Journal of the American Statistical Association*, **89**, 1100-1106.

Morton, R. H. (1997). Statistical effects of lane allocation on times in running races. *Statistician*, **46**, 101-104.

Westera, W. (2006). Decathlon, towards a balanced and sustainable performance assessment method. *New Studies in Athletics, March/ April*, 37-48.

Journal of the Korean Data & Information Science Society
2010, **21**(6), 1031–1039

한국데이터정보과학회지

An improvement of decathlon current scoring system

Jang Taek Lee[1]

[1]Department of Statistics, Dankook University

Received 2 August 2010, revised 23 October 2010, accepted 5 November 2010

Abstract

The decathlon is an athletic event consisting of ten track and field events. Events are held over two consecutive days and the winners are determined by the combined performance in all. Performance is judged in meters, centimeters, minutes, and seconds. However, how to convert results into points is a difficult and controversial issue. We explored the distribution of decathlon results from the 1991 to 2009 using top 200 decathlons in the Olympic games and word championships. The conclusion is that the results from top level decathlon competition are normally distributed, and the current scoring system does not have the property that the performance with same difficulty should get same points. A new model for evaluating the decathlon score has been applied that display uniform characteristics over all events in order to meet the notion of allroundness. The proposed model is uniform over the events and support self-stabilization.

Keywords: Decathlon, difficulty for performance, normality, scoring model.

[1] Professor, Department of Statistics, Dankook University, Yongin 448-701, Korea.
E-mail: jtlee@dankook.ac.kr