



임의시간 환산계수에 대한 고찰

A Short Note on the Conversion Factor of Fixed- to True-Interval Precipitation



유철상 |

고려대학교 공과대학 건축사회환경공학부 정교수
envchul@korea.ac.kr



전창현 |

고려대학교 공과대학 건축사회환경공학부 석사과정
luckys286@naver.com

1. 서론

다양한 지속기간에 대한 년 최대치 강우량 자료는 특히 설계 강우량의 결정에 매우 중요한 역할을 한다. 그러나 실제 년 최대치 강우량은 알기 어렵다. 이는 강우가 연속적으로 관측됨에도 불구하고, 관측된 자료는 고정 시간간격으로 제공되기 때문이다. 따라서 임의시간 년 최대치 기록의 확보는 현실적으로 불가능하다. 현실적인 대안으로 소위 경험적으로 얻은 임의시간 환산계수를 이용하여 고정시간 강우량을 임의시간 강우량으로 환산하고 있는 실정이다(정중호와 윤용남, 2002).

임의시간 환산계수는 고정시간(fixed or restricted duration) 년 최대치 강우자료에 대한 임의시간

(sliding, unfixed, unrestricted, or true duration) 년 최대치 강우량의 비율을 정의하는 용어이다. 국내·외 문헌을 참고해 보면, 임의시간 환산계수는 다양한 용어로 표현되고 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 간단히 Conversion Factor나 Correction Factor로 불리기도 하고, 보다 구체적으로 Restricted-to-Unrestricted Correction 또는 Fixed-versus True-Interval Precipitation 등으로 표현되기도 한다. 본 연구에서는 간단히 Conversion Factor의 첫 글자를 따서 CF로 표현하기로 한다.

CF와 관련된 첫 번째 연구는 미국에서 Hershfield(1961)에 의해 수행된 것으로, 시 강우 및 일 강우에 대한 CF로서 1.13을 제시하고 있다. 최근 Young과 McEnroe(2003)에서도 동일한 결과가 확인된 바 있다. 그러나 이렇게 유도된 CF는 다음과 같은 두 가지의 특성을 나타낸다. 먼저, CF가 지역에 따라 변하지 않는다는 점이다. 즉, 지역에 따른 강우 특성의 차이가 CF에 영향을 주지 않는 것으로 나타난다. 두 번째로는 CF가 고정시간의 길이와 무관하다는 점이다. 즉, 고정시간 1시간 또는 1일에 대한 CF가 동일하게 1.13으로 나타난다. 결과적으로 CF는 단지 자료의 구조적 특성에만 의존하여 영향을 받게 되는 형태인 것이다.

그러나 이러한 CF의 특성이 다른 나라에서도 동일하게 나타나지는 않는 것으로 파악된다. 본 연구에서 조사한 영국, 호주, 뉴질랜드 및 우리나라의 경우 CF



의 특성이 위와 다르다. 즉, 지역적으로 CF가 다르게 나타나기도 하며, 특히 우리나라의 경우에는 고정시간의 길이에 따라서도 다른 CF가 적용되고 있다. 이에 본 논고에서는 국내·외 임의시간 환산계수 산정과 관련한 내용들을 검토해 보고, 그 산정과정에서 발생하는 문제점들을 정리해 보고자 한다.

2. 국내외 임의시간 환산계수 검토

2.1 국외의 경우

CF와 관련된 첫 번째 연구는 Hershfield(1961)에 의해 수행된 것으로, 년 최대치 고정시간 및 임의시간 강우자료의 비교를 통해 시 강우 및 일 강우에 대한 CF로서 1.13을 제시하고 있다. US Weather Bureau Technical Paper No. 40 (TP-40; Hershfield, 1961)에서도 같은 내용이 파악되며(Miller 등, 1973), 이 값은 NOAA의 Technical Memorandum NWS HYDRO-35(Frederick 등, 1977)에서도 유의한 것으로 확인된다. 특히 Frederick 등(1977)은 CF값이 재현기간에 관계없이 유사한 값을 보여주는 것으로 보고하고 있다. 이러한 결과는 최근 Young과 McEnroe(2003)에서도 재차 확인되었다. 이 연구는 특히 정밀도 높은 ALERT-type 우량계 자료를 이용하여 CF를 추정하고, 이를 기존 연구와 비교하여 과거 TP-40, HYDRO-35 및 이후의 Huff와 Angel(1992)의 연구가 유의한 것임을 보여주고 있는 아주 의미 있는 연구이다. 또한 이 연구 결과는 CF가 강우의 관측규칙에 관계될 뿐 고정시간의 길이와는 무관하다는 것을 실증적으로 밝혔다는 의미를 갖는다.

CF에 관한 이론적 해석은 Weiss(1964)의 연구가 시초이다. 그는 강우강도가 강우 지속기간동안 일정하다는 가정 하에 CF의 가능한 값을 확률이론을 적

용하여 제시하였다. Weiss의 결과는 관측 자료가 배제된 경우에 해당하므로 자료구조만 주어지면 간단히 계산될 수 있는 형태이다. 한 시간 또는 1일의 경우 CF는 1.143으로 동일하게 계산된다. 이후 약 30년 이상 CF에 대한 이론적 해석은 찾아볼 수 없게 된다. 최근에 살펴볼 수 있는 연구는 fractal 이론과 관련된 것으로, 순수하게 이론적이라기보다는 경험적인 것에 보다 가깝다. 예를 들어, Dwyer와 Reed(1994)는 강우자료의 fractal 차원과 CF의 관련성을 제시하였다. 이 연구에서는 영국의 강우자료 분석을 통해 일 강우의 CF로 1.167을 제시하였으며, 이후 호주의 강우자료 분석에서는(Dwyer와 Reed, 1995) 일 강우에 대한 CF로 1.16을 제시하였다. 현재 호주의 Flood Estimation Handbook(Institute of Hydrology, 1999)에서는 일 강우자료의 CF로 1.16을 제시하고 있기는 하지만, 이 값은 지역적으로 크게 다를 수 있으며 최소 1.10에서 최대 1.19의 범위를 갖는 것으로 파악된다(Pierrehumbert, 1972). 마지막으로 Montfort(1990)의 연구는 확률밀도함수의 비교를 통해 CF를 추정한 것으로 정리할 수 있다.

그는 GEV 및 EV1 확률밀도함수를 이용하여 고정시간 및 임의시간 24시간의 월 최대치 관측강우를 정량화하고, 이를 이용하여 월별로 재현기간 50년의 확률강우량을 결정하여 비교하는 방법으로 CF를 추정하였다. 뉴질랜드 Kelburn 시의 강우자료를 이용하여 추정된 CF는 평균적으로 1.137임을 제시하였다. 이상과 같은 결과를 정리하면 다음 표 1과 같다.

다음 표 1을 살펴보면, 미국의 경우, 1956년 이후 산정된 CF값이 모두 1.13으로 동일하게 나타난다. 이 값은 지역에도 관계없으며 아울러 고정시간의 길이에 도 관계없는 것으로 나타난다. 좀 더 자세히 살펴보면, 먼저, U.S. Weather Bureau Technical Paper No. 40 (TP-40; Hershfield, 1961)에서 도출한 CF는 Indiana와 Illinois지역의 강우자료를 근거로 하

표 1. 국외 임의시간 환산계수의 비교 (1일의 경우)

연구자	국가	CF
U.S. Weather Bureau (1956)	미국	1.13
Wilson and Hershfield (1958)		1.13
Hershfield (1961)		1.13
Miller et al (1973)		1.13
Frederick et al (1977)		1.13
Huff and Angel (1992)		1.13
Young and McEnroe (2003)		1.13
Dwyer and Reed (1994)		영국
Fowler et al (2005)	1.16	
Dwyer and Reed (1995)	호주	1.16
Flood Estimation Handbook (1999)		1.16
Hydrology Report Series (2005)		1.15
Montfort (1990)	뉴질랜드	1.137
Weiss (1964)		1.143

여 추정된 것이다. The National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Technical Memorandum NWS HYDRO-35(Frederick 등, 1977), Hydro-35에서 제시한 CF값은 Eastern US 지역을 대상으로 한 것이다. Midwest 지역을 대상으로 한 경우에도 역시 같은 CF값이 산정되었다(Huff와 Angel, 1992). 최근 미국 Kansas 지방에 15개의 각기 다른 지점을 가진 분 단위 우량계(ALERT)를 이용한 강우자료의 기록을 분석한 연구에서도 역시 동일한 결과를 제시하고 있다(Young과 McEnroe, 2003). 즉, 미국에서 적용하고 있는 CF는 자료의 구조에만 영향을 받을 뿐 고정시간의 길이나 지역에 따른 강우특성의 차이에 관계없이 동일한 값을 갖는 것으로 나타난다. 이렇게 동일한 CF가 일종의 우연일 것이라고 판단한 경우도 있었으나(Wilson과 Hershfield, 1958), Weiss의 이론과는 정확하게 부합하는 형태이기도 하다.

영국의 경우, CF와 관련한 연구는 Dwyer와 Reed(1994)에서 살펴볼 수 있다. 그들은 Southern Scotland의 Eskdalemuir 지역을 대상으로 1970년부터 1989년까지의 1시간 간격으로 기록된 강우, 풍

속, 기온자료를 근거로 하여 CF를 산정하였다. 같은 지역 내 총 8개의 강우기록계로 부터 추정된 CF는 1.14~1.19의 범위를 나타냈고, 최종적으로 이 값들의 평균인 1.167을 대표 CF값으로 제안하였다. 이 연구에서 추가로 주목할 만한 사항은 고정시간의 길이에 관계없이 자료구조가 같을 경우 CF값이 매우 유사하게 나타나는 것을 fractal 및 확률이론을 가지고 설명했다는 점이다. 즉, 고정시간의 길이에 따라 다르게 추정되는 CF는 관측 자료가 가지고 있는 한계를 반영하는 것으로 적절한 값이 될 수 없다는 것이다. 최근 Fowler 등(2005)은 영국 내 4개 강우 관측소의 1961 - 1990년 일 강우자료를 분석하고 지속기간 1일, 2일, 5일 및 10일에 대한 CF로 1.16, 1.11, 1.035, 1.005를 제시하기도 하였다.

호주의 경우, CF값은 지역적으로 1.1에서 1.19까지의 값을 갖는 것으로 나타나고 있으며 대륙값으로 1.16이 제시되고 있다(Institute of Hydrology, 1999). Dwyer와 Reed(1995)는 Sydney, Brisbane 그리고 Melbourne 세 지역을 대상으로 CF값을 산정하였고, 기상조건에 따라 CF값이 영향을 받을 수 있음을 언급하며 1.15에서 1.16의 범위를 제시하였다. 또한 Hydrology Report Series(Jakob 등, 2005)는 위에서 언급한 세 지역과 더불어 호주의 7개 주요 도시(Melbourne, Sydney, Brisbane, Darwin, Perth, Hobart, Adelaide)의 강우자료를 근거로 CF값을 산정하였고, 지역에 따라 CF값을 산정하는 것이 적절하지 않음을 언급하며 그 평균값인 1.15를 호주를 대표하는 CF값으로 제시하였다. 마지막으로, 뉴질랜드의 경우에는, Kelburn 지역의 1928 - 1985년 강우자료를 대상으로 GEV 및 EV1 확률밀도함수를 적용하여 재현기간 50년의 확률강우량을 결정하여 비교하는 방법으로 월별 CF값을 추정하였으며, 이들의 평균인 1.137을 최종적인 CF로 제시하였다(Montfort, 1990).



2.2 국내의 경우

국내의 경우에도 CF와 관련된 여러 연구가 있었다 (김규호 등, 1988; 조한성 등, 2006; 문영일 등, 2008; 오태석 등, 2008; 오태석과 문영일, 2008). 이들 연구 대부분은 CF의 배경이론을 연구한 것이 아니라 관측 자료를 분석하여 CF 값을 추정하는데 목적이 있었던 것들이다. 아울러 이들 연구 대부분은 기상청에서 관측한 분 단위 강우자료와 시간 및 일 단위 강우자료를 활용하여 지속시간별로 CF를 추정한 특징이 있다. 그러나 적용한 방법론에서 약간의 차이를 확인할 수 있는데, 특히 김규호 등(1988)은 특정 확률 분포형을 가정하고 임의시간 및 고정시간 년 최대강우량을 빈도 해석하여 비교하는 방법으로 CF를 산정하였다. 그러나 다른 연구들에서는 임의시간 및 고정시간 년 최대 강우량을 직접 비교하는 형태로 CF를 추정하였다.

각 연구를 보다 자세히 살펴보면, 먼저, 김규호 등(1998)은 EV1 분포에 고정시간 및 이동시간 강우량을 적합 시킨 후 재현기간 2년의 확률강우량을 비교하는 방법으로 CF를 추정하였다. 일 강우의 경우에는 1.161, 시강우의 경우에는 1.129의 값을 제시하였다. 이와 같은 추정 결과는 물론 기존 국외의 연구와는 다른 형태로, 국외의 연구에서는 대부분 일 강우 및 시강우에 대한 CF가 동일한 것으로 파악된 바 있다.

조한성 등(2006)은 서울지방 7개 자동기상관측소에서 관측된 분 자료를 이용하여 고정시간 년 최대강수량과 임의시간 년 최대강수량간의 비율로부터 시강우에 대한 CF로 1.126을 제시하였다. 또한 문영일 등(2008)은 기상청에서 관할하고 있는 107개 지점 분 단위 강우 관측소 중 37개 지점의 강우자료를 이용하여 고정시간과 임의시간의 년 최대치 계열을 비교함으로써 일강우의 CF로 1.173을 제시하였다. 오태석 등(2008)의 연구는 문영일 등(2008)과 유사한

표 2. 국내 임의시간 환산계수의 비교

연구자	CF	
	1시간	1일
김규호 등(1998)	1.129	1.161
문영일 등(2008)	1.149	1.173
오태석 등(2008)	1.148	1.184
오태석과 문영일(2008)(다지점교려)	1.122	1.156

경우이나 시 단위 강우자료를 활용하여 분 단위 강우 자료를 보정한 후 분석에 이용하였다는 차이가 있다. 이 연구에서는 일 강우 CF가 1.184로 계산됨에 따라 앞선 연구들에 비해 다소 큰 값을 제시하고 있다.

마지막으로 오태석과 문영일(2008)은 년 최대치 고정시간 및 임의시간의 강우량 자료를 직접 비교하는 방식으로 시 강우의 CF로 1.122 ~ 1.135, 일 강우의 CF로 1.156 ~ 1.169를 제시하였다. 이 연구에서는 임의시간환산계수를 추정함에 있어 세 가지 경우를 구분하였는데, 첫 번째 경우는 37개 대상 지점 각각의 지속시간별 CF를 산정한 것이고, 두 번째 경우는 각 지속시간 별로 37개 지점의 고정시간과 임의시간 년 최대치 강우량을 평균하여 CF를 추정한 것이다. 마지막으로 세 번째 경우는 각 지속시간에 대해 37개 대상 지점 자료 전체에 대한 고정시간과 임의시간 년 최대치 강우 자료를 모두 반영하여 CF를 추정하였다. 이 연구의 경우는 시공간적 제약으로부터 벗어나 마치 지역빈도해석에서와 유사한 개념을 적용하여 CF를 추정했다는 점에서 의미가 있다. 국내 연구 결과로부터 산출된 CF값들을 비교하면 표 2와 같다.

3. 임의시간 환산계수와 관련된 문제점 검토

CF와 관련된 각국의 연구를 통해 다음과 같은 문제점들을 살펴볼 수 있다. 이러한 문제점들은 물론 국내에서 사용되는 CF에 한정되는 것은 아니다. 먼저, 고정시간의 길이가 CF에 영향을 미치는지를 판단하

는 문제이다. 즉, 고정시간 1시간의 경우와 1일의 경우에 CF가 같아야 하는지 혹은 달라야 하는지의 문제이다. 국내의 경우에는 두 경우가 다르게 적용되고 있으며(김규호 등, 1998), 고정시간 1시간 및 1일의 CF는 각각 1.129와 1.161로 제시되어 있다. 그러나 국외의 경우를 살펴보면 CF는 강우의 지속기간에 무관한 것으로 나타나고 있다. 참고로 국내·외 국가에서 조사된 CF값들을 비교하면 다음 표 3과 같다.

표 3. 고정시간의 길이에 따른 국내·외 CF의 비교 (1시간 및 1일의 경우)

국가	CF (1 hour-60 min)	CF (1 day-1440 min)
한국	1.129	1.161
미국	1.13	1.13
영국	1.167	1.167
호주	1.15	1.15
뉴질랜드	1.137	1.137

두 번째 문제는 CF가 공간적으로 다르게 추정되는 것이 타당한지에 대한 의문이다. 즉, 기후학적으로 강우특성이 다른 지역에서는 CF가 다르게 추정되어야 하는 것인지 아니면 같아야 하는 것인지를 문제이다. 이 문제에 대한 첫 번째 접근은 각 국의 CF를 비교해 보는 것이 될 것이다. 위 표 3에서도 확인할 수 있듯이 각 국의 CF는 다르게 추정되었다. 그러나 아주 큰 차이를 보여주지 않는 것 또한 사실이다. 각 국의 관련 논문이나 보고서를 참고해보면 관측 자료의 분석을 토대로 추정된 CF는 대상 지점별로 약간의 차이를 보이고 있지만(Dwyer와 Reed, 1995; 문영일 등, 2008), 그럼에도 불구하고 각 국이 그 나라를 대표하는 값을 설정하여 사용하고 있다는 점에 특히 주목할 필요가 있다. 이는 강우의 공간적인 변동성의 차이로 인한 CF의 차이를 인정하고 있지 않다는 의

표 4. 뉴질랜드 Kelburn 지역의 강우자료를 이용해 산정한 월별 CF값(Montfort, 1990)

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Mean
1.136	1.121	1.123	1.128	1.136	1.145	1.163	1.108	1.134	1.173	1.132	1.105	1.137

미가 되기 때문이다.

마지막으로 CF의 시간적 변동성 문제를 제기해 볼 수 있다. 즉, 계절별 또는 월별로 CF가 달라지는 것이 타당한지에 대한 의문이다. 그러나 근본적으로 이 질문은 CF와는 관련이 없는 것이다. CF가 년 최대치를 대상으로 한다는 점에서 특정 계절 또는 특정 월을 한정하여 구분할 필요가 없기 때문이다. 그러나 년 최대치 강우가 다른 특성을 갖는 호우사상으로 부터 발생할 수 있다면 이러한 문제가 제기될 수 있기도 하다. 예를 들어 우리나라의 경우, 년 최대치 강우는 장마기에 발생할 수도 있고, 태풍에 의해서도 발생할 수 있으며, 그 중간에 대류성 호우사상에 의해서도 발생할 수 있다. 발생월도 6월에서 9월까지로 다양하게 분포될 수 있다. 그러나 이 문제는 근본적으로 두 번째로 제기한 문제의 특성과 같다. 즉, 공간적으로 다를 수 있거나 시간적으로 다를 수 있는 강우의 특성을 반영하여 CF가 달라질 수 있는지를 판단하는 문제가 된다. 참고로, 뉴질랜드 Kelburn 지역을 대상으로 추정된 CF를 정리하면 표 4와 같다(Montfort, 1990). 이 표에서 보면 월별로 CF가 차이를 보이지만 그 값들이 크게 다르지 않음을 알 수 있다.

이상과 같은 문제점들은 크게 고정시간의 길이가 CF에 영향을 미칠 수 있는지의 여부와 강우의 특성 차이, 예를 들어 강우의 지속기간 및 시간분포 특성 등이 CF에 영향을 미치는지의 여부로 정리해볼 수 있다. 즉, CF가 자료의 구조에만 영향을 받는 것인지, 또는 강우의 특성에도 영향을 받는 것인지가 관건인 것이다. 그러나 현재의 연구수준에서 보면 어떤 경우가 맞고 틀린지를 판단할 근거는 아직 없다.

4. 결론

임의시간 환산계수(CF)는 고정시간 년 최대치 강우



자료에 대한 임의시간 년 최대치 강우량의 비율을 정의하는 용어이다. 이러한 CF는 년 최대치 강우량을 결정하기에 앞서 관측된 강우 자료가 고정 시간간격으로 제공되는 한계를 보완하기 위한 현실적인 대안으로 사용되고 있다. 본 논고에서는 미국, 영국, 호주, 뉴질랜드 및 우리나라의 CF를 살펴보고, 그 문제점을 살펴해보았다.

먼저, 미국의 경우, CF는 고정시간의 길이와 관계없이 동일한 값을 사용하고 있다. 지역적인 차이도 없다. 따라서 미국에서의 CF는 강우의 자료구조에만 영향을 받는 값이 된다. 호주 등 다른 나라에서도 고정시간의 길이와는 상관없이 동일한 CF를 사용하고 있다. 그러나 지역적으로는 다른 값을 가질 수 있는 여지를 보이면서도 대푯값을 정해 사용하고 있는 것이 현실이다. 이와 반대로 우리나라의 경우에는 고정시간의 길이에 따라서도 CF가 다르게 추정되어 이용되고 있다.

이상과 같은 현실에서 보면, CF와 관련된 문제점은 크게 두 가지로 요약될 수 있다. 첫 번째는 CF가 고정시간의 길이와 관계없이 동일한 값을 가져야 하는가 하는 문제이고, 두 번째는 공간적으로 동일한 값을 가

질 수 있는가 하는 문제이다. 이 두 문제는 궁극적으로 강우의 특성이 CF의 유도에 어떤 식으로 반영되느냐 하는 문제이기도 하다.

그러나 현재까지의 연구수준은 이상과 같은 CF의 문제점에 대해 보편적인 해답을 주고 있지 못하다. CF와 관련된 이론적인 연구가 워낙 부족하기 때문이다. 한 가지 가능한 방안으로 CF와 관련한 거의 유일한 이론적 연구인 Weiss 모형(1964)을 확장해 보는 것이다. Weiss 모형은 당초 고정시간의 길이와 강우의 지속기간이 같고, 아울러 강우 지속기간동안 강우강도가 일정하다는 가정을 전제로 확률개념을 적용하여 CF를 이론적으로 추정하는 구조를 가지고 있다. 매우 비현실적인 가정에 근거하고 있는 것이다. 그럼에도 불구하고 매우 그럴듯한 CF가 추정된다는 점에 주목할 필요가 있다. 만일 이 모형에 강우의 지속기간 특성 및 시간분포 특성을 이론적으로 고려할 수 있다면 보다 실제적인 CF의 추정이 가능할 것이며, 이를 근거로 본 논고에서 제기한 문제들에 대한 해답을 어느 정도 제시할 수 있을 것이다. ☞

참고문헌

1. 김규호, 김양수, 이진원, 김승 (1988). “고정시간 간격과 임의의 지속기간 최대강우량간의 환산계수.” 대한토목학회 학술발표회 개요집, 대한토목학회, pp. 216-219.
2. 문영일, 오태석, 오근택, 전시영 (2008). “분단위 강우자료를 활용한 임의-고정시간 환산계수의 추정.” 한국방재학회 2008년 정기 학술대회 논문집, 한국방재학회, pp. 679-682.
3. 오태석, 문영일 (2008). “고정시간과 임의시간에 따른 우리나라 연최대 강우량의 환산계수 산정.” 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제28권, 제5B호, pp. 515-524.
4. 오태석, 오근택, 문영일, 박래건 (2008). “시단위 강우자료를 활용한 분단위 강우자료의 보정과 임의시간 환산계수의 추정.” 한국수자원학회 학술발표회논문집, 한국수자원학회, pp. 1215-1219.
5. 정종호, 윤용남 (2002). 수자원설계실무. 구미서관.
6. 조한성, 엄명진, 조원철, 조주영 (2006). “서울지방 1분 자료를 이용한 강우자료의 환산계수 산정.” 한국수자원학회 학술발표회논문집, 한국수자원학회, pp. 1506-1510.

7. Dwyer, I.J. and Reed, D.W. (1994). "Effective fractal dimension and corrections to the mean of annual maxima." *Journal of Hydrology*, Vol. 157(1-4), pp. 13-34.
8. Dwyer, I.J. and Reed, D.W. (1995). Allowance for discretization in hydrological and environmental risk assessment (ADHERE). Report 123, Institute of Hydrology, Wallington, UK.
9. Fowler, H.J., Ekstromb, M., Kilsbya, C.G. and Jonesb, P.D. (2005). "New estimates of future changes in extreme rainfall across the UK using regional climate model integrations. 1. Assessment of control climate." *Journal of Hydrology*, Vol. 300(1-4), pp. 212-233.
10. Frederick, R.H., Myers, V.A., and Auciell, E.P. (1977). Five- to 60-minute precipitation frequency for the eastern and central United States. NOAA Technical Memorandum NWS HYDRO-35, National Weather Service, U. S. Dept. of Commerce, Washington, D.C.
11. Hershfield, D.M. (1961). Rainfall frequency atlas of the United States for durations from 30 minutes to 24 hours and return periods from 1 to 100 years. US weather Bureau Technical Paper No. 40 (TP-40), U.S. Dept. of Commerce, Washington, D.C.
12. Huff, F.A. and Angel, J.R. (1992). Rainfall frequency atlas of the United States for durations from 30 minutes to 24 hours and return periods from 1 to 100 year. Technical Paper No. 40, Weather Bureau, U.S. Dept. of Commerce, Washington, D.C.
13. Institute of Hydrology (1999). Flood Estimation Handbook. Institute of Hydrology, Wallingford
14. Jakob, D., Taylor, B. and Xuereb, K. (2005). A pilot study to explore methods for deriving design rainfalls for australia - part 1. HRS Report No. 10, Australian Government Bureau of Meteorology, Melbourne, pp. 5-14.
15. Miller, J. F., Frederick, R.H. and Tracey, R.J. (1973). Precipitation-Frequency Atlas of the Western United States. U.S. Department of Commerce.
16. Pierrehumbert, C.L. (1972). "Short Period Rainfall Intensity Analysis." Working Paper 156, Bureau of Meteorology, Melbourne, Australia.
17. U.S. Weather Bureau. (1956). Rainfall Intensities for Local Drainage Design in Western United States. Technical Paper No. 28, U.S. Dept. of Commerce, pp. 46.
18. van Montfort, M.A.J. (1990). "Sliding Maxima." *Journal of Hydrology*, Vol. 118, No. 1/4, pp. 77-85.
19. Weiss, L.L. (1964). "Ratio of true to fixed-interval maximum rainfall." *Journal of Hydraulic Engineering*, Div. Proc. ASCE Vol. 90(HY1), pp. 77-82.
20. Wilson, W.T., Hershfield, D.M. (1958). "Frequency analysis of rainfall intensity data." *Agricultural Engineering*.
21. Young, C.B., McEnroe, B.M. (2003). "Sampling adjustment factors for rainfall recorded at fixed time intervals." *Journal of Hydrologic Engineering*, ASCE, Vol. 8(5), pp. 294-296.