



한국의 대표 빈도해석 프로그램인 FARD의 최신버전 개발 현황



허 준 행 |

연세대학교 사회환경시스템공학부 교수
jhheo@yonsei.ac.kr



신 홍 준 |

연세대학교 토목공학과 박사후과정
sinong@yonsei.ac.kr



신 주 영 |

연세대학교 산업기술연구소 연구원
hyjshin@gmail.com

1. FARD에 대한 기본 설명

FARD는 빈도해석 프로그램으로 국내에서 널리 사용되고 있다. 빈도해석을 실시 할 때는 크게 다음과 같은 과정을 수행하여 한다. 1) 무작위성 검토, 2) 확률 분포형 적용, 3) 적합도 검정, 4) 확률밀도함수 및 누가분포함수의 도식, 5) 최적분포형 선정 과정을 거쳐 빈도해석은 수행된다. FARD는 위에서 설명한 여러 과정을 프로그램 내에서 한 번에 수행 할 수 있도록 되어있다. 또한 각 과정의 정확도와 신뢰성을 높이고자 과정별로 다양한 기법들이 내장되어있다.

FARD는 98년에 FARD98로 처음 대중에게 배

포되었으며 DOS 기반의 프로그램으로 다양한 분포형에 대하여 빈도해석을 실시 할 수 있도록 개발 되었다.

2002년 FARD98에 다양한 기능들을 추가한 FARD2002이 개발되어 배포되었다. FARD 2002는 windows 기반의 프로그램으로 FARD98이 가지고 있던 여러 오류들이 수정이 되었고, 새로운 graphic user interface(GUI)를 구성하여 기존의 DOS기반의 FARD의 한계점을 개선하여 지속시간별 강우량만 입력 하면 빈도해석이 가능하도록 개발되었다. 프로그램의 성능적인 부분에서는 정규분포에 대한 해석 기능이 추가되어 14개의 분포형의 대하여 빈도해석이 가능하게 되었으며, 최적확률분포형 선정 부프로그램이 추가되어 사용자의 최적분포형 선정 방법의 일관성과 용이성을 향상시켰다. 또한 경험적 및 적합된 분포형의 확률밀도함수(PDF)와 누가분포함수(CDF)를 도식하는 기능을 추가하여 최적분포형 선정의 정확성을 향상 시켰다.

2006년 FARD2002에서 발전된 프로그램인 FARD2006이 배포되었다. FARD2006은 FARD2002에서의 오류들을 수정하여 보다 안정적으로 빈도해석을 수행할 수 있도록 개발되었다. GUI부분에서도 많은 부분이 수정되어 사용자의 사용성을 향상시켰다. FARD2006은 사용자들이 많이 사용하는 기능들을 메뉴하단에 추가하여, 사용자의 편의성을 향상시켰다. 성능적인 부분에서는 새로이 개발된 generalized logistic 분포형의 빈도해석 기능을 추가하였다. 1999년에 작성된 한국확률강우량도를 프로그램에 내장하



여 사용자가 빈도해석을 실시 할 때 해석 결과를 비교할 수 있도록 하였다.

현재 FARD2012 버전에 대하여 개발이 진행되고 있다. 사용자들의 FARD2006에 대한 요구사항을 조사하고자, 설문을 실시하였다. 설문결과와 기존 프로그램에서 미비했던 부분과 새로이 개발된 기법들을 프로그램 개발에 적용하였다. 프로그램적인 부분에서는 개방형 인터페이스에 의한 시스템의 확장 추가 용이성을 제공하고, 운영의 편리성을 위한 GUI를 지원하도록 하며, 사용자 요구를 분석하여 반영하고, 사용자 운영 중심의 정보제공화면으로 S/W를 설계한다. 특히 사용자 요구분석을 통하여 GUI를 설계하고 사용자 중심의 기능들이 추가될 예정이다. FARD2012 영문판을 기본으로 제작되며, 향후에 해외에 상용화 하는 것을 목표로 개발중에 있다.

2. FARD2012에서 새로이 추가된 기능

FARD2012에는 추정된 확률수문량의 불확실성 및 신뢰성을 향상시키기 위해 각 확률분포형의 확률수문량에 대한 근사적 분산식을 이용하여 각 확률분포형의 신뢰구간을 제시하는 기능과 또한 새로운 적합도 검정 기법 및 분포형 추가 등이 이루어질 예정이다. 그림 1은 FARD2012의 흐름도를 나타내며, 적색테두리로 되어져 있는 것이 FARD2012에서 추가된 기능이다.

FARD2012에서는 기존의 확률분포형과는 달리 매개변수가 4개인 kappa 분포형을 새롭게 적용하여 확률수문량 추정의 다양성을 향상시켰다. 또한 확률분포형 선정방법의 신뢰성과 정확성을 높이고자 새로운 적합도 검정방법을 추가하였다. 새로이 추가된 적합도 검정방법은 수정된 Anderson-Darling 적합도



그림 1. FARD2012 흐름도



검정 기법으로 분포형의 위쪽 꼬리(upper tail)이나 아래쪽 꼬리(lower tail)에 가중치를 주어 분포형의 적합성을 평가하여 빈도해석에서 중요하게 생각하고 · 저빈도 사상에 대한 분석 정확도를 향상 시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한 최근의 기상변화, 이상 기후 등에 대비하여 적절한 확률수문량이 산정될 수 있도록 변동성, 경향성 분석 모듈화, 새로운 확률분포형 적용 모듈화 및 산정된 확률수문량의 신뢰성을 도시할 수 있도록 확률수문량의 근사적 분산식을 이용한 신뢰구간 계산 기법의 모듈화 등을 개발하고자 한다. 이를 위해 시계열 자료의 평균과 분산의 변화를 이용하여 변동성을 파악하는 방법인 Mann-Whitney test, Sign test, simple T/F tset, modified T/F test와 경향성을 파악하는 방법인 t test, Hotelling-Pabst test, nonlinear trend test, Mann-Kendall test, Sen test가 프로그램에 새로이 추가될 예정이다. 설문결과 사용자들은 CDF와 PDF를 도시하는 기능을 좀 더 강화했으면 하는 바람이 있었으며, 엑셀과 FARD와의 상호 호환성을 향상시키기를 원했다. 사용자 요구사항 분석을 통하여 사용자가 좀 편리하게 프로그램을 이용할 수 있을 것으로 예상된다.

1) kappa 분포형

Kappa 분포형은 4개의 매개변수로 구성된 확률분포형으로 수자원분야에서 널리 연구되어져 왔다 (Singh and Deng, 2003). 빈도해석에서 사용되는 대부분의 확률분포형은 2-3개의 매개변수를 가지고 있다. kappa 분포형은 4개의 매개변수를 가지므로써 기존의 확률분포형보다 유연한 확률수문량을 도출할 수 있다. 특히 기존 확률분포형으로 적합한 확률수문량이 추정되지 않을 경우, kappa분포형과 같이 많은 매개변수를 가진 분포형을 사용할 경우 보다 적합한 확률수문량을 산정할 수 있다. FARD2006에서는 매개변수가 4개 이상인 확률분포형은 Wakeby 분포형을 제공하고 있으나, Wakeby 분포형 자체의 가정들

로 인하여 몇몇 지점에서는 적절한 확률수문량을 도출하지 못하는 문제가 있다. Kappa 분포형을 새로이 추가함으로써 기존의 3개의 매개변수를 가지는 확률분포형과 Wakeby 분포형으로 적절한 확률수문량을 도출하지 못하는 경우에 Kappa 분포형은 절적인 대안이 될 수 있다. Kappa 분포형은 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

확률 수문량을 x 라 하면 kappa 분포에서 x 는 다음과 같이 나타낸다.

$$x = \xi + \frac{\alpha}{k} \left[1 - \left(\frac{1 - F^h}{h} \right)^h \right] \quad (1)$$

여기서, ξ : 위치 매개변수, α : 규모 매개변수, k , h : 형상매개변수 이다.

위 식을 4개의 매개변수가 있는 확률분포형으로 누가분포함수와 확률밀도함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$F(x) = \left[1 - h \left\{ 1 - \frac{k}{\alpha} (1 - \xi) \right\}^{1/k} \right]^{1/k-1} \quad (2)$$

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left\{ 1 - \frac{k}{\alpha} (1 - \xi) \right\}^{1/k-1} \left[1 - h \left\{ 1 - \frac{k}{\alpha} (1 - \xi) \right\}^{1/k} \right]^{1/k-1} \quad (3)$$

2) 수정된 Anderson-Darling 적합도 검정 기법

Anderson-Darling 적합도 검정 기법은 표본집단에서 추정된 확률분포형의 매개변수가 표본집단의 특징을 잘 나타내는 지를 검사하는 적합도 검정 기법이다. Anderson-Darling 적합도 검정 기법은 다른 검정 기법과는 달리 양측 꼬리(tail) 부분 모두에 가중치를 두어 매개변수의 추정 적합도를 평가한다. 수정된 Anderson-Darling 적합도 검정 기법은 한쪽 꼬리(tail) 부분에만 가중치를 주는 방법이다. 수자원분야에서 빈도해석 시 대부분 위측 꼬리(upper tail) 또는 아래쪽 꼬리(lower tail) 한 쪽의 자료를 주로 사용하기에 수정된 Anderson-Darling 적합도 기법은 보다 확률분포형의 적합도를 평가하는데 좋은 결과를



나타낼 것으로 판단된다 (Shin et al., 2011). FARD2012에서는 위측 꼬리 (upper tail)부분에 가중치를 적용한 기법이 적용되어 있다.

수정된 Anderson-Darling 적합도 검정 기법의 통계값은 식 (4)을 통하여 계산된다.

$$AU_n^2 = n \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\{F_n(x) - F(x)\}^2}{1 - F(x)} dF(x) \quad (4)$$

식 (4)의 식을 계산의 용이성을 위하여 정리하면 식 (5)와 같은 식을 얻는다.

$$AU_n^2 = \frac{n}{2} - 2 \sum_{i=1}^n F(x_i) - \sum_{i=1}^n \left\{ 2 - \frac{2i-1}{n} \right\} \log\{1 - F(x_i)\} \quad (5)$$

3) 매개변수 불확실성 추정

표본자료로부터 확률분포형의 매개변수 추정 시 추정 기법에 따라 불확실성이 발생한다. FARD2012에서는 추정된 매개변수의 불확실성을 제안하여 사용자가 불확실성에 대한 정보를 얻을 수 있도록 하였다. FARD2012에는 모멘트법(MOM), 최우도법(MLE), 확률가중모멘트법(PWM) 이 매개변수 추정 방법으로 내장되어 있으며 총 17개의 확률분포형의 매개변수를 추정할 수 있도록 되어 있다. 표 1은 FARD2012에서 확률분포형별 불확실성 추정이 가능한 매개변수 추정 방법을 정리하여 놓은 표이다.

표 1. 확률분포형별 불확실성 추정 가능 매개변수 추정 기법

| No. | 분포형 | MOM | MLE | PWM | No. | 분포형 | MOM | MLE | PWM |
|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|
| 1 | NOR | 0 | 0 | 0 | 10 | GEV | 0 | 0 | 0 |
| 2 | LN2 | 0 | 0 | 0 | 11 | WB2 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | LN3 | 0 | 0 | 0 | 12 | WB3 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | GAM2 | 0 | 0 | X | 13 | GPA | X | X | X |
| 5 | GAM3 | 0 | 0 | X | 14 | GLO | 0 | 0 | 0 |
| 6 | LP3 | 0 | 0 | X | 15 | WKB4 | X | X | X |
| 7 | GUM | 0 | 0 | 0 | 16 | WKB5 | X | X | X |
| 8 | LGU2 | 0 | 0 | 0 | 17 | KAP | X | X | X |
| 9 | LGU3 | 0 | 0 | 0 | | | | | |

4) 경향성, 변동성 분석 기법

기후변화로 야기되는 수문자료들의 변화를 분석하기 위하여 FARD2012에서는 경향성과 변동성 분석을 수행 할 수 있는 기능이 추가되었다. 경향성을 분석하기 위한 기법으로는 아래의 5가지 기법이 FARD2012에 추가되었다.

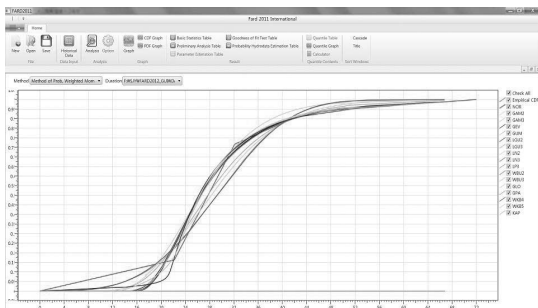
- t test
- 비선형 회귀분석(Nonlinear test)
- Hotelling-Pabst test
- Mann-Kendall test
- Sen test

변동성을 분석하기 위하여 아래 6가지 분석 기법이 FARD2012에 추가되었다.

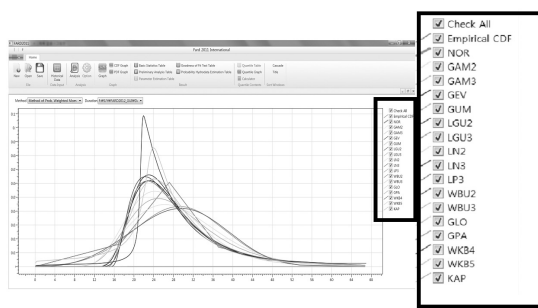
- Mann-Whitney test
- Sign test
- Simple t test
- Simple F test
- Modified t test
- Modified F test

5) 사용자 편의성 향상을 위한 GUI 구성

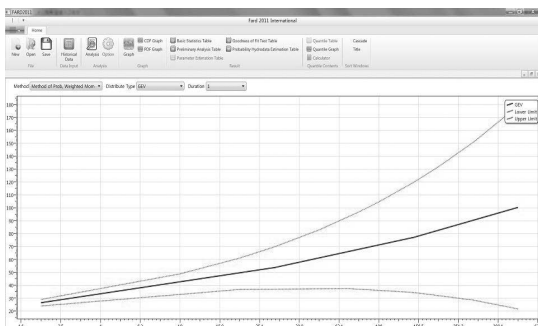
FARD2012에서는 사용자들의 프로그램 사용의 편의성을 증대시키기 위하여 사용자 설문 조사를 실시하였다. 설문 결과 많은 사용자들이 엑셀프로그램과의 호환성 증가, CDF와 PDF 그래프의 가시성 증가 등이 있었다. 사용자들의 요구사항을 최대한 수용하여 GUI를 구성하고 있다. 아래 그림 2는 FARD2012 실행화면이다. 메뉴는 마이크로소프트사의 프로그램이 사용하는 리본 메뉴로 구성되어 처음 접하는 사용자가 접근하기 편하도록 구성하였다.



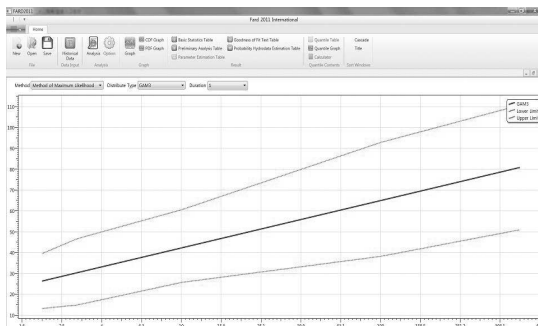
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 2. FARD2012 실행 화면

3. 결론

FARD는 98년 처음 배포된 이후로 현재까지 몇 번의 업그레이드를 통하여 실무에서 널리 사용되는 강우빈도 해석프로그램이 되었다. FARD2012는 다양한 기능 추가와 사용자 편의성 향상을 위한 GUI 구성으로 사용자들이 보다 편리하게 사용할 수 있을 것으

로 예상된다. 특히 경향성 및 변동성 분석 기능 추가는 기후변화와 같은 자료의 경향성과 변동성이 있는 자료를 분석하는데 용이 할 것으로 예상된다. 4개의 매개변수를 갖는 Kappa 분포형, 매개변수 불확실성 추정을 위한 신뢰구간 산정 프로그램, 수정된 Anderson-Darling 적합도 검정기법을 추가하여 FARD2012의 유연성과 사용성을 향상시켰다. ☺

참고문헌

1. Singh, V.P. and Deng, Z. Q. 2003. Entropy-Based Parameter Estimation for Kappa distribution, Journal of Hydrologic Engineering, 8(2), pp.81-92.
2. Hosking, J. R. M. 1994. The Four Parameter Kappa Distribution. IBM Journal of Research and Development, 38, pp.251-258.
3. Shin, H., Jung, Y., Jeong, C.-S. and Heo, J.-H. 2011. Assessment of Modified Anderson-Darling Test Statistics for the Generalized Extreme Value and Generalized Logistic Distributions, Stochastic Environmental Research Risk Assessment, DOI 10.1007/s00477-011-0463-y